



**TROISIEMES
JOURNEES
INTERNATIONALES
DE LA
COULEUR**

**BRUXELLES
25-27 JUIN 1959**

EDITION DE SYNTHESE

**3^{MES} JOURNEES
INTERNATIONALES
DE LA
COULEUR**

**METROLOGIE
PSYCHOLOGIE
ESTHETIQUE
ENSEIGNEMENT**

**BRUXELLES
25-26-27 JUIN
1959**

SECRETARIAT GENERAL : 32, RUE JOSEPH II - TEL : 18.44.40 - C.C.P. 3851.35 DE L'A.T.I.P.I.C. BRUXELLES

**JOURNEES ORGANISEES PAR L'ASSOCIATION DES TECHNICIENS DE L'INDUSTRIE DES PEINTURES ET INDUSTRIES CONNEXES A.T.I.P.I.C.
AVEC LA COLLABORATION DU C.I.C. ET DES PERSONNES ET ORGANISMES SOUCIEUX DES PROBLEMES DE LA COULEUR**

EDITION DE SYNTHESE

Plutôt que de séparer les séances de travail, d'une part, les réceptions et visites, d'autre part, nous avons préféré donner le déroulement des Journées dans l'ordre strictement chronologique.

Plutôt que de tronquer les discours de notre disert Président, nous avons préféré les donner in-extenso ; cela nous a été demandé de divers côtés.

Vous trouverez par conséquent dans cette édition de synthèse, un compte rendu aussi complet que possible des 3^{m^{es}} Journées Internationales de la Couleur à Bruxelles. Nous espérons qu'il rappellera de bons souvenirs à ceux qui y ont participé et permettra à ceux qui n'ont pu venir de mesurer tout ce qu'ils ont manqué.

R. A.

PREMIERE JOURNEE

JEUDI 25 JUIN 1959

SEANCE D'OUVERTURE

Dans la salle du théâtre et devant la quasi totalité des participants s'est déroulée la cérémonie inaugurale des 3^{mes} Journées Internationales de la Couleur.

Au Podium avaient pris place, dès 9 heures, autour de M. P. Ernotte, Président et de M. De Keyser, Bourgmestre d'Uccle, Président d'Honneur : MM. C. Hubaux, représentant M. Van der Schueren, Ministre des Affaires économiques, empêché, Y. Legrand, Président du C.I.C., M. Dérivé, Secrétaire Général du C.I.C., A. Cailliez, Président du Comité scientifique, J. Peters, Président de la Section IV et G. Biva, Secrétaire Général.

M. P. Ernotte prononce l'allocution suivante :

Monsieur l'Attaché de Cabinet,
Monsieur le Bourgmestre,
Mesdames, Messieurs,

Un bien agréable privilège présidentiel me réserve l'honneur d'être le premier à vous souhaiter officiellement la bienvenue, à l'aube des 3^{mes} Journées Internationales de la Couleur du Centre d'Information de la Couleur de France.

Je suis à la fois confus et heureux de l'honneur qui m'échoit ainsi, et c'est de tout cœur que je vous adresse mon chaleureux salut, en souhaitant que ces journées laissent en vos mémoires une trace enrichissante autant que souriante.

Ce salut, je vous l'adresse également au nom de tous mes collègues dévoués qui ont conjugué travaux et efforts pour préparer ce congrès.

Dois-je vous dire qu'ils vous attendaient impatiemment pour vous faire apprécier la cordialité de leur accueil ?

Vous avez répondu nombreux à leurs espoirs ! Nous vous en remercions tous, mais plus particulièrement ceux d'entre vous qui avez parcouru de longues distances pour venir de Pologne, des Pays Nordiques, d'Espagne, du Canada, d'Australie ou des États-Unis d'Amérique pour figurer parmi les représentants des 16 nations dont les couleurs illustrent ce podium.

Notre manifestation n'est pas un congrès de masse, mais une réunion plus discrète de spécialistes, et nous pouvons dès à présent affirmer qu'elle est un succès, tant par le nombre que par la

qualité des personnalités qui ont bien voulu se déplacer pour s'y réunir.

J'ai l'honneur tout particulier de saluer ici Monsieur Claude Hubaux, attaché au cabinet du Ministre des Affaires économiques, et qui représente en ce moment, parmi nous, Monsieur le Ministre Van der Schueren.

Ce dernier, ainsi que Monsieur Harmel, Ministre des Affaires Culturelles, ont bien voulu assurer le haut patronage de notre Congrès en le situant, par ce geste, à un niveau très élevé.

Nous leur en exprimons notre très vive gratitude, et prions Monsieur Hubaux de bien vouloir leur renouveler nos remerciements les plus sincères.

Nous aurions aimé voir Messieurs Van der Schueren et Harmel goûter un moment de diversion, à l'écart de leurs préoccupations et de leurs tâches si chargées de hautes responsabilités, pour se trouver à cette table d'honneur, dans l'ambiance heureuse et colorée de cette belle salle.

Cela ne leur fut pas possible; la mission de ceux qui ont à présent le souci de gouverner nos pays est absorbante au plus haut point, et Monsieur Van der Schueren se trouve confronté notamment avec un problème fondamental, dans un domaine dénué de toute couleur, dans un domaine bien noir...

J'ai voulu évoquer celui du charbon, qui préoccupe d'ailleurs tous nos pays d'occident.

Monsieur Claude Hubaux, a bien voulu distraire quelques moments de son temps précieux pour représenter ici le Gouvernement. Nous lui en sommes infiniment reconnaissants.

J'ai le grand honneur d'accueillir et de saluer aussi à notre table Monsieur Robert De Keyser, Bourgmestre d'Uccle, qui a bien voulu se charger de la Présidence d'honneur de nos Journées, pour en rehausser le prestige.

Je l'en remercie très vivement, et lui souhaite la bienvenue à toutes nos manifestations... mais, n'est-il pas ici totalement chez lui ?

Puis-je, en effet, vous rappeler que c'est sous l'impulsion de sa personnalité distinguée et tenace que nous avons vu s'ériger ici ce magnifique Centre Culturel et Artistique qu'enchâsse sa verdoyante commune ?

Déjà, vous aurez pu apprécier, dès le premier abord, l'agrément, le confort et la beauté du complexe architectural qui nous abrite en ce moment, et qui contribuera largement à la réussite de nos assises.

Cette part du succès, c'est à Monsieur Robert De Keyser que

nous la devons, et je vous invite à lui manifester, sans attendre plus longtemps, notre estime, et nos remerciements !

Je viens de parler de la verdoyante commune où se situent nos Journées. Puis-je vous dire que cette commune d'Uccle, qui compte à présent près de 70.000 habitants, est une des plus étendues de l'agglomération bruxelloise, une des plus belles, des plus pittoresques, et d'une salubrité exceptionnelle.

Vous pourrez donc y passer trois véritables jours de détente, malgré l'abondance des travaux qui nourrissent notre programme.

La commune d'Uccle est aussi l'une des plus anciennes de l'agglomération urbaine, et, dans un très lointain passé qui se situe peu après l'époque de la pénétration franque en nos régions, Uccle possédait déjà un chef-banc ou échevinage qui étendait sa juridiction sur toute l'ammañie de Bruxelles, et qui fut donc à l'origine de l'organisation administrative de la ville.

L'église St-Pierre, qui se trouve à quelques pas d'ici — monument classé depuis 1938 — aurait été consacrée vers l'an 803, en présence de Charlemagne.

Si j'y fais allusion, c'est pour vous faire remarquer que sur ce territoire, tout en profilant sur le ciel des constructions d'un modernisme fonctionnel bien caractérisé, on a le souci et le respect du Passé, ainsi qu'en témoignent l'entretien ou la restauration d'autres sites ou édifices chers au cœur des folkloristes.

Nous en sommes reconnaissants au Magistrat de la commune !

Mais il est temps que je m'adresse maintenant à nos amis français, qui depuis des années, mènent le bon combat dans le domaine de la couleur, et que je vous invite à les applaudir en la personne de Monsieur le Professeur Yves Le Grand, ici présent, Directeur du Laboratoire d'Optique Physiologique du Muséum d'Histoire Naturelle à Paris, et Président affable, brillant et aimé du Centre d'Information de la Couleur de France, sous les auspices duquel se succèdent brillamment les « Journées de la Couleur ».

Je me tourne à présent à présent vers Monsieur Alphonse Cailiez, Ingénieur Chimiste de l'Université de Gand, Directeur des Recherches du Laboratoire de la Profession de notre industrie belge des Peintures et Vernis, et membre du Conseil d'Administration de notre Association « A.T.I.P.I.C. » dont il fut l'un des fondateurs, il y a déjà vingt ans.

C'est à cet ami au grand cœur, à la jovialité indestructible, au bon sens solide, à la compétence remarquable et à l'expérience bien assise que nous avons confié la Présidence du Comité Scientifique des Journées.

C'est lui qui a dépouillé vos textes de conférences et les a étudiés avant de les transmettre à Monsieur Roger Arzens, notre Président d'honneur à l'A.T.I.P.I.C., dévoué et diligent délégué aux publications; c'est lui qui se charge de toute la supervision de vos débats, pour en faire ensuite la synthèse, labeur considérable.

Nous l'en remercions tous, dès maintenant, et j'ai le plaisir de lui annoncer que Monsieur Maurice Déribéré, Ingénieur et Secrétaire Général du Centre d'Information de la Couleur de France nous réserve, dans quelques instants, une heureuse surprise à son sujet.

Permettez-moi de vous présenter encore, en les remerciant, les quatre personnalités qui sont chargées des Présidences de chacune des sections de travail qui se répartissent, à nos Journées, l'étude de la couleur.

Il s'agit de Monsieur Yves Le Grand, déjà salué tantôt, qui

orientera les travaux de la première section, intéressée à la Mesure de la Couleur.

Il n'y a aucun doute à ce que, sous sa conduite, cette section ne nous présente bientôt des conclusions constructives, et ne marque un nouveau progrès dans le domaine si complexe, si délicat et si fuyant de la colorimétrie.

Il s'agit ensuite de Monsieur Jean Duval, qui, alors que Monsieur le Professeur Max Lüscher nous fait défaut au dernier moment, prend, *ex abrupto*, la direction des travaux de la deuxième section, qui traite de la Psychologie de la Couleur. Habitué à diriger l'Association française de Normalisation (AFNOR), il dirigera sa section de la manière la plus efficace et la plus élégante.

Il s'agit aussi de Monsieur Maurice Déribéré, Ingénieur bien connu par ses nombreux ouvrages, et qui préside aux destinées de la section trois, attachée aux problèmes si nombreux qui traitent des rapports entre l'Esthétique et la Couleur.

C'est de brillante façon qu'il mènera sa tâche à bien et qu'il nous apportera d'intéressantes directives, dans ce domaine si controversé.

Je me permets de vous rappeler que le Gouvernement français a reconnu l'an dernier ses mérites, en le créant Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques.

Je vous invite, dès cet instant, à assister nombreux à la conférence publique qu'il nous donnera demain vendredi à 17 heures, sur le sujet : « L'Association lumière et couleur comme élément architectural ». Vous pourrez l'y apprécier dans toute son éloquence et son érudition.

Et je vous citerai enfin, notre cher compatriote, Monsieur l'abbé Jacques Péters, Professeur à l'Université Catholique de Louvain, qui préside et coordonne les travaux de la section quatre, chargée de toutes les questions relatives à l'Enseignement de la Couleur, tant sur le plan de la culture générale que sur celui de la formation professionnelle, et qui s'efforcera de mettre de l'ordre, de la clarté, de la logique et de la fermeté tant dans les notions enseignées, que dans les programmes à établir pour les différents degrés, suivant qu'il s'agit de former des coloristes, des harmonisateurs ou des créateurs.

Le fruit des travaux de cette section revêtira une importance considérable, car c'est chez elle qu'aboutiront en un faisceau convergent les résultats des études des trois autres sections.

Permettez-moi de vous rappeler, avec une certaine émotion, que Monsieur l'abbé Jacques Péters a repris des mains de feu son père, Monsieur le Professeur Oscar Péters, le flambeau de la colorimétrie que ce dernier avait porté si haut déjà, avec le concours de son remarquable assistant, Monsieur Frantz Braun, ici présent, Chargé de Recherches au laboratoire de colorimétrie de l'Université de Louvain, et rapporteur de la Section I.

Ceux qui furent présents au 3^{me} Congrès de la Fédération des Associations de Techniciens de l'Industrie des Peintures de l'Europe Continentale (F.A.T.I.P.E.C.) tenu par l'A.T.I.P.I.C. à Spa, en 1955, et où le thème des études portait sur la couleur et son contretypage, se souviendront toujours de la magnifique conférence plénière tenue pour la Belgique par le Professeur Oscar Péters.

C'est cette conférence sur la colorimétrie qui déclencha l'impulsion. C'est elle qui, associée au vœu émis par Monsieur Braun, provoqua la création de la commission belge de colorimétrie de l'A.T.I.P.I.C., puis de la commission française de colorimétrie, leur collaboration, et enfin, l'organisation des Premières et Deuxièmes

xièmes Journées Internationales du Centre d'Information de la Couleur de France, à Amiens et à Toulouse.

Si nous sommes réunis, ce jour, sous un signe amical, pour reprendre ici la passionnante étude de la couleur, n'est-ce pas parce qu'avec son fils, l'abbé Jacques Péters, nous héritons tous du patrimoine spirituel que nous a laissé le Professeur Oscar Péters ?

Nous lui en sommes profondément reconnaissants.

Clôturent cette partie de mon discours, je vous parlerai encore de notre Secrétaire Général, Monsieur Georges Biva, Ingénieur civil, Directeur de la Chambre Syndicale de l'Industrie des Vernis, Peintures, Mastics et Encres d'Imprimerie I.V.P. dont l'amabilité, le dévouement, le dynamisme, l'initiative et la prévoyance sont exceptionnels.

Il est superflu que je vous le présente, car on le connaît dans tous les coins du monde, et son don d'ubiquité est vraiment remarquable. C'est ainsi qu'avant hier, alors que nous mettions la main aux avant derniers préparatifs de ce congrès, il se trouvait à Paris, appelé par des tâches parallèles.

Le travail qu'il a accompli d'une manière minutieuse, avec l'aide de ses collaborateurs est énorme. Nous l'en remercions tous, et l'en félicitons de tout cœur.

Monsieur Felix Oostens, Président de la Chambre Syndicale de l'Industrie des Vernis, Peintures et Encres d'Imprimerie, retenu à regret par d'autres impératifs me prie d'excuser son absence à cette séance inaugurale tout en souhaitant plein succès à nos Journées. Je l'en remercie très sincèrement.

Jamais, la Chambre Syndicale I.V.P. n'a ménagé ses encouragements à l'action de l'A.T.I.P.I.C.

Une nouvelle preuve de cette attitude nous est apportée ce jour par Monsieur Georges Levis, premier Président de l'I.V.P. et je saisis immédiatement l'occasion qui m'est offerte et lui dis toute notre gratitude pour la générosité avec laquelle il est intervenu personnellement à l'égard de nos Journées, générosité dont nous pourrions apprécier les largesses ce soir à l'Hôtel de Ville de Bruxelles. Mesdames, Messieurs, chers Amis,

Laissez-moi m'adresser à vous sous cette dernière appellation.

Le fait de vous trouver ici réunis pour étudier avec nous tous les aspects des couleurs, filles splendides de la lumière, n'est-il pas la certitude que des liens d'amitié sont déjà noués entre nous ?

L'intérêt que nous portons en commun à cette chose impalpable, dénuée de substance, qui, jusqu'aux infinis de notre Univers nous fait percevoir les beautés de la Création, n'est-il pas un magnifique thème de rapprochement, n'est-il pas le témoin de sensibilités communes, génératrices d'amitiés ?

La couleur est une chose tellement belle dans sa somptueuse variété que nous ne devrions l'apprécier réellement qu'après avoir amené notre sensibilité à un certain état de grâce !

Auguste Nicolas a dit : « Dans le domaine de l'irréflexion, l'homme est capable de tout, ...et il est inouï à quel point l'habitude de voir nous empêche de regarder !... »

Peut-être en ce domaine, pourrions nous nous inspirer du comportement de petits êtres qui, par l'infinie variété des couleurs de leurs robes, constituent l'une des merveilles de délicatesse de la Nature : je veux parler de nos petits amis, les oiseaux.

Je ne sais si tous, vous avez pu, dans le profond silence d'une aube matinale, entendre les premiers cris d'oiseaux, dans une contrée riche en arbres ?

Un tout premier cri, timide, semble percer pudiquement le silence ; silence de qualité rare !

A peine lancé, un autre lui répond, d'un arbre très voisin, et dès les premières lueurs, exaltant la lumière et la couleur, en ondes qui vont et viennent, des milliers de petites voix expriment leur gratitude, crient leur admiration !

Résidant moi-même dans cette commune d'Uccle, gorgée d'arbres et de verdure, j'ai maintes fois goûté ce réveil des oiseaux... et, dans la perspective de nos Journées de la Couleur, une interprétation toute naturelle m'est venue à l'esprit.

Ne croyez vous pas, en effet, que ce matin, dans les arbres magnifiques qui enserrant notre abri, nos amis les oiseaux tenaient ici en face, leurs millièmes Journées de la Couleur ?

Echangeaient-ils des impressions quant à l'influence psychologique de tel hêtre pourpre ou de tel conifère vert sombre ?

L'un ou l'autre critiquait-il l'esthétique de la robe de ses voisins ?

Apprenaient-ils à exprimer en coordonnées trichromatiques le ton éclatant d'une fleur des champs ?

Ou bien coordonnaient-ils toutes choses en données d'enseignement ? Je ne sais, mais, quelque soit l'aspect de leurs échanges de vues, je suis persuadé, quant à moi, qu'ils parlaient de lumière, qu'ils parlaient de couleurs, qu'ils rendaient grâce à la Création de leur avoir permis de goûter, un matin de plus, aux beautés de la Couleur !

Avez vous déjà songé, chers amis, à la situation qui nous serait faite si, subitement, par un phénomène impensable, toutes les couleurs nous étaient ravies, pour ne nous laisser que le blanc, le noir, et leurs mélanges dans toutes leurs gradations ?

Ne croyez vous pas que le sourire naîtrait bien plus malaisément sur nos visages ?

Je souhaite, chers amis, qu'ayant réfléchi à ce point, vous puissiez aborder les séances du Congrès dans un état d'âme parfaitement réceptif.

La saison qui s'écoule ne vous paraît-elle pas, elle aussi exceptionnellement favorable à la préparation de cet état d'âme ?

La couleur, en effet, pénètre en ce moment avec une vigueur inaccoutumée, dans tous les domaines de l'activité humaine.

Qu'il s'agisse d'architecture, d'ambiances intérieures, de productions industrielles, de tissus, de vitraux, de céramiques, de cuirs, de plastiques ou autres matières, jamais, me semble-t-il la couleur ne s'est affirmée d'une manière aussi catégorique, aussi impérative, aussi joyeuse, confirmant ainsi son influence sur notre psychologie.

Et à propos de psychologie de la couleur, permettez-moi de vous rapporter deux petits échos recueillis récemment à votre intention et montrant les relations entre couleur et psychologie.

Un article de presse intitulé : « Ne soyez pas triste !... » rapportait qu'à Las Vegas, le directeur d'une firme de pompes funèbres, affligé de voir que les gens qui suivaient les enterrements sont tristes, avait décidé de repeindre ses voitures mortuaires en bleu ciel !...

Un autre article raconte qu'un de nos grands antiquaires rappelant quelques souvenirs de sa carrière, relatifs aux rapports qu'il avait eus avec des clients originaux, signalait avoir recueilli un jour la demande d'une vieille dame désirant trouver un corbillard pour le convertir en lit à baldaquin... car elle avait les idées noires.

Elle avait néanmoins demandé qu'on enlevât les roues !... et j'ajouterai : « Peut-être n'était-elle pas pressée ?... »

Dans le domaine des choses qui touchent à l'esthétique et la couleur, vous souvient-il avoir vu, en aucune année précédente, apparaître une telle richesse de contrastes audacieux ou d'har-

nies délicates dans l'immense choix des tissus imprimés dont on « enrobe » nos charmantes compagnes, en cette année riche de soleil et de lumière ?

Peut-être même cette richesse et cette somptuosité des motifs s'exercent-elles au détriment de celles qui les portent, car la beauté des coloris et leur luminosité ont un tel puissant attrait, que le regard risque de s'y fixer, ... oubliant d'apprécier la netteté d'un profil, la grâce d'un regard, ou la profondeur de ton d'une chevelure !

Mesdames, Messieurs,

Le moment me paraît venu de vous parler d'un autre point qui me tient à cœur, c'est celui qui me permet de vous présenter pour la première fois en public, les « couleurs » que notre chère Association, l'A.T.I.P.I.C. s'est choisi l'an dernier, et dont la réalisation concrète s'est achevée hier, sous la forme du drapeau de soie que voici.

Ce drapeau, riche de symbolisme, laissez-moi vous le décrire comme suit : il se présente muni d'un motif héraldique semblable à ceux des bannières des anciens métiers, et si l'A.T.I.P.I.C. ne peut remonter ses origines au temps des vraies corporations anciennes, elle atteint cependant sa vingtième année d'existence.

L'écu est d'azur, symbole de calme, de paix, de volonté sereine qualités indispensables à nos techniciens dans la conduite de leurs recherches.

Il porte des meubles d'argent comprenant les outils essentiels de nos industries, soit : l'ancien matras à cuire les huiles et les cylindres figurant les appareils à broyer les pâtes.

Il est dominé par une flamme qui symbolise l'esprit scientifique, que nous cherchons à développer dans nos branches d'industrie, et est tenu par une chimère d'or.

Pourquoi le tenant est-il une chimère ? Parce que celle-ci personnifie l'imagination, et que cette qualité fondamentale de l'esprit humain ne peut faire défaut dans la recherche scientifique.

Cette chimère porte en collier un écusson, parti de deux, où l'on trouve les armoiries des peintres et des imprimeurs, et qui rappelle combien les activités de ces corporations sont liées aux nôtres et dépendantes d'elles.

L'ensemble de nos armoiries se détache sur fond de soie blanche, car le blanc est la synthèse de toutes les couleurs, et évoque la netteté, la probité, la correction des attitudes.

Je souhaite ardemment que les travaux de nos 5^{mes} Journées Internationales de la Couleur se déroulent sous les plis de ce drapeau, sous les auspices de son heureux symbolisme !

Mesdames, Messieurs, chers Amis,

« Toutes les fleurs de l'avenir sont dans les semences d'aujourd'hui ».

Puissiez-vous, en ces lieux, préparer maintenant les plus belles fleurs du monde !

Puis M. De Keyser souhaite la bienvenue aux Congressistes au nom de la Commune d'Uccle. Il les remercie, ainsi que le comité organisateur d'avoir choisi le Centre Culturel et Artistique comme siège des 3^{mes} Journées. Il espère que l'ambiance heureuse du Centre permettra des débats fructueux qui feront avancer la cause universelle de la Couleur.

M. Hubaux présente les excuses du Ministre Van der Schueren, retenu par les devoirs de sa charge et promet de lui transmettre d'ailleurs les paroles aimables du Président à son égard.

Il se déclare enfin très honoré de la charge qui lui est maintenant confiée et c'est, lui aussi avec des paroles d'encouragement et d'espoir, qu'il déclare ouverte les 3^{mes} Journées Internationales de la Couleur.

Le Président donne immédiatement la parole à :

Monsieur M. Dérivé, Secrétaire Général du C.I.C. qui prononce l'allocution suivante :

La Couleur a été particulièrement honorée en France cette année. Lors de la promotion 1959 dans l'Ordre du Mérite pour la Recherche et l'Invention, spécialement relevée par ailleurs, nous avons en effet le plaisir de noter les nominations de notre Président du C.I.C. et de l'A.F.E., le Professeur Yves Le Grand comme Commandeur, de M. Jean Duval, Directeur technique de l'AFNOR et Administrateur du C.I.C. comme Officier, de nos adhérents et amis Georges Leblanc et Edouard Edelmann comme Chevalier.

Sur proposition du C.I.C., nous avons aujourd'hui le privilège de pouvoir marquer l'ouverture de ces Journées Internationales de la Couleur par une nouvelle promotion exceptionnelle qui nous est réservée. Ainsi nous sommes heureux de pouvoir honorer de cette manière des personnalités qui, par leurs travaux remarquables dans le domaine de la Couleur et par leurs apports efficaces en faveur des Journées Internationales des deux précédentes années et de celles aussi qui s'ouvrent aujourd'hui, ont bien mérité cette distinction.

Sont nommés Officiers dans l'Ordre du Mérite pour la Recherche et l'Invention :

Prof. W.D. WRIGHT.

Dirige la « Technical Optics Section » à l'Imperial College of Science and Technology de Londres.

Est considéré comme l'un des maîtres actuels de la Colorimétrie et a publié de nombreux ouvrages et articles sur la métrique des Couleurs. A donné aussi à ce sujet de nombreuses communications à la Physical Society et a apporté une précieuse contribution à la diffusion et à la précision des mesures.

Monsieur Frantz BRAUN.

A apporté par ses travaux au Laboratoire de Colorimétrie de l'Université de Louvain (Belgique) une précieuse contribution à l'étude des couleurs, tant par la réalisation d'un spectrophotocolorimètre de haute qualité que par ses travaux de normalisation et la publication des Tables de Colorimétrie qui constituent un instrument de travail remarquable pour les physiciens.

Monsieur Alphonse CAILLIEZ.

Professeur du cours de spécialisation Peintures et Encres de Belgique, dirige le Laboratoire belge de la Profession des Peintures (I.V.P.) à Bruxelles et a apporté de nombreuses contributions personnelles au développement et aux travaux de ce Laboratoire.

A dirigé le Comité scientifique du Congrès FATIPEC 3 basé sur le thème des « Aspects théorique et pratique du Contretypepage des couleurs ».

La haute participation internationale qui marque ces 5^{mes} Journées de la Couleur est, pour les bonnes volontés qui se sont manifestées en Belgique et en France, un précieux gage d'amitié et d'encouragement qu'a fort bien souligné tout à l'heure le Président Paul Ernotte.

Après cette cérémonie d'ouverture, le Président P. Ernotte lève la séance et convie les Congressistes à commencer leurs travaux sans plus attendre.

SEANCES DE TRAVAIL

En ouvrant la première séance de la *Section I* consacrée à la

Mesure de la Couleur

M. le Prof. Y. Le Grand, Président, souhaite d'abord la bienvenue aux Congressistes, et demande aux auteurs de communications de bien vouloir tenir compte du temps limité qui leur est imparti par un horaire très strict. Il demande que sur ce temps déjà assez court, une partie soit réservée à la discussion.

Il donne ensuite successivement la parole à :

1. — M. BERTRAND : Enquête sur les appareils de mesure des couleurs.

La communication donne lieu aux commentaires suivants :

W.D. WRIGHT.

The results reported by M. Bertrand provide further evidence for the need to improve the accuracy and sensitivity of our colorimeters and spectrophotometers and the measuring techniques employed with them. I believe this is the most urgent problem facing colorimetry and we are devoting an important part of our research effort to its study at the Imperial College. I hope we shall be able to collaborate with other laboratories in this work and I shall be glad to keep M. Bertrand informed of the progress we make and to hear of further developments in his investigation.

I was particularly interested, in this reference, to differential spectrophotometers which, I believe could make an important contribution to the measurement of small colour differences.

Ce texte se lit comme suit, en français :

Les résultats rapportés par M. Bertrand fournissent une nouvelle évidence de la nécessité d'améliorer la précision et la sensibilité de nos colorimètres et de nos spectrophotomètres de même que les techniques de mesures utilisées avec ces appareils. Je crois que ceci est le problème le plus urgent auquel soit confrontée la colorimétrie et nous attachons une part importante de nos efforts de recherche à son étude à l'Imperial College.

J'espère pouvoir être en mesure de collaborer avec d'autres laboratoires dans cette œuvre. Je serai heureux de tenir M. Bertrand au courant des progrès que nous ferons et, réciproquement, de connaître les développements de ses propres investigations.

J'ai été particulièrement intéressé par sa référence aux spectro-

photomètres différentiels qui, je crois, pourraient apporter une contribution importante à la mesure de faibles différences de couleur.

Dr. JUDD.

The discrepancies shown, though larger than those found by Wyszecki for results from national standardizing laboratories are comparable to those which might be found among industrial laboratories in the U.S.A. It is worth noting that the results of the integrators shows even larger discrepancies. To improve the similar situation in the U.S.A., the National Bureau of Standards has undertaken to develop a set of standard filters, duplicates of which are to be issued together with certified values of X, Y, Z. It is expected that, from the difference between the measured and certified values, it will be possible to determine in many cases the cause of the errors, whether in the wavelength scale, the photometric scale or stray energy of the spectrophotometer, or whether the integrator itself is at fault. These sets of 5 filters, with certified values of X, Y, Z, will probably not be available until late in 1960.

Ce texte se lit comme suit, en français :

Les divergences montrées, quoique plus fortes que celles trouvées par Wyszecki pour les résultats provenant de laboratoires nationaux de standardisation, sont comparables à celles qui peuvent être trouvées parmi les laboratoires industriels aux U.S.A. Il vaut la peine de noter que les résultats des intégrateurs montrent même de plus grandes divergences. Pour améliorer la situation similaire aux U.S.A., le N.B.S. a entrepris le développement d'une série de filtres standards dont des duplicata seront édités en même temps que les valeurs certifiées pour X, Y et Z. On peut s'attendre à ce que d'après les différences entre les valeurs mesurées et celles certifiées, il sera possible de déterminer, dans de nombreux cas, la cause des erreurs, soit dans l'échelle des longueurs d'onde, soit dans celle du photomètre, (ou énergie du spectrophotomètre) ou bien si l'intégrateur lui-même est en défaut.

Ces séries de 5 filtres avec valeurs certifiées de X, Y, Z ne seront probablement pas disponibles avant la fin de 1960.

et une remarque de

H.G. FRUEHLING.

Die grossen Abweichungen bei den trichromatischen photoelektrischen Farbmessgeräten zeigen wie schwierig es ist, die spektrale Empfindlichkeit der Photozellen exakt an die Kurven X_λ , Y_λ , Z_λ auszugleichen. Es ist merkwürdig, dass das von A. Dresler angegebene Verfahren nicht häufiger angewendet wird. Es besteht darin, Filterstreifen teils hintereinander, teils nebeneinander anzuordnen. Durch verschieben der Streifen der einzelnen Filter kann man die spektrale Empfindlichkeit stetig verändern und die gewünschte Variation viel leichter und genauer erreichen als durch Änderung der Dicke der Filter.

Ce texte se lit comme suit en français :

Les grandes divergences constatées dans les appareils de mesures des couleurs photoélectriques (trichromatiques) montrent combien il est difficile de faire coïncider exactement la sensibilité des cellules photoélectriques avec les courbes X_λ , Y_λ et Z_λ . Il est remarquable que l'essai donné par A. Dresler ne soit pas plus souvent utilisé. Il consiste dans le rangement de filtres, partie l'un derrière l'autre, partie l'un à côté de l'autre. Par déplacement des bandes de chaque filtre l'on peut modifier en continu la sensibilité spectrale et atteindre plus facilement et plus précisément la variation désirée que par modification de l'épaisseur du filtre.

2. — M. F. BRAUN. La relation de Neugebauer et l'impression en couleur.

Cette communication donne naissance à une double question de :

M. KOWALISKI.

- a) Terminologie : Il aurait été souhaitable de désigner par « aire couverte » ce qui a été appelé densité de surface, et par « réflectance » le mot intensité employé.
- b) Principe de la reproduction trichrome : Il nous semble périlleux de vouloir arbitrairement définir des sensibilités spectrales des récepteurs de la sélection trichrome par l'ajustement de la reproduction d'une seule teinte originale.

L'auteur a répondu comme suit :

- a) D'accord. Les commissions de colorimétrie travaillent à la rédaction d'une terminologie commune.
- b) Le cas envisagé ne vise pas à déceler un défaut qui existe de fait, mais à déceler la cause de ce défaut et la possibilité de trouver une solution plus favorable.

3. — M. EDELMANN : Fondements scientifiques de la normalisation des couleurs primaires en reproduction par trichromie.

4. — M. B. JAMART : Tolérances en métrique de la couleur.

5. — M. DE KERF : L'application des calculatrices automatiques dans le domaine de la colorimétrie.

Question de M. DOURGNON : Avez-vous étudié un mode d'évaluation de la variation des coordonnées trichromatiques dues aux réflexions mutuelles de la lumière entre surfaces différentes ?

Réponse de l'auteur : non.

6. — M. G. LEBLANC : Un contrôle des nuances de la lumière et ses applications dans les équipements hospitaliers.

Après une courte interruption pour un « quick lunch » sur place, la séance reprend à 14 heures avec la communication de

7. — M. M. MIESCHER et HOFMANN : Experimentelle Bestimmung « farbkraftigster » Optimalfarben in Abhängigkeit von Umfeld.

Question de M. KOWALISKI : Quelle était la couleur du champ environnant ?

Réponse : la couleur C.

8. — MM. PETRE et d'HONDT : L'Octochrome face au contrôle du colorimètre différentiel « Coloroscope » et l'évolution du système Octochrome de contretypage automatique.

Commentaire de M. EDELMANN : Ne croyez-vous pas qu'un malentendu s'est glissé entre nous au sujet du facteur de vivacité et je m'excuse de vous avoir involontairement induit en erreur. Le facteur de vivacité peut s'exprimer par deux équations dont la première seulement reflète la notion de fraîcheur.

$$(V = PY_m \frac{1 - Y_m}{1 - Y})$$

La seconde forme qui divise cette expression par le produit $P_c Y_c$ exprime un coefficient sans dimension dont la valeur est égale à l'unité dans le cas des couleurs maximales.

J'ai le sentiment que la première forme vous donnera plus de satisfaction.

9. — M. WEISE : Die Farbstände im Farbsystem der DIN-Farbenkarte.

10. — M. J. PETERS : Le photolorimètre différentiel à écran cathodique Lv 30.

11. — M. VAN HERCK : Comparaison entre les principaux systèmes de représentation des couleurs.

12. — Dr. GAMBOLI et coll. : Possibilité d'une relation entre les quantités d'encre utilisées pour des impressions à charges variables et les composantes trichromatiques obtenues.

Cette communication terminait le travail de la Section I et, avant de clôturer la séance, M. le Président Y. Le Grand remercia les auteurs de leurs très intéressants exposés. Il les félicita d'avoir permis, par leur discipline, de tenir exactement l'horaire. Il remercia enfin les auditeurs pour leur attention soutenue tout le long de la Journée. Enfin il remercia les rapporteurs F. Braun et E. Edelmann pour l'aide qu'ils lui ont apportée dans la conduite des travaux de la Section.

Après une courte pause consacrée aux entretiens particuliers, aux rafraîchissements et à la détente, les participants sont conviés à revenir dans la Salle de théâtre pour entendre une *Conférence publique du Prof. M. RICHTER* sur le sujet suivant :

A-t-on besoin d'une notion nouvelle dans la métrique des Couleurs ?

De très heureuses démonstrations illustraient cette conférence intéressante à la suite de laquelle une notion nouvelle de Farbvalenz (valence chromatique) était proposée aux techniciens de la couleur. Il ressort de la discussion que cette notion doit encore être approfondie avant de trouver une place définitive dans le vocabulaire de la Couleur.

RECEPTION A L'HOTEL DE VILLE DE BRUXELLES

Les participants aux « Journées » étaient conviés à 19 heures à la réception organisée à l'Hôtel de Ville de Bruxelles.

Dans l'admirable salle des Corporations, ils étaient reçus par Mademoiselle Van den Heuvel, Echevin de l'Etat-civil qui, après avoir excusé l'absence de M. le Bourgmestre, souhaite en termes chaleureux la bienvenue à ses hôtes.

Le Président Ernotte lui répondit en ces termes :

Mesdames, Messieurs,

Je suis particulièrement heureux de me faire votre interprète, pour remercier Mademoiselle Van den Heuvel, Echevin de la Ville de Bruxelles, déléguée par le Bourgmestre, des paroles d'accueil si aimables qu'elle vient de nous adresser, ainsi que des sentiments qu'elle nous exprime.

Elle nous ouvre les portes de son Hôtel de Ville !

Au nom des membres de l'A.T.I.P.I.C., Association des Techniciens de l'Industrie des Peintures et Vernis, chargée de l'organisation des 3^{mes} Journées Internationales de la Couleur du Centre d'Information de la Couleur de France, je la remercie d'avoir bien voulu nous prêter les somptueuses salles de l'Hôtel de Ville pour y tenir cette réception, puis nous autoriser à visiter ce splendide monument, gloire de notre capitale.

Les représentants des 16 nations qui participent à nos Journées apprécieront certes ce geste, et je laisserai à Monsieur Yves Le Grand, Directeur du Laboratoire d'Optique Physiologique du Muséum d'Histoire Naturelle à Paris, et Président éminent du Centre d'Information de la Couleur, le soin de nous exprimer leur sentiment à cet égard.

Mais je tiens, dès cet instant à apporter aussi, publiquement, l'hommage reconnaissant de l'A.T.I.P.I.C. à Monsieur Georges Levis, l'un des très grands patrons de notre industrie belge des peintures et vernis. Premier Président de la Chambre Syndicale I.V.P. et Président actuel de la Section Export de cette même Chambre, et en outre, Délégué du Comité Européen des Associations de Fabricants de Vernis, Peintures et Encres d'Imprimerie.

Monsieur Georges Levis apporta depuis les premiers moments, son appui total à l'A.T.I.P.I.C. et nombreux furent ses gestes de mécène et ses encouragements à l'action que nous avons entreprise.

La soirée de ce jour marquera profondément les annales de notre Association, car c'est à la générosité de Monsieur Levis que nous devons de pouvoir vous offrir ici cette magnifique réception. Nous en exprimons à ce grand gentleman notre vive reconnaissance, notre profonde gratitude !

Mesdames, Messieurs,

L'Hôtel de Ville de Bruxelles, classé sans aucun doute parmi les hauts lieux de l'architecture d'occident, projette fièrement sa flèche de dentelle sur notre ciel si mouvant, si varié, et détache son élégante silhouette de grand chef de famille parmi les siens, dans le cadre, unique au monde, des admirables maisons de la Grand-Place.

Cet Hôtel de Ville plusieurs fois centenaire, témoin de tant d'événements glorieux, tragiques ou joyeux — en effet sa construction remonte à 1402 — nous accueille aujourd'hui dans ses somptueux décors, à l'endroit tout proche de celui où, voici plus de mille ans, s'amorça notre ville au passage de la Senne, petite rivière locale.

En ce lointain passé, les flancs de la rivière portaient quelques cabanes, quelques petites auberges, quelques ateliers d'artisans noyés dans les brouillards des marais d'alentour.

Et c'est là l'origine de cette ville actuelle qui s'étend par delà les coteaux brabançons.

Ce serait abuser de prolonger ce discours, mais en terminant, j'aimerais vous rappeler quelques vers dus à la plume de l'un de nos poètes, Armand Bernier, vers extraits d'une récente plaquette intitulée « Bruxelles, la mal aimée... » et où l'on trouve quelques uns des plus beaux poèmes que notre ville ait jamais inspirés, comme le dit Albert Ghislain de notre Académie.

Armand Bernier, faisant l'aveu d'un amour tardif pour notre bonne ville, le motive en disant qu'il la connaissait mal. Ayant appris à la connaître, il nous dit également que connaître, c'est aimer... et les villes ont aussi besoin d'être aimées !

Puis-je en ces quelques vers, vous transmettre son message poétique ?

« J'ai dit aux quatre vents que la Grand-Place est belle,
Et que Dieu, qui depuis longtemps s'en est épris
Entre tous les hauts lieux où seul souffle l'esprit
Contemple avec amour ses pignons de dentelle... »

et son poème s'achève ainsi en ultime prière :

« A l'heure de la mort, accordez-moi, mon Dieu,
De passer en secret dire un suprême adieu
Moi, l'éphémère, à cette proue impérissable. »

Le Président Legrand, au nom du C.I.C. et des participations étrangères remercia à son tour Mademoiselle Van den Heuvel de ses paroles aimables et de son charmant accueil.

Puis ce fut la visite des nombreuses et jolies salles de l'Hôtel de Ville sous la conduite de Madame l'Echevin. A la description des salles s'ajoutaient les notes indispensables de l'histoire de la maison liée elle-même à l'histoire de la ville et à celle du pays.

Au retour les participants avaient le plaisir de déguster un cocktail fort bien garni, dû à la grande amabilité de M. G. Levis.

Les groupes qui s'attardaient en discutant des points d'histoire, d'art, et bien entendu de Couleur, se disloquaient à regret vers 10 heures, pour renouer ailleurs les conversations interrompues.

DEUXIEME JOURNEE

VENDREDI 26 JUIN 1959

La *Section II* consacrée à la

PSYCHOLOGIE DE LA COULEUR

s'est réunie dès 9 heures, sous la présidence de M. J. Duval.

Sont installés comme rapporteurs MM. De Vocht et G. Lutier.

Le Président Duval annonce l'absence de MM. Parra, Parra et Adam, qui, par conséquent ne donneront pas leur communication comme prévu au programme. Il fait aux auteurs la même recommandation concernant le temps consacré à chacun et donne successivement la parole à :

1. — M. MOUCHEL : La restitution de saturations dans quelques procédés modernes de la photographie en couleur.
2. — M. KOWALISKI : Une nouvelle contribution à l'effet colorimétrique des champs environnants.

Cette communication donne lieu à la question suivante de :

M. CRUSET : Pourquoi, alors que la sensibilité spectrale différentielle de l'œil est faible dans le rouge, les rouges qui sont généralement reproduits de façon satisfaisante dans les arts graphiques, laissent-ils si souvent à désirer dans les procédés photographiques en couleur sur papier, tandis qu'on ne semble pas rencontrer la même difficulté dans l'autre extrémité du spectre visible ?

L'auteur répond : a) Certains procédés photographiques reproduisent assez correctement les rouges, d'autres moins bien.

b) Le problème posé par M. Cruset n'est que l'un des nombreux aspects de la question générale posée par l'exposé.

3. — M^{me} HENRION : La couleur de l'eau.

Cette communication donne lieu aux interventions suivantes :

M. Escher DESRIVIERES : Il est exact que l'eau attaque les verres. Je demande si la très faible quantité de soude dissoute dans de l'eau pure après contact de quelques heures dans un récipient en verre dur contenant peu de soude, est de nature à modifier les caractéristiques de l'eau.

L'auteur répond : La condition physique de l'eau avant et après essai doit être contrôlée par un essai de conductivité.

M. ROCHAS : Le gaz carbonique en solution dans l'eau modifie-t-il la courbe de transmission spectrale de l'eau pure ?

L'auteur répond : Oui, et l'inflexion dans la courbe spectrale correspond à une absorption complémentaire due au gaz carbonique.

M. KOWALISKI : Est-ce que des mesures ont été effectuées sur des échantillons (ou épaisseurs) plus importants et quel est le rapport des couleurs observées au Laboratoire avec celles vues sur des masses d'eau observées dans la nature.

L'auteur répond : Vu la difficulté d'obtenir des échantillons purs, il faut se limiter à des échantillons assez petits. Les masses d'eau dans la nature ont toujours des caractéristiques particulières étant donné qu'il s'agit toujours de solutions ou de suspensions.

4. — M. BARTHES : Visibilité des panneaux de signalisation à usage industriel.

Cette communication donne lieu aux interventions suivantes de :

M. EDELMANN : Avez-vous procédé à une série d'expérimentations sur les variations de couleur en fonction du contraste ?

L'auteur répond : Non, dans notre étude nous avons considéré les couleurs fondamentales comme étant connues et conformes aux décisions internationales.

M. BERKOVICH : Les panneaux expérimentaux sont-ils exécutés en peintures mate ou brillante (en connexion avec la réflexion) ?

L'auteur répond : Nous avons travaillé sur des peintures brillantes et ceci a constitué pour nous une difficulté expérimentale supplémentaire. Nous avons disposé les lampes de façon à éliminer les reflets.

Nos essais nous ont d'ailleurs suggéré qu'il serait utile, pour éliminer les reflets, d'incliner légèrement les panneaux vers l'avant. En effet, dans l'industrie, les sources d'éclairage sont placées plus haut que les panneaux, au contraire du cas de l'éclairage par les phares d'automobiles en signalisation routière.

M. CRUSET : Avez-vous étudié l'influence du chromatisme de position de l'œil sur la qualité du contraste du signal sur le fond ? Dans l'affirmative avez-vous trouvé des cas où l'accommodation différentielle se faisait sur d'autres couleurs que l'orangé, sur le bleu par exemple ?

L'auteur répond : Non, ce problème sortait du cadre de notre étude. Néanmoins nous avons constaté que tous les observateurs déchiffraient moins facilement les panneaux verts, sauf un observateur daltonien.

M. KOWALISKI : La largeur recommandée pour la bordure (1/20 de la plus grande dimension) a-t-elle été déterminée sur des fonds unis seulement, ou aussi sur des fonds bariolés ?

L'auteur répond : La largeur de bordure a été déterminée sur des fonds unis mais de couleurs variées : blanc, noir, rouge, jaune et vert.

M. H.G. FRUEHLING : Sie haben bei Ihren Versuchen die Beleuchtungsstärke auf dem Testobjekt durch Variation der Lampenspannung eingestellt. Wie gross war der hieraus resultierende Unterschied der Farbtemperatur der Lampen und sein Einfluss auf die Farbe des Testobjekts ?

Cette question est libellée comme suit en anglais :
You have arranged in your experiments the illumination on the objects of test by changing the current of the lamps. Of which degree was the resulting difference in colour temperature of the lamps and its influence on colour of the objects of test ?

L'auteur répond : La variation de température de couleur était faible car les puissances des lampes utilisées étaient choisies de façon telle que les lampes fonctionnent au voisinage de leur régime normal lorsqu'on approchait de la valeur-seuil d'éclairément.

Néanmoins il faut signaler que nous n'avons pas orienté notre expérimentation dans le sens d'une étude des couleurs fondamentales.

5. — M. IBARRA : Vues en couleurs diapositives d'édition.

Cette communication donne lieu aux interventions suivantes :

M. A. VESTERS : Est-il tenu compte, lors de la prise de vue, du déséquilibre en sensibilité des 3 couches négatives de façon à compenser le déséquilibre du pied des courbes ?

L'auteur répond : Oui, il en est tenu compte. La copie est d'ailleurs additive.

Il répond ensuite à M. Kowaliski : La latitude de pose du négatif est grande et l'étendue de contraste du tableau est très faible,

de sorte que l'on arrive pratiquement toujours dans la partie rectiligne de la courbe sensitométrique.

M. VIGNIER : Les clichés originaux étaient-ils négatifs ?
L'auteur répond : Oui, dans leur totalité (format $10 \times 12 \frac{1}{2}$ cm).

M. CRUSET : Travaillant en négatif-positif, êtes-vous obligé d'utiliser des filtres compensateurs au tirage ? Dans l'affirmative, comment faites-vous pour éviter que le photographe de laboratoire ne trahisse le sujet ?

L'auteur répond : Tout tirage positif doit être individualisé, même si les conditions de prise de vue ont été pratiquement identiques. La « filtration » se réalise au mieux par le système *additif*, c'est-à-dire qu'au lieu d'interposer entre la source lumineuse de la tireuse et le négatif à tirer des filtres compensateurs de couleur et de densité appropriées, on éclaire le négatif avec 3 sources de lumière respectivement colorées en bleu, en vert et en rouge. Les variations nécessaires sont obtenues en changeant l'intensité ou la durée d'action de chaque source.

Lorsqu'il est impossible d'avoir accès à l'original pour lui comparer les essais provisoires (ce système, malgré son empirisme, est le plus simple et le plus vastement employé), on photographie en même temps que le sujet une gamme de gris. Cette gamme de gris peut servir, soit de guide visuel, soit de point de départ pour une filtration à caractère semi-automatique ou automatique.

M. ESCHER DESRIVIERES : Je demande quels sont les éclairéments nécessaires des toiles dans un musée pour réaliser avec 60 secondes de temps de pose les magnifiques photographies en couleur de toiles de maîtres qui ont été projetées en séance ?

6. — M. WITTENBERG : Syndromes des affinités et aversions vis-à-vis des couleurs chez 40 paragnostes.

Cette communication a donné lieu aux interventions suivantes :

M. KOWALISKI : a) Est-ce que l'examen de normalité du sujet examiné a été effectué dans les mêmes conditions d'éclairément que le test des triangles ?

b) Tient-on compte de l'émotivité du sujet, concient de la présence d'un examinateur, et du fait d'être examiné.

L'auteur répond :

a) Ja, die Farbträchtigkeit der Probanden wird unter den gleichen Umständen geprüft die auch für den Test gelten.

b) Es ist die Aufgabe des Testleiters den Charakter des « Examinators » völlig auszuschalten. Der Test ist kein Examen sondern eine « Begegnung » zweier Menschen, nicht einmal zu vergleichen mit einer ärztlichen Untersuchung sondern eher zu vergleichen mit einem Gespräch, eine Consultation eines Rechtsbeistandes, Eheberatung, Hausarztbesuch oder dergleichen. Natürlich ist eine einigermaßen emotionierte Stimmung bei jedem Probanden, aber sie trifft nicht die tieferen Lagen der Persönlichkeit, die beim Test eine Rolle spielen. Ausserdem gilt diese für jeden Probanden.

Prof. M. RICHTER : a) Wie wird berücksichtigt dass ein Teil der Versuchspersonen farbenfehlsichtig sein kann (etwa 10 % aller Männer sind es !)?

b) Bei welcher Beleuchtung wurden die Versuche durchgeführt?

c) Ich habe in frühen Jahren diese Versuche mit den Pfischen Farbdreiecken (sog. Pyramiden) an nur bestens bekannten Personen öftens wiederholt und bin jeweils um sehr verschiedenen Ergebnissen für dieselben Personen gekommen.

L'auteur répond :

a) Versuchspersonen sind mit Ischitrara-Tafeln geprüft.

b) Früher Tageslicht (verschiedene Ergebnisse), jetzt Leuchtstofflampen.

c) Test kann nur für die jeweils gegebene psychologische Lage der Versuchspersonen gelten. Die Farbwahl und vor allem die Nuancierung sind von Stimmungen und zeitlichen psychischen Zustände abhängig, aber z.B. die « Farbformel », die « Ablaufformel », das Verhältnis zwischen Farbwahl und Nuancierung, u.s.w., blicken bei Untersuchungen nach 2, 3 und 5 Jahren in hohem Masse constant, sodass dem geschulten Psychologen, der über grosse Erfahrung in diesem Test beschickt, die Interpretation, trotz zeitlicher Veränderungen, die nur die Oberfläche der Persönlichkeit betreffen möglich ist.

En clôturant cette séance de travaux le Président Duval remercie à la fois les conférenciers et les auditeurs qui sont intervenus dans la discussion. Il les félicite d'avoir tenu l'horaire dans les limites étroites imposées et les invite à se rendre au Petit foyer où les attend un quick lunch.

La Section III consacrée à

l'Esthétique de la Couleur

se réunit à 14 heures sous la Présidence de M. M. Déribéré, assisté de M^{me} Constant et de M. Escher Desrivières, rapporteurs.

L'absence de MM. Fillacier, Pinte et Van Essen est signalée par le Président. La communication de M. Pinte sera présentée par M. Rochas.

La parole est donnée immédiatement à :

1. — Mademoiselle S. DUMAREST : Couleur et formes linéaires.

Cette communication donne lieu à la question suivante :

M. ESCHER-DESRIVIERES : Avez-vous examiné les œuvres des peintres abstraits contemporains ?

L'auteur répond : J'ai déjà fait un essai d'analyse formelle d'œuvres d'art abstrait (parue dans la revue « Couleurs » Été-Automne 1958) à la suite de diverses observations effectuées sur des œuvres d'art de différentes époques. Je dois faire une série d'analyses formelles au Laboratoire du Louvre au mois de

septembre et d'autres sur l'œuvre d'un peintre figuratif contemporain.

Le Président Déribéré conclut en disant : Il y avait sans doute risque à mettre à l'ordre du jour d'une réunion à laquelle participent des scientifiques, ce thème de l'esthétique, Mademoiselle Dumarest l'a abordé avec une logique ordonnée de l'observation qui nous conduit, dans une voie constructive, donc profitable. Nous la remercions et l'encourageons à poursuivre ces intéressants travaux.

2. — M. E. SAFFRE : Le dynamisme des couleurs.

En addition au résumé précédemment communiqué, l'auteur nous donne les quelques notes personnelles suivantes et une note sur les conclusions du Dr. Gérard.

Pour ouvrir la journée de travail de la Section II, il semble indiqué de choisir dans la psychologie des couleurs un problème qui me paraît fondamental et d'en faire l'analyse puisqu'il constitue, dans le domaine des couleurs, un point de jonction des plus intéressants entre la physique, la physiologie et la psychologie. Il s'agit du problème du dynamisme des couleurs.

L'idée de dynamisme contient celle de mouvement et d'action.

Comment cette idée peut-elle s'appliquer aux couleurs alors qu'observées sur les surfaces immobiles qui nous entourent elles nous paraissent statiques ?

La question peut être examinée sous deux aspects : celui d'un dynamisme polychromatique et celui d'un dynamisme monochromatique.

Toute polychromie peut être considérée comme stimulante, comme énergétique, puisque les rayons lumineux directs ou réfléchis des différentes couleurs (c'est-à-dire les différentes longueurs d'onde) en balayant périodiquement notre rétine, contraignent les récepteurs chromatiques qui lui sont incorporés à une sorte de gymnastique, à un mouvement auquel le corps et l'esprit finissent pas participer et dont ils peuvent se réjouir lorsque ce mouvement n'est pas excessif ni fatigant, mais lorsqu'il est au contraire modéré, ordonné, équilibré.

Ceci mis à part, il est plus généralement question du dynamisme monochromatique. On admet que toute couleur examinée isolément est susceptible de produire des effets énergétiques sur l'organisme par l'intermédiaire de l'œil et même, dans certains cas, sans cet intermédiaire et que ces effets énergétiques sont en rapport avec les longueurs d'onde.

Qu'il y-a-t-il de fondé, qu'il y-a-t-il d'abusif dans cette doctrine ?

A vrai dire, il n'a jamais été prouvé que les effets énergétiques des couleurs puissent avoir une portée quelconque dans les conditions pratiques ou les couleurs sont utilisées. Nous démontrerons d'ailleurs pourquoi aucune expérience ne peut être concluante. De là peuvent naître des polémiques sans fondement sur l'intérêt qu'il y a à faire usage du dynamisme des couleurs.

Pour se faire une opinion, il faut donc se retourner vers des expériences de laboratoire. Depuis les travaux du Docteur Charles FERÉ, qui datent déjà d'au moins 50 ans, la question jusqu'ici n'avait pas été étudiée plus à fond. Or, à l'occasion de ce Congrès de la couleur, je puis justement faire état d'une étude toute nouvelle que l'auteur, le Docteur GERARD, psychiatre à Los Angeles,

de passage à Paris il y a huit jours, m'a autorisé à expliquer et à traduire en français aux auditeurs de Bruxelles.

Grâce à l'abondance des moyens dont on dispose quelquefois aux U.S.A., l'étude du Docteur Gérard a pu aboutir cette fois à des conclusions qui semblent définitives. Il ne s'agit pas d'une découverte mais de la confirmation d'un fait qui, jusqu'ici, ne se traduisait que par des impressions plus ou moins discutables.

Au cours de mon exposé, je donnerai tous les détails concernant cette étude :

- appareillage utilisé
- choix des sujets en qualité et en nombre
- conditions d'expérimentation
- résultats physiologiques et psychologiques
- interprétation des résultats
- conclusions pratiques pour la médecine psychiatrique
- conclusions pratique pour la médecine du travail
- dans quel sens et dans quelles mesures peut-on raisonnablement exploiter le dynamisme des couleurs ? Les auditeurs du Congrès peuvent-ils apporter des témoignages ?

— suggestions d'un programme pour un apport futur.

Conclusions des expériences du Dr Gérard.

- 1) Confirmation du dynamisme différentiel des couleurs;
- 2) Celui-ci intéresse l'organisme tout entier, pas seulement les sentiments subjectifs;
- 3) Le pouvoir dynamique moyen de la lumière est en rapport avec son intensité et sa composition;
- 4) Le caractère différentiel du dynamisme des couleurs varie avec la réceptivité du sujet sans pour cela changer de sens.

Conclusions pratiques pour le médecin psychiatre :

- 1) La chromo-thérapie peut être conseillée comme une thérapeutique de complément;
- 2) Les tests physiologiques du Dr Gérard surclassent les précédents pour le dépistage des états d'anxiété pathologique.

Conclusions pour l'hygiène sociale :

Il faut tenir compte du dynamisme des couleurs dans le choix de celles-ci pour tout les locaux collectifs en se basant sur les sujets qui ont une sensibilité moyenne.

Les questions esthétiques doivent être traitées parallèlement.

Cette communication donne lieu aux interventions suivantes :

M. COLLET : Pourquoi opposer le bleu au rouge et non pas le vert au rouge ?

L'auteur répond : Il ne s'agissait pas de comparer les effets entre sensations, mais entre excitations physiques.

M. ARZENS : Intervenant dans la discussion entre MM. E. Saffre et J. Collet, je crains qu'il y ait malentendu : M. Saffre parle de dynamisme des couleurs, M. Collet d'harmonie des couleurs.

L'auteur répond : Le but de l'étude du Dr. Gérard était de vérifier la loi de proportionnalité entre le dynamisme des couleurs et la longueur d'onde d'excitation. Ce n'était donc pas la comparaison entre les complémentaires qui était intéressante, mais entre le rouge et le violet. Ce dernier ne pouvant pas pratiquement être obtenu exempt de rouge dans sa composition physique, ce fut le bleu que l'on utilisa.

L'étude du Dr. Gérard sera sans doute complétée par des essais avec les autres couleurs du spectre.

M. DESAMORY : Le niveau d'excitation du sujet dépend-il seulement de la quantité de photons reçue ?

La sensibilité de l'œil ne doit-elle pas intervenir ?

Les expériences ont porté sur les lumières rouges et bleues; toutes deux moins bien perçues par l'œil à intensité égale. En serait-il de même pour le jaune ?

L'auteur répond : Il ne semble pas que la sensibilité de l'œil relative aux différentes couleurs du spectre intervienne d'une manière importante, puisque les essais du Dr. Gérard ont été faits non seulement en lumières rouge et bleue, mais aussi en lumière blanche de même intensité. Bien qu'à cette lumière blanche l'œil ait été plus sensible qu'aux lumières rouges et bleues, les résultats psychophysiologiques furent intermédiaires.

Le Président Dérivé remercie M. Saffre dont la longue pratique justifie une réelle autorité dans ce domaine du dynamisme des couleurs où il a beaucoup œuvré. Nous retiendrons surtout de ses vœux : Expérience et méthode scientifique et non fantaisie.

3. M. ESCHER-DESRIVIERE : Nouvelles recherches expérimentales sur la protection des archives contre la lumière solaire par l'emploi de vitrages spéciaux.

Le Président Dérivé remercie l'auteur de l'action suivie dans ses travaux et, comme le sujet est tout à fait connexe, donne la parole à M. Rochas qui présente rapidement les conclusions de M. le Chanoine Pinte.

4. — M. le Chanoine PINTÉ : Nouveautés en fabrication de verre à vitres inactiniques.

Le Président Dérivé remercie M. Rochas et le prie de transmettre ses bons vœux à M. le Chanoine Pinte. Il signale qu'il s'agit de travaux importants non seulement dans le cadre de la Commission pour la Conservation des œuvres d'art établie au C.I.C. sur la demande des Musées nationaux, mais aussi pour extension très large à d'autres domaines.

5. M. JOHANSSON : Exposé de la situation en Suède au point de vue de l'esthétique de la couleur.

Le Président remercie l'auteur pour son travail et déclare :

Je pense que nous avons encore, cet après-midi, fait du bon travail. Cette séance doit être en particulier profitable aux Coloristes-Conseils. Ceux-ci sont devant un métier très beau mais très délicat et nous avons le plein désir de leur apporter l'aide qui peut leur être utile devant cette tâche nouvelle.

Je remercie les conférenciers et vous tous aussi, Mesdames et Messieurs, qui avez suivi cette journée avec une attention soutenue.

Vous avez bien mérité maintenant de la demi-heure de « récréation » qui nous est consentie par l'horaire.

A 17 heures le public était admis dans la Salle du théâtre et assista à trois présentations successives qui furent un véritable enchantement.

La séance fut présentée en ces termes par le Président Ernotte :

Mesdames, Messieurs,

Nous avons l'honneur et le très grand plaisir d'accueillir à la tribune de la seconde conférence publique des 3^{m^{es}} Journées Internationales de la Couleur, un ami français poitevin, Monsieur Maurice Dérivé, Ingénieur sorti de l'Ecole Bréguet à Paris.

Après une carrière marquante dans l'industrie, il est à présent Chef du Centre d'Eclairagisme de la Compagnies des Lampes Mazda.

Il assume en outre les fonctions de secrétaire général du Centre d'Information de la Couleur de France, sous les auspices duquel se placent ces Journées.

Rédacteur en chef de la Revue « Couleurs » organe de ce Centre, il est en outre l'auteur de nombreuses publications, articles, ouvrages dont le nombre dépasse la cinquantaine, et dont la plupart traitent des questions relatives aux radiations qui se situent dans le champ du spectre visible de la lumière, ou au delà de ce champ. La question des Infrarouges a retenu ainsi sa particulière attention.

L'un de ses derniers ouvrages traite de « La couleur dans les activités humaines ». Ce sujet est en corrélation intime avec le thème choisi pour la conférence qu'il va vous donner.

Monsieur Dérivé est aussi membre de la Commission Supérieure Technique du Cinéma, section Couleur en Relief.

Ces multiples activités lui ont valu l'attribution de belles distinctions, et je cite, dans l'ordre où ils les a reçues :

- La Médaille d'or du Mérite de la Renaissance française.
- Le grade d'Officier du Mérite pour la Recherche et l'Invention.
- Les Palmes Académiques.

Le sujet de la conférence qu'il va vous présenter traite de « L'Association lumière et couleur comme élément architectural », sujet particulièrement bien choisi pour intéresser un large auditoire.

Le programme de cette séance comprendra, en outre, la projection d'un film kodachrome dont M. Dérivé est l'auteur. Il a été tourné, l'an dernier à Toulouse, avec images de M. Valdès.

Monsieur Ibarra vous montrera ensuite une série de reproductions en couleurs, particulièrement fidèles, de tableaux anciens ou modernes situés au Musée du Louvre, au Musée National d'Art Moderne et au Musée du Jeu de Paume à Paris. Vous apprécierez certainement les diapositives haute fidélité réalisées suivant le procédé NEOCOLOR sous licence Ibarra qui vont vous être présentées.

Monsieur Lamouret de la Société Kodak, qui a présenté hier, au Palais des Congrès une conférence publique sur la photographie en couleurs clôturera la séance par une sélection spectaculaire de films

et diapositives en fondu-enchaîné, accompagnés d'un montage sonore.

Il est bien certain que la qualité de notre conférencier et son électricité dans la détermination des projections qui vont illustrer son exposé, ne laissent en vos mémoires un souvenir durable de la séance qui va se dérouler.

Sans plus attendre, je cède la parole à Monsieur Maurice Dérivé.

Après la séance :

Mesdames, Messieurs,

Laissez-moi exprimer à MM. Dérivé, Ibarra et Lamouret, toute notre satisfaction, toute notre admiration pour la splendide séance de délassément qu'ils viennent de nous offrir, rompant ainsi l'austérité des nombreuses séances de travail de nos Journées, tout en demeurant dans leur esprit.

Par la projection de son film et l'éloquence de ses commentaires colorés, M. Dérivé a fait revivre à ceux d'entre nous qui s'y trouvaient, les belles Journées de la Couleur à Toulouse. Il nous a promené ensuite par le monde pour nous donner par la présentation de ses belles diapositives, un aperçu des possibilités de l'alliance de la lumière et des couleurs, dans la mise en valeur des langages divers de l'architecture.

M. Ibarra nous a montré toute la richesse actuelle de la reproduction des œuvres d'art suivant les procédés récents de restitution fidèle des couleurs.

Et M. Lamouret nous a fait une démonstration étonnante des possibilités mises maintenant à la disposition de l'homme, qui peut réellement se surpasser dans la glorification des beautés de la nature, grâce à l'intime conjonction des moyens actuels des techniques et de l'art.

La « Symphonie Florale » que nous venons de vivre nous laisse sous une impression de charme, d'enthousiasme et d'émotion dont nous conserverons le souvenir.

Nous remercions encore très chaleureusement ceux qui nous ont préparé cette magnifique séance.

VISITE A LA MAISON D'ERASME

Les Congressistes étaient conviés (20 heures 30) à la visite d'un haut-lieu de la Pensée : la Maison d'Erasmus, pleine de souvenirs de l'éminent érudit du 16^e siècle.

Le Président Ernotte prononça, en guise d'introduction à la visite, l'allocution suivante :

Mesdames, Messieurs,

En votre nom, je me permettrai d'abord de remercier très cordialement Monsieur Jean-Pierre van den Branden, qui consent, ce soir, à exercer ici ses fonctions de Conservateur de la Maison d'Erasmus, pour nous accueillir bien au delà des heures habituelles de visite de cette vénérable demeure.

Mais, la passion qui l'anime pour son Musée, le sentiment et le cœur qu'il met à faire partager à ses visiteurs l'admiration qu'il a, au plus haut point, pour ces lieux historiques et celui qui y vécut, lui feraient passer la nuit, plutôt que de priver quelqu'un des instants d'émotion que tous nous ressentons, en parcourant pieusement ce haut lieu de la pensée où vécut le grand Erasme, Prince des humanistes !

Je lui en sais gré, infiniment, car cette bienveillance permet aux participants des 3^mes Journées de la Couleur d'accomplir, eux aussi, ce pieux pèlerinage.

Faisant une diversion, puis-je dès maintenant, vous faire remarquer que si le siège de nos Journées est situé à Uccle, qui, comme je vous le disais à la séance inaugurale, posséda le plus ancien échevinage de Bruxelles, Anderlecht, où nous sommes à présent, partage avec Uccle le privilège d'appartenir aux origines et à l'histoire les plus lointaines de notre agglomération.

Par notre visite hier soir, au somptueux Hôtel de Ville de Bruxelles, par celle de ce soir qui la complète, et par notre séjour à Uccle, nous aurons donc vu passer les trois lieux les plus anciens, fondements archéologiques de notre ville.

Anderlecht, sans orgueil, est fière de sa Maison d'Erasmus, sauvée de la ruine, voici bientôt 30 ans, par son Conservateur Honoraire, et Fondateur, notre cher ami et éminent humaniste Daniel van Damme. On le fêta récemment ici, en apposant son médaillon de bronze au flanc de la porte d'entrée de cette maison, qu'il aima tant et qu'il adore toujours, afin, comme le dit Monsieur Bracops, le sensible et délicat Bourgmestre d'Anderlecht, « qu'il soit ici chez lui pour toute éternité ».

Joyau du Passé, riche de collection, riche aussi de ce décor intime et unique où l'imagination voit renaître et revivre Erasmus dans une intensité émouvante, telle est cette maison.

On vient ici se retremper, comme en pèlerinage, dans l'idéal le plus pur de la vie.

Erasmus fut un géant de la pensée et, dans le monde du début du 16^me siècle, où l'instinct encore bien primitif laissait fort peu de place aux finesses de la sensibilité et à la saine raison, il domina l'époque, et victorieusement, fit valoir la grandeur de son âme confiée à ses écrits.

Monsieur Daniel van Damme nous a restitué la personnalité d'Erasmus dans une petite plaquette de haute qualité, où nous le retrouvons tel qu'il fut, avec toute la tendresse profonde qu'il portait à l'Humanité.

Cette plaquette, petite œuvre d'art, est disponible ici et je ne saurais trop vous engager à ne pas quitter tantôt cette demeure ravissante, sans en être muni.

Je ne pourrais mieux achever ces quelques mots d'introduction qu'en vous lisant quelques pages de ce bijou littéraire.

« Au centre de son beau jardin recueilli se dresse, solitaire, la Maison d'Erasmus.

» Une luminosité rose tendre adoucit l'austérité de ses murs séculaires dans lesquels miroitent des fenêtres à meneaux.

» Cette antique demeure, une des rares survivantes de la fin de la période gothique, est entièrement construite en briques espagnoles.

» Les pignons à gradins hérissent la toiture. Deux curieuses cheminées quadrilobées annoncent déjà la Renaissance flamande.

» L'édifice, harmonieusement proportionné, est éloigné des trépidations de la vie moderne par un parc entouré de hautes murailles antérieures au règne de Charles-Quint et dont certaines portent des traces de fortifications.

» En tête de la façade, le millésime de « 1515 » dans ses vieux fers forgés, est demeuré en place et évoque l'aurore du XVI^e siècle.

» 1515 !... C'est l'époque où Erasmus, revenant de cette Italie qui le hanta pendant tant d'années, médite sur les folies humaines.

» Henri VIII en Angleterre, vient de succéder à son père, et nourrit déjà d'audacieux projets, cependant que dans son ombre, Thomas Morus, alliant les dons de l'écrivain à ceux de l'homme d'Etat, compose l'île d'Utopie.

» Albert Dürer rêve d'un prochain voyage dans les Pays-Bas, et Hans Holbein, qui n'a que 17 ans, crayonne ses 85 admirables illustrations pour l'Eloge de la Folie.

» Le fin profil de François I^{er} se découpe sur les frondaisons du parc de Fontainebleau où l'on prépare l'entrevue du Camp du Drap d'Or, tandis que sous le clair ciel de France le rire de Rabelais commence à résonner.

» Charles-Quint, dont la mâchoire saille sous la barbe naissante, entre en possession de son immense empire.

» En Allemagne, retentissent les diatribes de Martin Luther. Les « Lettres des Hommes obscurs » circulent sous le manteau. Les humanistes ont découvert toute l'Antiquité, et les presses des imprimeurs geignent pour enfanter les premiers livres qui connaîtront un engouement inégalable.

» Les Turcs approchent de Vienne, la Réforme gronde... Erasmus redit sans se lasser la suprématie de l'esprit, qui est compréhension et modération, sur la violence et la guerre. Il tâche de concilier le passé et le présent, la Sagesse antique et l'Eglise, la Raison et la Foi. Il réalise la plus haute expression de l'Humanisme.

» A la faveur de ce décor des souvenirs se précisent. Nous sommes à la fin du mois de mai. Luther vient d'afficher à Wittenberg ses 95 thèses fameuses. Erasmus qui est prêtre catholique et Chanoine régulier de l'Ordre des Augustins, estime depuis longtemps qu'il est urgent d'affermir la pureté et l'autorité de l'Eglise.

» Il a d'abord écouté avec attention les premières et véhémentes critiques de Martin Luther dont il ne soupçonnait pas encore les intentions secrètes, qui vont mettre en péril l'unité spirituelle de la chrétienté.

» Cependant les Théologiens de l'Université de Louvain où Erasmus réside à cette heure, s'inquiètent de sa neutralité et le pressent de prendre parti. Mais Erasmus se refuse obstinément à descendre dans l'arène, à attiser les querelles, à pousser aux luttes fratricides, lui qui est perdu dans son rêve humaniste, qui ne connaît d'autre parti que celui de l'humain et qui espère perfectionner la société en donnant à chaque individu des rudiments d'instruction, d'éducation, d'hygiène, de « savoir vivre »...

» Lassé et déçu, il se souvient qu'il a dans un petit village près de Bruxelles, un ami helléniste et latiniste comme lui, le Chanoine Pierre Wychman, qui occupe une spacieuse maison mise à sa disposition par le Chapitre d'Anderlecht.

» Il quitte donc Louvain, emportant livres et grimoires. Le voilà qui apparaît au détour du chemin, à cheval suivant la mode du temps. Le masque aigu, la lèvre pincée dans un sourire énigmatique, le chef coiffé du tricorne des Docteurs en Théologie, le corps menu enveloppé dans une houppelande à col de martre. Sa fine main chargée de bagues émerge d'une manche de satin cramoisi ourlée d'un galon d'or et frappe à l'huis de Pierre Wychman. Il vient lui demander l'hospitalité et la quiétude qui lui sont nécessaires pour achever non seulement ses prodigieux travaux théologiques et philologiques, mais encore les productions littéraires qui le rendront immortel.

» La nouvelle se répand aussitôt à Bruxelles que le grand Erasmus, le rénovateur des lettres grecques et latines, le génial dialecticien,

le probe philosophe et le caustique moraliste, s'est fixé à Anderlecht.

» Le lendemain de l'arrivée du Maître, dès l'ouverture des portes de la ville, prélats, nonces, diplomates se hâtent au trot de leur monture et viennent déposer leurs hommages aux pieds du Prince des Humanistes.

» Erasme, l'arbitre de la culture, disserte avec eux d'un ton souvent railleur mais toujours tolérant des choses de son temps, des choses éternelles... »

Et ne croyez-vous pas qu'en son sens de l'humain, s'il eut été présent en cette belle soirée, il aurait avec nous, en artiste subtil, glorifié la couleur et son éternité, don de la Création pour le bonheur de l'homme ?...

A l'issue de la visite voici les quelques mots de remerciements du Président au Conservateur.

Mon cher Jean-Pierre van den Branden,

Mon cher ami,

Mon cher Conservateur,

Puis-je être l'intermédiaire de tous nos invités en cette belle soirée, pour vous dire combien nous conserverons de cette visite à la Maison d'Erasme, un souvenir inoubliable.

Vous avez été éblouissant, mon cher ami, tant par votre érudition que par votre charme, votre esprit, votre à propos, et votre obligeance à nous faire valoir tous les trésors que contient votre musée, et à nous faire sentir combien fut grande la personnalité du Prince des Humanistes.

Je ne sais en quels termes m'exprimer pour vous remercier de cette réception inégalable, qui fut pour nous tous un régal de l'esprit et du sentiment.

Nous emportons de cette visite, surtout, le désir de revenir pour nous retremper à nouveau dans cette ambiance unique où vous avez le privilège de passer vos jours.

Puis-je vous dire combien les membres de notre Association l'A.T.I.P.I.C. ont d'estime pour votre maison !

Qu'il me suffise de vous faire remarquer que ce soir se trouvent réunis ici les quatre Présidents successifs qui ont régné sur notre association depuis son origine !

Je suis certain que tous nous reviendrons vous voir et que tous nos amis étrangers qui ont goûté le charme de votre accueil en cette magnifique soirée, passeront revoir la Maison d'Erasme lors de leur prochain voyage en notre capitale.

Leurs applaudissements prolongés vous ont dit toute leur satisfaction, toute leur admiration. Laissez-moi y joindre encore mon plus cordial merci !

TROISIEME JOURNEE

SAMEDI 27 JUIN 1959

La Section IV consacrée à l'

ENSEIGNEMENT DE LA COULEUR

s'est réunie à 9 heures sous la présidence de M. l'abbé J. Péters.

Sont installés comme rapporteurs MM. d'Havé et Gillod.

Le Président ouvre la séance en signalant l'absence de deux conférenciers : M. Van Vlaesselaer et Madame Jonckheere.

Par contre, dit-il, nous aurons le plaisir d'entendre le Dr. I. Balinkin (Cincinnati, U.S.A.).

Ces préliminaires accomplis, il fait une sorte d'introduction aux travaux de la Section dans sa communication :

1. — Les problèmes que pose l'Enseignement de la Science de la Couleur.
2. — Prof. W.D. WRIGHT lui succède à la tribune et traite : The teaching of Colour at the Imperial College, London.

Cette communication donne lieu à différentes questions de la part de l'auditoire et notamment de :

M. GILLOD :

1) L'enseignement de la couleur en Angleterre est-il localisé au seul Imperial College ?

2) Quel est approximativement le nombre total des étudiants suivant ces cours ?

Réponse du conférencier :

1) Non; il y a notamment :

Université de Manchester : Cours spécialement destiné aux professionnels de la teinturerie.

Borough Polytechnic de Londres : aspects d'éclairage.

Battersea College of Technology, Londres.

2) Nombre d'élèves : extrêmement variable.

M. C. MEURICE :

Quelle est la formation requise pour suivre les cours ?

Réponse du conférencier :

Rappel des éléments fournis dans l'exposé imprimé.

— Pour études supérieures : degré universitaire.

— Pour les cours de courte durée : aucune exigence précise.

En fait, grande variété d'origine des élèves; il y a des scientifiques qui viennent acquérir une pratique de l'emploi des appareils, des techniciens qui veulent se perfectionner ou simplement des personnes ayant une expérience pratique des couleurs.

M. Karl MIESCHER :

Une grande difficulté pour l'instruction est certainement la pluralité des systèmes de couleurs que j'ai déjà signalée lors de ma communication précédente. Il n'y a concordance que sur le diagramme trichromatique, mais complète discordance en ce qui concerne son interprétation sur le plan de la métrique inférieure et surtout de la métrique supérieure. Il est grand temps de trouver une solution et nous à Bâle nous comptons pouvoir soumettre nos idées bientôt. Du reste nous croyons que notre intégrateur spectral aidera beaucoup à mieux comprendre les notions fondamentales de la couleur ainsi que leur rapport mutuel.

3. Prof. M. RICHTER : Unterricht in Farbenlehre in Deutschland (Ergebnisse einer Rundfrage).

Cette communication donne lieu à une question de :

M. H.G. FRUEHLING :

Da das Gesamtgebiet der Farbenlehre dem Anfänger erfahrungsgemäss grosse Schwierigkeiten bereitet — selbst Physiker haben zunächst oft eine Abversion dagegen — wäre da nicht der Weg zu erwägen, die Ausbildung auf allen Teilgebieten nicht nacheinander, sondern gleichzeitig durch mehrere aufeinanderfolgende Kurse mit progressiver Steigerung des Niveaus durchzuführen? Das Beispiel des an der Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin durchgeführten Kurses, das Herr Prof. Richter erwähnte, wäre in diesem Sinne als eine erste Stufe einer solchen progressiven Ausbildung aufzufassen.

Réponse du Conférencier :

Cette suggestion est fort intéressante et il serait utile de la transmettre à ceux qui sont chargés de l'organisation de l'enseignement de la couleur.

4. Prof. I. BALINKIN (Univ. de Cincinnati).

All the colors which we see in the visual field, are constituted by color mixtures of the two types : additive and subtractive.

Color mixture with colorants, such as pigments or paints partake the combined aspects of both, the additive and subtractive.

For demonstration of subtractive color mixture principles, a special subtractive Color Sliderule was constructed.

It consists essentially of four (4) different 1 yellow-orange filters mounted on a slide.

Another four (4) different 1 blue-green filters are mounted in the frame.

Above each filter a spectrophotometric curve shows transmittance from 400 to 700 μ on a percentage scale.

By proper indexing when the spectral curves are properly aligned, part of one filter is placed over a part of another filter. Thus, each filter is visible, also the spectral curves for each filter can be observed together with the residual color.

It is the latter which is seen as green, purple, red, black, etc...

5. M. LEMAIRE : Méthodes d'enseignement de la Couleur.

Cette communication donne lieu à la question de :

M. SAFFRE :

Combien de temps prévoit-on pour l'ensemble du cours d'enseignement professionnel et technique aux 2 degrés et dans cet enseignement combien d'heures sont consacrées à la couleur ?

L'auteur répond :

En professionnel comme en technique, le programme comporte 40 heures de cours par semaine. Une heure est consacrée à la couleur.

6. — M. LAMOURET : Les méthodes audio-visuelles d'enseignement de la couleur.

Cette communication donne lieu à l'observation de :

M. CRUSET :

Je m'étonne de ce que, dans sa communication écrite, le conférencier ait regretté qu'il n'y avait pas de matériel permettant l'utilisation collective de la stéréoscopie. Il existe dans différents pays (Allemagne, France, etc...) des appareils de projection stéréoscopique utilisant les polaroïdes qui donnent d'excellents résultats, devant de vastes auditorios et même pour la couleur, pourvu qu'ils soient assez puissants. Nous avons étudié à l'Institut Géographique National et fait réaliser par un industriel français (S.F.O.M.) un appareil permettant de projeter des couples stéréoscopiques, non seulement des photographies aériennes, mais aussi de motifs architecturaux, de paysages, de plantes, d'insectes, etc.

Ce matériel a été agréé par le Ministère de l'Éducation nationale et est utilisée par certains lycées, notamment pour l'enseignement de la géographie générale dans la classe de seconde; il permet, à l'Institut de Géographie alpine de Grenoble, de donner l'enseignement collectif que permet difficilement le stéréoscope et de bien faire comprendre aux étudiants ce qu'on attend d'eux dans un exercice

d'interprétation de photographies aériennes. Il a été présenté devant des auditorios de 800 personnes (Stockholm, 1956), de 500 personnes, à Lille, etc...

Répondant à l'invitation du président de la Section IV, Monsieur l'abbé Peters, je me ferai un plaisir de lui adresser une communication sur l'appareil de l'I.G.N., communication qui pourra être insérée dans les archives des Journées internationales.

Réponse du conférencier :

Remerciements du conférencier qui déclare ne pas connaître de nombreuses applications courantes de la projection stéréoscopique de masse.

7. — M. GILLOD : Le problème de l'enseignement de la couleur en France.

Une série d'interventions anime la discussion au sujet de cette communication, et l'on entend successivement :

M. BARTHES :

Je tiens à signaler que l'Association française des Éclairagistes organise tous les ans un cycle de conférences, d'une durée de une semaine, destinées aux professeurs de l'Enseignement technique, à charge pour eux de répercuter cet enseignement concernant la lumière et la couleur dans leurs propres cours par la suite.

M. CRUSET :

N'est-il pas possible d'envisager, dans le cadre du Conservatoire des Arts et Métiers, à côté du programme général proposé par M. Gillo d et de l'enseignement plus sommaire suggéré par M. Escher-Desrivières, d'organiser, quitte à le prélever sous forme de tranche de votre cours général, des leçons de colorimétrie, de spectrophotométrie, etc..., destinées aux ingénieurs ou aux universitaires exerçant leur activité dans des administrations publiques ou privées, suffisamment courts pour éviter les redites qui lasseraient des auditeurs avertis et pour entraîner l'adhésion des administrations employeuses ?

Réponse du conférencier :

Il n'est pas possible de multiplier le nombre de cours. En fait, les personnes visées par M. Cruset obtiennent plus ou moins satisfaction en suivant, dans les cours existants, uniquement les parties théoriques ou pratiques qui les intéressent.

M. DESAMORY :

L'enseignement de base de la couleur ne devrait-il pas inclure l'étude des aspects psychologique et esthétique ? Le programme proposé n'est-il pas trop limité aux aspects scientifiques et techniques ?

Réponse du conférencier :

Ces aspects ne sont sans doute pas traités directement ni de manière approfondie; ils n'échappent cependant pas totalement à l'attention des différents professeurs. Les catégories d'élèves qui suivent les cours sont d'ailleurs surtout intéressés par l'acquisition de connaissances scientifiques de caractère technique. Les aspects psychologiques et esthétiques leur sont souvent mieux connus et peuvent éventuellement être plus aisément acquis en d'autres milieux.

M. KOWALISKI :

Ne faudrait-il pas avant tout enseigner les principes fondamen-

taux des synthèses additives et soustractives *aux enseignants du premier et du second degré*, pour éviter l'introduction de notions éronnées dans ces enseignements, et malheureusement encore très fréquentes. (Exemples : rouge + vert = noir; jaune + bleu = vert; etc.).

Réponse du conférencier :

Il est certain que l'enseignement devrait avoir un caractère plus scientifique. Certaines méthodes simples, telle celle présentée par le Prof. Balinkin pourraient apporter la solution à cette question.

M. POGU :

Il existe une tendance générale dans divers pays : celle d'un enseignement technique général. Ne serait-il pas possible de suggérer une motion tendant à informer les autorités responsables de ces enseignements de l'importance de l'enseignement de la couleur ?

Réponse du conférencier :

Réponse affirmative. Une telle motion est souhaitable.

M. BERTRAND :

Monsieur Gillod a donné une image un peu négative de l'enseignement de la couleur en France. Il ne faut pas oublier qu'il existe dans les Instituts spécialisés, je veux parler de l'Institut d'Optique, des cours d'enseignement de la couleur d'un niveau élevé. D'autre part depuis trois ans il existe des « conférences de troisième cycle » destinées à l'enseignement de la couleur à l'Université.

Réponse du conférencier :

Certes, mais il reste encore beaucoup à faire.

8. — Avant de donner la parole à M. Arzens, le Président Péters souligne le travail accompli par ce dernier pour présenter aux participants un maximum de textes malgré le retard de certains auteurs pour envoyer leurs manuscrits.

Puis M. ARZENS expose : Un cas pratique d'enseignement de la couleur.

M. Kowaliski fait le commentaire suivant :

Nous partageons l'opinion de M. Arzens en ce qui concerne l'élément attractif de l'enseignement des principes de la couleur. Dans ce sens nous aimerions rappeler une méthode explicative d'Ives (II. of the Franklin Institute, 1915 ou 1916) qui permet d'établir, avec emploi de notions simples, la liaison entre l'aspect intuitif d'une couleur (teinte, saturation et luminosité), et la trivariance trichromatique employant des primaires rouge, verte et bleu. On établit cette liaison par emploi d'un système cartésien ayant comme axes R, V et B, et la définition d'un point quelconque de cet espace par son rayon vecteur, obtenu par addition vectorielle des rayons vecteurs correspondant à la couleur spectrale et le blanc, et caractérisé en outre par sa longueur qui définit la luminosité.

Après cette dernière communication, le Prof. W.D. Wright demande la parole pour un commentaire général.

I would like to make a general comment on the discussions which we have had this morning. Clearly we are aware of the need for better education on colour at all levels. I am sure we need

this in our schools, but I have also been impressed recently by the fact that revolutionary theories of colour vision can be put forward yet very few people seem competent or to have the confidence to assess them of their true value. Is there not a case for a summer school for those responsible for teaching colour at quite a high level to assist each other and eventually to improve the teaching at all levels in our various countries ?

Le Président Péters répond :

Il serait en effet fort intéressant de réunir en colloques d'été et en dehors des Journées de la Couleur du type actuel, ceux qui sont chargés de l'enseignement de la couleur. Nous en tiendrons compte dans l'établissement des vœux de la Section IV.

En terminant la séance le Président remercie les conférenciers et félicite les auditeurs d'avoir prêté jusqu'au bout une attention soutenue aux communications présentées.

L'assistance se dissipe alors, lentement cependant, les échanges de vue continuant dans les groupes et jusqu'à la table où est pris le dernier quick lunch en commun.

Mais le travail n'est pas terminé pour autant, et dès 14 heures les sections se réunissent séparément pour l'établissement de leurs rapports.

SEANCE DE CLOTURE

Cette séance était précédée, comme nous venons de le dire, de réunions par sections, tout d'abord, pour la rédaction des rapports de chaque section. Une séance réunissant ensuite tous les comités des sections permit la mise au point de la coordination de ces rapports sous la conduite du Comité scientifique.

Les participants aux Journées furent ensuite invités à se réunir en séance plénière au cours de laquelle M. A. Cailiez présenta tout d'abord une note du Dr. D.B. Judd.

LOIS DES MELANGES DE COULEURS POUR DES SPECIMENS VUS SOUS UN GRAND DIAMETRE APPARENT

par le Dr. D.B. JUDD

du Bureau des Standards de Washington,
Président du Comité de Travail (Colorimétrie de la Commission
Internationale de l'Eclairage) (C.I.E.), W-1.3.1.

Le Prof. Y. Le Grand m'a demandé de vous communiquer le résultat des recherches du Comité de Travail W-1.3.1 (Colorimétrie) de la C.I.E. Le problème de base est le suivant :

L'examen industriel d'objets colorés que l'on désire assortir à un « standard » donné, se fait habituellement par comparaison visuelle entre un spécimen de grandes dimensions (papier, tissu, plastique, céramique, etc.) et un standard qui, lui aussi, est de grandes dimensions.

Ces spécimens sont vus en général à une distance telle, que

leur diamètre apparent soit de l'ordre de 10° , parce que dans ces conditions on peut constater des différences de couleur plus petites qu'avec des objets vus sous un petit angle.

Le standard est souvent spécifié dans le système chromatique de la C.I.E., à partir de mesures spectrophotométriques, et parfois le résultat visuel est vérifié par la même méthode.

Il est fréquent que le spécimen soumis à l'examen soit coloré par des pigments autres que ceux qui ont servi pour le standard, et dans ce cas, un assortiment correct consiste à réaliser un métamérisme entre le standard et le spécimen.

En outre, la décision visuelle ne peut être corroborée par le spectrophotomètre, que si les données, fournies par cet appareil, sont ensuite réduites au moyen de fonctions de mélanges de couleurs, qui soient en accord avec la vision de celui qui a fait l'inspection.

Or, il est bien connu, qu'une équation colorimétrique réalisée par un champ de 2° devient souvent fautive, pour le même observateur, quand on emploie un champ plus grand, de l'ordre de ceux qui servent dans les examens industriels.

Si l'équation est fortement métamérique, c'est-à-dire, si le spécimen et le standard que l'on compare possèdent des courbes spectrophotométriques très différentes, cette dépendance de l'équation, en fonction du diamètre apparent est très marquée.

Dans de grands champs, une fois l'égalisation faite, on voit souvent une tache verte d'un côté du champ, qui suit le point de fixation quand le regard se déplace, et de l'autre côté, une tache rougeâtre analogue. On appelle cet effet la « Tache de Maxwell » du nom du physicien qui la découvrit vers 1860; on l'explique par l'existence dans la macula de la rétine d'un pigment jaune.

On s'étend sur 3 à 4° de diamètre apparent.

Le Comité de travail W-1.5.1 de la C.I.E. fut organisé peu après la session de Zurich (1955) et une de ses tâches fut d'étudier une révision éventuelle de l'Observateur de référence de la C.I.E.; en effet une étude pratique de cet observateur, faite en particulier par Kelly, MacAdam, Burnham, Tilleard, Cruz et Juan, prouva qu'il semblait en défaut, à partir d'un champ de 4° de diamètre apparent environ; la tâche essentielle du Comité W-1.5.1 fut donc définie comme suit :

« Etablir un ensemble de trois fonctions de mélange de couleurs, définissant les métamères standards pour des champs de grand diamètre angulaire (10°), à l'exception de la tache de Maxwell, et de luminance élevée (au moins 10 millilamberts) ».

Il est essentiel de faire remarquer que l'usage industriel de grands champs, introduit une grave complication qui ne se produit pas quand le champ d'observation n'a que deux degrés; dans la rétine normale il existe une aire centrale dépourvue de bâtonnets, d'environ 2° , si bien que les équations colorimétriques, pour des aires de ce diamètre, sont complètement déterminées par trois fonctions de mélanges de couleurs.

Au contraire, dans le cas de grands champs, un nombre important de bâtonnets rétinien sont stimulés, et il serait légitime de se demander, si quatre fonctions ne seraient pas nécessaires pour définir dans ce cas l'équation colorimétrique (Bongard, Smirnon), mais cependant, comme les examens industriels mettent en jeu non seulement de grandes surfaces, mais aussi des luminances élevées, le Comité W-1.5.1, admit que la vision par les bâtonnets, récepteurs par des faibles luminances, n'influaient pas d'une façon sensible sur

les équations colorées industrielles; grâce à cette hypothèse, il suffirait de trois fonctions de mélanges de couleurs.

A une réunion du groupe de travail W-1.5.1 à Teddington en septembre 1957, il fut décidé de déterminer ces trois fonctions à partir des mesures de Stiles et Burch au National Physical Laboratory d'une part, ainsi que de celles de Speranskaya à l'Institut d'Optique de Leningrad d'autre part, mais en donnant plus de poids aux premières.

On convint en outre, que l'usage provisoire immédiat de ces fonctions serait recommandé, afin de pouvoir en vérifier la validité par des essais pratiques.

Ces fonctions furent calculées, et publiées (entre 360 et 830μ , par intervalles de 1μ) en prétirage du rapport d'activité, présenté il-y-a quelques jours à la réunion de la C.I.E. de Bruxelles. Pendant ce temps, des vérifications expérimentales furent faites et toutes montrèrent que les nouvelles fonctions conduisaient à des résultats satisfaisants, à l'exception d'une seule: il s'agit de la mesure de 18 filtres colorés, réalisées avec un colorimètre de Donaldson au Conseil National de la Recherche Canadienne par Wyszecki.

Pour beaucoup de couleurs, les résultats calculés au moyen des nouvelles fonctions se placèrent en dehors de l'intervalle des mesures faites par des observateurs réels, utilisant un champ de 10° .

Une étude de ce désaccord, par Wyszecki et Stiles, montra que dans certains cas il provenait de l'intrusion des bâtonnets, les luminances étant beaucoup moindres que celles d'un examen industriel; dans d'autres cas, l'origine du désaccord semble provenir du fait que les 10 observateurs canadiens, possédaient une pigmentation du cristallin, et de la macula plus marquée, que les observateurs britanniques et russes, qui avaient été à la base des fonctions de mélange des couleurs de 10° , mais dans deux cas, les désaccords n'ont pas encore été expliqués.

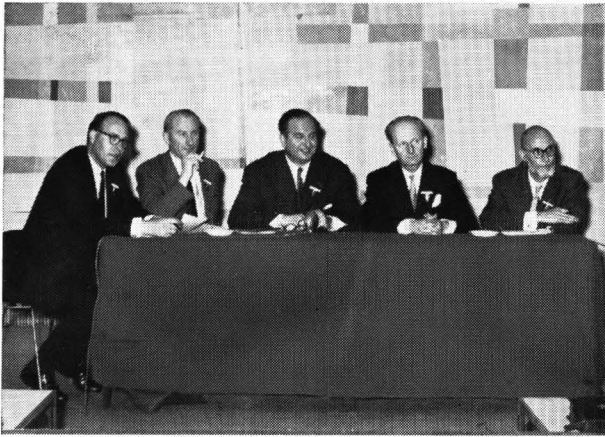
A la suggestion du Dr. Stiles, la proposition de publier ces fonctions en vue d'une utilisation provisoire immédiate fut modifiée comme suit: « On recommande que les fonctions de mélange de couleurs pour des champs de 10° (déterminés en accord avec les résultats de la première réunion des experts du Comité W-1.5.1 à Teddington en 1957), soient utilisées dans de nouvelles expériences au laboratoire et dans l'industrie, dans l'espoir d'expliquer les désaccords constatés jusqu'ici ».

En conclusion, ce premier essai du Comité W-1.5.1, dans le sens d'une définition de la couleur plus satisfaisante pour les applications industrielles, n'a pas encore abouti complètement. Il est peu probable qu'une recommandation de la C.I.E., pour de grands champs et des luminances élevées puisse être prise avant 1961.

Note du traducteur (Prof. Y. Le Grand).

A ceux qui ne sont pas très familiers avec la C.I.E. et qui pourraient s'étonner de la dernière phrase, puisque la 15^e session de la C.I.E. ne doit avoir lieu qu'en 1965 (à Vienne, en Autriche), je rappellerai que les Comités de travail de la C.I.E. sont autorisés à proposer des recommandations à un moment quelconque, entre les sessions, et que la décision est alors demandée par vote postal aux Comités Nationaux.

Faisant ensuite la synthèse des travaux M. A. Cailliez présente les rapports des 4 sections.



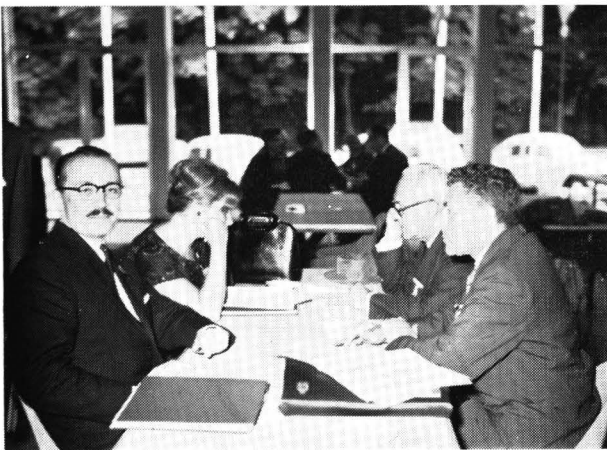
Le Comité : de gauche à droite :
MM. Biva, Fonteyn, Cailliez, Ernotte, Samain.



Le Comité Scientifique :
MM. A. Cailliez, C. Samain, M. Fonteyn, G. Biva.



Section II : de gauche à droite :
MM. Wittenberg, Duval, Kowaliski, Lutier, de Voght, Cahierre.



Section III : de gauche à droite :
M. Desamory, Mme Constant, MM. Escher-Desrivières, Dérivé.



Section IV : de gauche à droite : MM. D'Havé, Gillod,
Péters, Balinkin, Arzens, Wright, Cluset, C. Meurice.

CONCLUSIONS

SECTION I

« Mesures de la Couleur »

Les communications concernant l'appareillage classique, montrent que pour tous les problèmes, de grands progrès ont été réalisés. L'industriel dispose de plus en plus d'un matériel approprié, depuis les spectrophotomètres de précision, joints à des calculatrices automatiques, jusqu'aux appareils différentiels plus simples, qui résolvent directement le contrepage.

Toutefois, l'attention des utilisateurs est attirée par l'importance des précautions à apporter au maniement et à l'étalonnage des dits appareils, en fonction de leur sensibilité.

Il est à souhaiter que leur coût se réduise progressivement, de manière à accroître leur diffusion dans toutes les industries intéressées.

Au contraire, le problème du repérage des sensations colorées ne semble pas encore résolu d'une façon satisfaisante; il est souhaitable que des études soient poursuivies dans ce sens, en vue d'arriver à un accord sur un système de repérage unique.

L'application de la colorimétrie aux problèmes d'impression en couleur s'est révélée fertile, et l'emploi de formules mathématiques, dérivées de l'expérience et fondées sur les principes de la colorimétrie, permet une approche plus rationnelle des problèmes industriels (normalisation des encres primaires, contrepage, etc.). La section émet le vœu que les méthodes proposées soient adoptées par les professions intéressées et aboutissent à des règles pratiques.

Du point de vue organisation des futures journées, la Section souhaite un retour au travail par petits groupes de spécialistes, permettant de laisser plus de temps aux exposés oraux et aux discussions.

SECTION II

« Psychologie de la couleur »

Projet de vœu n° 1.

La définition colorimétrique classique d'une couleur C par l'équation $C = X(X) + Y(Y) + Z(Z)$ exprime le fait qu'un certain mélange de trois primaires de référence permet l'égalisation d'une plage de couleur avec emploi de l'œil comme instrument de zéro.

Elle concerne ainsi, suivant la nomenclature allemande, seulement la « métrique inférieure », mais non les sensations visuelles, sujettes aux effets physiologiques et psychologiques.

Or, l'application de résultats colorimétriques aux problèmes industriels (panneaux de signalisation, évaluation de photographies en couleurs) fait intervenir le facteur subjectif de la perception colorée.

Pour permettre une application plus générale des résultats colorimétriques aux problèmes industriels, on propose :
La recommandation d'un système de colorimétrie subjective.

A titre temporaire, ce système pourrait être le suivant, déjà proposé par ailleurs :

angle visuel du champ de comparaison : 4°;

angle visuel du champ environnant : 15°;

nature du champ environnant : surface blanche (neutre), ayant un facteur de luminance de 0,75 éclairée par une source étalon à un niveau de 1 lumen/dm².

Les résultats obtenus jusqu'aux prochaines Journées Internatio-

nales de la Couleur, permettront de reviser ces recommandations et de formuler éventuellement une recommandation définitive.

Projet de vœu n° 2.

L'application des couleurs, faisant intervenir des considérations psychologiques et physiologiques complexes, il est nécessaire de disposer de résultats expérimentaux nombreux et conduits d'une manière systématique et précise.

Il est ainsi recommandé :

- 1) à tous les expérimentateurs, de tenir compte des enseignements des 3^{mes} Journées Internationales de la Couleur, le plus activement possible.
- 2) d'envoyer les résultats obtenus au Centre d'Information de la Couleur.
- 3) que celui-ci rassemble ces résultats et les utilise dans la préparation du programme et des communications des 4^{mes} Journées Internationales de la Couleur.

Le Centre d'Information de la Couleur communiquera aux personnalités qui ont participé activement aux 3^{mes} Journées, les données ainsi recueillies, et prendra toutes initiatives utiles pour faciliter les relations entre ces personnes, et éventuellement les réunir.

SECTION III

« Esthétique de la couleur »

Dans cette section il a été présenté un rapport sur « La couleur et formes linéaires », avec observations sur tests conduites avec une logique constructive.

Les autres communications faites à cette Section ont trait à la conservation des archives et œuvres d'art.

Le Comité scientifique regrette que le sujet proposé — l'esthétique — n'ait pas fait l'objet d'un plus grand nombre de communications.

Les vœux suivants ont été émis :

- 1) que les études d'esthétique en cours soient poursuivies et orientées dans un sens directement utilisable par les praticiens et les utilisateurs, et que les études psycho-physiologiques sur la couleur, tiennent compte des préoccupations de l'esthéticien;
- 2) prenant acte des travaux récents effectués en France, concernant la protection contre la lumière, des tissus, des documents d'archives et des œuvres d'art, il serait bon que des travaux analogues soient effectués dans les divers pays, selon un plan coordonné;
- 3) Que ces recherches soient également étendues aux produits du commerce et de l'industrie.

Madame Constant, rapporteur de la section III, communique d'autre part, à titre personnel, mais avec l'accord du Président Déribéré, la note suivante :

Pensant être l'interprète de mes collègues coloristes-conseils, je vous fait part ci-dessous de quelques réflexions qui m'ont été suggérées dans la présentation des rapports de la Section III.

C'est la première fois que les Journées de la Couleur consacrent une part de leurs études aux questions esthétiques.

En définissant les buts de cette question, il a été précisé : « Les conclusions d'une telle étude permettraient d'abandonner le langage

de salon au profit de meilleures certitudes, et de contribuer à la promotion de réalisations pratiques heureuses.»

C'est sur le mot *pratique* qu'il faut insister, et dans ce but, il est utile de préciser certains problèmes qui, parmi beaucoup d'autres, mériteraient d'être débattus lors du prochain Congrès de la couleur.

- 1) L'importance du respect des formes, surfaces et volumes par la couleur.
- 2) Les possibilités de correction optiques, par l'emploi de la couleur.
- 3) L'influence dans l'application de la couleur, des dimensions, formes et proportions des plages colorées.
- 4) La détermination des impressions de direction/impression d'horizontalité, d'obliquité, de verticalité... etc...) provoquées par la couleur.
- 5) L'influence de la notion de *rythme* sur l'harmonie des couleurs.
- 6) La nécessité d'une révision des théories esthétiques de la couleur, en fonction des nouvelles découvertes scientifiques.

SECTION IV

« Enseignement de la couleur »

Au cours de ses travaux, la section a procédé à un tour d'horizon relativement complet de ce qui a été fait par les différents pays, en matière d'enseignement de la couleur.

Il a été constaté qu'un tel enseignement existe à divers niveaux, notamment en Allemagne, en Belgique, aux U.S.A., en France, en Grande-Bretagne et en Suède.

Les enseignements ont cependant, du fait d'orientations différentes au départ, des buts et une organisation variés. Il serait souhaitable qu'une uniformisation des principes de base de l'enseignement de la couleur, inspirée par des notions scientifiques objectives, soit réalisée.

L'enseignement devrait se faire suivant des méthodes appropriées, et s'appuyer sur un matériel didactique adéquat; il doit tendre à présenter de manière concrète et correcte les notions abstraites fondamentales.

Les exemples donnés au cours des divers exposés, ont démontré la possibilité de le faire; une généralisation de telles méthodes d'enseignement est souhaitable.

La formation aux problèmes de la couleur dans l'enseignement a donné lieu aux suggestions suivantes :

Dans l'enseignement primaire, les instituteurs devraient se servir des leçons de choses pour donner à leurs élèves une idée exacte de la couleur. Pour être à même de le faire, ils devraient eux-mêmes recevoir une certaine formation au cours de leurs études.

Dans l'enseignement secondaire, il y aurait lieu d'introduire au programme un chapitre « Couleurs et décors ».

Dans l'enseignement technique, on s'attachera à donner une base objective à l'enseignement de la couleur, en s'appuyant sur les notions diffusées par le C.I.E. (mélanges additifs et soustractifs et leur représentation dans un système de coordonnées).

Dans l'enseignement supérieur, on traite la question dans certaines institutions. Il est souhaitable que dans chaque pays, au moins une institution d'enseignement supérieur comprenne une chaire de Science de la couleur, s'occupant également de recherche.

De nombreuses industries ont recours au service de spécialistes de la couleur; leur formation actuelle n'est pas toujours basée sur

des données objectives. Des cours spécialisés devraient être créés, ayant une base scientifique commune, fondée sur des recommandations du C.I.E.

On émet également le vœu, que les firmes commerciales aient à cœur de remplir un rôle éducatif, à l'occasion de leur propagande, en l'appuyant uniquement sur des données scientifiques objectives.

Unanimentement, il est demandé que soient organisés périodiquement des colloques internationaux à l'intention des professeurs; au cours de ceux-ci, les méthodes pédagogiques et les matériels didactiques seront étudiés.

Le Président Cailliez termine par cette conclusion générale qui sera la véritable synthèse des Journées :

Si nous cherchons à formuler les tendances générales apparues lors de ces III^mes Journées Internationales de la Couleur, nous pouvons dire que : d'une part les métrologistes, trop souvent aveugles dans un passé encore récent et ne s'occupant que des *mesures physiques*, perfectionnent maintenant leurs méthodes et leurs outils, comparent leurs résultats et cherchent à en expliquer les anomalies, mais tendent la main à ceux qui d'autre part, *voient* les couleurs, ou sont engagés dans l'étude subjective de la couleur, je veux parler des techniques des encres d'imprimerie et de la photographie en couleurs.

Leur rencontre se fera sur un territoire qui pourrait s'appeler celui de la valence chromatique, domaine, dont le Prof. Richter nous a défini les limites. Cette jonction n'est pas encore parfaite, mais les éléments de soudure sont sur chantier.

Cette unité de la Couleur, morphologique pourrait-on dire, fût déjà apparente dans l'assistance lors des séances de travail; en effet, la densité des auditeurs pour les quatre sections resta pratiquement constante au cours des Journées.

Réjouissons-nous finalement de la tournure prise par les débats dans la Section Enseignement. Il semble que l'on ait compris les progrès remarquables dont doit bénéficier toute discipline du moment qu'elle peut faire l'objet d'un enseignement organisé à tous les degrés, multipliant ainsi à plaisir le nombre des initiés qui recherchent en même temps une synthèse cohérente.

En tant que membre de l'A.T.I.P.I.C., organisatrice des Journées, je crois que l'on peut citer la magnifique contribution belge, celle du colorimètre à écran cathodique L.V.30, qui fait ses preuves dans les encres d'imprimerie et exprimer en même temps l'espoir, que l'étude de la couleur des films opaques de peinture y trouvera un sérieux stimulant.

Mais n'épilogons pas trop sur ce qui est déjà le passé, commençons à préparer Rouen.

Les applaudissements nourris de toute l'assistance montrent bien que, du côté scientifique déjà, les participants apprécient les étapes parcourues et se félicitent d'y avoir participé.

La clôture des Journées devait ensuite faire l'objet d'une allocution du Président Ernotte dans les termes suivants :

Mesdames, Messieurs,

Nous voici arrivés au terme des activités scientifiques des 3^{mes} Journées Internationales de la Couleur du Centre d'Information de la Couleur de France, Journées dont la charge avait été confiée à notre chère Association, l'A.T.I.P.I.C.

Nous remercions encore nos amis français d'avoir bien voulu fonder leur précieuse confiance sur nos capacités et notre compétence.

Je crois pouvoir affirmer, si j'en crois l'écho statistique des opinions déjà recueillies, que leur confiance fut bien placée et que nos Journées de Bruxelles, ou plus particulièrement nos Journées d'Uccle Wolvendaël auront été un succès tant au point de vue scientifique qu'au point de vue de l'intensification des relations internationales du monde de la couleur.

J'aurais été heureux de saluer ici Monsieur Robert De Keyser, Bourgmestre d'Uccle qui, chargé de la dignité de Président d'honneur des Journées aurait désiré assister à notre séance solennelle de clôture, pour s'informer de l'aboutissement de nos travaux.

Empêché au dernier moment par une réunion de son Conseil Communal, il nous prie d'excuser son absence.

Je le remercie encore très cordialement pour sa sollicitude à notre égard ainsi que pour l'assurance qu'il nous a donnée de figurer à nos côtés au banquet de ce soir, à notre table d'honneur.

J'ai le plaisir aussi de vous signaler dès ce moment, qu'il a accepté de parrainer notre drapeau A.T.I.P.I.C. qui sera inauguré à l'issue de ce banquet, et que Mademoiselle Van den Heuvel, échevin de l'Etat civil de la Ville de Bruxelles, qui nous a accueillis avant-hier à l'Hôtel de Ville, en grande dame, avec sa grâce coutumière, en sera la marraine.

Je vous remercie tous pour votre assiduité aux séances, chacune d'elles retint 100 à 120 auditeurs, et votre attention aux nombreuses communications qui nous permirent de parcourir le périmètre très vaste qui cerne les divers aspects de la couleur.

— Notre section I, qui a étudié les questions relatives à la mesure de la couleur a fait un grand pas vers des définitions et des mesures plus précises.

De nouveaux appareils, fruits d'études fort tenaces ont été présentés à notre exposition. Ils permettront de mesurer la couleur de façon plus commode et plus rapide sur le plan industriel.

— La section II a analysé bien des aspects des relations entre les influences de la couleur sur notre attitude psychologique.

Dans ce domaine, on pourrait appliquer à ces influences une expression qui fait l'objet du titre d'un ouvrage récent : « La persuasion clandestine ».

En effet, la couleur intervient partout, dans tous les domaines de la vie pour nous créer, soit consciemment, soit inconsciemment un état d'âme.

La publicité ne se prive d'ailleurs pas d'user et d'abuser de ce facteur important.

— La section III qui traitait de l'esthétique des choses en notre champ d'étude a permis la présentation d'intéressantes communications et la mise en évidence du caractère essentiel de la recherche parfaite des harmonies ou des contrastes colorés pour le bonheur de l'homme et sa satisfaction esthétique.

Mettons l'accent sur le moyen primordial que constitue l'emploi judicieux de la couleur pour varier, au gré du temps, les décors, les ambiances qui nous entourent, et rompre, quand nous le désirons, la monotonie des choses.

Le tourisme, qui se développe d'une manière prodigieuse, et qui montre par là combien l'homme a besoin de varier constamment les ambiances qui l'émeuvent ou le distraient, ne peut-il trouver son interprétation intime et discrète, dans le changement de décoration de nos homes, changement accessible maintenant à tous, grâce à tous les produits colorés mis abondamment à notre disposition par l'industrie moderne.

Et cela me fait songer à cet ouvrage de Xavier de Maistre qui s'intitule « Voyage autour de ma chambre », voyage que les moyens actuels de décoration qui résultent d'une conjonction si heureuse des techniques et de l'esthétique, permettraient de multiplier... sans sortir de cette chambre, mais en faisant varier son ambiance, en variant ses couleurs.

— La section IV enfin qui s'efforce de définir les meilleures données d'enseignement qui permettraient de diffuser la connaissance de la couleur dans toute son objectivité scientifique et dans tous les milieux intéressés a pu, grâce à ce carrefour des Journées, confronter les méthodes pratiquées dans différentes nations, et préparer pour l'avenir une tentative d'unification des programmes tant en Europe qu'aux Etats-Unis.

Ce panorama sommaire des travaux accomplis, si je puis vous le présenter en ce moment, c'est grâce à la diligence et au dévouement des quatre éminents Présidents de Sections, Messieurs Yves Le Grand, Jean Duval, Maurice Dérivé et l'Abbé Jacques Péters qui, entourés de leurs brillants Vice-Présidents et Rapporteurs, ont apporté à Messieurs Alphonse Cailliez, Président du Comité Scientifique et Roger Arzens, un concours magnifique permettant à ceux-ci de maintenir notre vaisseau dans la ligne prévue et dans la chronologie tracée.

Je vous propose de les applaudir chaleureusement, et de leur associer, dans vos marques d'estime, tous ceux qui, dans nos Comités Exécutif, Scientifique, d'Accueil et de l'Exposition, ont collaboré en grands amis, à la réussite de notre manifestation.

Je vous remercie tous de grand cœur, à nouveau, d'avoir répondu nombreux à notre invitation, et suis heureux de vous dire que nous serons encore très nombreux au banquet de ce soir.

Je forme, en terminant, le vœu que ces Journées de Bruxelles laissent en vos mémoires le meilleur des souvenirs, et tous mes souhaits vont, dès à présent vers les 4^{mes} Journées Internationales de la Couleur qui planteront à Rouen le prochain des jalons exaltant de la Couleur.

C'est par ces paroles sincères que je clôture, en cet instant, les 3^{mes} Journées de la Couleur du Centre d'Information de la Couleur de France.

Vive l'A.T.I.P.I.C. ! Vive la Couleur !

SOIREE DE CLOTURE

Après un apéritif prolongé au bar, où les groupes se formaient à nouveau au gré des sympathies, ce fut dans une atmosphère déjà très détendue que se retrouvèrent dans le Grand Foyer, transformé en salle de banquet, un grand nombre des participants aux Journées.

Plus question naturellement de travail, ni de coordonnées chromatiques, désormais la détente totale était de règle.

A la table d'honneur se trouvaient réunis, de gauche à droite : Monsieur Duval, Président de la Section 2, Monsieur Guilmot, Directeur de la Fédération des Industries Chimiques, Madame P. Ernotte, Monsieur A. Cailliez, Président du Comité Scientifique, Mademoiselle Van den Heuvel, Echevin de l'Etat-civil de Bruxelles, Monsieur P. Ernotte, Président de l'A.T.I.P.I.C., Madame A. Cailliez, Monsieur De Keyser, Bourgmestre d'Uccle, Monsieur M. Déribéré, Secrétaire général du C.I.C., Monsieur l'abbé J. Peters, Président de la Section IV, Monsieur G. Biva, Secrétaire général des III^mes Journées.

Le menu servi par le Métropole, et parfait en tous points, pouvait se lire comme suit :

Le Consommé Madrilène glacé
—
La Truite de la Lesse en Belle-vue, sauce fines herbes
—
Le Poussin de Malines en casserole, Grand'mère
—
La Bombe Arc-en-Ciel
—
Le Moka
—
Pinot Jacobert - Château Pontet-Canet 1955
Pommery Brut

Un premier toast du Président Ernotte fut porté en l'honneur des chefs des Nations représentées.

M. Déribéré au nom des participants étrangers porta le toast à Sa Majesté Baudouin, Roi des Belges.

Au moment des discours, le Président donne la parole à :

M. DERIBERE, parlant au nom des participants de langue française :

Madame l'Echevin,

Monsieur le Bourgmestre,

Monsieur le Président,

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,

Le succès de ces 3^mes Journées Internationales de la Couleur, sous le couvert du drapeau de l'A.T.I.P.I.C., l'accueil amical de

nos amis de Belgique, l'hospitalité de ce Centre aimable, sont autant de précieux encouragements à poursuivre notre action du Centre d'Information de la Couleur dans le sens très large qui nous a conduits à ces échanges internationaux. Ceux-ci trouvent ici, ces trois jours écoulés, leur pleine réalité.

Vous avez bien travaillé !

L'austérité de vos travaux a, du reste, été mitigée, du charme de ces lieux où n'ont manqué, ni le cadre de verdure du beau parc de Wolvendael, ni l'évocation de ses petits oiseaux chers à notre Président.

D'une manière très scientifique nous ont même été dévoilés les mystères de la couleur de l'eau, moins colorée cependant que les excellents crus que nous dégustons ce soir.

Après Amiens qui fut un encouragement, Toulouse qui fut un succès, Bruxelles fut assurément une réussite et nous en savons gré aux organisateurs de cette manifestation qui trouvent la récompense de leurs efforts dans l'aboutissement de nos travaux.

Une large voie et un long chemin nous restent ouverts et, si nous avons un peu la nostalgie de devoir nous quitter bientôt, ce sera avec l'espoir de prochaines rencontres.

Nous avons puisé, au cours de ces Journées, de nouvelles expériences; nous avons aussi à tenir compte des vœux et des suggestions qui ont été émises. Nous en ferons dès maintenant notre profit pour les prochaines Journées.

Ces 4^mes Journées Internationales de la Couleur se tiendront, pour 1960, dans la 2^e quinzaine d'avril, à Rouen. Dès maintenant aussi, nous vous invitons à songer à ces Journées, à nous adresser vos propositions de sujets et de communications. Vous nous aiderez aussi à leur faire la propagande nécessaire pour que nous n'ayons pas trop de difficultés, après le succès de Bruxelles, à maintenir le haut niveau de qualité auquel nous sommes parvenus ces jours-ci, grâce à vous tous.

C'est pourquoi, Mesdames et Messieurs, je vous renouvelle les compliments et les remerciements du Centre d'Information de la Couleur.

Je lève mon verre à nos prochaines Journées communes.

* * *

Prof. W.D. WRIGHT, au nom des participants de langue anglaise :

Mr. President,

Ladies and Gentlemen,

I am speaking on behalf of the English speaking members of this Conference who are few in number but who have come from a long distance away — from the U.S.A., from Canada, from Australia — as well as from England.

We would like to thank you most sincerely for arranging this most interesting meeting.

I have never regretted taking up this subject. It is a fascinating subject, combining the scientific and the artistic but I value in particular the international friendship to which it has led.

I had the pleasure of attending the meetings at Spa and Toulouse and we hope very much we shall be able to join you at Rouen in 1960.

.....
Au nom du Dr. Balinkin, de mon épouse et en mon nom personnel, aussi bien qu'au nom de nos amis de langue anglaise qui

nous ont quittés avant ce soir, je voudrais remercier nos hôtes français et belges pour ces Journées agréables passées à Uccle.

* * *

Prof. M. RICHTER, au nom des participants de langue allemande :

Monsieur le Président,
Mesdames et Messieurs,

Au nom des participants de langue allemande j'ai l'honneur de vous féliciter du beau Congrès que vous allez terminer par ce banquet.

Je crois que c'est par ces Journées de Bruxelles que les connexions internationales dans le domaine de la Couleur sont liées plus étroitement que jamais, non seulement par les valences chromatiques, mais aussi par la belle sensation colorée et par l'atmosphère cordiale qui nous ont entourés pendant ces Journées dans le joli Centre Culturel et Artistique d'Uccle.

Je vous remercie de l'aimable réception que vous nous avez faite et je vous assure que nous nous rappellerons souvent ce Congrès qui, j'en suis certain, fera avancer la collaboration entre nos pays et entre nos organisations.

Je veux, pour terminer, exprimer l'espoir que nous aurons l'opportunité de vous saluer dans notre pays, à l'occasion de l'une des suivantes Journées de la Couleur, et de pouvoir ainsi vous rendre votre hospitalité.

In diesem Sinne dank ich Ihnen nochmals für Ihre freundliche Aufnahme, und rufe Ihnen zu : Auf Wiedersehen in Deutschland !

* * *

M. Cajrati GRIVELLI, au nom de la délégation italienne :
Mesdames, Messieurs,

Je suis particulièrement heureux d'avoir eu l'occasion de participer à ce Congrès, non seulement à titre personnel, mais aussi comme représentant du Président de l'I.N.C.O. de Padoue, et en ma qualité de membre du Comité organisateur permanent. Je désire informer les congressistes qui peuvent être intéressés à notre Institut, que ce dernier, en peu d'années d'activité, a organisé trois Congrès. Le premier se référant à : « La couleur dans le milieu humain » ; le deuxième : « La couleur et la sûreté, soit dans les milieux de travail, soit dans la viabilité » ; le dernier en date traitait de : « La Couleur dans l'école ».

Il est très important de se rappeler que la couleur doit être enseignée dès l'enfance et j'adresse un appel pour que les Instituts qui s'intéressent à la Couleur dans les divers pays, trouvent un langage commun, en vue d'établir des règles précises sur la couleur même.

La graduelle réalisation du Marché Commun, prévoit — outre la possibilité d'échanges de marchandises et de machines entre les différents pays — la libre circulation des personnes. Il est donc évidemment nécessaire que ces personnes soient éduquées pour connaître, à travers la Couleur, les signaux et les règles ayant partout le même sens.

La Couleur, est en effet, le premier langage international, qui favorise aussi la rapide adaptation aux nouveaux milieux des travailleurs.

L'I.N.C.O., au moyen de ses commissions d'étude, se propose les études se référant à tous les problèmes concernant la couleur, en tenant compte de l'expérience des autres et, pourtant, désire

augmenter les rapports de collaboration avec tous les Instituts analogues. L'I.N.C.O. est aussi heureux d'avoir des contacts avec les experts de la couleur de chaque Pays.

J'apporterai au Comité Organisateur, toutes les notions que j'ai eu la possibilité d'apprendre pendant ces trois journées et j'informerai mes collègues sur les entretiens que j'ai eu avec beaucoup d'experts de la couleur. Je suis persuadé que les contacts pris à Bruxelles auront un remarquable développement dans l'intérêt de la matière que nous étudions tous.

Je remercie le Comité Organisateur pour l'aimable accueil qui m'a été réservé et je souhaite revoir beaucoup d'entre vous parmi les participants aux 4^{me} Congrès de l'année prochaine, au mois de juin, à Padoue.

* * *

Le Président Ernotte prend à nouveau la parole :

Mesdames, Messieurs,

C'est pour moi un insigne honneur que celui de pouvoir, en votre nom, saluer ici, accueillir et remercier d'avoir bien voulu venir, ce soir, Madame l'Echevin de l'Etat-civil de Bruxelles et Monsieur le Bourgmestre d'Uccle qui sont venus s'asseoir à notre table et partager avec nous ce dîner de l'amitié qui, après ces trois jours de travail, fête en joyeuse ambiance la clôture des 3^{mes} Journées Internationales de la Couleur du Centre d'Information de la Couleur de France.

Mesdames, Messieurs,

Notre Congrès, et je suis heureux de le signaler à nos invités d'honneur, aura permis à nos explorations, menées avec méthode, dans les quatre sections d'étude qui firent l'objet des travaux des Journées, c'est-à-dire, la colorimétrie, les relations entre la psychologie et la couleur, celles qui concernent l'esthétique et la couleur et enfin les études relatives aux programmes d'enseignement de ces sciences, rivière où convergent les affluents des trois autres sections, de faire un nouveau pas vers le perfectionnement et de préparer celui des Journées de la Couleur qui se tiendront l'an prochain.

Les résultats actuels de nos travaux procèdent de la qualité des personnalités qui y prirent part, et à ce point de vue, nous avons été choyés, car nous avons pu réunir ici les spécialistes éminents des études de la couleur, dans les différentes nations participantes.

Nous les remercions d'être venus nous apporter les fruits de leurs dernières découvertes, de leurs derniers efforts.

Je lève mon verre à leur santé, ainsi qu'à celle de Madame l'Echevin de l'Etat-civil de Bruxelles, de Monsieur le Bourgmestre, de tous nos amis belges de l'A.T.I.P.I.C., enfin à celle de vous tous, qui avez œuvré si courageusement pour faire de ces Journées une réussite aussi belle !

* * *

Je voudrais reprendre quelques instants la parole pour vous parler de notre belle commune d'Uccle, en mettant l'accent sur un point de folklore relatif à une ancienne auberge, l'Auberge du Cornet, située à deux pas d'ici, et je ne sais si vous l'avez aperçue de l'autre côté de notre beau parc de Wolvendael, à l'angle de l'avenue Defré, au cours de vos récentes promenades aux abords du Centre Culturel.

Cet à cet endroit, à cette Auberge du Cornet (ou de la Trompe)

que suivant la légende de Thyl Uylenspiegel, écrite par Charles De Coster, Uylenspiegel rencontra les archères d'Uccle.

Je voudrais, pour animer cette soirée, vous lire 4 pages de cette légende où l'on parle d'un fait glorieux relatif à l'origine du Grand Serment des Archères d'Uccle, dont la perche de tir, plantée dans la prairie dominant la cour de l'Auberge du Vieux Cornet existait encore en 1925.

Si vous le permettez, je vais vous les présenter. Ces pages s'intitulent : « Les frères de la Bonne Trogne ».

(Pour ceux que ce texte intéressera, nous signalons qu'on le trouvera dans : « Uccle au temps jadis » publiée en 1950 par Uccle Centre d'Art sous la Direction de Charles Viane).

Puis-je reprendre à nouveau la parole pour vous signaler un autre fait, mais sur un tout autre plan.

Nous avons parmi nous ce soir, un délégué de l'Italie, Italie qui, tout récemment nous envoya une délicieuse Princesse que notre cher Prince Albert de Liège épousera dans quelques jours.

Eh bien, il y a un petit fait d'histoire, relatif à Uccle, et qui, au fond, a trait à cet événement; c'est que, le beau parc de 18 hectares qui se trouve ici face au Centre Culturel et Artistique appartient à un ancêtre assez proche de la Princesse Paola.

Et lorsque vous vous promeniez peut-être ces jours-ci dans le Parc de Wolvendael, vous ne vous doutiez probablement pas de ce fait.

Une petite étude généalogique établie par Louis Robyns de Schneidauer, montre en effet que Laure Mosselman du Chenoy, grand-mère paternelle bruxelloise de la Princesse Paola, était elle-même petite fille du Comte Coghen, Vice-Président du Sénat de Belgique qui fut propriétaire du beau château et du Parc de Wolvendael à Uccle.

J'aimerais vous rapporter ce petit fait d'histoire qui prouve aussi combien les parentés belges de la Princesse sont éminentes.

Nous allons profiter de cette exceptionnelle soirée, pour adresser à notre Prince Albert de Liège, et à sa charmante fiancée un télégramme qui lui sera remis le jour de son mariage à Bruxelles dans 5 jours.

Puis-je vous rappeler que Son Altesse le Prince Albert de Liège fut notre Président d'honneur lors du 3^{me} Congrès FATIPEC organisé par l'A.T.I.P.I.C., à Spa, en 1955.

Nous avons donc une obligation toute particulière, et une satisfaction très vive à l'honorer et à le féliciter à cette occasion, et je vous le propose avec enthousiasme.

(Acclamations et applaudissements unanimes).

Le télégramme suivant fut donc adressé le 2 juillet :

« A LL. A.R. le Prince et la Princesse de Liège,

» Palais de Laeken, Bruxelles.

» L'Association des Techniciens de l'Industrie des Peintures, et » Industries Connexes de Belgique (A.T.I.P.I.C.) garde le précieux souvenir de la Présidence d'honneur que le Prince de » Liège a eu la grâce de lui accorder lors de son Congrès de Spa » en 1955.

» A l'issue des « Troisièmes Journées Internationales de la Cou- » leur, consacrées à nouveau à l'exaltation et l'étude de la couleur, » l'unanimité des participants m'a prié de présenter à Vos Altesses » Royales, l'expression de leur profond attachement et celle de » leurs vœux de bonheur les plus chaleureux, associés à leurs vives » et respectueuses félicitations.

» Paul ERNOTTE.

» Président. »

Enfin, alors que le banquet s'achevait, le Président propose à l'assemblée de procéder au baptême du drapeau de l'A.T.I.P.I.C., en présence du parrain Monsieur Robert De Keyser, Bourgmestre d'Uccle et de Mademoiselle Van den Heuvel, Echevin de l'Etat-civil de la Ville de Bruxelles.

Il décrivit une nouvelle fois les armoiries parlantes qui le décorent et symbolisent l'action de l'A.T.I.P.I.C., et proposa de vider une coupe de champagne pour fêter l'événement, ce qui fut accompli séance tenante et sous les applaudissements des convives.

Qu'il nous soit permis de donner ici, en supplément au programme, l'impromptu en vers de l'un de nos amis français participant aux Journées. Touché par la grâce de la Poésie et pour répondre à la verve de notre « Poète et Président », Loïc Cahierre a rédigé ces vers :

SONNET A LA COULEUR

Si les petits oiseaux (*) chantent dans la verdure
Célébrant à l'envi l'éveil de la couleur
A l'heure matinale où vers le Créateur
Monte l'appel fervent de toute créature,

Si notre âme s'émeut lorsque, dans la nature,
Notre œil émerveillé voit l'aspect enchanteur
Des choses qui soudain, sous un rayon vainqueur,
Vivent de la couleur l'étonnante aventure,

C'est que cette couleur, fille de la lumière,
Présente au monde entier sa grâce coutumière
En donnant aux objets leurs splendides éclats.

Et nous sommes venus, animés d'un beau zèle,
Et nous avons œuvré pour qu'après nos débats
« Notre » couleur triomphe et soit toujours plus belle.

Loïc CAHIERRE.

EXPOSITION

Dans le grand hall d'entrée était organisée une Exposition consacrée à l'appareillage permettant l'étude et le contrôle de la couleur dans de nombreux domaines.

C'est ainsi que nous avons pu voir les stands ci-après :

1. — La S.A. ANALYS, 14, rue Dewez, Namur, agent général pour la Belgique des Usines Tintometer Ltd (Angleterre).

— le Teintomètre LOVIBOND;

— le comparateur LOVIBOND avec disques pour la couleur des vernis suivant échelle GARDNER;

— ensembles de comparateurs et disques pour mesures de pH et analyses chimiques diverses.

(*) P. Ernotte dixit.

Le Système Lovibond.

La méthode instrumentale de mesure des couleurs par le principe de soustraction est celle employée par le système bien connu Lovibond. C'est la méthode de colorimétrie la plus simple et la plus aisément compréhensible.

En commençant par la lumière blanche, des portions successives du spectre en sont soustraites, à l'aide de filtres convenables, jusqu'à ce qu'il ne reste que la portion qui correspond visuellement à l'échantillon considéré.

L'échelle LOVIBOND des couleurs, consiste en trois groupes de filtres colorés, en gradation très serrée dans les trois couleurs primaires : rouge, jaune et bleu. Il y a presque 200 échelons dans chacune de ces trois couleurs, partant de la couleur la plus pâle qu'on puisse discerner jusqu'à une couleur très concentrée.

Les échelons sont en progression arithmétique si bien que deux verres marqués 1.0 produisent la même couleur qu'un verre marqué 2.0, etc.

Le rapport de l'un à l'autre des trois groupes de filtres est tel que si l'on superpose un verre coloré de chaque groupe, de la même valeur Lovibond, ils se combineront ensemble pour absorber des proportions égales de toutes les couleurs, et produire un gris neutre, d'autant plus foncé que la valeur Lovibond augmente.

Ces verres colorés sont inaltérables et sont reproduits exactement par les fabricants depuis plus de soixante-dix ans.

Le Teintomètre est un instrument conçu pour tirer le plus grand parti possible de ces verres Lovibond. Il est conçu de façon à ce que l'on voie côte à côte et adéquatement éclairés, l'échantillon considéré et un fond blanc. Ces deux champs de vision sont vus à travers un oculaire, et des verres Lovibond d'un, de deux ou des trois groupes peuvent être introduits sur la plage par un système très simple de cadres mobiles.

La valeur de ces verres colorés permet de chiffrer le spécimen en unités Lovibond.

L'instrument a été conçu pour traiter tous types de matières colorées, quelles que soient leur forme ou leur composition, et qu'elles soient liquides ou solides.

Le Système Lovibond-Schofield.

Autrefois le système Lovibond présentait un désavantage comparativement aux méthodes additives et spectrophotométriques. Il n'était pas possible, pour des mesures faites en unités Lovibond, de les convertir en unités adoptées par la Commission Internationale de l'Eclairage en 1931. Cette lacune a été comblée par le Système Lovibond-Schofield.

Des graphiques de conversion permettent, en effet, d'obtenir très rapidement les valeurs C.I.E. correspondantes.

2. — La Société OCTOCHROME, 4, rue de la Poterie, Bruxelles.

Le Coloroscope : Photocolorimètre Différentiel à Tube Cathodique Lv.30.

Le photocolorimètre différentiel à tube cathodique Lv.30 est un appareil de mesure colorimétrique qui donne *visuellement* et *directement* la situation et les caractéristiques de la couleur, par *simple présentation* de l'échantillon coloré. Il réunit donc les conditions de rapidité d'observation de l'œil et la précision des appareils de mesure, sans qu'il soit nécessaire de recourir aux analyses et aux calculs laborieux des méthodes de mesure actuelles.

Cet appareil, d'une conception toute nouvelle comporte un élément photométrique et un élément enregistreur, constitué celui-ci par un tube cathodique de grande dimension — 250 mm Ø — et son équipement électronique.

L'élément photométrique analyse la couleur *simultanément* dans les trois filtres tri-stimulus : tri-ambre, tri-vert et tri-bleu. Trois cellules photoélectriques, transforment les intensités lumineuses en courants qui agissent sur les bobines de déflexion du tube cathodique et créent deux champs magnétiques disposés normalement :

le champ horizontal α a pour valeur : A — G — intensité dans le filtre tri-ambre moins intensité dans le filtre tri-vert;

le champ vertical β a pour valeur 0,4 (G — B) — intensité du filtre tri-vert moins intensité du filtre tri-bleu.

Les intensités de ces champs correspondent donc aux bases du système (α , β) de Hunter et localisent le spot du tube cathodique à la situation que la couleur doit occuper dans ce diagramme, déterminant ainsi sa chromaticité : pureté et longueur d'onde, tandis qu'un millivoltmètre donne l'indication directe de l'intensité de la couleur.

L'appareil permet donc de situer une couleur dans le diagramme $\alpha\beta$ par rapport au blanc étalon qui se situe au centre : coordonnées $\alpha = 0$, $\beta = 0$.

Il permet également de faire par méthode différentielle, une mesure d'écart entre deux couleurs. L'amplification dans le montage électronique étant susceptible d'atteindre des valeurs très élevées, on peut obtenir une déviation du spot de plusieurs centimètres pour des écarts très faibles.

Les qualités de reproductivité des mesures dans cet appareil ont été éprouvées *pratiquement* dans les laboratoires des Etablissements Hubert Dresse et se sont révélées particulièrement favorables.

Le photocolorimètre à tube cathodique permet de résoudre tous les problèmes que la couleur peut poser dans une exploitation industrielle.

Quelques solutions choisies parmi les plus courantes montrent toutes les possibilités de l'appareil qui se révèle apte à solutionner également des problèmes d'automatisme par la rapidité d'analyse qui est dépourvue de toute inertie, du fait de son fonctionnement exclusivement électronique.

La construction de l'appareil a été particulièrement étudiée pour répondre aux qualités désirables de robustesse. Tous les éléments, tubes électroniques, résistances, capacités, selfs, transformateurs, etc., ont été sélectionnés dans des types standardisés.

Le photocolorimètre différentiel à tube cathodique Lv.30 est l'appareil de mesure colorimétrique qui répond le mieux aux conditions actuelles modernisées d'exploitation industrielle.

3. — La S.E.M., 54, chaussée de Charleroi, Bruxelles :

Le Photocolorimètre Lv-3.

Le photocolorimètre Lv-3 a pour but de mettre à la disposition de l'industrie un moyen simple de résoudre, avec précision, les problèmes de colorimétrie. Il permet d'analyser les couleurs aussi bien par réflexion que par transparence, et notamment : d'en déterminer avec précision les coordonnées trichromatiques X, Y, I dans le système C.I.E. ou les coordonnées α et β dans le système Hunter, de tracer les courbes spectrales approchées des couleurs, de déterminer les écarts de brillance, et enfin de procéder à la détermination directe des formules de mélange des colorants dans le contretypage.

Cet instrument comporte sensiblement le même ensemble photométrique que le Spectrophotomètre Hardy, c'est-à-dire que les dispositifs de réémission et d'intégration de la lumière, les dispositifs d'éclairage de l'échantillon et de l'étalon, ainsi que les dispositifs d'équilibrage des intensités lumineuses réémises par l'étalon et l'échantillon sont basés sur les mêmes principes dans les deux appareils.

Enfin la lumière réémise par l'échantillon et l'étalon est diffusée dans une sphère d'intégration revêtue intérieurement d'une couche d'oxyde de magnésium, et un dispositif spécial permet de procéder à l'analyse *avec* ou *sans* réflexion spéculaire.

Le Spectrophotomètre Lv-10.

Le Spectrophotomètre type Lv-10 permet l'enregistrement automatique, sur diagramme, de la courbe spectrale de réémission d'un échantillon coloré dans la gamme de 700 à 400 μ .

Il est complété par un dispositif intégrateur, donnant, à partir des lectures faites sur un compteur et à

l'aide de relations simples, les valeurs tri-stimulus X, Y, Z, ainsi que les coefficients trichromatiques x et y du diagramme C.I.E.

On peut également en tirer les valeurs α et β correspondant au diagramme de Hunter.

Ces mesures donnent les coordonnées des corps opaques colorés par réflexion, et un support spécial placé à l'entrée de la sphère d'intégration permet de déterminer les coefficients de transmission de liquides ou de corps transparents colorés.

4. — La Société GEVAERT.

5. — La Société KODAK.

6. — La Société SOBEC, Agent en Belgique des « Procédés et Appareils GAMAIN », 11, chaussée de Grand-Bigard, Ruysbroeck-Bruxelles.

Les générateurs « GAMAIN » sont constitués par des coffres renfermant un ensemble de sources lumineuses fluorescentes et incandescentes qui émettent TOUTES les radiations visibles et invisibles allant de l'ultraviolet à l'infrarouge. Pour que celles-ci soient de même nature et en proportions identiques à celles qui composent la lumière naturelle, on a recours à une heureuse combinaison de réflecteurs, écrans sélectifs, tubes spéciaux, chaque élément étant contrôlé sur tableau de réglage possédant interrupteurs, voltmètre, etc.

Pour répondre aux exigences PRÉCISES des usagers, très nombreux pour ce genre d'éclairage, et permettre son adaptation en toutes circonstances, plusieurs types d'appareils ont été créés.

Chacun de ces types se caractérise par la surface utile, celle-ci étant fonction de la nature et de l'importance des opérations ou travaux, études, examens, analyses, etc... à effectuer sous cet éclairage.

Tous les appareils sont fournis avec supports adaptés à la destination de l'appareil. Ils sont en rapport avec la puissance du générateur, c'est-à-dire que leur hauteur au-dessus du plan utile est proportionnelle à la puissance, l'éclairage étant toujours maintenu au niveau INDISPENSABLE OPTIMUM, condition ESSENTIELLE à la parfaite perception des couleurs (entre 550 et 1250 Lux.).

L'important progrès que réalisent les appareils GAMAIN dans la technique de la recombinaison de la lumière naturelle du jour, réside également dans le CONTRÔLE PRÉCIS de la QUALITÉ de la lumière émise (entre 1.200 °K et 10.000°K).

Dans chaque type, en effet, le tableau de contrôle permet d'agir sur les différentes sources lumineuses pour obtenir l'identité absolue entre la lumière reproduite et celle du jour. Cette dernière d'ailleurs est *variable*.

Le réglage permet non seulement l'étalonnage ou le ré-étalonnage précis, mais encore l'obtention de toute la gamme des lumières possibles allant de celle produite par la bougie (1.180 °K) jusqu'à celle venant du ciel bleu pur (10.000 °K).

Pour éviter un dérèglement par des tiers non avertis, à l'issue de l'utilisateur qualifié, le coffret renfermant le contrôle, ferme à clé.

LIBRAIRIE

Face à l'entrée, au fond du grand hall se trouvait le *Stand de Librairie* où les participants se pressaient pendant les courts intervalles réservés entre les séances de travail.

On y trouvait rassemblés la plupart des ouvrages ayant trait à la Couleur et à la Colorimétrie.

Parmi ceux-ci nous citerons tout particulièrement les ouvrages de Fr. Braun : *Le Manuel d'Initiation à l'Etude de la Science des Couleurs*, *Le Recueil des formules et des tables de Colorimétrie* à l'usage des laboratoires industriels, les *Nouvelles Tables de la Colorimétrie* appliquée à la physiologie de la couleur.

On y pouvait voir aussi « *La Couleur dans les Activités humaines* » de M. Dérivé, le *Solfège de la Couleur*, de E. Fer, *Harmonie des Couleurs* de J. Beaudenau et Pfeiffer.

Parmi les ouvrages de langue allemande nous citerons, entre autres, *RAL - Farbregister 840 R, Kl. Farbmess-tafel nach Ostwald*, *Internationale Bibliographie der Farbenlehre und ihre grenzgebiete* de M. Richter, des ouvrages de G. Seufert, J. Frieling, E. Stock, G. Tholen, Biesalski, etc., pour ne citer que les principaux.

Quelques ouvrages édités par le British Colour Council, le « *Dictionary of Colours* » et beaucoup d'autres encore retiennent aussi l'attention des Congressistes qui revinrent les consulter à de nombreuses reprises.

Le *Compte rendu des 2^{mes} Journées Internationales de la Couleur* (Toulouse 1958) était en vente pour la première fois.

On y trouvait enfin le livre du Congrès FATIPEC III (Spa 1955) : « *Aspects théorique et pratique du Contretype des couleurs* ».

MESSAGE DU COMITE D'ORGANISATION

Le Comité d'organisation a tenté une triple innovation lors des 3^{mes} Journées qui viennent de se dérouler à Bruxelles :

1. — *Séances non simultanées.* — Il était avéré que, dans l'état actuel de nos connaissances, les participants aux Journées désiraient, dans la grande majorité des cas, assister à toutes les séances pour entendre toutes les communications et surtout les discussions auxquelles elles donnaient lieu.

Cela n'était pas possible si deux ou plusieurs sections se réunissaient à la même heure.

Nous avons donc programmé les réunions de Sections à la suite. Le nombre de communications, fort important déjà, semble marquer la limite pour les 3 journées. La méthode ne pourrait être maintenue si le nombre de communications augmentait encore, à moins de prévoir 4 journées au lieu de 3.

Quoi qu'il en soit les participants semblent avoir aimé ce mode de programme. Ils l'ont montré spontanément en remplissant à chaque séance l'auditoire.

2. — *Textes remis à l'avance aux participants.* — Pour les participants vraiment studieux, il était utile de leur donner, avant les Journées, les textes des communications présentées. De cette façon ils pouvaient étudier à l'avance les problèmes qui les intéressent, préparer leurs questions et les poser avec le maximum de précision au conférencier.

La remise des textes à l'avance avait aussi un autre avantage : celui de rendre inutile l'exposé intégral en séance publique et par là de gagner du temps pour le consacrer plus utilement à la discussion. Les séances y gagnent en efficacité et en intérêt, elles sont plus vivantes.

Pour cette innovation nous avons été moins heureux. Une partie seulement (18 sur 33) des textes ont pu être remis, et encore seulement au moment de l'arrivée aux Journées.

C'est que malgré nos appels réitérés les auteurs n'ont pas tous remis leur texte suffisamment tôt.

Mais nous persistons à croire que la méthode est bonne. Elle impose cependant, de la part des auteurs un effort supplémentaire qu'ils devraient pouvoir consentir, dans l'intérêt des Journées comme dans leur intérêt propre.

Tant que nous sommes sur ce chapitre, nous voudrions faire quelques remarques aux auteurs de communications :

- a) Très peu d'entre eux vous ont donné les courts résumés demandés dans les 3 langues officielles; beaucoup n'ont même pas donné ce résumé dans la langue choisie pour la communication.
Le temps qui nous était imparti était malheureusement trop court pour que nous le fassions nous-mêmes. Et nous regrettons que notre publication soit incomplète.
- b) Quelques auteurs nous ont donné avec leur texte, des dessins complets, nets et prêts à cliquer. Ceux-là ne nous ont donné aucune difficulté et nous les remercions. D'autres, assez nombreux nous ont donné des projets au crayon, à peine dessinés. Il nous a fallu beaucoup de temps et de soins pour en venir à bout.

Nous voudrions donc recommander pour l'avenir, que les auteurs préparent leurs dessins avec autant de soin que leurs textes, car ils font partie d'un tout.

- c) Dans la rédaction de textes, même dactylographiés, certaines indications manuscrites sont inévitables : lettres grecques dans les formules, notation d'intégrales, notations spéciales, etc. Nous demandons que ces notations soient faites avec beaucoup de soin pour faciliter le travail de l'imprimeur et notre propre travail de correction des épreuves.
- d) L'impression à l'avance de textes ne constitue pas à proprement parler ce que l'on pourrait appeler des « preprints ». Ceux-ci sont des épreuves en bonne feuilles dont la composition peut être éventuellement corrigée. Ce que nous avons fait constitue à vrai dire un tirage définitif et, à notre grand regret il nous est très difficile d'accepter des corrections d'auteur.

3. — *Reliure à feuillets mobile*. — Il a été remis aux participants une reliure à feuillets mobiles permettant de rassembler *tous* les documents des Journées : Documents 1, 2, 3 adressés depuis plusieurs mois et portant les renseignements utiles à connaître avant les Journées, Document 4 et textes des communications rangés par sections remis avec la reliure des leur arrivée aux « Journées » (des documents d'ordre touristiques étaient joints à ce document).

Il restait à recevoir, pour former un dossier absolument complet :

- Le compte rendu intégral de *toutes* les activités durant les « Journées ».

- Les discussions en séance.
- Les rapports des Sections.
- La synthèse des Journées.
- La liste alphabétique des participants.
- Les textes des dernières communications qui nous ont été remises. (Pour plus de facilité nous avons fait imprimer sur celles-ci le numéro de la Section à laquelle elles se rapportent).

Ce système permet, pensons-nous, de donner aux participants, à moindre frais, le maximum de renseignements au sujet de ces « Journées » en leur présentant ce « Dossier complet » avec un minimum de délai.

4. — *Conclusion*. — Le Comité d'Organisation espère avoir ainsi apporté sa contribution à la réalisation des Journées Internationales de la Couleur pour une meilleure efficacité. L'avenir montrera s'il n'est pas possible de faire encore mieux, et notre vœu est que, petit à petit :

LES CHOSES DE LA COULEUR DEVENANT PLUS RATIONNELLEMENT REPANDUES, PLUS EFFICACEMENT ETUDIÉES ET PLUS JUDICIEUSEMENT PRÉSENTÉES NOUS FERONS LES UNS ET LES AUTRES DE GRANDS PAS EN AVANT DANS UN DOMAINE QUI NOUS TIENT TOUS A CŒUR.

Roger ARZENS,
Délégué aux Publications.



POSTFACE

Ainsi, dans ce plaisant site d'Uccle où le modernisme du Centre culturel et les frondaisons rafraîchissantes du parc composaient un cadre propice aux alternances de travail et de détente, nous avons gravement discuté, en plusieurs langues, de problèmes vieux comme le monde; en ouvrant les yeux pour la première fois, Adam n'a-t-il pas poussé un cri d'admiration devant les couleurs dont le Créateur avait pavé le Paradis terrestre ? Cet enthousiasme n'est pas refroidi, mais nous le mesurons, nous en discutons la psychologie et l'esthétique, nous voulons l'enseigner. Durant ces troisièmes Journées de la Couleur, beaucoup de projets ont été formés, et nous espérons qu'ils se réaliseront bientôt. Nous garderons de ces travaux bruxellois deux souvenirs ineffaçables, la gratitude pour nos amis belges qui les avaient si bien préparés, et le plaisir d'un effort commun, dans une fraternité internationale, vers un monde plus beau.

Y. Le Bras

LISTE DES PARTICIPANTS

A

- ARDOUILLIE, Raymond
37, boulevard Prince de Liège, Bruxelles, Belgique.
- ARZENS, Roger
16, rue Lambert Crickx, Bruxelles, Belgique.
- AUBRY, Michel
22, Cité PFN, rue du Madrillet, St-Etienne-du-Rouvray (Seine et Marne), France.

B

- BALINKIN, Isay
University of Cincinnati, Cincinnati 21, Ohio, U.S.A.
- BARTHES, Emile
29, rue de Lisbonne, Paris 8^e, France.
- BECKER, Heinrich
Talstrasse 53, Opladen, Allemagne.
- BERG, Markus
Haydenstrasse 43, Düsseldorf-Benrath, Allemagne.
- BERKOVICH, Elmar
Floralaan 112, Eindhoven, Hollande.
- BERTRAND, Gérard
191, avenue du Maine, Paris 14^e, France.
- BIELING, Margarethe
Richrathstrasse 32, Hilden/Rhld, Allemagne.
- BIVA, Georges
32, rue Joseph II, Bruxelles, Belgique.
- BLEVIN, William
National Standards Laboratory, Chippendale, N.S.W., Australie.
- BOGAERTS, Louis
43, chaussée de Charleroi, Bruxelles, Belgique.
- BOGAERTS, Philémon
43, chaussée de Charleroi, Bruxelles, Belgique.
- BOSKI, Jean
23, rue Lamartine, Paris 9^e, France.
- BOSQUET, Pierre
9, avenue du Vénézuëla, Bruxelles, Belgique.
- BOUCHE, Jules
43, chaussée de Charleroi, Bruxelles, Belgique.
- BRAIVE, Charles
39, rue Blès, Liège, Belgique.
- BRAMS, Félix
c/o Usines Persil, Herent, Belgique.
- BRANDTS-BUYS, Ludwig
24, avenue Echevin Van Muylder, Woluwe-St-Lambert - Bruxelles, Belgique.
- BRAUN, Franz
10, rue Gaucet, Liège, Belgique.

C

- CAHIERRE, Loïc
48bis, rue d'Auteuil, Paris 16^e, France.
- CAILLIEREZ, Edouard
50, rue Victor Hugo, Montey-St-Pierre (Ardennes), France.
- CAILLIEZ, Alphonse
25, avenue d'Avril, Bruxelles, Belgique.
- CAJRATI-CRIVELLI, Massimo
22, Corso Europa, Milan, Italie.
- CALABRO', Guiseppe
Laboratoire Graphique de l'Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, Viale Regina Margherita, 262, Rome, Italie.
- CECCHETTI, Andrea
Via Comasina, 121, Milan, Italie.
- CLAESSENS, Jean
3, rue de l'Ecole, Mont-St-Amand, Belgique.
- COLAS, Oscar
Fédération des Industries Belges, 4, rue Ravenstein, Bruxelles, Belgique.
- COLES, Georges
Usine à Dieghem, Belgique.
- COLLET, Jean
176, rue Emile Féron, Bruxelles, Belgique.
- CONSTANT, Ghislaine
67, boulevard E. de Laveye, Liège, Belgique.
- CORBUSIER, Pierre
2, avenue A.M. Coningham, Bruxelles, Belgique.
- CRAWFORD, Brian Hewson
National Physical Laboratory, Teddington, England.
- CRUSET, Jean
122, boulevard Murat, Paris 16^e, France.

D

- DANTUMA, Regnerus
Oegstgeest, Hollande.
- D'APRANO, Alessandro
Laboratoire Graphique de l'Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, Viale Regina Margherita, 262, Rome, Italie.
- DAVEZAC, Jean-Pierre
16, avenue Carnot, Nemours (Seine et Marne), France.
- DE BACKER, Christian
32, rue Edmond Tollenaere, Bruxelles, Belgique.
- de JAMBLINNE de MEUX, Pierre
49, avenue Maréchal Joffre, Forest-Bruxelles, Belgique.

DE KERF, Joseph
Minervastraat, 19, Moortsel-Anvers, Belgique.

DE KELPER, W.
Société SOBEC, 16, chaussée de Grand-Bigard, Ruysbroeck-Bruxelles, Belgique.

DELPEUC'H, Pierre Jean
205, avenue de Versailles, Paris 16^e, France.

DE MAERTELAER, Jean-Pierre
7, rue Philippe de Champagne, Bruxelles, Belgique.

DE MEY, Jos.
104n, Nekkersputstraat, Gand, Belgique.

DERIBERE, Maurice
29, rue de Lisbonne, Paris 8^e, France.

DESAMORY, Louis
114, boulevard de la Sauvenière, Liège, Belgique.

DE ROECK, Lucien
261, chaussée de Vleurgat, Bruxelles, Belgique.

DESTEXHE, François
8, rue du Bois de Mont, Jemeppe-sur-Meuse, Belgique.

DE VLEESCHOUWER, Jean-Pierre
5, rue Emile Claus, Bruxelles, Belgique.

DE VOCHT, Hugo
14, rue Anna Byens, Berchem-Anvers, Belgique.

D'HAVE, Maurice
Fédération des Industries Belges, 4, rue Ravenstein, Bruxelles, Belgique.

D'HONDT, Jérôme
15, boulevard R. Poincaré, Bruxelles, Belgique.

DICK, Nicolian
57, rue de Bourgogne, Paris 7^e, France.

DOBROWOLSKI, Tadeusz
Al. Saska 101 n 8, Warszawa 33, Pologne.

DOURGNON, J.
4, avenue du Recteur Poincaré, Paris 16^e, France.

DRESLER, Albert
12, Pascoe Avenue, Bentleigh SE14 VIC., Australie.

DUBAY, Noël
49, avenue Eléonore, Bruxelles, Belgique.

DUFOUR, Suzanne
2, chaussée de Boom, Wilrijk, Belgique.

DUMAREST, Suzanne
60, rue Maurice Ripoche, Paris 14^e, France.

DUMEIGE
10, rue Olivier Métra, Paris 20^e, France.

DUVAL, Jean
1, square du Rhône, Paris 17^e, France.

DUYVER, Charles
Architecte, 44, avenue Victor Gilsoul, Woluwe-St-Lambert, Belgique.

E

EDELMANN, Edouard
1, rue Charles Lorilleux, Puteaux, France.

ERNOTTE, Paul
41, avenue du Prince d'Orange, Bruxelles-Uccle, Belgique.

ESCHER-DESRIVIERES, Jean
70, avenue de Châtillon, Paris 14^e, France.

F

FINK-JENSEN, Paul
c/o Sadolin & Holmblad, 70, Holmbladsgade, Copenhagen S, Danemark.

FONTEYN, Marcel
391, avenue Slegers, Bruxelles, Belgique.

FOUGERES, Jean
14, rue Quatrefages, Paris 5^e, France.

FREY, André
174, Quai de Jemappes, Paris 10^e, France.

FRUEHLING, Hans-Georg
Leibniz strasse, 59, Berlin-Charlottenburg 4, Allemagne.

G

GALLET, A.L.C.
Unigra, Palais d'Egmont, 8, place du Petit Sablon, Bruxelles, Belgique.

GAMAIN, Charles
262bis, rue des Pyrénées, Paris 20^e, France.

GAMBIOLI, Mario
Laboratoire Graphique de l'Ente Nazionale per la Cellulosa et per la Carta, Viale Regina Margherita, 262, Rome, Italie.

GERMAINE, Gabriel
S.N.E.C.M.A., 70, boulevard Kellermann, Paris 13^e, France.

GILLET, Ivan
114, Neckersvijverstraat, Mont-St-Amand, Belgique.

GILLOD, Jean
7, rue de Thann, Paris 17^e, France.

GRIVEL, Armand
90, avenue Paul Deschanel, Bruxelles, Belgique.

GUINAU, O.A.
21, Slangenkruidlaan, Haarlem, Hollande.

GUINOT, Jean-Marie
10, rue du Bac, Paris 7^e, France.

GUNTHER, Willy
c/o Faber Birren & Company, 500 Fifth Avenue, New York 36, N.Y., U.S.A.

GUY, Roger
52, boulevard de la Vilette, Paris 19^e, France.

H

HANOSSET
Papeteries de Genval, Genval, Belgique.

HANSEN-SCHMIDT, Hans
Hainbundstrasse, 6, Göttingen, Allemagne.

- HENDRICKX, J.
180, avenue Winston Churchill, Bruxelles, Belgique.
- HENNICKE, Irmgard
Windenschmiedstrasse 6, München, Allemagne.
- HENRION, Marie-Louise
412, boulevard Lambert, Bruxelles, Belgique.
- HEYMANS, Jean
c/o Encres Dresse, 15, boulevard R. Poincaré, Bruxelles, Belgique.
- HOLEYMAN
Presse, 332, avenue de Tervueren, Bruxelles, Belgique.

I

- IBARRA
39, rue du Ranelagh, Paris 16^e, France.
- INSTITUTUL DE DOCUMENTARE TEHNICA
Str. Kuibisev, 27/29, Bucarest, Roumanie.

J

- JACQUEMART, Jean
59, rue de la Faisanderie, Paris 16^e, France.
- JAMART, Baudouin
9, rue des Ecoles, Rixensart, Belgique.
- JERMANN, Alfred
Hinterbergstrasse 75, Zürich, Suisse.
- JOHANNESSEN, Sverre
c/o Alf Bjercke, Skippergt, 29, Oslo, Norvège.
- JOHANSSON, Trygve
Björnvagen, 10, Lidingo, Suède.
- JONCKHEERE, Jeanine
34, rue de l'Ourcq, Paris 19^e, France.
- JUDD, Deane B
National Bureau of Standards, Washington 25, D.C. U.S.A.

K

- KANDEL, Roger
1, rue Hoche, Colombes (Seine), France.
- KERSTEN, Paul
46, avenue P. Stroobants, Bruxelles, Belgique.
- KETELBUTERS, Raymond
58, avenue Milcamps, Bruxelles, Belgique.
- KISTIAKOWSKY, Wladimir
14, rue Politzer, Saint-Maur des Fosses (Seine), France.
- KOCH, J.
111, chaussée de Charleroi, Bruxelles, Belgique.
- KOWALISKI, Paul
19, rue Condorcet, Clamart (Seine), France.
- KUHNE, Alfred
Im Gerstenkamp 9, Köln-Stammheim, Allemagne.

L

- LAMOURET, André
1, square Graisivaudan, Paris 17^e, France.

- LA TOISON, Marc
8, rue Dupont des Loges, Paris 7^e, France.
- LAVENNE, A.J.
15, rue du Parc, Dour, Belgique.
- LAVENNE, Pol
64, rue du Rossignol, Dour, Belgique.
- LEBLANC, Georges
23, rue Lamartine, Paris 9^e, France.
- LE GRAND, Yves
57, rue Cuvier, Paris 5^e, France.
- LEGUAY, Philippe
33, rue de la Source, Olivet (Loiret), France.
- LEMAIRE, Henri
184d, rue Mandeville, Liège, Belgique.
- LIEBECK, Alexandre
c/o « Sté Muster-Schmidt », Brauweg 40, Göttingen, Allemagne.
- LUSCHER, Max
45, Nidwaldnerstrasse, Bâle, Suisse.
- LUTIER, Gérard
Centre d'Information de la Couleur, 23, rue Notre-Dame des Victoires, Paris 2^e, France.

M

- MADER, Fritz
Jurablickstrasse 3 Spiege, Berne, Suisse.
- MANGON, Victor
154, avenue de la Couronne, Bruxelles, Belgique.
- MARTIN, Yves
112, avenue Winston Churchill, Bruxelles, Belgique.
- MASEREEL, Albert
69, avenue Besme, Bruxelles, Belgique.
- MASEREEL, Gaston
69, avenue Besme, Bruxelles, Belgique.
- MEURICE, Albert
54, avenue de la Vallée, Bruxelles, Belgique.
- MEURICE, Charles
54, avenue de la Vallée, Bruxelles, Belgique.
- MIESCHER, Karl
Rütiring 105, Riehen (Basel), Suisse.
- MOERMAN, Sylvain
32, rue Edmond Tollenaere, Bruxelles, Belgique.
- MOUCHEL, Pierre
16, rue Arago, Velizy (Seine et Oise), France.
- MOUGEOT, Pierre
34, rue du Général de Gaulle, Nogent s/Oise, France.
- MOUREAU, Jean
3, rue Wettinck, Jemeppe-Liège, Belgique.

N

- NIDERST,
Section Technique de l'Armée, Groupement Génie, 5, rue Carnot, Versailles, France.

NIJVELD, Wessel Jean

Jan van Eyckstraat, 25B, Amsterdam, Hollande.

O

OOSTENS, Emile

48, avenue Jean de Bologne, Bruxelles 2, Belgique.

P

PARRA, François

16, rue du 14 Juillet, Maisons Alfort (Seine), France.

PASZKIEWICZ, Etienne

17, rue des Reculettes, Paris 13^e, France.

PELLAT, Jean

74, rue Ney, Lyon, France.

PELLIZZARI, Ugo

Valdagno (Vicenza), Italie.

PETERS, Jacques (l'Abbé)

8, rue du Souci, Louvain, Belgique.

PETRE, Albert

220, avenue Winston Churchill, Bruxelles, Belgique.

PLUMAT, Emile

279, chaussée de Ransart, Gilly, Belgique.

POGU, Guy

13, rue Bruant, Paris 13^e, France.

R

RAYSZ, Pierre

21, place Armand Steurs, Bruxelles, Belgique.

REINGOLD, Lucien

9, boulevard Pereire, Paris 17^e, France.

RICHTER, Manfred

Unter den Eichen, 87, Berlin-Dahlem, Allemagne.

ROCHAS, Paul

7, rue St-Polycarpe, B.P. 67, Lyon-Terreaux, France.

ROHNER, Ernst

Bionstrasse, 14, Zürich, Suisse.

ROSE, Denise

13, avenue Royers, Renaix, Belgique.

RUBBI, Piero

c/o Silo-Lungo, Dora Savona 48, Torino, Italie.

S

SAFFRE, Erasme

22, rue Henri Rochefort, Paris 17^e, France.

SAMAIN, Carlos

3, rue des Bénédictines, Menin, Belgique.

SEROT, Guy

38, rue Pasteur, Châlons-sur-Marne, France.

SMIATEK,

Werner von Siemens strasse, 50, Erlangen, Allemagne.

STORI, Fritz

c/o S.A. Sandoz, Bâle, Suisse.

SUTY, Pierre

5, avenue Valmy, Châlons-sur-Marne, France.

T

TONNQVIST, Gunnar

FOA 2, Stockholm 80, Suède.

V

VAN CAUWENBERG, G.

27, avenue des Tropiques, Forest-Bruxelles, Belgique.

VAN DER BORGHT, Albert

15, rue Jean Dambre, Ruysbroeck-Bruxelles, Belgique.

VAN ESSEN, Jac

Amstel 137B, Amsterdam, Hollande.

VAN HELDEN, Jacqueline

438, chaussée de Mons, Bruxelles, Belgique.

VANHERCK, Paul

17, rue Joseph Pierre, Kessel-Lo, Belgique.

VAN HERSTRAETEN, Louis

76, Beirstoppel, Wetteren, Belgique.

VAN MALDERGEM, R.

12, avenue Pierre Beyst, Anderlecht-Bruxelles, Belgique.

VAN NIEUWENHUYSE,

Banque Nationale de Belgique, Service Imprimerie, 56, boulevard de Berlaimont, Bruxelles, Belgique.

VAN WANGEELE, Alf.

Dennenburg Dreef 17, Kapelle-Anvers, Belgique.

VESTERS, A.

c/o Gevaert Photo-Producten, Septestraat, 27, Mortsel-Anvers, Belgique.

VIGUIER, René

4, rue du Ct Léandri, Paris, France.

VOETS, G.

Jos. Hermanlei, 17, Mortsel-Anvers, Belgique.

von BECKERATH, Kurt

Pastorsbusch, 10, St-Tonis bei Krefeld, Allemagne.

W

WEISE, Herbert

Düppelstrasse, 2, Berlin-Zehlendorf, Allemagne.

WERKHOFER, Josef Ewald

Juliuspromenade, 22, Wurzburg, Allemagne.

WITTENBERG, J.J.

Bureau de la K.L.M., Amsterdam, Hollande.

WOLINSKI, Leszek

Polish Register of Shipping, Waty Piatowskie 24, Gdansk, Pologne.

WRIGHT, W.D.

56, Evesley Park Road, Winchmore Hill, London N. 21, England.

WYSZECKI,

National Research Council of Canada, Ottawa 2, Ont., Canada.

Z

ZIMMERMANN, Erich

43, chaussée de Charleroi, Bruxelles, Belgique.

II^e Partie

TEXTES DES COMMUNICATIONS

SECTION I

Mesure de la Couleur

Enquête sur les appareils de mesure de couleurs

par G. BERTRAND

Ingénieur à l'Association Française de Colorimétrie, Paris.

SOMMAIRE

Depuis la publication du « Rapport de la Commission de Colorimétrie du Centre d'Information de la Couleur », aux deuxièmes Journées Internationales de la Couleur de Toulouse, en mars 1958, l'enquête sur les appareils de mesure de couleurs s'est poursuivie.

Des séries de mesures systématiques, effectuées sur une vingtaine d'appareils, spectrophotomètres et colorimètres, à l'aide de dix échantillons transparents, ont permis d'aboutir à un certain nombre de conclusions générales en ce qui concerne :

1° la précision de chaque type d'appareil et de chaque appareil à l'intérieur d'un même type.

2° l'exactitude, c'est-à-dire l'écart existant entre les résultats d'appareils de type donné et ceux obtenus à l'aide d'un appareil étalon considéré comme parfait.

3° la corrélation entre les résultats obtenus parmi un ensemble d'appareils de même type.

Ces conclusions confrontées à celles résultant d'enquêtes similaires faites dans d'autres pays, permettent de dégager, en particulier, les incertitudes maximums sur x , y , Y , données par un appareil de type déterminé.

I. INTRODUCTION

Au cours des dix dernières années des comparaisons entre les résultats de mesures spectrophotométriques, effectuées à l'aide d'appareils divers sur des matériaux identiques, transparents ou diffusants, ont été entreprises aussi bien à l'échelon national (1) qu'international (2, 3). Toutes ont montré qu'il subsistait des écarts non négligeables entre les divers résultats.

Dès sa constitution la Commission de Colorimétrie du Centre d'Information de la Couleur s'est proposée de « comparer les résultats donnés par les divers appareils de mesure de couleurs ». Des conclusions partielles concernant les mesures effectuées sur trois spectrophotomètres industriels ont été données aux II^{es} Journées Internationales de la Couleur (4). Depuis, l'Association Française de Colorimétrie a poursuivi cette enquête et nous donnons ici les extraits les plus représentatifs des résultats correspondant à quelques 55.000 mesures effectuées sur une vingtaine d'appareils.

II. MESURES

II.1. *Filtres-tests*

Les éléments communs servant de base aux comparaisons sont constitués de dix filtres de verre coloré

à faces planes et parallèles mis à notre disposition par la Commission belge de Colorimétrie. Ces filtres dont les courbes de transmission spectrales sont représentées sur la figure 1, ont été choisis de manière à mettre en évidence les qualités de précision et d'exactitude de chaque appareil. La figure 2 montre, dans le diagramme chromatique de la C.I.E. et pour la source étalon C, la position des points de couleur correspondants. Le tableau I indique, avec plus de précision, les coordonnées trichromatiques x , y , et le facteur global de transmission T .

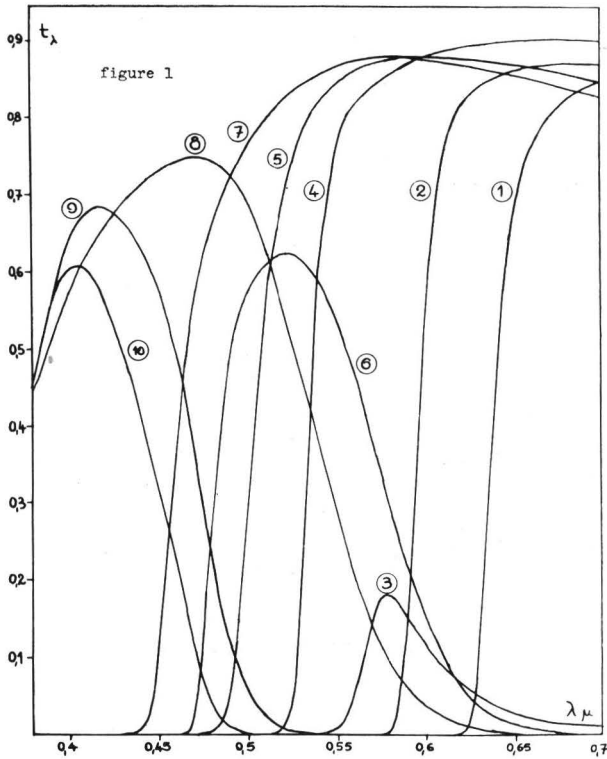
II.2. *Appareils*

Ces filtres ont été mesurés à l'aide : de neuf spectrophotomètres; de trois colorimètres trichromatiques photoélectriques. Tous ces appareils (sauf un portant le repère N et plus spécialement destiné aux travaux délicats de laboratoire), sont couramment utilisés dans l'industrie.

II.2.1. *Spectrophotomètres* (enregistreurs ou non)

Ils peuvent se diviser en deux groupes :

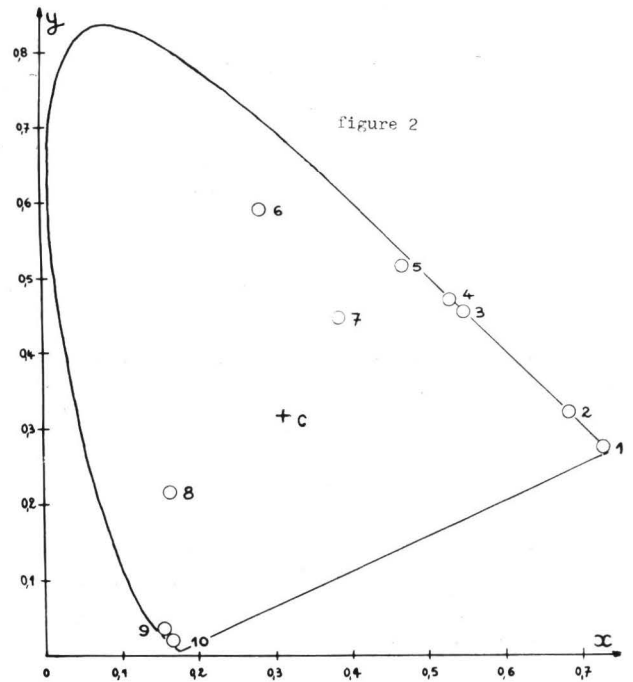
- a) cinq (appelés A, B, C, D, E), de même type, c'est-à-dire comportant les mêmes éléments constitutifs et par suite mettant en œuvre des principes de mesure identiques; deux d'entre eux B et C étant munis de



systèmes « intégrateurs » donnant, pour l'étalon C, les composantes trichromatiques X, Y, Z.
 b) quatre (appelés K, L, M, N), de types différents.

II.2.2. Colorimètres trichromatiques photoélectriques

Chaque appareil mesure trois grandeurs A, G, B,



permettant de déduire les composantes trichromatiques X, Y, Z, rapportées à la source étalon C.

On les a classés en deux groupes :

- c) deux (appelés I et II) de même type;
- d) un (appelé III) d'un type différent.

Le tableau II résume les caractéristiques principales de chaque type d'appareil.

TABLEAU I
Appareil N, Source C

Filtre	x	y	T	Filtre	x	y	T
1	0,7250	0,2750	0,021	6	0,2800	0,5890	0,390
2	0,6808	0,3190	0,139	7	0,3827	0,4443	0,836
3	0,5463	0,4528	0,057	8	0,1616	0,2143	0,289
4	0,5272	0,4704	0,583	9	0,1499	0,0320	0,023
5	0,4635	0,5161	0,760	10	0,1589	0,0173	0,007

II.3. Conduite des mesures

Avant d'entreprendre toute série de mesure, les réglages préliminaires correspondant à chaque type d'appareil et spécifiés par le constructeur ont été effectués. En ce qui concerne les spectrophotomètres on a pris soin de

vérifier tout spécialement les étalonnages : du monochromateur, de l'ensemble photomètre-récepteur-dispositif de mesure et, éventuellement du système intégrateur. Sur chaque échantillon, préalablement nettoyé à l'alcool et séché, on a effectué les séries de mesures suivantes :

TABLEAU II
Caractéristiques principales de chaque type d'appareil

Spectrophotomètres							
Appareil		Monochromateur			Système de mesure		
1 Repère	2 Type	3 Type	4 Domaine spectral en μ	5 Largeur des bandes spectrales en m μ	6 Lumière tombant sur l'échantillon	7 Récepteur	8 Méthode
A, B	enregistreur	double additif	0,38-0,70	10	monochromati- que, totalement polarisée	photomul- tiplicateur	de zéro
C, D, E	enregistreur	double additif	0,40-0,70	10	monochromati- que, totalement polarisée	photomul- tiplicateur	de zéro
K	non enregistreur	simple	0,20-1	0,1 à 0,2	monochromati- que naturelle	2 cellules à vide	de déviation
L	enregistreur	double soustractif	0,20-3	0,5 à 1	monochromati- que naturelle	photomul- tiplicateur	de zéro
M	non enregistreur	simple	0,22-1	1	monochromati- que naturelle	2 photomul- tiplicateurs	de zéro
N	non enregistreur	double additif	0,36-1,2	0,1 à 0,4	blanche, naturelle	1 cellule à vide	de déviation

TABLEAU II (suite)
Caractéristiques principales de chaque type d'appareil

Colorimètres trichromatiques photoélectriques			
Appareil	Système de mesure		
9 Repère	10 Lumière tombant sur l'échantillon	11 Récepteur	12 Méthode
I, II	Combinaison du rayonnement 3.200° K avec un des trois filtres tristimulus	photopile	de zéro
III	rayonnement 3.200° K	photomultiplicateur	de zéro

II.3.1. Sur chaque *spectrophotomètre* : mesure des facteurs spectraux de transmission t_{λ} , tous les 5 millimicrons, en tenant compte des indications du système

de mesure correspondant aux flux : nul, unité et transmis. En ce qui concerne l'appareil N, on a effectué dix mesures pour chaque longueur d'onde.

II.3.2. Sur chacun des deux *intégrateurs* : dix mesures successives et simultanées des composantes trichromatiques X, Y, Z.

II.3.3. Sur chaque *colorimètre trichromatique photoélectrique* : dix mesures successives des quantités A, G, B.

III. CALCULS

Avant d'entreprendre tout calcul colorimétrique, les données de mesures ont été corrigées, chaque fois qu'il était nécessaire, des erreurs systématiques propres à chaque appareil. On a séparé les calculs en deux parties, ceux concernant la détermination des coefficients x, y, T d'une part, et ceux traitant des diverses incertitudes d'autre part.

III.1. Calcul des coefficients x, y, T

Pour chaque filtre on a calculé, en fonction des données moyennes corrigées, les coefficients trichromatiques x, y, et le facteur global de transmission T pour la source étalon C. Ces calculs ont été effectués de la manière suivante :

III.1.1. Données moyennes corrigées t_λ des *spectrophotomètres* :

Calcul des composantes trichromatiques X, Y, Z par intervalles de 5 millimicrons à l'aide du tableau 46, page 452 de la référence (5). L'intervalle de 5 millimicrons a été choisi de telle sorte que la répercussion des erreurs de calcul sur les coefficients x, y, T n'affecte que la cinquième décimale (6). Pour chaque filtre, on

$$\Delta x_M = 1/(X + Y + Z)^2 \sum_{\lambda} \{ [(Y + Z)\bar{X}_\lambda - X(\bar{Y}_\lambda + \bar{Z}_\lambda)] \cos\theta - [(X + Z)\bar{Y}_\lambda - Y(\bar{X}_\lambda + \bar{Z}_\lambda)] \sin\theta \} \Delta t_\lambda$$

a choisi un intervalle d'intégration commun à l'ensemble des neuf courbes spectrales $t_\lambda = f(\lambda)$ déduites des mesures effectuées à l'aide de chacun des neuf spectrophotomètres. Ainsi sont rendus comparables les coefficients x, y, T.

III.1.2. Données moyennes corrigées A, G, B des *colorimètres trichromatiques photoélectriques* :

Calcul des coefficients x, y, T à l'aide des équations de transformation linéaires relatives à chaque appareil.

III.1.3. Données moyennes corrigées X, Y, Z des *intégrateurs* :

Calculs des coefficients x, y, T à l'aide des relations classiques.

III.2. Calculs d'incertitudes

Trois types principaux d'incertitudes sont calculées : la précision, l'exactitude et la corrélation des résultats.

III.2.1. La *précision* groupe à la fois la sensibilité et la reproductibilité ou fidélité des résultats.

Diverses méthodes ont été proposées pour son calcul qui permettent de déterminer la surface, lieu des incertitudes autour du point de couleur moyen. La section de cette surface sur le plan $Y = \text{constante}$ représente une courbe fermée, lieu des incertitudes de chromaticité.

Deux méthodes de calcul ont été retenues suivant qu'il s'agit de déterminer la répercussion sur x, y, T des erreurs dues aux spectrophotomètres, d'une part, aux systèmes intégrateurs et colorimètres trichromatiques, d'autre part.

III.2.1.1. Erreurs dues aux spectrophotomètres

La méthode est celle indiquée par F. BLOTTIAU (7). On la rappelle brièvement.

$$\text{Si } X = \sum_{\lambda} \bar{X}_\lambda \cdot t_\lambda, \quad Y = \sum_{\lambda} \bar{Y}_\lambda \cdot t_\lambda, \quad Z = \sum_{\lambda} \bar{Z}_\lambda \cdot t_\lambda$$

$$\text{où } \bar{X}_\lambda = E_\lambda \bar{x}_\lambda d\lambda, \quad \bar{Y}_\lambda = E_\lambda \bar{y}_\lambda d\lambda, \quad \bar{Z}_\lambda = E_\lambda \bar{z}_\lambda d\lambda$$

représentent les composantes trichromatiques de la couleur correspondant au matériau éclairé par le rayonnement E_λ et repérée dans le triangle des couleurs par les coordonnées trichromatiques moyennes

$$x_0 = X/(X + Y + Z), \quad y_0 = Y/(X + Y + Z),$$

en appelant Δt_λ l'incertitude correspondant au facteur de transmission t_λ , l'écart maximum $\Omega P = \Delta x_M$, figure 3, dans la direction $\Omega x''$ faisant l'angle θ avec $\Omega x'$ se calcule par la relation

dans laquelle on choisit

$$\Delta t_\lambda > 0 \text{ si la parenthèse est positive et}$$

$$\Delta t_\lambda < 0 \text{ si la parenthèse est négative.}$$

Si on porte en P la droite Δ perpendiculaire à $\Omega x''$, on montre que la courbe Γ , lieu des incertitudes de chromaticité, est tangente à Δ . Pour la tracer il suffit de déterminer l'enveloppe des droites Δ correspondant aux divers angles θ . Cette courbe, qui admet Ω comme centre de symétrie, peut, dans certains cas, être assimilée à une ellipse.

L'incertitude maximum, en valeur relative sur T, est telle que

$$|\Delta T|/T = \sum_{\lambda} \bar{Y}_\lambda |\Delta t_\lambda|/T$$

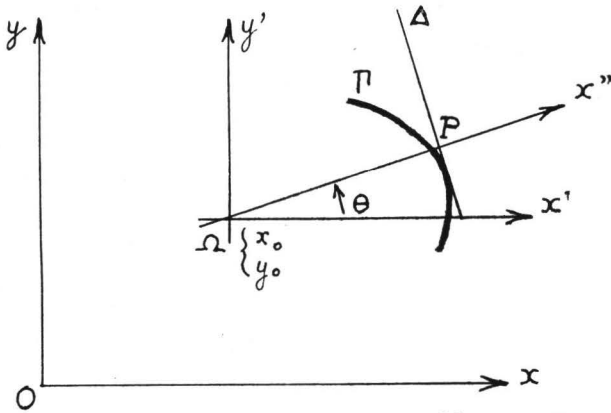


figure 3

III.2.1.2. Erreurs dues aux systèmes intégrateurs et colorimètres trichromatiques

Ces appareils donnent une série de valeurs

$$X_i, Y_i, Z_i,$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ de valeurs moyennes X_0, Y_0, Z_0 , auxquelles correspondent les coordonnées trichromatiques moyennes x_0, y_0, z_0 , et le facteur global moyen de transmission T_0 . L'expérience ayant montré que les écarts $X_i - X_0, Y_i - Y_0, Z_i - Z_0$, suivent une loi normale de probabilité, la surface, lieu des incertitudes, est un ellipsoïde centré sur le point moyen dont la section par le plan $Y = \text{constante}$ détermine, dans le triangle des couleurs, une ellipse de centre x_0, y_0 , d'inclinaison φ et d'équation

$$g_{11} (\Delta x)^2 + 2 g_{12} (\Delta x) (\Delta y) + g_{22} (\Delta y)^2 = 1$$

renfermant 50 % des x_i, y_i , qui correspondent à la série des n mesures. On trouvera dans les références (8, 9) des exposés détaillés sur la méthode et une abondante littérature la concernant.

On comparera la précision ainsi trouvée aux seuils différentiels de chromaticité déduits des observations visuelles de MacADAM (10, 11).

III.2.2. *L'exactitude*, c'est-à-dire l'écart existant entre les résultats de mesures effectuées à l'aide de l'appareil étudié et ceux déduits de mesures faites à l'aide d'un appareil considéré comme « étalon ». On a choisi dans ce but le spectrophotomètre « N » de l'Institut d'Optique de Paris (12) ayant fait l'objet de comparaisons internationales (3), et dont les résultats sont mentionnés au tableau I.

III.2.3. La *corrélation* qui représente les écarts, par rapport à la moyenne, des résultats de mesures donnés par un ensemble d'appareils de même type. En ce qui concerne les cinq spectrophotomètres A, B, C, D, E,

on a calculé ce type d'incertitude par la méthode exposée en III.2.1.1.

IV. RESULTATS

Afin de les rendre comparables pour chaque filtre on les a classés en trois groupes concernant :

- groupe 1 : les cinq spectrophotomètres de même type A, B, C, D, E dont la moyenne est représentée par H.
- groupe 2 : les quatre spectrophotomètres de types différents K, L, M, N.
- groupe 3 : les trois colorimètres trichromatiques photoélectriques I, II, III.

Les figures 4 à 33 montrent, dans le plan des chromaticités, les résultats concernant chaque filtre à l'intérieur de chaque groupe. Ces figures se classent ainsi :

groupe 1 figures 4 à 13; groupe 2 figures 14 à 23; groupe 3 figures 15 à 33. Les symboles distinctifs suivants ont été employés :

- O_A : point de couleur obtenu à l'aide du spectrophotomètre A.
- $+_H$: point de couleur représentant la moyenne des résultats concernant les spectrophotomètres du groupe 1.
- \odot_C : point de couleur obtenu à l'aide du système intégrateur du spectrophotomètre C.
- : contour de l'ellipse de « corrélation » correspondant au groupe 1; contour de l'ellipse de « précision » du spectrophotomètre N.
- : contour de l'ellipse correspondant aux seuils différentiels de chromaticité (voir III.2.1.2.).
- .-.-.- : contour de l'ellipse de « précision » des systèmes intégrateurs.

La droite d'inclinaison voisine de 45° et tracée sur les figures qui correspondent aux filtres 1, 2, 3, 4, 9, 10, représente le « lieu des radiations monochromatiques »; sur la figure 24 ce lieu a été complété par la « ligne des pourpres ».

L'analyse détaillée de ces résultats et de ceux correspondant aux enquêtes mentionnées en I permet de dresser, pour l'état actuel des comparaisons, les tableaux III et IV où sont indiquées pour quatre types principaux d'appareils :

- a) spectrophotomètres de laboratoire;
 - b) spectrophotomètres industriels;
 - c) systèmes intégrateurs;
 - d) colorimètres trichromatiques photoélectriques;
- les qualités de précision, d'exactitude et de corrélation définies en III.2 et concernant t_λ, x, y , et T . La non uniformité du diagramme chromatique rendant diffici-

le la comparaison des incertitudes Δx , Δy , on a rapporté celles-ci aux « écarts unité » déduits des ellipses

de seuils différentiels (colonne 4, tableau III, colonne 3 tableau IV).

TABLEAU III
Spectrophotomètres

(a) de laboratoire					(b) industriels					
Variables	1 $\pm \Delta t_\lambda$	2 $\pm \Delta x$	3 $\pm \Delta y$	4 $\pm \Delta s$	5 $\pm \Delta T/T$	1 $\pm \Delta t_\lambda$	2 $\pm \Delta x$	3 $\pm \Delta y$	4 $\pm \Delta s$	5 $\pm \Delta T/T$
Précision	$\leq 0,002$	0,0001	0,0001	0,5	0,1 %	$\leq 0,005$	0,0001	0,0010	0,5	0,5 %
		à 0,0020	à 0,0020		à 1 %		à 0,0020	à 0,0020		à 1 %
Exactitude						$\leq 0,010$	0,0001	0,0001	0,6	0,5 %
							à 0,0080	à 0,0080	à 5	à 5 %
Corrélation	0,002	0,0004	0,0003	0,5	0,5 %	0,006	0,0005	0,0005	0,6	0,5 %
	à 0,003	à 0,0030	à 0,0030	à 1	à 1,5 %	à 0,010	à 0,0020	à 0,0030	à 10	à 5 %

TABLEAU IV

(c) systèmes intégrateurs				(d) colorimètres trichromatiques photoélectriques				
Variables	$\pm \Delta x$	$\pm \Delta y$	$\pm \Delta s$	$\pm \Delta T/T$	$\pm \Delta x$	$\pm \Delta y$	$\pm \Delta s$	$\pm \Delta T/T$
Précision	0,0001	0,0001	0,1 à 1	0,1 %	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	≤ 1	0,1 %
	à 0,0015	à 0,0015		à 5 %				à 10 %
Exactitude	0,0001	0,0005	0,5 à 4	0,5 %	0,0020	0,0020		3 %
	à 0,0040	à 0,0050		à 10 %	à 0,020	à 0,030		à 10 %
Corrélation	0,0001	0,0002	0,5 à 5	0,1 %	0,0025	0,0018		0,5 %
	à 0,0060	à 0,0080		à 2,5 %	à 0,018	à 0,013		à 5 %

IV.1. Comparaison des résultats

Les chiffres des tableaux III et IV fournissent des éléments de comparaison intéressants entre les divers résultats donnés par chaque groupe d'appareils : spectrophotomètres, systèmes intégrateurs liés aux spectrophotomètres, colorimètres trichromatiques photoélectriques.

IV. 1.1. Spectrophotomètres :

1) *précision* : elle reste toujours pour les deux types d'appareils (a) et (b), inférieure à « l'écart unité » en

ce qui concerne x et y. La valeur $|\Delta T/T| = 1 \%$ est une limite supérieure.

2) *exactitude* : cette seconde qualité mesure l'écart entre les résultats des appareils (b) et ceux donnés par les appareils (a), ces derniers étant exacts par convention (voir III.2.2.). Les écarts peuvent être importants atteignant cinq fois « l'écart unité » sur x, y et 5 % en valeur relative sur T.

3) *corrélation* : pour le type (a) elle est sensiblement équivalente à 1), la dispersion des résultats reste presque toujours dans les limites de précision de la mesure. Pour le type (b), la distribution des incertitudes dans

le diagramme chromatique peut conduire à des différences atteignant dix fois « l'écart unité ».

Quel que soit le type de spectrophotomètre, leur précision traduite en coordonnées trichromatiques s'écarte assez peu des seuils différentiels de chromaticité déduits des observations de MacADAM, (champ de mesure 2°, luminance 47 nits; champ de contour 42°, luminance 23 nits; vision monoculaire), mais seule la dispersion des résultats donnés par les appareils du type (a) reste compatible avec cette précision. Avec les appareils du type (b) la connaissance de la précision est insuffisante pour déduire la dispersion probable des résultats de mesures. Il sera toujours nécessaire ici, avant de fixer avec certitude les valeurs de x , y , T relatives à un matériau déterminé, de connaître, au voisinage de la couleur correspondante, les qualités d'exactitude et de corrélation.

IV.1.2. Systèmes intégrateurs :

1) *Précision* : équivalente à celle obtenue par l'intermédiaire de spectrophotomètres.

2) *Exactitude* : elle indique ici les écarts, non par rapport à l'appareil étalon « N », mais par rapport aux résultats déduits des mesures de t_λ effectuées sur le spectrophotomètre auquel est attaché l'intégrateur. Les chiffres des colonnes 3 de (c) et 4 de (b) montrent que les différences maximums par rapport aux résultats obtenus à l'aide des appareils (a) peuvent atteindre neuf « écarts unité », $|\Delta T/T|$ s'élevant jusqu'à 10 %.

3) *Corrélation* : la répartition des écarts de chromaticité tend à diminuer ici la dispersion, comparative-ment à celle trouvée pour (b).

Ici encore, du point de vue de la précision, les résultats fournis par les systèmes intégrateurs restent excellents et équivalents à ceux déduits de mesures spectrophotométriques. Le manque d'exactitude et la dispersion non négligeable conduisent à opérer, lors de la fixation des x , y , T d'un matériau donné, comme il est préconisé en IV.1.1.

IV.1.3. Colorimètres trichromatiques photoélectriques :

Les mesures faites dans les régions bleue et rouge comme le montrent les figures 24, 32 et 33, donnent des x , y , extérieures au diagramme chromatique. Ainsi la sensibilité de l'ensemble source-filtre-récepteur appareil de mesure n'est pas égale ou proportionnelle aux fonctions de distribution trichromatiques (13). La partie (d) du tableau IV concerne les mesures ayant donné des coefficients x , y intérieurs au triangle des couleurs.

1) *précision* : elle est environ deux fois plus faible que celle déduite des résultats de (a), (b) et (c), mais elle permet toujours de déceler des différences de chro-

maticité équivalentes à un « écart unité ». La faible sensibilité dans la région bleue conduit à des incertitudes importantes sur T si ce dernier est faible ($\leq 0,1$).

2) *exactitude* : les erreurs systématiques toujours importantes rendent difficile la comparaison des résultats avec ceux obtenus par voie spectrophotométrique. On ne peut que constater les valeurs élevées de ces différences.

3) *corrélation* : une grande dispersion subsiste parmi les résultats. On peut l'expliquer à la fois par les erreurs systématiques, variables, et les sensibilités diverses des systèmes récepteur-appareil de mesure suivant les appareils.

Ainsi les colorimètres trichromatiques ne sont pas adaptés aux mesures directes de couleurs. Leur bonne précision devrait permettre leur emploi comme appareils différentiels, à condition que les matériaux de couleurs voisines mesurés soient exempts de métamérisme (14).

V. CONCLUSION

Le repérage de la couleur d'un matériau donné peut prendre deux aspects : ou bien il s'agit de localiser dans le diagramme chromatique le point de couleur auquel on adjoint un des facteurs T ou β , ou bien d'évaluer les petites différences de chromaticité et de luminance existant entre deux matériaux de couleurs voisines. Chaque fois se pose le problème des tolérances limites admissibles liées aux exigences du type de fabrication considérée. Dans la suite des opérations concernant cette fabrication, les tolérances requises pour un stade particulier restent toujours inférieures à celles admises au stade suivant. Ayant fixé, pour un éclairage donné, la limite inférieure de ces tolérances admissibles, le plus souvent à la suite d'observations visuelles, est-il possible, compte tenu de la gamme d'appareils dont on dispose à l'heure actuelle, de déceler ces petites différences sans que la dispersion temporelle des résultats ne les excède jamais ?

Les limites de tolérances restent souvent faibles comparées aux seuils différentiels de chromaticité et de luminance exprimés en « écart unité ». On admet

$$\Delta x = \Delta y = \pm 0,0005;$$

$$\Delta Y = \pm 0,005 \text{ qui pour } T \text{ ou } \beta = 0,5$$

donne $\Delta Y/Y = \pm 1 \%$ (15).

Les comparaisons précédentes ont montré que pour certaines régions du diagramme chromatique les spectrophotomètres de laboratoire permettent souvent de déceler de tels écarts, souvent aussi la précision requise reste insuffisante. Il semble donc qu'au stade des « étalons primaires » l'industrie ait besoin de spectrophoto-

mètres précis, exacts et dont la dispersion temporelle des résultats fournis reste faible comparativement aux tolérances exigées. Ce stade atteint, les problèmes d'évaluation de couleurs pourront toujours se ramener à des mesures d'écart, soit à l'aide de spectrophotomètres différentiels dont les qualités de précision et de corrélation mettront en évidence des incertitudes inférieures aux tolérances limites requises; soit par l'intermédiaire de colorimètres différentiels, possédant eux aussi ces qualités, à condition de s'assurer avant toute mesure de l'aspect semblable des courbes de transmission ou de réflexion spectrale des matériaux étudiés, cette vérification pouvant se faire à l'aide des spectrophotomètres industriels existants.

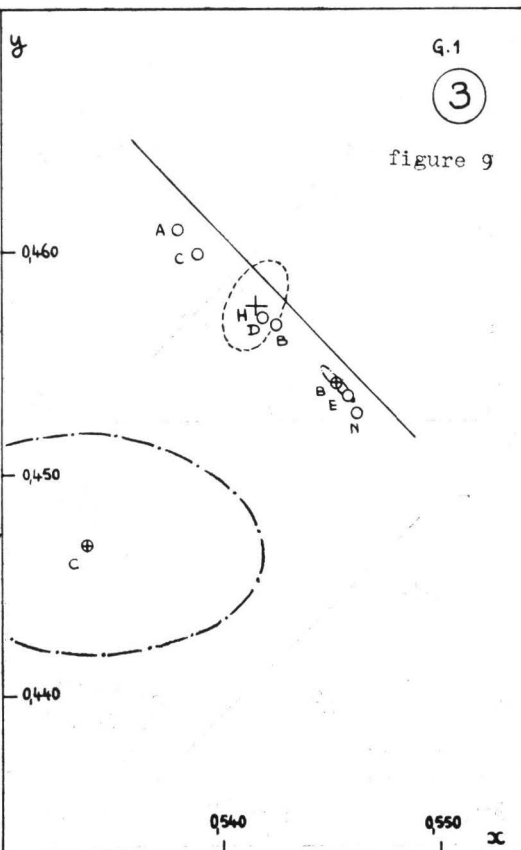
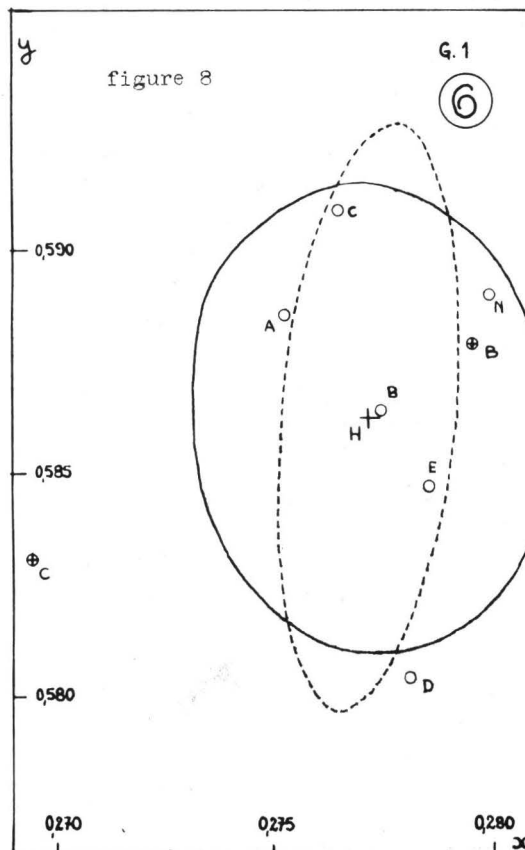
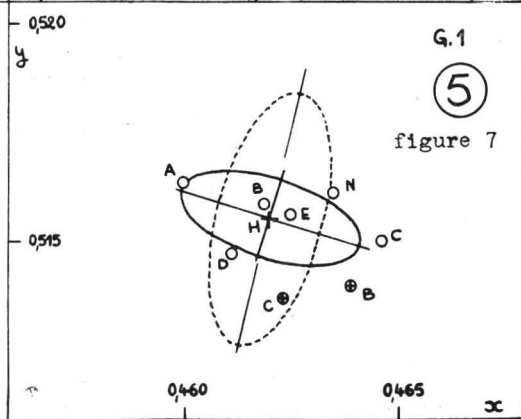
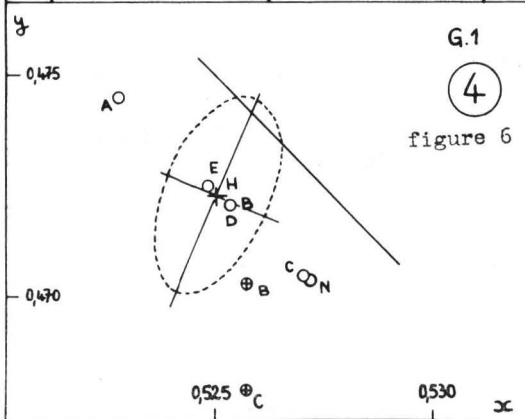
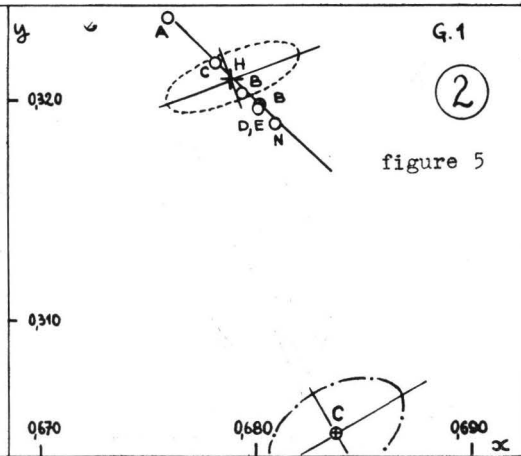
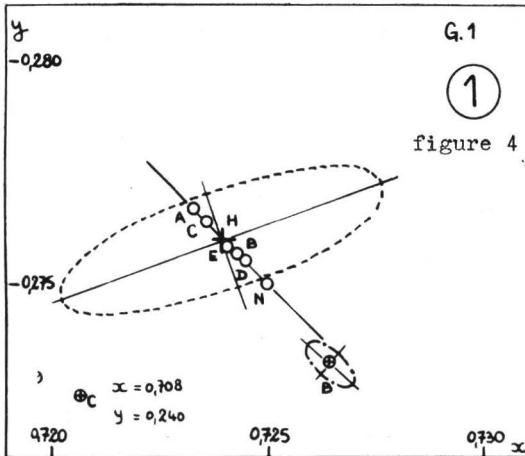
Au vu des résultats de cette enquête on pourra objecter qu'ils ne valent que pour la mesure de matériaux transparents, les mesures colorimétriques étant effectuées le plus souvent sur des matériaux opaques diffusants. On a, parallèlement aux mesures rapportées ici,

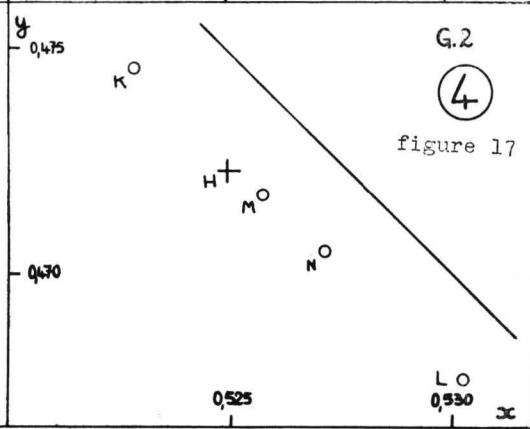
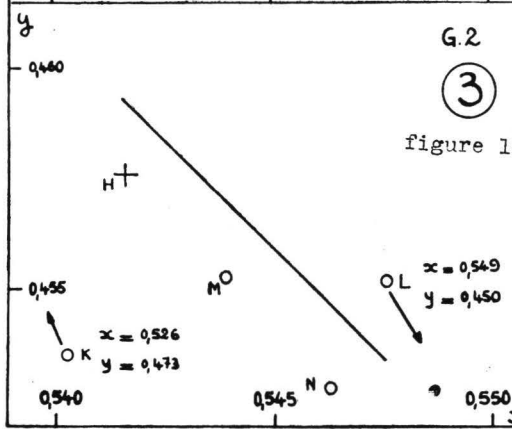
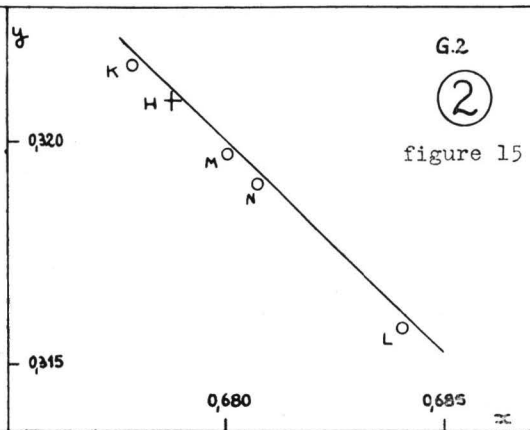
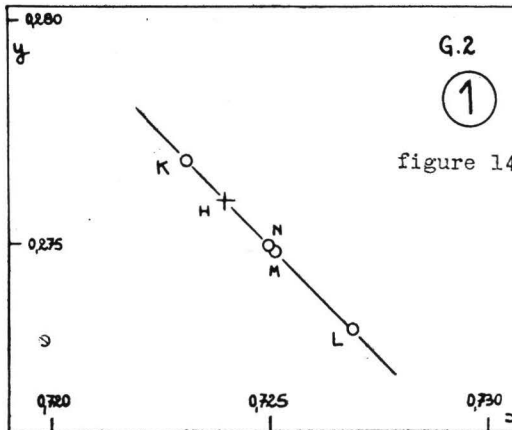
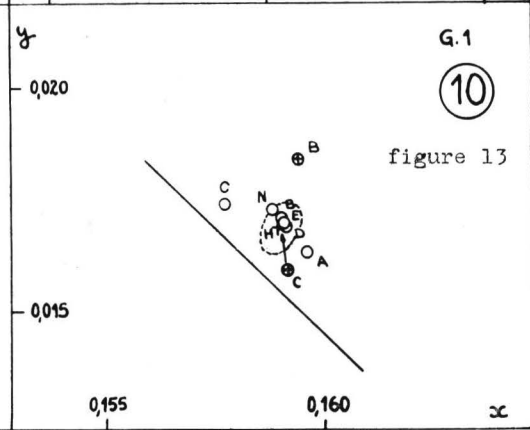
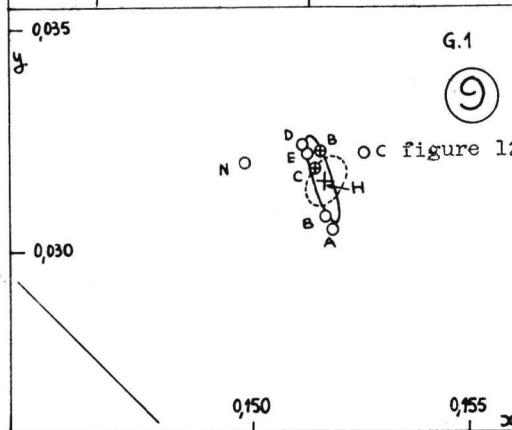
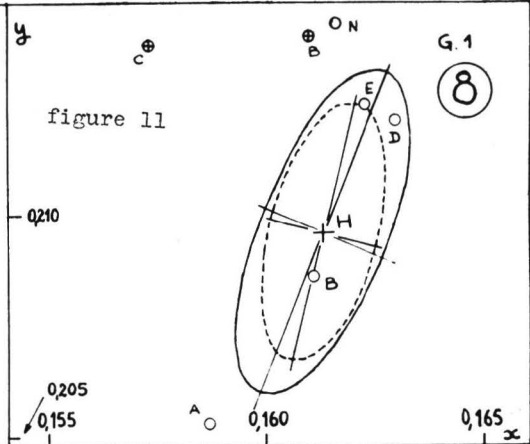
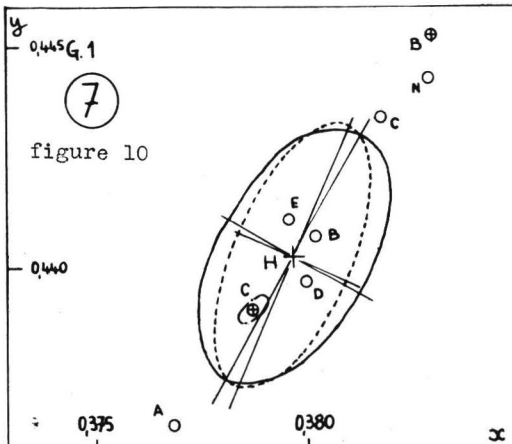
entrepris des comparaisons suivant les mêmes critères : précision, exactitude, corrélation, sur des échantillons colorés opaques. Il n'a pas été possible de dégager des premiers résultats obtenus des conclusions générales valables. Il semble que celles-ci eussent été légèrement différentes de celles concernant les filtres colorés, à cause d'une part des difficultés de reproductibilité des « étalons de blanc », d'autre part du fait des conditions d'éclairage et d'observation variables suivant le type d'appareil.

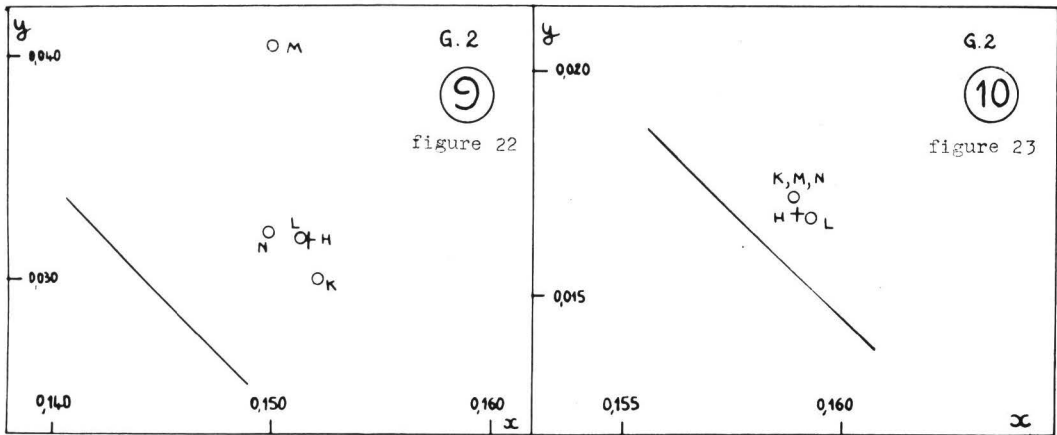
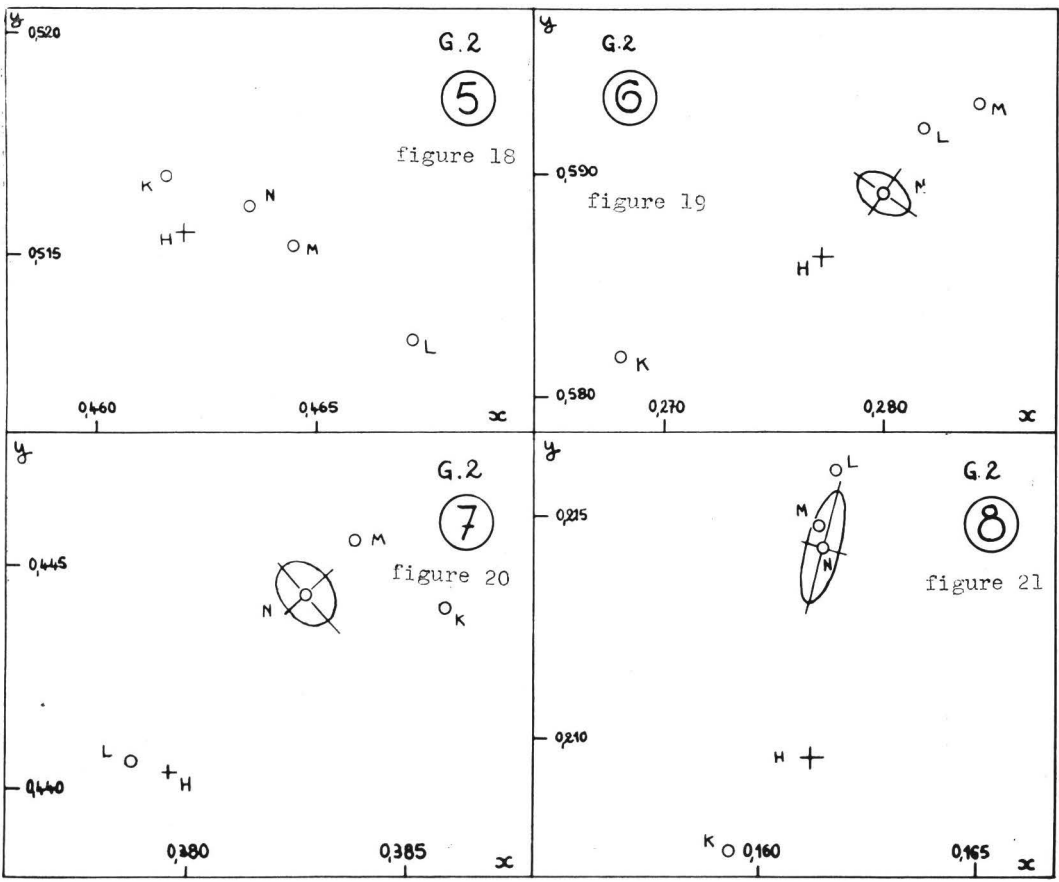
A l'issue de cette enquête j'adresse mes vifs remerciements en premier lieu à MM. les Professeurs P. FLEURY et Y. LE GRAND promoteurs de cette étude et dont les conseils et encouragements m'ont été chaque fois si précieux; ensuite à tous ceux, industriels, dirigeants et personnels des divers laboratoires où je me suis rendu, à la fois pour l'accueil cordial qu'ils m'ont toujours réservé et l'aide qu'ils n'ont jamais manqué de me fournir.

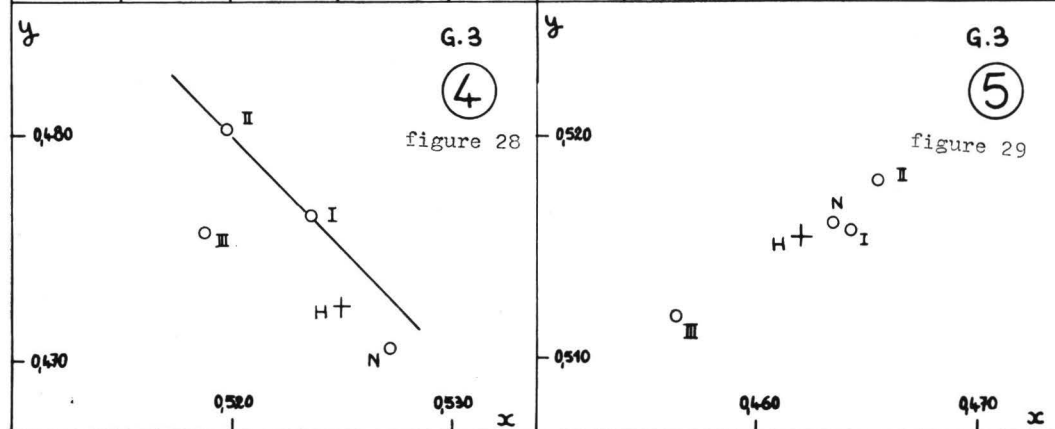
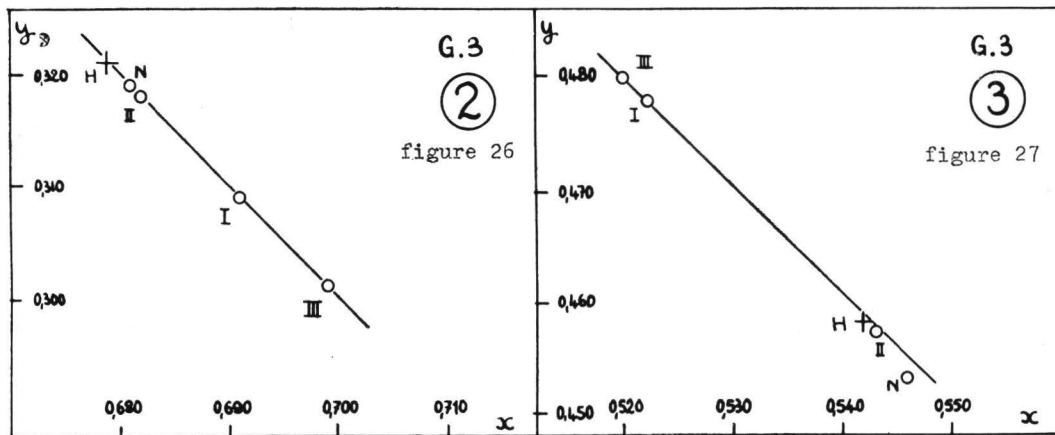
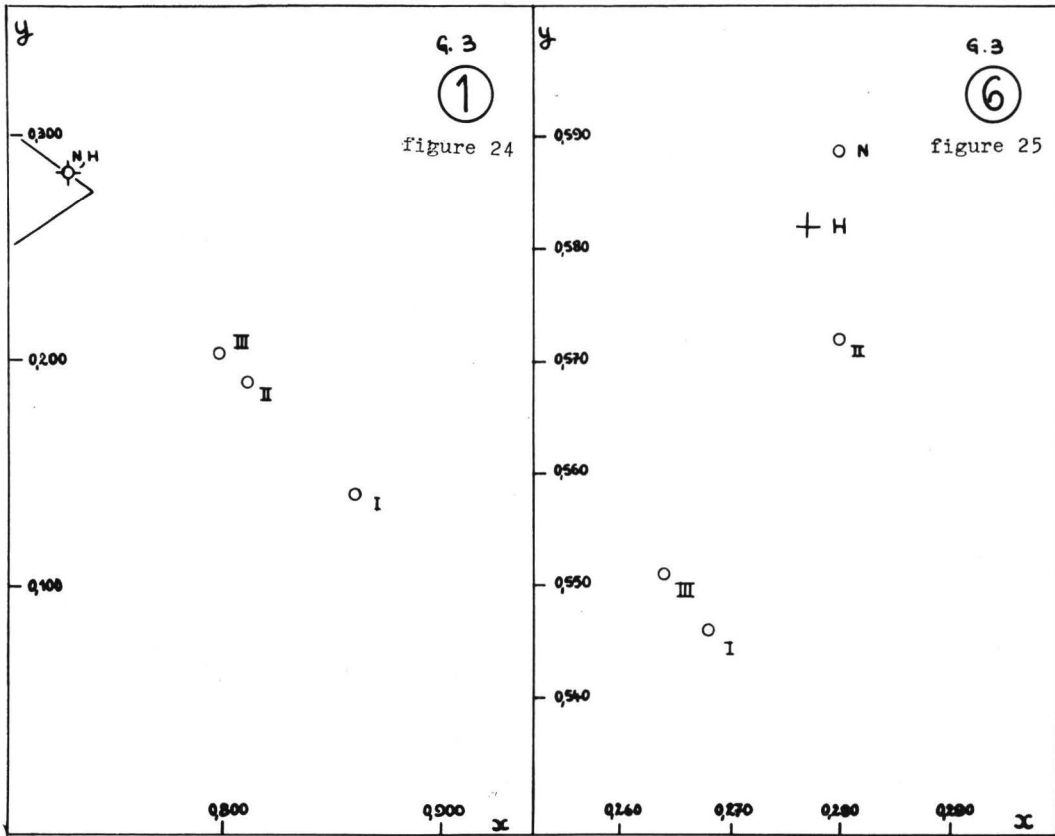
REFERENCES

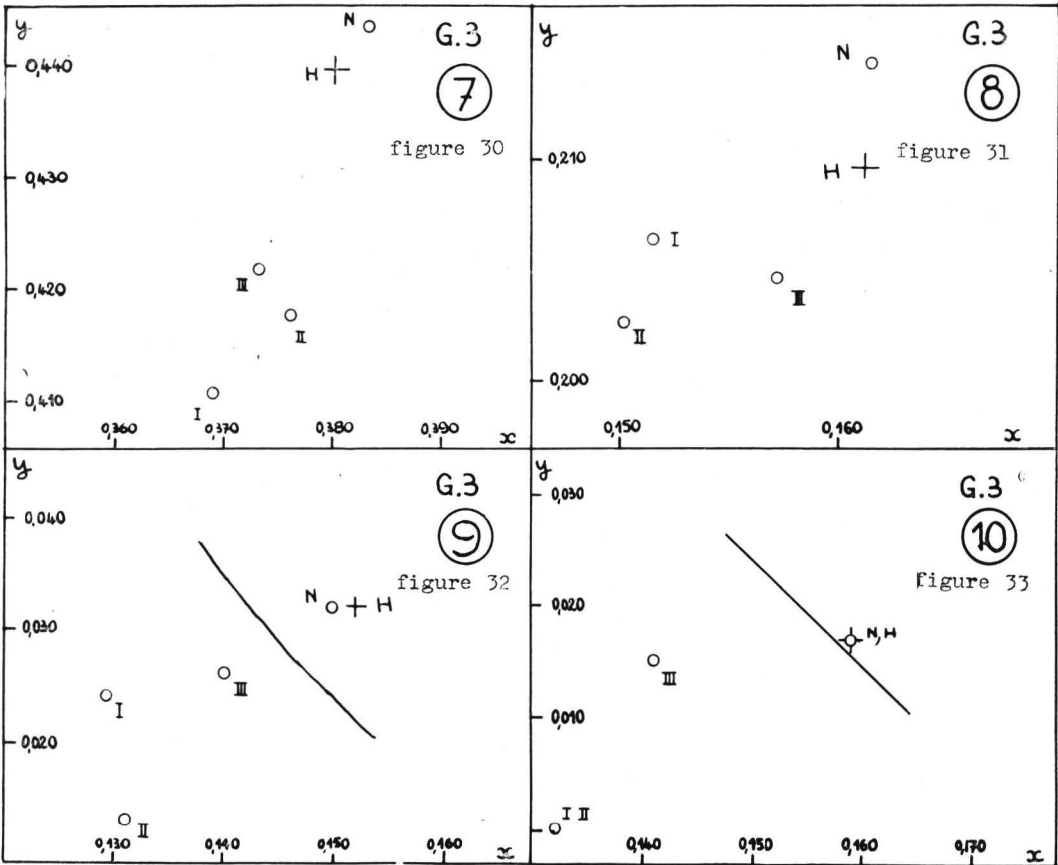
- (1) W.D. WRIGHT, A challenge to colorimetry, *Nature*, t. 179, 1957, p. 179.
- (2) J. TERRIEN, Comparaisons internationales de verres colorés, Comité national des Poids et Mesures, P.V. session 1952 (2), t. 23B, p. 113.
- (3) G. WYSZECKI, Vergleichende farbmessungen an einigen aufsicht- und durchsichtfarben, *Die Farbe*, t. 7, 1958, p. 37.
- (4) G. BERTRAND, Rapport de la Commission de Colorimétrie du Centre d'Information de la Couleur, Edition de synthèse des II^{es} Journées Internationales de la Couleur, Toulouse mars 1958.
- (5) Y. LE GRAND, Optique physiologique, t. 2, *Lumière et Couleurs*, Editions de la Revue d'Optique, Paris 1948.
- (6) J. L. DE KERF, Accuracy of tristimulus computations, *Jl. Opt. Soc. Amer.*, t. 45, 1958, p. 334.
- (7) F. BLOTTIAU, Sur la précision des mesures colorimétriques, Edition de synthèse des II^{es} Journées Internationales de la Couleur, Toulouse mars 1958.
- (8) G. BERTRAND, Colorimètre trichromatique différentiel visuel destiné à la mesure d'échantillons voisins du blanc, *Rev. Opt.*, t. 36, n° 11, 1957, p. 509.
- (9) G. WYSZECKI, Propagation of errors in colorimetric transformation, *Jl. Opt. Soc. Amer.*, t. 49, n° 4, 1959, p. 389.
- (10) D. L. MacADAM, Visual sensitivities to color differences in daylight, *Jl. Opt. Soc. Amer.*, t. 32, 1942, p. 247.
- (11) D. L. MacADAM, Specification of small chromaticity differences, *Jl. Opt. Soc. Amer.*, t. 33, 1943, p. 18.
- (12) F. DESVIGNES, Spectrophotomètre pour le domaine 0,25 - 2,8 μ . *Rev. Opt.*, t. 32, n° 12, 1953, p. 661.
- (13) R. S. HUNTER, Photoelectric tristimulus colorimetry with three filters, U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, circular C 429, 1942.
- (14) R. S. HUNTER, Photoelectric color difference meter, *Jl. Opt. Soc. Amer.*, t. 48, n° 12, 1958, p. 985.
- (15) W.D. WRIGHT, Color standards in commerce and industry, *Jl. Opt. Soc. Amer.*, t. 49, n° 4, 1959, p. 384.











La relation de Neugebauer et l'impression en couleur

par F. BRAUN.

Cet exposé porte sur les résultats d'une étude entreprise sur la relation de Neugebauer et sa validité dans l'impression en offset. Elle envisage également une possibilité d'utiliser cette relation pour déterminer a priori la trame correcte des clichés sélectifs.

Dans ma communication de ce jour, je vous exposerai les résultats actuels d'une étude en cours sur l'impression en couleurs. Cette étude a été patronnée et subventionnée par la Sté Octochrome sur l'instance de Monsieur Pêtre, Administrateur-Directeur aux Etablissements Dresse à Bruxelles.

Tout en ne préjugant pas des possibilités d'extension aux procédés d'impression en héliogravure et en typographie, nous avons décidé d'axer en premier lieu l'étude sur le procédé offset.

Je vous présente fig. 1, l'illustration en fort grossissement d'une impression en offset. Vous n'ignorez pas que dans ce procédé, la densité d'impression d'encre reste en principe constante et que seule, la trame, c.-à-d. la densité de surface d'impression varie. La densité unitaire de surface totale d'impression étant conventionnellement exprimée par l'unité, celle des trois clichés de la figure est de + ou - 40% et la superposition des trois clichés donne l'image en bas de la figure, à droite. Si l'on examine cette image, on remarque qu'elle comporte : des plages blanches non impressionnées, des plages cyan, jaune et magenta d'encres pures, des pla-

ges vert, rouge et bleu de mélanges substractifs provenant de la superposition des encres deux à deux et des plages grises de mélange ternaire substractif des trois encres.

L'impression visuelle totale de cette superposition des trois clichés est un gris, provenant du mélange additif des plages blanches, de plages d'encres pures et des plages de mélanges substractifs binaires et ternaire.

Cette première notion des mélanges acquise, il y avait lieu de rechercher une relation de répartition des différentes plages en fonction des densités de surface d'impression des trois clichés cyan, jaune et magenta. La superposition des trois clichés dans la machine d'impression ne pouvant se faire d'une façon exactement symétrique, la répartition des différentes plages pouvait être considérée comme liée au hasard ou plus exactement à une loi de probabilité. C'est la raison pour laquelle notre attention a été attirée sur la relation de Neugebauer.

Si l'on désigne par c_1 , c_2 , c_3 , les densités de surface d'impression des trois clichés cyan, jaune et magenta, la relation de Neugebauer s'exprime comme suit :

densité de surface du blanc :	$1 (1 - c_1) (1 - c_2) (1 - c_3)$	
» » cyan :	$c_1 (1 - c_2) (1 - c_3)$	
» » jaune :	$c_2 (1 - c_1) (1 - c_3)$	
» » magenta :	$c_3 (1 - c_1) (1 - c_2)$	
» » vert :	$c_1 c_2 (1 - c_3)$	(cyan + jaune)
» » bleu :	$c_1 c_3 (1 - c_2)$	(cyan + magenta)
» » rouge :	$c_2 c_3 (1 - c_1)$	(jaune + magenta)
» » gris :	$c_1 c_2 c_3$	(cyan + jaune + magenta)

Notons que si nous vérifions cette relation pour des valeurs quelconques de c_1 , c_2 , c_3 , nous obtenons toujours en sommation la surface unitaire totale 1.

Si nous voulons exprimer une relation d'intensité, l'intensité du blanc étant désignée par sa valeur conventionnelle 1 et celle des trois encres, dans la densité de 100%, par I_{c_1} , I_{c_2} , I_{c_3} , la relation devient :

$$\begin{aligned}
 I = \text{intensité du mélange} &= 1 (1 - c_1) (1 - c_2) (1 - c_3) \times I \\
 &+ c_1 (1 - c_2) (1 - c_3) \times I_{c_1} \\
 &+ c_2 (1 - c_1) (1 - c_3) \times I_{c_2} \\
 &+ c_3 (1 - c_1) (1 - c_2) \times I_{c_3} \\
 &+ c_1 c_2 (1 - c_3) \times I_{c_1 c_2} \\
 &+ c_1 c_3 (1 - c_2) \times I_{c_1 c_3} \\
 &+ c_2 c_3 (1 - c_1) \times I_{c_2 c_3} \\
 &+ c_1 c_2 c_3 \times I_{c_1 c_2 c_3}
 \end{aligned}$$

la mesure de l'intensité se faisant en lumière monochromatique pour justifier les relations des mélanges additifs et subtractifs.

Pour vérifier expérimentalement cette relation de Neugebauer, nous avons réalisé trois clichés dont l'impression superposée donne l'ensemble que je vous présente et qui est détaillé sur les figures suivantes :

La figure 2 montre les impressions en cyan, en jaune et en magenta dans cinq densités de surfaces d'impression différentes, soit 100 p.c., 80 p.c., 60 p.c., 40 p.c. et 20 p.c. L'image du bas représente les gris obtenus par superposition des trames précédentes.

La figure 3 montre les mélanges binaires jaune + magenta obtenus par combinaison des différentes trames.

La figure 4 montre les mêmes mélanges binaires cyan + jaune.

La figure 5 les mélanges binaires cyan + magenta

La figure 6 montre les mélanges binaires jaune + magenta sur lesquels on a superposé une impression en cyan de densité uniforme 100%.

La figure 7 montre les mêmes mélanges binaires avec superposition de cyan dans la densité uniforme de 80%.

La figure 8 avec superposition de cyan à la densité 60%.

La figure 9 avec superposition de cyan à la densité 40%.

La figure 10 avec superposition de cyan à la densité 20%.

Ces différentes images représentent donc toutes les possibilités de mélanges binaires et ternaires des trois encres dans cinq densités d'impression.

En possession de ces impressions nous avons procédé à une vérification expérimentale de la relation de Neugebauer.

A cet effet nous avons mesuré l'intensité des 200 mélanges en lumière monochromatique, dans la longueur d'onde $550 \text{ m}\mu$ et en procédant par bandes horizontales. Cela nous a permis d'élaborer 40 diagrammes semblables à celui que je vous présente sur la figure 11. Dans ces diagrammes nous avons porté en abscisses les densités de surface d'impression : 100, 80, 60, 40, 20 et 0%

et en ordonnées les intensités. Le trait noir représente les valeurs théoriques d'intensité calculées par la relation de Neugebauer et le trait rouge les valeurs d'intensité mesurées (le trait rouge est remplacé par des tirets dans le texte).

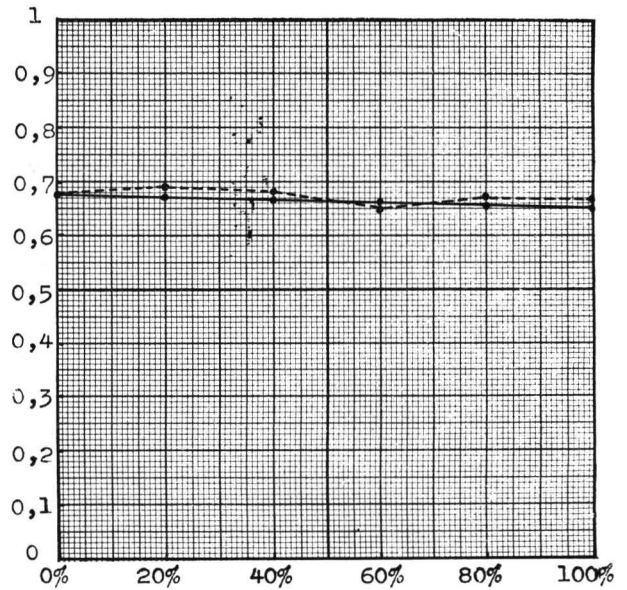


Fig. 11.

La figure 12 résume le résultat des quarante diagrammes :

— dans 13 diagrammes, soit 33%, la courbe théorique et la courbe expérimentale se confondent et donnent une identité satisfaisante.

— dans 16 diagrammes, soit 40% la courbe théorique se situe au dessus de la courbe expérimentale.

— et dans les 11 diagrammes restant, soit 27%, la courbe théorique se situe au dessous de la courbe expérimentale.

Les divergences entre les courbes théoriques et expérimentales ne présentent toutefois aucune allure systématique. D'autre part on peut constater que pour la densité 0%, la courbe expérimentale rejoint brusquement la courbe théorique. Comme chaque bande horizontale

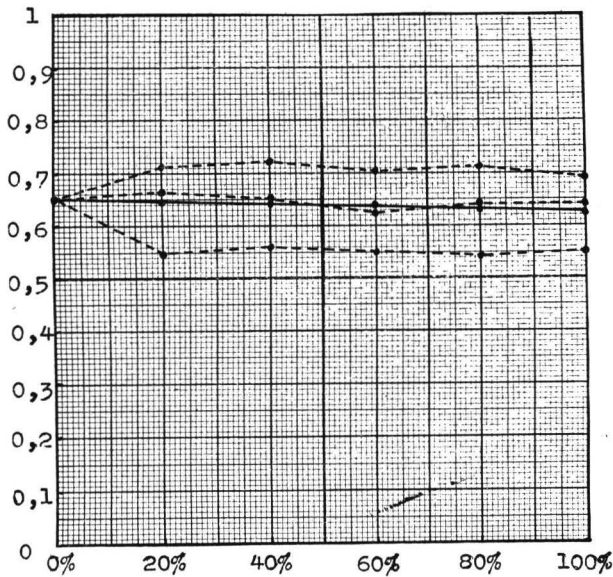


Fig. 12.

d'un secteur ne présente que 5 densités : 100, 80, 60, 40 et 20%, la densité 0% a été reprise dans une autre secteur.

Cette constatation nous a amené à examiner si dans tous les secteurs, les densités de surface d'impression étaient correctes et identiques. Cet examen fait par me-

sure microscopique de la grosseur des trames, a révélé des différences sensibles entre les densités prévues et celles réalisées réellement. Je vous présente sur la figure 13, un exemple de ces différences : le diagramme se rapporte à la bande horizontale de 20% de magenta avec 0, 20, 40, 60, 80, et 100% de jaune. Le trait noir représente la courbe expérimentale mesurée. Or à l'exa-

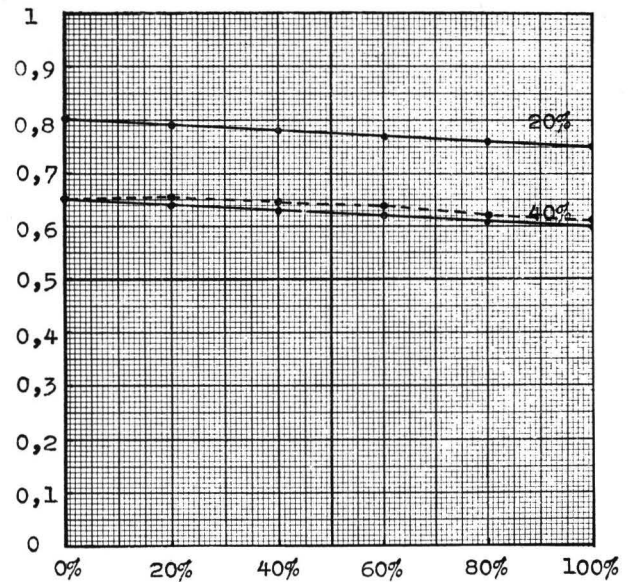


Fig. 13.

ges subtractifs, donnerait une précision suffisante pour réaliser des clichés sélectifs corrects.

Comment pourrait-on appliquer pratiquement ces conclusions? Reprenons la relation des intensités relatée plus haut? Nous pouvons la présenter sous la forme simplifiée :

$$I = c_1A + c_2B + c_3D + c_1c_2M + c_1c_3N + c_2c_3P + c_1c_2c_3Q$$

dans laquelle A, B, D, M, N, P et Q sont des constantes qui dépendent uniquement des encres utilisées.

Cette équation se rapporte à la mesure réalisée dans la longueur d'onde 550μ . Il nous est loisible de réaliser deux nouvelles équations en mesurant l'intensité dans deux autres longueurs d'onde et nous aurons un système de trois équations :

$$I_1 = c_1A_1 + c_2B_1 + c_3D_1 + c_1c_2M_1 + c_1c_3N_1 + c_2c_3P_1 + c_1c_2c_3Q_1 \text{ pr } 490 \mu$$

$$I_2 = c_1A_2 + c_2B_2 + c_3D_2 + c_1c_2M_2 + c_1c_3N_2 + c_2c_3P_2 + c_1c_2c_3Q_2 \text{ pr } 550 \mu$$

$$I_3 = c_1A_3 + c_2B_3 + c_3D_3 + c_1c_2M_3 + c_1c_3N_3 + c_2c_3P_3 + c_1c_2c_3Q_3 \text{ pr } 580 \mu$$

men microscopique, la densité du magenta s'est révélée être de $\pm 40\%$, au lieu de 20%. Si nous traçons la courbe théorique de 40%, nous retrouvons une identité suffisante pour confirmer la validité de la relation de Neugebauer.

De l'ensemble de ce travail nous avons pu déduire la conclusion suivante : Il semble bien que la relation de Neugebauer soit valable et que son application, ainsi que celle des lois de Grassman et de Beer-Lambert, respectivement pour les mélanges additifs et les mélan-

Ces trois équations peuvent être résolues algébriquement et donneront en finale les trois équations simplifiées :

$$c_1 = m_1I_1 + n_1I_3 + p_1I_3$$

$$c_2 = m_2I_1 + n_2I_2 + p_2I_3$$

$$c_3 = m_3I_1 + n_3I_2 + p_3I_3$$

dans lesquelles :

c_1, c_2, c_3 sont les inconnues, c.-à-d. les densités de surface d'impression — les trames — des trois clichés sélectifs cyan, jaune et magenta

I_1, I_2, I_3 sont les intensités mesurées dans les 3 longueurs d'onde $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ de la couleur à reproduire

$m_1, n_1, p_1, m_2, n_2, p_2, m_3, n_3, p_3$ sont de nouvelles constantes qui dépendent des encres utilisées.

Cette relation simple constitue donc une solution qui permettrait de déterminer avec exactitude et sans erreurs, la densité de surface d'impression correcte, c.-à-d. la densité de la trame correcte, en chaque point de chaque cliché sélectif cyan, jaune et magenta, pour obtenir une reproduction fidèle d'une image en couleurs.

L'application des calculatrices automatiques dans le domaine de la colorimétrie

par Joseph L. F. DE KERF,

Lic. Sc., Gevaert Photo-Producten N. V., Mortsel, België.

Une étude théorique, comme la détermination des couleurs réalisables par un système soustractif hypothétique et la vérification du rendu des couleurs par ce système, exige beaucoup de calculs.

Une aide particulièrement efficace pour de tels calculs est offerte par la calculatrice à cartes perforées. Après avoir donné une description de la calculatrice IBM 604-004 et de l'analyse numérique du problème mentionné, les programmes nécessaires sont exposés en détail. La consultation d'une table logarithmique, pour la transformation de la densité spectrale des mélanges soustractifs à leur facteur spectral de réflexion ou de transmission, est évitée par le calcul direct de ces facteurs. A cet effet une formule simplifiée de Hastings est appliquée. Les composantes trichromatiques sont calculées par la méthode des coordonnées pondérales. Les écarts colorimétriques sont calculés selon la formule bien connue de Judd-Hunter. Les racines carrées sont extraites selon la méthode itérative de Newton-Raphson.

Finalement quelques considérations sont données sur le rendement de la méthode, sur l'application d'autres formules, comme celle basée sur l'espace d'Adams, et sur les possibilités des machines plus puissantes, comme l'ordinateur IBM 650 à tambour magnétique.

* * *

A theoretical study, like the determination of the range of colors which can be produced by an hypothetical subtractive system and the verification of the color-reproduction properties of such a system, needs a lot of calculations.

A very efficient tool for such calculations is the electronic calculating punch. A description of such a calculator, the IBM 604-004, and the numerical analysis of the mentioned problem are followed by an exhaustive exposition of the required programs. The table look-up, to transform the spectral density of the dye mixtures to their spectral reflectance or transmittance, is replaced by direct computation. A simplified formula of Hastings is used for this purpose. The tristimulus values are computed by the weighted-ordinate method. The color differences are calculated by the well-known formula of Judd-Hunter. Square root extraction is performed by Newton-Raphson method.

Finally some considerations are given about the yield of the described method, about the application of other difference formulas, like that based on the Adams space, and about the possibilities of more powerful machines, like the IBM 650 magnetic drum computer.

* * *

Eine theoretische Forschung, wie die Bestimmung der nach einem hypothetischen subtraktiven System erzielbaren Farben und die Kontrolle der Farbwiedergabe nach diesem Verfahren, erfordert eine ganze Reihe von Berechnungen.

Ein besonders zweckmässiges Hilfsmittel für solche Berechnungen bietet der elektronische Rechenstanzer. Nach einer Beschreibung des IBM 604-004 Rechners und der numerischen Analyse des betreffenden Problems, werden die erforderlichen Programme ausführlich dargestellt. Das Nachschlagen der Logarithmentafeln, zur Umrechnung der Spektraldichte der subtraktiven Mischungen auf deren spektralen Reflexions- oder Transmissionsgrad, erübrigt sich durch direkte Berechnung. Eine vereinfachte Formel von Hastings wird dazu gebraucht. Die Normfarbwerte werden nach dem Gewichtsordinaten-Verfahren berechnet. Die Farbunterschiede werden ausgewertet nach der bekannten Formel von Judd-Hunter. Die Quadratwurzeln werden nach der iterativen Methode von Newton-Raphson extrahiert.

Schliesslich folgen einige Betrachtungen zur Leistung der Methode, zur Anwendung sonstiger Formeln, wie die auf den Adams'schen Farbenraum bezogene, sowie zu den Möglichkeiten kräftiger Maschinen, wie der IBM 650 Magnettrommelrechner.

* * *

INTRODUCTION

La détermination des composantes trichromatiques d'une couleur peut se faire par trois méthodes : la méthode visuelle, la méthode des récepteurs physiques et la méthode spectrophotométrique.

La première, la méthode visuelle ou physiologique, est subjective et les différences entre les résultats et les caractéristiques C.I.E. dépendent des écarts entre l'observateur réel, employé pour les mesures, et l'observateur moyen, fixé par la C.I.E. La deuxième, la méthode des récepteurs physiques, est objective mais elle introduit une erreur systématique, dont la grandeur dépend des écarts entre les courbes de sensibilité spectrale réalisées et les distributions des composantes trichromatiques spectrales fixées par la C.I.E. En plus, il faut rajuster les filtres ou les pochoirs, chaque fois qu'on remplace le récepteur photosensible. La seule méthode qui donne les caractéristiques C.I.E. exactes, par définition, est la troisième ou la méthode spectrophotométrique. En remplaçant les intégrales par des sommes, la méthode des coordonnées pondérales, on introduit une erreur. Mais la précision peut être augmentée, sans limites, en diminuant la longueur des intervalles. En outre c'est la seule méthode applicable pour des études théoriques sur des distributions spectrales hypothétiques. Ainsi par exemple la détermination des couleurs réalisables par un système soustractif et la vérification du rendu des couleurs par ce système, sans devoir le mettre en pratique.

Le grand désavantage de la méthode spectrophotométrique est sa complexité. La mesure du spectre d'absorption d'un échantillon prend beaucoup de temps. Elle doit être suivie d'une série de calculs, simples, mais de longue durée. Il existe des spectrophotomètres enregistreurs, comme la version commerciale G.E. du spectrophotomètre de Hardy (réf. 1 à 3), qui permettent d'enregistrer la courbe d'absorption d'un échantillon en quelques minutes. Ces appareils sont toutefois très coûteux et les laboratoires munis d'un spectrophotomètre enregistreur sont assez rares.

Pour diminuer la longue durée de calcul de la méthode des coordonnées pondérales, Hardy et Pineo (réf. 4) ont introduit une astuce, basée sur la méthode de Luther (réf. 5). C'est la méthode bien connue des coordonnées sélectionnées. Nickerson (réf. 6) a évalué la précision de cette méthode en comparant les résultats avec ceux obtenus par la méthode des coordonnées pondérales. Une amélioration, la méthode des coordonnées sélectionnées supplémentaires, fut introduite par MacAdam (réf. 7) et discutée par Ingle (réf. 8). Un examen plus étendu a été élaboré par De Kerf (réf. 9). Il en suit que, pour arriver à la même précision que pour la méthode à intervalles de 10 nm, il faut prendre en

viron 100 coordonnées sélectionnées par composante. Ceci impose la lecture de 300 absorptions spectrales. Il va de soi, qu'ainsi l'avantage de la simplification du calcul par la méthode des coordonnées sélectionnées est anéanti, même si on applique la méthode des coordonnées sélectionnées supplémentaires.

Plusieurs appareils ingénieux ont été construits pour accélérer les calculs. Entre les plus remarquables nous citons ceux de Swank-Mellon, Sears, Van den Akker et Middleton (réf. 10 à 13). L'emploi de tabulatrices à cartes perforées a été introduit par Razek (réf. 14). Une méthode plus avancée, proposée par Knudsen (réf. 15), fut employée par Nickerson (réf. 16) pour le calcul des composantes trichromatiques des étalons du catalogue de Munsell. Elle est décrite en détails par MacAdam (réf. 17). Une méthode, faisant usage d'une calculatrice électronique à cartes perforées, l'IBM 604, est donnée par Derr (réf. 18). La perforation des cartes peut être simplifiée par l'emploi de cartes « mark sensing », suggéré par Wise (réf. 19).

Toutes ces aides de calcul exigent encore la lecture manuelle, soit continue, soit point par point, de la courbe spectrale mesurée. Pour pouvoir les appliquer à une étude théorique, comme celle mentionnée plus haut, il faut d'abord calculer et éventuellement dresser les courbes d'absorption théoriques.

Pour le calcul des composantes trichromatiques d'un échantillon, la méthode actuelle la plus efficiente est de connecter à un spectrophotomètre enregistreur un intégrateur automatique. Un tel intégrateur, accessoire du spectrophotomètre G.E., est celui de Davidson-Imm (réf. 20). C'est un intégrateur électromécanique analogique, très sensible à la température, exigeant beaucoup de contrôles et ne donnant les composantes que pour un illuminant bien déterminé, par exemple C ou A. Un filtre permettant la conversion de l'intégrateur pour l'illuminant C à l'illuminant A est décrit par Davidson et collaborateurs (réf. 21). Un intégrateur digital, basé sur la méthode des coordonnées sélectionnées et contrôlé par des bandes perforées, a été construit par White et MacAdam (réf. 22). Il permet la sortie directe des composantes trichromatiques pour n'importe quel illuminant et n'exige aucun contrôle. Une modification du spectrophotomètre G.E., le LV 10, employant des masques pour le calcul direct des composantes trichromatiques, a été construite par Braun (réf. 23). D'autres spectrophotomètres à pochoirs ont été présentés au congrès « Farbmessung und ihre Anwendung », tenu à Berlin en octobre 1957. Un spectrophotomètre, connecté avec une calculatrice électronique analogique, y a été décrit par Dietzel (réf. 24).

Pour le calcul des composantes trichromatiques dans des études théoriques, comme l'analyse colorimétrique

des mélanges soustractifs de trois colorants donnés, la méthode la plus efficace est l'emploi de machines à cartes perforées ou d'ordinateurs électroniques. Une méthode, faisant usage de machines mécanographiques standard, est décrite par MacAdam (réf. 25). Le calcul des courbes d'absorption est intégré dans le système et les composantes trichromatiques sont calculées par la méthode des coordonnées sélectionnées. L'auteur a appliqué sa méthode à l'analyse de 405 combinaisons de colorants, comprenant cinq colorants jaunes, neuf colorants magenta et neuf colorants cyan. Environ 300 mélanges par combinaison sont calculés. Une méthode plus rapide, remplaçant la consultation de table par calcul direct, et plus précise, employant la méthode des coordonnées pondérales, a été décrite récemment par De Kerf (réf. 26). Le programme donné est celui pour une calculatrice électronique, l'IBM 604-004. En appliquant la méthode des coordonnées pondérales à intervalles de 5 nm, on obtient un rendement de calcul d'environ 60 points trichromatiques par heure.

Une telle analyse n'est pas encore complète. Elle permet, pour un système soustractif, de calculer le domaine de chromaticité et de luminance accessible par les combinaisons de colorants considérées et de comparer ces combinaisons à ce point de vue. Mais elle ne permet pas de vérifier le rendu des couleurs par le système et l'influence des colorants choisis sur cette fidélité. A cet effet il faut choisir un grand nombre de couleurs originales, déterminer les concentrations des colorants choisis dans les reproductions, calculer les caractéristiques trichromatiques des mélanges soustractifs formés par les colorants dans ces concentrations, et calculer les écarts colorimétriques entre les couleurs originales et les mélanges soustractifs ou reproductions. Ces écarts nous donnent finalement un critérium sur l'influence du choix des colorants sur le rendu des couleurs.

Le but de cet exposé est de donner les programmes nécessaires pour effectuer cette série de calculs à l'aide d'une calculatrice électronique à cartes perforées. Nous avons choisi l'IBM 604-004 parce qu'environ 4.000 machines du type 604 ont déjà été installées et plusieurs laboratoires de colorimétrie peuvent disposer d'un service mécanographique équipé avec une telle machine. Les programmes peuvent d'ailleurs être traduits facilement pour d'autres calculatrices électroniques comme l'Univac 120 de Remington Rand.

Avant de passer à l'analyse numérique du problème, nous donnons une courte description de la calculatrice. Ceci permettra de tenir compte des possibilités de la machine lors de l'analyse.

* * *

DESCRIPTION DE LA CALCULATRICE IBM 604-004

La calculatrice électronique IBM 604-004, une version développée de la calculatrice 604-001, comporte deux unités connectées électriquement : une unité électromécanique de lecture/perforation (type 521-004) et une unité électronique de calcul (type 604-004).

C'est une machine à cartes perforées. L'arithmétique intérieure est décimale-binaire, mais la lecture et la perforation se font en décimale. Chaque cycle carte comprend quatre stades : la lecture, le calcul, la perforation et une deuxième lecture.

L'unité de lecture/perforation lit les données de cartes Hollerith à 80 colonnes et perfore les résultats dans ces cartes. La vitesse normale d'alimentation est de 100 cartes à la minute. Si le temps requis pour le calcul est supérieur au temps alloué entre deux alimentations, un délai calcul peut retarder la perforation. La lecture et la perforation sont contrôlées par un tableau de connexions et peuvent être sélectionnées au moyen de perforations X dans les cartes. Ceci permet, par exemple, de supprimer la perforation et d'omettre la lecture pour certaines cartes. Des constantes et des codes peuvent être entrés et perforés par des impulsions digit. Un dispositif spécial, appelé dépassement de capacité, fait arrêter la machine si un résultat dépasse la capacité de la zone de perforation. La deuxième lecture permet, par exemple, de vérifier si les zones de perforation contiennent une perforation et une seule. Un compteur de cartes est facultatif.

L'unité calcul comprend principalement quatre unités de base : la mémoire, l'accumulateur ou compteur, l'unité multiplicateur-quotient et l'unité programme.

La mémoire consiste en deux parties : les mémoires facteurs (MF) et les mémoires générales (MG). Les mémoires facteurs enregistrent les données pendant la lecture des cartes. Six unités à 8 positions ou chiffres plus signe sont standard. Extension de la capacité à 12 unités et splittage des unités standard en unités de 3 et de 5 positions (avec même signe) sont facultatifs. Les mémoires générales enregistrent pendant le calcul les résultats intermédiaires et les résultats finals à perforer. Elles peuvent enregistrer la lecture d'une donnée, mais dans ce cas la perforation de ces unités n'est pas possible dans le même cycle carte. Il y a 4 unités (les numéros impairs) de 3 positions plus signe et 4 unités (les numéros pairs) de 5 positions plus signe. Les unités peuvent être affectées en unités de 6 ou 8 positions. Une entrée dans une mémoire détruit le contenu. Une sortie maintient l'information mémorisée. Transfert d'une mémoire facteur aux mémoires générales pendant le calcul est possible mais non l'inverse. L'enregistrement dans une mémoire peut être décalé jusque dans la

6^e position si l'information n'est pas lue de l'accumulateur. Les positions sont numérotées de droite à gauche. Des émetteurs digit peuvent être considérés comme mémoires permanentes des nombres 1 à 9.

L'accumulateur (Acc) a une capacité de 13 chiffres plus signe. L'unité multiplicateur-quotient (MQ) a une capacité de 5 chiffres plus signe. L'accumulateur est destiné à effectuer les calculs. L'unité MQ est destinée à contenir le facteur multiplicateur d'une multiplication et de recevoir le quotient d'une division. Le contenu d'une mémoire, de l'unité MQ ou d'un émetteur peuvent être additionnés (entrée +) ou soustraits (entrée -) dans n'importe laquelle des 6 premières positions de l'Acc. Le contenu d'une mémoire ou d'un émetteur peuvent être transférés dans l'unité MQ. Le produit algébrique du contenu de l'unité MQ et de la mémoire ou de l'émetteur adressé peut être ajouté au (multiplication +) ou soustrait du (multiplication -) contenu de l'accumulateur. Le produit est entré dans la première position de l'accumulateur. Dépassement de capacité est impossible si l'accumulateur est vide avant l'opération. Après la multiplication, l'unité MQ contient encore toujours le multiplicateur. Le contenu de l'accumulateur peut être divisé par celui de la mémoire ou de l'émetteur adressé. Le quotient algébrique est formé dans l'unité MQ. La division se fait par défaut et le reste est retrouvé dans l'accumulateur. Dépassement de capacité de l'unité MQ est possible et dans ce cas l'unité est remise à zéro. Le contenu de l'unité MQ peut être transféré dans une mémoire générale. Le nombre 5 peut être additionné ou soustrait dans n'importe laquelle des 6 premières positions de l'accumulateur, selon que le contenu de celui-ci est positif ou négatif. L'opération signifie ainsi un arrondi vers la position suivante. Le contenu de l'accumulateur peut être transféré de n'importe laquelle des 6 premières positions dans les mémoires générales et l'unité MQ. Ce transfert peut être accompagné de la remise à zéro de l'accumulateur. Il est possible de commander cette remise à zéro indépendamment. Une donnée peut être enregistrée dans l'unité MQ pendant la lecture des cartes. Un résultat peut être perforé directement de l'accumulateur.

Le programme est contrôlé par un panneau de connexions et comprend 70 étages. Les 22 derniers étages peuvent être répétés autant de fois qu'il est nécessaire. La possibilité de répéter les 70 étages est facultative. Chaque étage comprend 3 commandes. La possibilité d'étendre ce nombre de commandes est facultative. Dans certaines limites, plusieurs opérations peuvent être effectuées durant un étage. Les opérations arithmétiques, l'addition, la soustraction, la multiplication, la division, le transfert avec ou sans décalage et l'arrondi de l'accumulateur ont déjà été décrits. En outre le signe de l'ac-

cumulateur peut être vérifié à n'importe lequel des étages et certains des étages suivants peuvent être supprimés ou non selon ce signe. Cette suppression est sous la dépendance du test jusqu'au test suivant. Ceci permet un saut conditionnel, éventuellement composé. Une possibilité semblable est offerte par le test zéro. Une partie quelconque des étages de programme peut être supprimée sans test de l'accumulateur. Ceci permet un saut non-conditionnel. En passant par des sélecteurs de calcul, impulsés par des perforations X (panneau 521), un programme peut être sélectionné ou modifié selon le genre de cartes alimentées. Un programme doit toujours être terminé par une commande fin programme.

Un panneau de signalisation est muni de lampes néon qui s'allument lorsque les positions ou les commandes qu'elles représentent sont en service. Les mémoires générales, l'unité MQ et l'accumulateur sont représentés en décimal-binaire. L'accumulateur est représenté en compléments à neuf. Les mémoires facteurs sont représentées sur un panneau supplémentaire en décimal-décimal. Il est possible de dérouler un programme étage par étage et de contrôler ainsi la programmation et l'exactitude des tableaux de connexions.

Il est inutile de décrire ici tous les détails et les possibilités de cette machine. Nous avons seulement donné le principal pour pouvoir comprendre les programmes qui suivent. Ces programmes seront donnés de telle façon qu'un opérateur qualifié peut dresser les tableaux de connexions nécessaires. Nous supposons de disposer d'une machine avec la capacité totale en mémoires facteurs (non-splittées). Pour une étude plus profonde de la calculatrice nous référons aux manuels édités par la compagnie IBM.

ANALYSE DU PROBLEME

Compte tenu des caractéristiques de la calculatrice, nous résolvons le problème comme suit :

1. Le calcul de la densité spectrale $D(\lambda)$ du mélange soustractif :

$$D(\lambda) = f_j \cdot D_j(\lambda) + f_m \cdot D_m(\lambda) + f_c \cdot D_c(\lambda).$$

Cette relation suppose la validité rigoureuse de la loi de Beer pour le système considéré. Les $D_j(\lambda)$, $D_m(\lambda)$ et $D_c(\lambda)$ sont respectivement les densités spectrales du colorant jaune, magenta et cyan. Les f 's sont les concentrations de ces colorants dans le mélange. Elles sont déterminées par le système soustractif envisagé.

Les densités spectrales sont perforées dans des cartes longueurs d'onde, une carte par longueur d'onde pour chaque combinaison de colorants considérée. Les concentrations des colorants sont perforées dans une carte supplémentaire. Nous supposons les densités spectrales

et les concentrations données avec 3 décimales. La somme spectrale des produits est arrondie à la 4^e décimale.

2. La conversion de la densité spectrale du mélange en facteur spectral de réflexion ou de transmission :

$$R(\lambda) = 10^{-D(\lambda)} \text{ avec éventuellement } T(\lambda) \text{ pour } R(\lambda).$$

La conversion pourrait se faire en appliquant une consultation de table. Ceci impose la perforation des densités spectrales totales, un interclassement des cartes table et des cartes longueur d'onde, un passage à la reproductrice ou à la calculatrice, une séparation des cartes table et des cartes longueurs d'onde, et un triage de ces cartes.

Afin d'éviter cette série d'opérations mécanographiques, une des formules de Hastings (réf. 27) est appliquée :

$$R = (1.0000 + 1.1499D + 0.6774D^2 + 0.2080D^3 + 0.1268D^4)^{-2}$$

avec $0 \leq D \leq 1$.

La formule originale donne les coefficients avec 7 décimales. Après arrondi des coefficients à la 4^e décimale l'écart standard, pour $0 \leq D \leq 1$, est environ 0.00004. L'erreur maximale est inférieure à 0.0001. La formule simplifiée permet ainsi de calculer R, dans cet intervalle, avec 4 décimales précises. Pour $D > 1$ l'erreur croît assez vite avec D, mais la formule est appliquée seulement pour la mantisse de la densité, et le résultat est divisé par 10^p , où p est la partie entière.

3. Le calcul des composantes trichromatiques du mélange :

$$\begin{aligned} X &= \sum_{\lambda} R_{\lambda} \cdot (P_{\lambda} \bar{x}_{\lambda}) \\ Y &= \sum_{\lambda} R_{\lambda} \cdot (P_{\lambda} \bar{y}_{\lambda}) \\ Z &= \sum_{\lambda} R_{\lambda} \cdot (P_{\lambda} \bar{z}_{\lambda}) \end{aligned}$$

$$\Delta E = f_g \cdot \left\{ [700 \cdot \bar{Y}^{1/4} \cdot (\bar{\Delta}\alpha^2 + \bar{\Delta}\beta^2)^{1/2}]^2 + [k \cdot \Delta(Y^{1/2})]^2 \right\}^{1/2}$$

avec $\bar{Y} = \frac{1}{2}(Y_0 + Y)$, $\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0$, $\Delta\beta = \beta - \beta_0$ et $\Delta(Y^{1/2}) = Y^{1/2} - Y_0^{1/2}$.

Nous supposons les composantes trichromatiques $P_{\lambda} \bar{x}_{\lambda}$, $P_{\lambda} \bar{y}_{\lambda}$ et $P_{\lambda} \bar{z}_{\lambda}$ du spectre de l'illuminant données avec 6 décimales et la somme des composantes $P_{\lambda} \bar{y}_{\lambda}$

$$\Delta E = 100 \cdot \left\{ [\bar{Y}^{1/2} \cdot (7 \cdot \Delta\alpha)^2 + \bar{Y}^{1/2} \cdot (7 \cdot \Delta\beta)^2] + [\Delta(Y^{1/2})]^2 \right\}^{1/2}$$

normalisée, c'est-à-dire égale à l'unité. Puisque les facteurs spectraux R_{λ} sont calculés avec 4 décimales, les produits sont obtenus avec 10 décimales. Ils sont arrondis pendant la sommation à la 7^e décimale. Les sommes sont mises dans des cartes résultats, une carte par mélange de la combinaison considérée.

Les composantes trichromatiques des couleurs originales sont calculées suivant les mêmes formules mais les étapes précédentes sont omises, puisque les facteurs spectraux ne doivent pas être calculés. Nous supposons les composantes calculées antérieurement et mises dans des cartes analogues à celles pour les résultats mélanges.

4. Le calcul des coefficients trichromatiques :

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

Les coefficients sont calculés avec cinq décimales et mis dans les cartes résultats.

5. La transformation des coefficients trichromatiques en coordonnées de Hunter (réf. 28) :

$$\alpha = \frac{2.4266x - 1.3631y - 0.3214}{1.0000x + 2.2633y + 1.1054}$$

$$\beta = \frac{0.5710x + 1.2447y - 0.5708}{1.0000x + 2.2633y + 1.1054}$$

Les coordonnées sont calculées avec cinq décimales et mises dans les cartes résultats.

6. Le calcul des écarts colorimétriques entre les couleurs originales et les mélanges soustractifs :

C'est la formule bien connue de Judd-Hunter (réf. 29), donnant les écarts en unités NBS (National Bureau of Standards).

Nous posons le facteur de luisance f_g égal à 1 et la constante de brillance k égale à 100. La formule peut alors être écrite :

L'écart total ΔE peut être scindé ainsi en deux parties, l'écart de chromaticité ΔC et l'écart de luminance ΔL :

$$\Delta C = 100 \cdot [\overline{Y}^{1/2} \cdot (7 \cdot \Delta\alpha)^2 + \overline{Y}^{1/2} \cdot (7 \cdot \Delta\beta)^2]^{1/2}$$

$$\Delta L = 100 \cdot [\Delta(Y^{1/2})]$$

$$\Delta E = [(\Delta C)^2 + (\Delta L)^2]^{1/2}$$

La racine carrée des composantes Y est calculée par la méthode de Newton-Raphson (réf. 30) :

$$Y^{1/2} \sim \frac{1}{2} \left(\frac{Y}{u_i} + u_i \right) = 0.5 (Y + u_i^2) / u_i$$

où les u_i 's sont les approximations successives de la racine à calculer. La première approximation u_0 est mise sous la dépendance de la grandeur de Y :

$$\begin{aligned} u_0 &= 0.3000 && \text{pour } 10^{-2} \leq Y < 1 \\ &= 0.0300 && 10^{-4} \leq Y < 10^{-2} \\ &= 0.0030 && 10^{-6} \leq Y < 10^{-4} \\ &= 0.0003 && Y < 10^{-6} \end{aligned}$$

et, en appliquant quatre itérations, les racines sont obtenues avec 4 décimales précises.

Pour la racine carrée de la moyenne des composantes Y_0 et Y cette dépendance donne des difficultés du fait que d'abord la moyenne doit être calculée. On recourt à une astuce en posant :

$$[(Y_0 + Y)/2]^{1/2} = (Y_0)^{1/2} \cdot [(Y_0 + Y)/2Y_0]^{1/2}$$

Puisque la racine carrée de la composante Y_0 a déjà été calculée, il suffit d'extraire la racine carrée du quotient $(Y_0 + Y)/2Y_0$. Ce quotient est égal à 1 pour $Y = Y_0$. Il est supérieur ou égal à 0.5 et nous supposons qu'il est inférieur à 10. Ceci impose la condition $Y_0 > Y/19$, mais elle n'est jamais dépassée en pratique. La racine est de nouveau calculée avec 4 décimales précises.

Pour le calcul de la racine des carrés de l'écart de chromaticité et de l'écart total, la même méthode que pour l'extraction de la racine carrée des facteurs de luminance est appliquée. Puisque les écarts doivent être multipliés par un facteur égal à 100, ils sont obtenus avec 2 décimales. Nous supposons ces écarts inférieurs à 100 NBS. Finalement ces écarts sont mis dans les cartes résultats.

Remarques : Les parties 1 à 3 sont calculées des cartes longueurs d'onde par un premier passage à la machine (Programme I). Les parties 4 et 5 sont calculées par un deuxième passage des cartes résultats et la racine carrée des facteurs de luminance est extraite en même

temps (Programme II). Le carré de l'écart de chromaticité, l'écart de luminance et le carré de l'écart total sont calculés par un troisième passage (Programme III). Finalement la racine du carré de l'écart de chromaticité et celle du carré de l'écart total sont calculées, en repassant partiellement le deuxième programme.

Les trois programmes sont donnés dans les tables à la fin de cet exposé. Nous donnons maintenant quelques détails explicatifs sur ces programmes.

PROGRAMME I.

1. Cartes Perforées.

Le but de ce programme est de calculer les composantes trichromatiques des mélanges soustractifs ou reproductions.

En appliquant la méthode des coordonnées pondérales, à intervalles de 5 nm, nous avons 83 cartes pour chaque mélange des trois colorants donnés.

La première carte contient les trois concentrations f (avec 3 décimales) des colorants à mélanger et une perforation X (X_f) pour contrôler l'entrée de ces facteurs.

Les 81 cartes suivantes, une carte par longueur d'onde de 380 à 780 nm (à intervalles de 5 nm), contiennent les densités spectrales $D(\lambda)$ (avec 3 décimales) de ces trois colorants et les composantes trichromatiques $P_{\lambda} \overline{x_{\lambda}}$,

$P_{\lambda} \overline{y_{\lambda}}$ et $P_{\lambda} \overline{z_{\lambda}}$ du spectre de l'illuminant choisi (avec 6 décimales). Les composantes pour trois illuminants différents peuvent être perforées dans le même paquet de cartes. La carte 380 nm, c'est-à-dire la deuxième carte du paquet complet, contient une perforation X (X_1) pour contrôler la remise à zéro des unités mémoires, destinées à contenir les sommes partielles pendant le calcul des composantes trichromatiques du mélange soustractif.

La dernière ou 83^e carte est destinée à recevoir, après le calcul, les composantes trichromatiques X , Y et Z du mélange. Elle contient une perforation X (X_r) pour contrôler la sortie de ces résultats.

Les perforations X doivent être mises dans des colonnes différentes. Elles ne peuvent pas être perforées dans la position unité d'un nombre qui peut être négatif, ni dans une colonne alphabétique.

Remarquons que pour chaque mélange nous avons à remplacer la première carte (carte facteurs) et la dernière carte (carte résultats). En traitant plusieurs combinaisons de colorants à la fois, cette manipulation peut se faire par l'opérateur en parallèle avec le calcul.

Finalement, si nous nous contentons de la sommation à intervalles de 10 nm, au lieu de 5 nm, le nombre de

cartes est réduit à 43. Si en plus nous limitons les bornes spectrales à 400 et 700 nm, le nombre de cartes est réduit à 33.

2. Entrée (Table 1).

Les concentrations f sont entrées dans les mémoires facteurs 1 à 3. Cette entrée est commandée par la perforation X_1 et a donc lieu pour la carte facteurs seulement.

Les coefficients arrondis de la formule de Hastings sont entrés dans le mémoire facteurs 4 à 8. Ces constantes sont introduites au moyen d'impulsions digit et l'entrée est commandée par la perforation X_1 . Nous pouvons également faire cette entrée pour chaque carte.

Les composantes trichromatiques spectrales sont entrées dans les mémoires facteurs 9 à 11. Les densités spectrales sont entrées dans la mémoire facteur 12, l'unité MQ et la mémoire générale 2. L'entrée n'est pas sélectionnée et a donc lieu pour chaque carte. On pourrait la supprimer pour la première et la dernière carte, mais comme nous verrons plus loin ceci est superflu.

Les mémoires générales 3 à 8 sont affectées en unités à 8 positions (3/4, 5/6 et 7/8). Pour la deuxième carte, c'est-à-dire la première carte longueur d'onde, ces unités sont remises à zéro par la perforation X_1 .

Toutes les sélections se font au moyen des sélecteurs de l'unité lecture/perforation 521-004.

3. Programme (Table 2).

Le programme comprend trois parties et occupe 70 étages, c'est-à-dire la capacité complète de la 604-004.

La première partie, étages 1 à 9, calcule la densité spectrale du mélange soustractif par sommation des produits de la densité spectrale des colorants mélangés avec leur concentration. La somme est formée avec 6 décimales, puisque nous avons supposé que les densités spectrales et les concentrations sont données avec 3 décimales. La partie entière ou caractéristique est mise dans la mémoire générale 1. La partie décimale ou mantisse est arrondie à la 4^e décimale et renvoyée dans l'unité MQ.

La seconde partie, étages 10 à 57, transforme la densité spectrale du mélange soustractif en facteur spectral de réflexion (ou de transmission). D'abord (étages 10 à 28) l'antilogarithme de la mantisse est calculée avec 4 décimales. Le résultat est mis dans la mémoire générale 2. Ensuite (étages 29 à 34) l'inverse de cet antilogarithme est formé dans l'unité MQ avec 4 décimales. Finalement (étages 35 à 57) ce résultat doit être divisé un nombre de fois par dix. Ce nombre est déterminé par le contenu de la mémoire générale 1, c'est-à-dire la partie entière de la densité spectrale. Puisque nous calculons le facteur spectral avec 4 décimales, le test du contenu de la mémoire générale est effectué cinq fois et

pour une densité plus grande ou égale à 5 nous remplaçons le facteur spectral par 0. Le résultat, obtenu avec 4 décimales précises, est mis dans l'unité MQ.

La troisième partie, étages 58 à 70, multiplie le facteur spectral avec les trois composantes trichromatiques du spectre de l'illuminant et ajoute les produits au contenu des unités mémoires générales 3/4, 5/6 et 7/8. Puisque les composantes trichromatiques spectrales sont données avec 6 décimales et le facteur spectral de réflexion (ou de transmission) a été calculée avec 4 décimales, les produits sont formés avec 10 décimales. Ils sont arrondis à la 4^e position et les sommes renvoyées dans les mémoires générales contiennent ainsi 7 décimales. Pendant le cycle entrée de la première carte longueur d'onde ces mémoires sont remises à zéro et après le cycle calcul les mémoires contiennent les trois produits pour la première longueur d'onde. Pendant le cycle entrée de la deuxième carte longueur d'onde la remise à zéro n'est pas effectuée et après le cycle calcul les mémoires contiennent les sommes des produits pour la première et la deuxième longueur d'onde. Et ainsi de suite. Après passage de la dernière carte longueur d'onde les trois mémoires contiennent respectivement les composantes trichromatiques X, Y et Z du mélange soustractif.

Remarquons que le calcul est aussi effectué pour la première carte, la carte facteurs. Ce qui est calculé pendant ce cycle n'a pas de sens, mais ceci n'a pas d'importance : le résultat est détruit immédiatement après par la remise à zéro des mémoires générales.

Le calcul n'est pas effectué pour la dernière carte, la carte résultats. L'opération fin programme du premier étage est passé par un sélecteur calcul impulsé par la perforation X_r . Cette opération est négligée pour chaque carte, excepté pour la dernière. Le contenu des mémoires générales, les composantes trichromatiques du mélange soustractif, n'est donc pas modifié par le dernier cycle.

4. Sortie (Table 3).

La perforation des résultats est sélectionnée par la perforation X_r et a donc lieu pour la dernière carte seulement. Les composantes trichromatiques du mélange soustractif X, Y et Z sont sorties respectivement des mémoires générales 3/4, 5/6 et 7/8. La sortie de ces mémoires est possible puisque leur remise à zéro a lieu pour une autre carte (la deuxième).

Les composantes trichromatiques sont perforées avec 7 décimales. Pendant le listing avec la tabulatrice, ces résultats peuvent être arrondis à la 5^e décimale, en ajoutant un 5 à la 6^e décimale et en sortant le résultat avec 5 décimales. Remarquons que la composante Z peut être supérieure à 1 (notamment pour l'illuminant C).

PROGRAMME II.

1. *Cartes Perforées.*

Après exécution du programme précédent, nous avons une carte résultats (avec une perforation X_r) pour chaque mélange soustractif des trois colorants donnés. Cette carte contient alors les trois composantes X, Y et Z du mélange (avec 7 décimales).

Le but du deuxième programme est d'en déduire les coefficients trichromatiques x et y , de transformer ceux-ci en coordonnées de Hunter et de calculer la racine carrée du facteur de luminance (la composante Y).

Les cartes résultats du programme précédent deviennent maintenant des cartes données. Les résultats du nouveau calcul sont perforés dans les mêmes cartes.

2. *Entrée (Table 4).*

Les composantes trichromatiques X, Y et Z sont entrées dans les mémoires facteurs 1 à 3. Les composantes X et Y sont entrées dans la deuxième position, formant ainsi des nombres à huit décimales (la 8^e décimale étant zéro). Nous verrons plus tard pourquoi. La composante Z doit être entrée dans la première position, maintenant ainsi le nombre de décimales à sept, puisque cette composante peut être supérieure à l'unité.

Les coefficients des transformations de Hunter sont entrés dans les mémoires facteurs 4 à 11. Dans la mémoire facteur 12 nous mettons le nombre 50000. Cette constante est employée notamment dans le calcul de la racine carrée. Toutes ces constantes sont entrées au moyen d'impulsions digit.

Les entrées ne sont pas sélectionnées : elles ont donc lieu pour chaque carte.

Les mémoires générales sont affectées en mémoires générales 1/3 et 5/7, formant ainsi des unités avec une capacité de 6 chiffres chacune.

3. *Programme (Table 5).*

Le programme comprend trois parties et occupe 70 étages, de nouveau la capacité totale de la 604-004.

La première partie, étages 1 à 27, calcule la racine carrée de la composante Y. Quatre itérations sont effectuées. D'abord le premier étage programme met la première approximation dans la mémoire générale 8 en émettant un 3 dans une position sélectionnée par le grandeur de Y. Pour $10^{-2} \leq Y < 1$ le 3 est mis dans la 4^e position. Pour $10^{-4} \leq Y < 10^{-2}$ le 3 est mis dans la 3^e position. Pour $10^{-6} \leq Y < 10^{-4}$ le 3 est mis dans la 2^e position. Pour $Y < 10^{-6}$ le 3 est mis dans la 1^{re} position. La sélection se fait en passant l'émetteur 3 par des sélecteurs calcul, impulsés par des sélecteurs de contrôle qui sont activés ou non à l'entrée de Y

(unité 521). Ensuite (étages 2 à 8) le carré de cette première approximation est ajouté à Y, la somme est divisée par la première approximation et le quotient est multiplié par 0.5. Le résultat, la deuxième approximation, est mis dans la mémoire générale 8. La troisième approximation (étages 9 à 14), la quatrième approximation (étages 15 à 20) et la cinquième approximation (étages 21 à 26) sont calculées de la même façon. Finalement nous trouvons dans la mémoire générale 8 la racine de Y avec 4 décimales (précises). Le fin programme (étage 27) est supprimé par la perforation X_r . Nous verrons plus tard son utilité.

La deuxième partie, étages 28 à 43, calcule des composantes trichromatiques les coefficients trichromatiques x et y . Les coefficients sont calculés avec 5 décimales et renvoyés respectivement dans les mémoires générales 2 et 4.

La troisième partie, étages 44 à 70, transforme les coefficients trichromatiques en coordonnées de Hunter α et β . Les coordonnées sont calculées avec 5 décimales et renvoyées respectivement dans les mémoires générales affectées 1/3 et 5/7.

Attirons l'attention au fait que la division est effectuée sans arrondi (par défaut) par la 604-004. Afin d'introduire cet arrondi nous avons dans la deuxième et troisième partie du calcul, avant de programmer la division, ajouté la valeur absolue de la moitié du diviseur à la valeur absolue de la dividende. Pour le calcul des coefficients x et y , les dividendes et le diviseur sont toujours positifs, et nous pouvons simplement ajouter la moitié du diviseur à la dividende. Pour le calcul des coordonnées de Hunter, le diviseur est toujours positif, mais la dividende peut être positive ou négative. De là le test du signe de la dividende (étages 57 et 66) et l'opération conditionnelle (étages 58-59 et 67-68), addition ou soustraction de la moitié du diviseur à la dividende, selon que celle-ci est positive ou négative.

4. *Sortie (Table 6).*

Les coefficients trichromatiques x et y sont sortis respectivement des mémoires générales 2 et 4 (avec 5 décimales). Les coordonnées de Hunter, α et β , sont sorties respectivement des mémoires générales affectées 1/3 et 5/7 (avec 5 décimales). La racine carrée du facteur de luminance Y est sortie de la mémoire générale 8 (avec 4 décimales). La sortie est commandée par la perforation X_r , sauf pour la racine carrée. Nous expliquerons plus tard la raison de cette sélection.

Remarquons qu'à la fin du programme de calcul, l'accumulateur contient encore le reste de la division effectuée à l'étage programme 69, tandis qu'au début du programme l'accumulateur est supposé vide. Nous devons donc commander une remise à zéro de l'accumulateur à la sortie.

PROGRAMME III.

1. *Cartes Perforées.*

Maintenant les écarts colorimétriques entre les mélanges soustractifs (reproductions) et les couleurs originales (objets) doivent être calculés. Les cartes du programme précédent contiennent les caractéristiques nécessaires des reproductions. Nous avons une carte pour chaque mélange et chaque combinaison de colorants considérée.

Les caractéristiques analogues des couleurs originales doivent être mises dans des cartes objets, une carte pour chaque couleur originale. Le programme pour le calcul de leurs composantes trichromatiques est analogue au premier programme mais il est beaucoup plus simple. La déduction des coefficients trichromatiques, la transformation en coordonnées de Hunter et l'extraction de la racine carrée du facteur de luminance se fait à l'aide du programme précédent. Remarquons que nous devons mettre une perforation spéciale (X_o) dans ces cartes, afin de pouvoir les distinguer des cartes reproductions. Cette perforation X_o peut remplacer la perforation X_r dans le programme précédent.

Finalement nous devons, avant d'appliquer le troisième programme, interclasser les cartes objets et les cartes reproductions, en mettant derrière chaque carte objet les cartes reproductions correspondantes. Cette opération peut se faire, soit avec une trieuse, soit avec une interclasseuse.

2. *Entrée (Table 7).*

Le facteur de luminance Y_o (7 décimales), les coordonnées de Hunter (5 décimales) et la racine carrée de Y_o (4 décimales) des couleurs originales sont entrées dans les mémoires 1 à 4. Cette entrée est sélectionnée par la perforation X_o , et n'a donc pas lieu pour les cartes reproductions.

Les caractéristiques analogues des reproductions sont entrées dans les mémoires facteurs 5 à 8. L'entrée n'est pas sélectionnée et est donc aussi effectuée pour les cartes objets. Ceci n'a pas d'importance puisque les cartes reproductions suivent les cartes objets.

L'entrée des constantes dans l'unité MQ et dans les mémoires facteurs 11 et 12 se fait au moyen d'impulsion digit et ne doit pas être sélectionnée.

Les mémoires générales sont affectées en mémoires générales 1/2, 3/4 et 5/6, formant ainsi des unités avec une capacité de 8 chiffres chacune.

3. *Programme (Table 8).*

Le programme comprend deux parties et occupe 65 étages. Le premier étage, fin programme, est passé par un sélecteur calcul activé par la perforation X_o . Le cal-

cul n'est donc pas effectué pour les cartes objets. L'opération est négligée pour les cartes reproductions.

La première partie, étages 2 à 36, calcule la racine carrée de la moyenne des facteurs de luminance de la couleur originale et de la reproduction. Nous formons d'abord (étages 2 à 8) le quotient $(Y_o + Y)/2Y_o$. Le résultat est mis dans la mémoire générale 5/6, avec 4 décimales précises. Ensuite (étages 9 à 33) nous extrayons la racine carrée de ce quotient. Comme première approximation le nombre 2.000 est mis dans la mémoire facteur 11. Quatre itérations sont appliquées et la racine est mise dans l'unité MQ, avec 4 décimales précises. Finalement (étages 34 à 36) nous multiplions cette racine par $Y_o^{1/2}$ et le produit, c'est-à-dire la racine carrée de la moyenne des deux facteurs de luminance, est mis dans la mémoire générale 8. Cette racine est obtenue avec 4 décimales précises.

Remarquons que, dans le programme II, la grandeur de la première approximation de la racine carrée est mise sous la dépendance de la location de la première décimale significative (de gauche à droite) de Y . Le test de cette location est fait à l'entrée et c'est pourquoi la méthode n'est pas applicable pour le programme III. Il nous faut la racine carrée de la moyenne des deux facteurs de luminance et à l'entrée nous connaissons ces facteurs mais nous ignorons la grandeur de la moyenne. De là l'astuce de mettre la racine carrée de Y_o hors facteur (cf. analyse).

La deuxième partie, étages 37 à 65, calcule l'écart de chromaticité, l'écart de luminance et l'écart total entre la couleur originale et la reproduction. Nous prenons d'abord (étages 37 à 45) la différence des α 's, nous multiplions par 7 et nous calculons le carré du produit. Le résultat, ayant 10 décimales, est arrondi à la 8^e décimale et renvoyé dans la mémoire générale 1/2. Les mêmes opérations (étages 46 à 54) sont faites avec les β 's et le résultat est renvoyé dans la mémoire générale 3/4. Il est supposé que la différence entre les coordonnées de Hunter n'est pas supérieur à 0.14285 (1/7) en valeur absolue. Ensuite (étages 55 à 59) les deux carrés sont multipliés par la racine de la moyenne des facteurs de luminance, le résultat est arrondi de 12 décimales à 8 décimales et renvoyé dans la mémoire générale 5/6. Finalement (étages 60 à 65) la différence entre les racines carrées des facteurs de luminance est mise, avec ses 4 décimales, dans la mémoire générale 8 et le carré de cette différence est ajouté au contenu de la mémoire générale 5/6. La somme est formée dans l'accumulateur avec 8 décimales.

4. *Sortie (Table 9).*

Le carré de l'écart de chromaticité ΔC est sorti de la mémoire générale 5/6. L'écart de luminance ΔL est sorti de la mémoire générale 8. Le carré de l'écart total

ΔE est sorti de l'accumulateur. L'écart de luminance ΔL est obtenu en NBS avec 2 décimales. Les carrés de ΔC et de ΔE sont obtenus avec 4 décimales. Le programme est limité par les conditions que les écarts doivent être inférieurs à 100.00 NBS.

La sortie est supprimée pour les cartes objets par la perforation X_0 . Remarquons que la sortie de l'accumulateur doit se faire avec une remise à zéro, puisqu'au début du programme l'accumulateur est supposé vide.

Finalement nous devons encore extraire deux racines carrées. Nous enlevons du paquet de cartes les cartes objets en faisant un tri sur la perforation X_0 . Ensuite nous repassons les cartes reproductions par le programme II, une première fois en entrant le carré de l'écart de chromaticité dans la mémoire facteur 2, une secon-

$$\Delta E = 46 \left\{ [0.23 \cdot \Delta(V_y)]^2 + [\Delta(V_x - V_y)]^2 + [0.40 \cdot \Delta(V_z - V_y)]^2 \right\}^{1/2}$$

avec $Y/Y_{MgO} = 1.2219V_y - 0.23111V_y^2 + 0.23951V_y^3 - 0.021009V_y^4 + 0.0008404V_y^5$

de fois en entrant le carré de l'écart total dans la mémoire facteur 2. Nous supprimons l'entrée de la perforation X_r . L'étape programme 27 (fin programme) n'est donc pas supprimé et le calcul est arrêté à ce stade. En plus, la sortie est restreinte à la mémoire générale 8. Il est clair maintenant pourquoi dans le programme II le facteur de luminance était entré avec 8 décimales, l'étape programme 27 était interpolé et la sortie des coefficients de chromaticité et des coordonnées de Hunter était sélectionnée.

La sortie de la mémoire générale 8 nous donne, au premier passage l'écart de chromaticité ΔC , au deuxième passage l'écart total ΔE . Ces résultats sont obtenus en NBS avec 2 décimales.

REMARQUES ET CONCLUSIONS

Le temps requis pour les calculs est supérieur au temps alloué entre deux alimentations et le délai calcul est opérant. La vitesse normale est réduite de 100 à environ 85 cartes par minute en moyenne.

Pour le premier programme le rendement est environ 60 points trichromatiques par heure. Si on se contente de la précision donnée par la méthode à intervalles de 10 nm, le rendement est doublé. Pour les deux autres programmes le rendement dépend du nombre de combinaisons traitées à la fois. 800 à 1200 comparaisons entre couleurs originales et reproductions peuvent être calculées par heure. Remarquons que les deux programmes ont été dressés de façon qu'elles peuvent être appliquées indépendamment dans d'autres études.

Afin de pouvoir juger le rendement de la méthode, considérons une étude des combinaisons de 5 colorants

jaunes, 5 colorants magenta et 5 colorants cyan. Il y a 125 combinaisons en tout. Choisissons 50 couleurs originales. Le nombre de reproductions est de 6,250 et le programme total peut être achevé en 125 heures environ, y compris le montage et contrôle des tableaux de connexions, la perforation des cartes, les reproductions, les triages et la tabulation des résultats. Un opérateur qualifié, muni d'une machine à clavier comptable, mettrait au moins quatre années à ce travail.

Compte tenu de la capacité relativement restreinte de la calculatrice IBM 604-004, le rendement de la méthode décrite est excessivement grand.

Un désavantage est l'emploi de la formule de Judd-Hunter, qui est remplacée de plus en plus par une formule basée sur l'espace d'Adams (réf. 31 à 36) :

et pour X_x et V_z les mêmes polynômes, après avoir remplacé Y/Y_{MgO} respectivement par X/X_{MgO} et Z/Z_{MgO} .

La formule est plus simple mais la transformation des composantes trichromatiques aux coordonnées V exige une consultation de table par composante. Les tables ont été dressées par Nickerson (réf. 37) et une méthode de calcul avec la calculatrice IBM 602A a été décrite par Opler et collaborateurs (réf. 38). La consultation de table exige un passage par composante mais en plus, les cartes tables et les cartes résultats doivent être interclassées pour chaque composante. Nous remarquons que, en appliquant la transformation aux coordonnées de Hunter et l'extraction de la racine carrée du facteur de luminance, les calculs se font directement en un seul passage des cartes résultats.

Une formule qui permet le calcul direct des valeurs V n'a pas encore été trouvée. Une méthode ingénieuse, employant une IBM 604, a été rapportée par Allen et Chow (réf. 39). Le domaine des V 's, $0 \leq V \leq 10$, est divisé en 20 parties égales et pour chacune des intervalles une approximation $V_y = a + bY + cY^2$ est appliquée. La consultation de table est évitée mais le calcul exige encore toujours plusieurs passages. Une formule assez simple, $V_y = 2.529Y^{1/3} - 1.838$, mais seulement valable pour $Y > 1\%$, a été établie récemment par Glasser et collaborateurs (réf. 40). Si on parvenait à trouver une formule, permettant le calcul des V 's pour leur domaine entier, la transformation pourrait se faire sur la calculatrice en un seul passage.

Nous avons demandé à l'« IBM of Belgium » de programmer le calcul des composantes trichromatiques des mélanges soustractifs pour leur ordinateur IBM

650. Ils ont trouvé (PASO) une durée de calcul d'environ 28 secondes par point trichromatique. Le rendement est ainsi à peu près le double de celui de la calculatrice IBM 604-004. Ceci est assez pauvre, compte tenu du rapport entre les prix des deux machines. L'avantage de l'ordinateur est surtout de pouvoir intégrer le calcul entier, et ceci aussi pour l'espace d'Adams. La transformation pourrait se faire, soit par consultation de table, en mettant la table de Nickerson en mémoire, soit par la détermination directe de la racine du polynôme du cinquième degré, en appliquant une méthode d'itérations successives. Une formule explicite en V simplifierait le programme et améliorerait le rendement, mais les avantages présentés par son emploi sont moins prononcés.

L'emploi des ordinateurs dans le domaine de la colorimétrie fait encore ses débuts. C'était notre but de tirer l'attention sur les possibilités des calculatrices à cartes perforées, contrôlées par des panneaux de connexions, dans le domaine de la colorimétrie et spécialement pour les études théoriques. Nous espérons que les intéressés, qui peuvent disposer de telles machines, en feront de plus en plus usage.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à témoigner notre reconnaissance à M. J. Fierens, administrateur de la société « Gevaert Photo-Producten N.V. », directeur des Laboratoires de Recherches, et à M. A. Thiels, chef des Laboratoires de Physique de la même société, pour l'intérêt prêté à ce travail. Nous remercions aussi M. J. Bertels, qui a monté les tableaux de connexions et contrôlé les programmes, ainsi que M^{lle} De Rijcker et M. W. De Rop, qui ont vérifié le texte.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) A.C. HARDY : New recording spectrophotometer. *J. Opt. Soc. Am.*, 25, 1955, 305.
- (2) A.C. HARDY : History of the design of the recording spectrophotometer. *J. Opt. Soc. Am.*, 28, 1958, 560.
- (3) J.L. MICHAELSON : Construction of the General Electric recording spectrophotometer. *J. Opt. Soc. Am.*, 28, 1958, 565.
- (4) A.C. HARDY and O.W. PINEO : The computation of trichromatic excitation values by the selected ordinate method. (Abstr.) *J. Opt. Soc. Am.*, 22, 1952, 450.
- (5) R. LUTHER : Aus dem Gebiete der Farbreizmetrik. *Z. techn. Phys.*, 8, 1927, 540.
- (6) D. NICKERSON : Disk colorimetry; including a comparison of methods for computing tristimulus values for certain disks. *J. Opt. Soc. Am.*, 25, 1955, 253.
- (7) O.S.A. Committee on Colorimetry (D.L. MacADAM) : Quantitative data and methods for colorimetry. *J. Opt. Soc. Am.*, 34, 1944, 647.
- (8) G.W. INGLE : The supplementary selected ordinate method of tristimulus integration. (Abstr.) *J. Opt. Soc. Am.*, 33, 1945, 549.
- (9) J.L.F. DE KERF : Accuracy of tristimulus computations. *J. Opt. Soc. Am.*, 48, 1958, 554.
- (10) H.W. SWANK and M.G. MELLON : A calculator for obtaining tristimulus values from spectrophotometric data. *J. Opt. Soc. Am.*, 27, 1937, 414.
- (11) F.W. SEARS : An improved calculator for obtaining tristimulus values from spectrophotometric curves. *J. Opt. Soc. Am.*, 29, 1959, 77.
- (12) J.A. VAN DEN AKKER : A mechanical integrator for evaluating the integral of the product of two functions and its application to the computation of I.C.I. color specification from spectrophotometric curves. *J. Opt. Soc. Am.*, 29, 1959, 564.
- (13) W.E.K. MIDDLETON : A curve computer. (Abstr.) *J. Opt. Soc. Am.*, 40, 1950, 265.
- (14) J. RAZEK : An aid to the calculation of tristimulus specifications. (Abstr.) *J. Opt. Soc. Am.*, 26, 1956, 225.
- (15) L.F. KNUDSEN : A punch card technique to obtain coefficients of orthogonal polynomials. *J. Am. Stat. Ass.*, 37, 1942, 496.
- (16) K.L. KELLY, K.S. GIBSON and D. NICKERSON : Tristimulus specification of the Munsell Book of Color from spectrophotometric measurements. *J. Opt. Soc. Am.*, 33, 1945, 555.
- (17) D.L. MacADAM : Method of colorimetric integration using punched-card accounting machines. *J. Opt. Soc. Am.*, 40, 1950, 158.
- (18) A.J. DERR : Computation of trichromatic coordinate using the IBM 604 electronic calculating punch. *J. Opt. Soc. Am.*, 45, 1955, 772.
- (19) D.A. PONTARELLI, R.B. WISE and O.H. OLSON : Mark sensing in optical computations. *J. Opt. Soc. Am.*, 48, 1958, 502.
- (20) H.R. DAVIDSON and L.W. IMM : Continuous, automatic tristimulus integrator for use with the recording spectrophotometer. *J. Opt. Soc. Am.*, 59, 1949, 942.
- (21) H.R. DAVIDSON, J.H. GODLOVE, J.M. LAMBERT and G.J. WRIGHT : An illuminant-converting filter for use with the automatic tristimulus integrator. *J. Opt. Soc. Am.*, 47, 1957, 605.
- (22) W.E. WHITE and D.L. MacADAM : Universal, digital tristimulus integrator. *J. Opt. Soc. Am.*, 47, 1957, 605.
- (23) F. BRAUN : Les nouvelles réalisations du Laboratoire de Colorimétrie de l'Université Catholique de Louvain. *Die Farbe*, 6, 1957, 141.
- (24) K. DIETZEL : Ueber eine vollautomatisches Farbmessgerät. *Die Farbe*, 6, 1957, 211.
- (25) D.L. MacADAM : Colorimetric analysis of dye mixtures. *J. Opt. Soc. Am.*, 59, 1949, 22.
- (26) J.L.F. DE KERF : Dye-mixture analysis with an electronic calculating punch. *J. Opt. Soc. Am.*, 48, 1958, 972.
- (27) C. HASTINGS : Approximations for digital computers. *Princeton University Press*, Princeton, New Jersey, 1955.
- (28) R.S. HUNTER : A multipurpose photoelectric reflectometer. *J. Opt. Soc. Am.*, 30, 1940, 556.

- (29) R.S. HUNTER : Photoelectric tristimulus colorimetry with three filters. *Nat. Bur. of Stand. Circ.*, C429, 1942.
- (30) K.S. KUNZ : Numerical Analysis. *McGraw-Hill Book Company, Inc.*, New York, 1957.
- (31) E.Q. ADAMS : X-Z planes in the 1931 ICI system of colorimetry. *J. Opt. Soc. Am.*, 32, 1942, 168.
- (32) S.M. NEWHALL, D. NICKERSON and D.B. JUDD : Final report of the O.S.A. subcommittee on the spacing of the Munsell colors. *J. Opt. Soc. Am.*, 35, 1945, 585.
- (33) D. NICKERSON and K.F. STULTZ : Color tolerance specification. *J. Opt. Soc. Am.*, 34, 1944, 550.
- (34) D. NICKERSON : Interrelation of color specifications. *Paper Trade J.*, 125, 1947, TS219.
- (35) R.W. BURNHAM : Comparison of color systems with respect to uniform visual spacing. *J. Opt. Soc. Am.*, 39, 1949, 587.
- (36) D. NICKERSON : Munsell rennotations used to study color space of Hunter and Adams. *J. Opt. Soc. Am.*, 40, 1950, 85.
- (37) D. NICKERSON : Tables for use in computing small color differences. *Am. Dyestuff Repr.*, 39, 1950, 541.
- (38) A. OPLER, R.W. MEIKLE and M.J. CHARLESWORTH : Automatic calculation of color differences. *J. Opt. Soc. Am.*, 43, 1953, 550.
- (39) E. ALLEN and W.M. CHOW : Computation of distances in Adams chromatic value space with the IBM 604 computer. (Abstr.) *J. Opt. Soc. Am.*, 44, 1954, 349.
- (40) L.G. GLASSER, A.H. McKINNEY, C.D. REILLY and P.D. SCHNELLE : Cube-root color coordinate system. *J. Opt. Soc. Am.*, 48, 1958, 756.

* * *

TABLE 1 : Entrée et location des constantes et données pour le programme donné dans la table 2 (MF : mémoire facteur - MQ : multiplicateur/quotient - MG : mémoire générale - Raz : remise à zéro).

MF 1 :	f_j^a	MF 7 :	11499 ^b	MQ :	$D_m(\lambda)^c$
MF 2 :	f_m^a	MF 8 :	1000000 ^b	MG 2 :	$D_c(\lambda)^c$
MF 3 :	f_c^a	MF 9 :	$P_\lambda \overline{x_\lambda}^c$	MG 3/4 :	Raz ^d
MF 4 :	1268 ^b	MF 10 :	$P_\lambda \overline{y_\lambda}^c$	MG 5/6 :	Raz ^d
MF 5 :	2080 ^b	MF 11 :	$P_\lambda \overline{z_\lambda}^c$	MG 7/8 :	Raz ^d
MF 6 :	6774 ^b	MF 12 :	$D_1(\lambda)^c$		

^a De la première carte (sélectionnée par la perforation X_f).

^b Par des impulsions digit (sélectionnée par la perforation X_f).

^c De chaque carte (non-sélectionnée).

^d Pour la seconde carte (sélectionnée par la perforation X_1).

TABLE 2 : Programme pour le calcul des composantes trichromatiques d'un mélange soustractif de trois colorants avec la calculatrice IBM 604-004 (Acc : accumulateur).

1	Sortie MF 2	Multiplication +	Fin Programme ^a
2	Sortie MG 2	Entrée MQ	
3	Sortie MF 3	Multiplication +	
4	Sortie MF 12	Entrée MQ	
5	Sortie MF 1	Multiplication +	
6	Arrondi	Position 2	
7	Sortie MF 8	Division	
8	Sortie MQ	Entrée MG 1	
9	Sortie & Raz Acc	Position 3	Entrée MQ
10	Sortie MF 4	Multiplication +	
11	Sortie MF 5	Entrée Acc +	Position 5
12	Sortie & Raz Acc	Position 5	Entrée MG 2
13	Sortie MG 2	Multiplication +	
14	Sortie MF 6	Entrée Acc +	Position 5

15	Arrondi	Position 4	
16	Sortie & Raz Acc	Position 5	Entrée MG 2
17	Sortie MG 2	Multiplication +	
18	Sortie MF 7	Entrée Acc +	Position 5
19	Arrondi	Position 4	
20	Sortie & Raz Acc	Position 5	Entrée MG 2
21	Sortie MG 2	Multiplication +	
22	Sortie MF 8	Entrée Acc +	Position 3
23	Arrondi	Position 4	
24	Sortie Acc	Position 5	Entrée MQ
25	Sortie & Raz Acc	Position 5	Entrée MG 2
26	Sortie MG 2	Multiplication +	
27	Arrondi	Position 4	
28	Sortie & Raz Acc	Position 5	Entrée MG 2
29	Sortie MG 2	Entrée Acc +	
30	Emetteur 2	Division	
31	Sortie MQ	Entrée Acc +	
32	Sortie MF 8	Entrée Acc +	Position 3
33	Sortie MG 2	Division	
34	Raz Acc		
35	Sortie MG 1	Entrée Acc +	
36	Emetteur 1	Entrée Acc —	Test Acc
37 ^b	Sortie MQ	Entrée Acc +	Position 2
38 ^b	Arrondi	Position 2	
39 ^b	Sortie & Raz Acc	Position 3	Entrée MQ
40	Sortie MG 1	Entrée Acc +	
41	Emetteur 2	Entrée Acc —	Test Acc
42 ^b	Sortie MQ	Entrée Acc +	Position 2
43 ^b	Arrondi	Position 2	
44 ^b	Sortie & Raz Acc	Position 3	Entrée MQ
45	Sortie MG 1	Entrée Acc +	
46	Emetteur 3	Entrée Acc —	Test Acc
47 ^b	Sortie MQ	Entrée Acc +	Position 2
48 ^b	Arrondi	Position 2	
49 ^b	Sortie & Raz Acc	Position 3	Entrée MQ
50	Sortie MG 1	Entrée Acc +	
51	Emetteur 4	Entrée Acc —	Test Acc
52 ^b	Sortie MQ	Entrée Acc +	Position 2
53 ^b	Arrondi	Position 2	
54 ^b	Sortie & Raz Acc	Position 3	Entrée MQ
55	Sortie MG 1	Entrée Acc +	
56	Emetteur 5	Entrée Acc —	Test Acc
57 ^b	Entrée MQ		
58	Sortie MF 9	Multiplication +	
59	Arrondi	Position 3	
60	Sortie MG 3/4	Entrée Acc +	Position 4
61	Sortie & Raz Acc	Position 4	Entrée MG 3/4
62	Sortie MF 10	Multiplication +	
63	Arrondi	Position 3	
64	Sortie MG 5/6	Entrée Acc +	Position 4
65	Sortie & Raz Acc	Position 4	Entrée MG 5/6
66	Sortie MF 11	Multiplication +	
67	Arrondi	Position 3	

68	Sortie MG 7/8	Entrée Acc +	Position 4
69	Sortie & Raz Acc	Position 4	Entrée MG 7/8
70	Fin Programme		

^a Seulement pour la dernière carte (sélectionné par la perforation X_r).

^b Etages programme supprimés pour un accumulateur négatif au test.

TABLE 3 : Sortie des résultats pour le programme donné dans la table 2.

MG 3/4 : X ^a	MG 5/6 : Y ^a	MG 7/8 : Z ^a
-------------------------	-------------------------	-------------------------

^a Pour la dernière carte (sélectionnée par la perforation X_r).

TABLE 4 : Entrée et location des constantes et données pour le programme donné dans la table 5.

MF 1 :	X ^a	MF 5 :	13631 ^b	MF 9 :	5708 ^b
MF 2 :	Y ^a	MF 6 :	3214 ^b	MF 10 :	22633 ^b
MF 3 :	Z ^a	MF 7 :	5710 ^b	MF 11 :	11054 ^b
MF 4 :	24266 ^b	MF 8 :	12447 ^b	MF 12 :	50000 ^b

^a De chaque carte.

^b Par des impulsions digit (pour chaque carte).

TABLE 5 : Programme pour la transformation des composantes trichromatiques en coordonnées de Hunter et l'extraction de la racine carrée de la composante Y.

1	Emetteur 3	Entrée MG 8	Position sélectionnée ^a
2	Sortie MF 2	Entrée Acc +	
3	Sortie MG 8	Entrée MQ	
4	Sortie MG 8	Multiplication +	
5	Sortie MG 8	Division	
6	Sortie MF 12	Multiplication +	
7	Sortie Acc	Position 6	Entrée MQ
8	Sortie & Raz Acc	Position 6	Entrée MG 8
9	Sortie MF 2	Entrée Acc +	
10	Sortie MG 8	Multiplication +	
11	Sortie MG 8	Division	
12	Sortie MF 12	Multiplication +	
13	Sortie Acc	Position 6	Entrée MQ
14	Sortie & Raz Acc	Position 6	Entrée MG 8
15	Sortie MF 2	Entrée Acc +	
16	Sortie MG 8	Multiplication +	
17	Sortie MG 8	Division	
18	Sortie MF 12	Multiplication +	
19	Sortie Acc	Position 6	Entrée MQ
20	Sortie & Raz Acc	Position 6	Entrée MG 8
21	Sortie MF 2	Entrée Acc +	
22	Sortie MG 8	Multiplication +	
23	Sortie MG 8	Division	
24	Sortie MF 12	Multiplication +	
25	Arrondi	Position 5	
26	Sortie & Raz Acc	Position 6	Entrée MG 8

27 ^b	Fin Programme		
28	Sortie MF 1	Entrée Acc +	
29	Sortie MF 2	Entrée Acc +	
30	Sortie MF 3	Entrée Acc +	Position 2
31	Arrondi	Position 3	
32	Sortie & Raz Acc	Position 4	Entrée MG 1/3
33	Sortie MF 12	Entrée MQ	
34	Sortie MG 1/3	Multiplication +	
35	Sortie & Raz Acc	Position 6	Entrée MG 5/7
36	Sortie MF 1	Entrée Acc +	Position 3
37	Sortie MG 5/7	Entrée Acc +	
38	Sortie MG 1/3	Division	
39	Sortie MQ	Entrée MG 2	Raz Acc
40	Sortie MF 2	Entrée Acc +	Position 3
41	Sortie MG 5/7	Entrée Acc +	
42	Sortie MG 1/3	Division	
43	Sortie MQ	Entrée MG 4	Raz Acc
44	Sortie MF 11	Entrée Acc +	Position 6
45	Sortie MG 4	Entrée MQ	
46	Sortie MF 10	Multiplication +	
47	Sortie MG 2	Entrée Acc +	Position 5
48	Arrondi	Position 5	
49	Sortie Acc	Position 6	Entrée MG 1/3
50	Sortie & Raz Acc	Position 6	Entrée MQ
51	Sortie MF 12	Multiplication +	
52	Sortie & Raz Acc	Position 6	Entrée MG 6
53	Sortie MF 9	Entrée Acc —	Position 6
54	Sortie MG 4	Entrée MQ	
55	Sortie MF 8	Multiplication +	
56	Sortie MG 2	Entrée MQ	
57	Sortie MF 7	Multiplication +	Test Acc
58 ^c	Sortie MG 6	Entrée Acc +	
59 ^d	Sortie MG 6	Entrée Acc —	
60	Sortie MG 1/3	Division	
61	Sortie MQ	Entrée MG 5/7	Raz Acc
62	Sortie MF 6	Entrée Acc —	Position 6
63	Sortie MG 4	Entrée MQ	
64	Sortie MF 5	Multiplication —	
65	Sortie MG 2	Entrée MQ	
66	Sortie MF 4	Multiplication +	Test Acc
67 ^c	Sortie MG 6	Entrée Acc +	
68 ^d	Sortie MG 6	Entrée Acc —	
69	Sortie MG 1/3	Division	
70	Sortie MQ	Entrée MG 1/3	Fin Programme

^a Sélectionnée suivant la grandeur de Y.

^b Supprimés par la perforation X_r.

^c Supprimé pour l'accumulateur négatif.

^d Supprimé pour l'accumulateur positif.

TABLE 6 : Sortie des résultats pour le programme donné dans la table 5.

MG 2 : x^a	MG 4 : y^a	MG 8 : $\sqrt{Y^b}$
MG 1/3 : α^a	MG 5/7 : β^a	

^a Commandées par la perforation X_r .

^b Non-sélectionnée.

Table 7 : Entrée et location des constantes et données pour le programme donné dans la table 8.

MF 1 :	Y_0^a	MF 5 :	Y^b	MF 11 :	20000 ^c
MF 2 :	α_0^a	MF 6 :	α^b	MF 12 :	50000 ^c
MF 3 :	β_0^a	MF 7 :	β^b	MQ :	2 ^c
MF 4 :	$\sqrt{Y_0^a}$	MF 8 :	$\sqrt{Y^b}$		

^a De la première carte (sélectionnée par la perforation X_0).

^b De chaque carte (non-sélectionnée).

^c Par des impulsions digit (non-sélectionnée).

TABLE 8 : Programme pour le calcul des différences colorimétriques en unités NBS (formule de Judd-Hunter).

1 ^a	Fin Programme		
2	Sortie MF 1	Multiplication +	
3	Sortie & Raz Acc	Entrée MG 5/6	
4	Sortie MF 1	Entrée Acc +	
5	Sortie MF 1	Entrée Acc +	Position 5
6	Sortie MF 5	Entrée Acc +	Position 5
7	Sortie MG 5/6	Division	
8	Sortie MQ	Entrée MG 5/6	Raz Acc
9	Sortie MG 5/6	Entrée Acc +	Position 5
10	Sortie MF 11	Entrée MQ	
11	Sortie MF 11	Multiplication +	
12	Sortie MF 11	Division	
13	Sortie MF 12	Multiplication +	
14	Sortie Acc	Position 6	Entrée MQ
15	Sortie & Raz Acc	Position 6	Entrée MG 8
16	Sortie MG 5/6	Entrée Acc +	Position 5
17	Sortie MG 8	Multiplication +	
18	Sortie MG 8	Division	
19	Sortie MF 12	Multiplication +	
20	Sortie Acc	Position 6	Entrée MQ
21	Sortie & Raz Acc	Position 6	Entrée MG 8
22	Sortie MG 5/6	Entrée Acc +	Position 5
23	Sortie MG 8	Multiplication +	
24	Sortie MG 8	Division	
25	Sortie MF 12	Multiplication +	
26	Sortie Acc	Position 6	Entrée MQ
27	Sortie & Raz Acc	Position 6	Entrée MG 8
28	Sortie MG 5/6	Entrée Acc +	Position 5
29	Sortie MG 8	Multiplication +	
30	Sortie MG 8	Division	

31	Sortie MF 12	Multiplication +	
32	Arrondi	Position 5	
33	Sortie & Raz Acc	Position 6	Entrée MQ
34	Sortie MF 4	Multiplication +	
35	Arrondi	Position 4	
36	Sortie & Raz Acc	Position 5	Entrée MG 8
37	Sortie MF 6	Entrée Acc +	
38	Sortie MF 2	Entrée Acc —	
39	Sortie & Raz Acc	Entrée MQ	
40	Emetteur 7	Multiplication +	
41	Sortie Acc	Entrée MQ	
42	Sortie & Raz Acc	Entrée MG 1/2	
43	Sortie MG 1/2	Multiplication +	
44	Arrondi	Position 2	
45	Sortie & Raz Acc	Position 5	Entrée MG 1/2
46	Sortie MF 7	Entrée Acc +	
47	Sortie MF 3	Entrée Acc —	
48	Sortie & Raz Acc	Entrée MQ	
49	Emetteur 7	Multiplication +	
50	Sortie Acc	Entrée MQ	
51	Sortie & Raz Acc	Entrée MG 3/4	
52	Sortie MG 3/4	Multiplication +	
53	Arrondi	Position 2	
54	Sortie & Raz Acc	Position 3	Entrée MG 3/4
55	Sortie MG 8	Entrée MQ	
56	Sortie MG 1/2	Multiplication +	
57	Sortie MG 3/4	Multiplication +	
58	Arrondi	Position 4	
59	Sortie & Raz Acc	Position 5	Entrée MG 5/6
60	Sortie MF 8	Entrée Acc +	
61	Sortie MF 4	Entrée Acc —	
62	Sortie Acc	Entrée MQ	
63	Sortie & Raz Acc	Entrée MG 8	
64	Sortie MG 8	Multiplication +	
65	Sortie MG 5/6	Entrée Acc +	Fin Programme

^a Seulement pour la première carte (sélectionné par la perforation X₀).

TABLE 9 : Sortie des résultats pour le programme donné dans la table 8.

MG 5/6 : $(\Delta C)^2$ ^a	MG 8 : (ΔL) ^a	Acc : $(\Delta E)^2$ ^a
--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------

^a Supprimée par la perforation X₀.

Un contrôle des nuances de la lumière et ses applications dans les équipements hospitaliers

par Georges LEBLANC,

Architecte D.E.S.A. - Eclairagiste,
Chef du Service Eclairage à la Compagnie Clémanson.

Le contrôle de la lumière (Chromon) dont les principes et certains développements seront rappelés succinctement, est une méthode de *commande et mesure simultanées*.

Il s'agit bien d'une *mesure de la couleur*, mais liée constamment à une *application pratique* : l'obtention immédiate d'une ambiance.

La notion d'ambiance est générale et il peut s'agir aussi bien de réaliser et de définir à la fois des éclairagements, que d'obtenir des luminances déterminées, de peindre avec la lumière, ou de créer un état de lumière dans lequel des caractéristiques chromatiques restent essentielles.

Une idée majeure de la méthode employée est, en reprenant les expressions du *programme des Journées*, de rendre *aimable* et *concrète*, la « métrique des couleurs » qui a servi de conducteur dans l'établissement de cette méthode, et qui lui permet certains développements que ne permettraient pas des moyens empiriques.

Ce contrôle a été proposé tout d'abord pour l'éclairage scénique (c'est pour les équipements de théâtre qu'ont été utilisés systématiquement dès l'origine, les

mélanges additifs de lumière). Puis il a été appliqué à des éclairages spéciaux permettant ou facilitant la détection d'informations visuelles. La télévision, plus encore que le cinéma, s'y intéresse.

L'éclairage hospitalier pose bien à la fois des problèmes de détection et d'ambiance, comme l'a exposé Monsieur Pagès dans son rapport à la C.I.E.

Dans ces différentes applications, la méthode étudiée ici permet :

- a) Liaisons constructives avec la *terminologie*.
 - b) *Méthode* de repérage, elle touche essentiellement à l'*identification*.
L'évolution des *appareillages* définit en même temps les *tolérances* à admettre.
 - c) Liaisons avec la *normalisation* dont elle permet une transcription rapide à l'échelon de l'exploitation (exemple de relation avec le rapport Perrottet).
 - d) Problème de *contretypages* : c'est celui des conduites de lumière qui permettent de reproduire des effets dans lesquels la chromaticité était souvent difficile à définir, effets qu'il est plus particulièrement utile maintenant de pouvoir suivre avec méthode, afin d'en extraire des possibilités plus générales.
-

Le système octochrome de contretypage automatique

par A. PETRE,

Ingénieur civil Chimiste A.I.G.

et d'HONDT,

Ingénieur Chimiste A.I.G. des Encres Dresse, S. A.

Il y a 4 ans au Congrès de la FATIPEC à Spa, nous avons présenté en collaboration avec Monsieur Braun, les principes d'une méthode de contretypage automatique des encres d'imprimerie et des peintures.

Rappelons rapidement les 3 facteurs de reconstitution d'une teinte d'impression :

- 1) Sa place dans la zone chromatique franche (400 $m\mu$ - 700 $m\mu$) ;
- 2) Son degré de rabatement, noir ou grisé ;
- 3) Son degré d'intensité.

La détermination de ces 3 paramètres, en valeur absolue, était relativement aisée, ensuite à partir du système octochrome de classification des couleurs, une relation mathématique de contretypage par tables d'approches devait nous donner la formule de la teinte à reconstituer.

Théoriquement, le système était très attrayant et relativement pratique, malheureusement, les applications devaient très rapidement se révéler insuffisamment précises et difficilement reproductibles ; de plus, aucun appareil colorimétrique ne permettait la lecture immédiate de la formule de reproduction.

Nous avons donc été amenés à repenser complètement notre système en nous basant essentiellement sur les considérations suivantes :

1) Ce qui est essentiel pour l'efficacité d'un système de contretypage, c'est l'emploi d'un appareil colorimétrique, permettant de situer immédiatement le contretypage par rapport au modèle. Ceci nous rend relativement indépendant du procédé d'application de l'encre et de la nature du support car, les erreurs dues à l'influence de ces facteurs sont ainsi facilement *rectifiables*.

2) Si la détermination d'une teinte donnée en paramètres absolus (longueur d'onde, etc...) est théoriquement plus tentante, elle limite la sensibilité du procédé de façon telle que le choix des mesures relatives s'impose de lui-même, ce qui n'exclut d'ailleurs pas la *possibilité* de trouver ensuite certaines relations permettant

une définition satisfaisante de la teinte étudiée dans les paramètres classiques.

3) Enfin, en ce qui concerne le choix des Tons de Base. Le procédé de contretypage étant avant tout un instrument pratique et industriel, les impératifs de fabrication, de résistances chimiques et physiques et les impératifs économiques devront prévaloir. Même si parfois l'équilibre et la répartition des couleurs choisies étaient en léger désaccord avec la logique colorimétrique.

La mise au point du coloroscope Lv 30 devait nous permettre une étude très approfondie du problème de contretypage et nous apporter en même temps l'appareil de lecture rapide et commode pour le technicien de laboratoire et d'atelier de mise au ton.

Le Professeur PETERS et Monsieur BRAUN, que nous remercions très sincèrement ici, vous ont exposé les caractéristiques et les possibilités de cet appareil. Nous n'y reviendrons donc pas, nous donnons cependant quelques détails sur son rendement en contretypage. Ce contretypage n'étant d'ailleurs qu'une des nombreuses applications colorimétriques, qu'il permet de réaliser.

La grande sensibilité du système différentiel allait nous permettre *d'égaliser et même de dépasser* dans certains secteurs, la sensibilité de l'œil, rendant possible une amplification très importante, puisque par méthode d'approche, nous pouvions choisir chaque fois l'échantillon comme centre de notre système de reproduction.

De plus, sans vouloir y attacher de valeur absolue, le coloroscope nous donnait pour les rabattements blancs et gris de nos tons de base, les déviations, que de tout temps, nous avions constatées, et les indications de l'appareil confirmaient des réactions de sensibilité assez égales à celles de l'œil de l'observateur moyen.

Ensuite, la représentation oculaire des mesures enregistrés par le coloroscope étant *plane* et les paramètres choisis étant indépendants des valeurs absolues, les défauts et les lacunes de la sélection des tons de base et de leurs intensités relatives étaient flagrants et les rectifications assez aisées à concevoir, sinon à réaliser.

C'est donc très objectivement que nous avons repensé notre système octochrome en modifiant la répartition des tons de base et leur intensité relative.

L'ancien système avait comme principal défaut, d'être trop pauvre en teintes entre le *vert* et le *violet*, ceci entraînait un fort rabattement de ton dans les mélanges

VERT-BLEU et BLEU-VIOLET.

Une solution consistait à ajouter un bleu verdâtre (cyan) de grande pureté et à remplacer le bleu moyen, par un bleu plus violacé et aussi pur que l'ancien.

De cette façon, le système donnait entière satisfaction au point de vue pureté des mélanges, mais il était plus compliqué par suite du plus grand nombre de teintes de base.

Nous avions remarqué que les teintes comprises entre le Rouge et le Violet, semblaient se rabattre moins intensément lors de leur mélange que pour les mélanges d'autres teintes.

La raison en est certainement la plus faible sensibilité de l'œil pour les tons violacés et violets.

De ce fait, il était possible de remplacer le *rouge-violet*, le *violet-rouge* et le *violet* par 2 nouvelles teintes :

un rouge-violet légèrement plus violacé et

un violet légèrement plus rougeâtre que les anciennes teintes.

Avec cette nouvelle disposition, nous perdons infiniment peu en pureté dans les teintes situées entre le bleu, le violet et le rouge, et nous retrouvons la simplicité du système à 8 tons de base.

Le changement du vert (le nouveau vert étant plus bleuté que l'ancien) peut paraître paradoxal puisque la distance chromatique entre le jaune et l'ancien vert était déjà beaucoup trop grande. Cependant, il est inutile de placer des tons de base dans des régions où il n'existe pas de pigments valables de cette teinte.

Il n'existe pas de pigment vert qui soit en même temps plus jaunâtre et plus pur que le nouveau vert.

Les teintes de 8 Tons de Base étant ainsi définies, il reste à déterminer la concentration à laquelle ces teintes vont être choisies. Cette concentration est d'une grande importance car sa variation, spécialement dans le cas d'une encre transparente, entraîne non seulement une déviation de la teinte mais aussi et surtout, un changement de pureté. Il est essentiel pour obtenir le meilleur rendement d'une encre d'imprimerie qu'elle soit utilisée dans la *zone* de concentration où les pigments développent leur plus grande pureté.

D'autre part, si la pureté de teinte peut nous guider dans la détermination de la valeur absolue de la concentration, il est également souhaitable que les rapports entre les concentrations des différents tons soient tels

que leurs rabattements, par une même quantité d'un gris approprié aient si possible, une même valeur ou se situent au moins à des échelons déterminés.

C'est en tenant compte de ces deux critères que nous avons définitivement fixé la concentration des 8 tons de base.

Les éléments du système de contretypage étant rassemblés, nous pouvons maintenant construire ce système et vous en montrer quelques applications.

Remerciant nos amis, Mr. THOMAS et Mr. BRAUN et le Professeur PETERS de leur collaboration, nous sommes heureux de demander ici, à notre collaborateur et ami Mr. D'HONDT, de vous exposer les détails de ses calculs et de vous expliquer l'élaboration des abaques de reconstitution.

* * *

En général, chaque encre obtenue par le système octochrome se compose de :

2 tons de base voisins + gris + blanc.

Le blanc en question peut être couvrant ou transparent. Dans ce dernier cas c'est, en fait, la teinte du support qui reprend la fonction du blanc couvrant.

Comme les encres transparentes, à haute concentration pigmentaire, et destinées à être imprimées sur du papier blanc, constituent environ 80 % de la consommation d'encre de couleur, nous nous limiterons dans notre exposé à cette catégorie.

Il est évident qu'un travail analogue pourrait être fait pour les encres couvrantes et par extension, pour les peintures.

Dans le cas particulier qui nous occupe, nous avons à déterminer les quantités relatives des 4 constituants de notre encre.

2 tons de base, un gris et un blanc transparent.

Comme seul, le rapport entre ces 4 grandeurs nous intéresse, 3 inconnues détermineront *la composition de l'encre*.

— Une quatrième variable, vient s'ajouter lors de l'impression, c'est le poids d'encre déposé par unité de surface imprimée. Ceci, évidemment, pour une surface imprimée, en aplat.

Dans les procédés typo et offset, la quantité d'encre déposée par unité de surface ne varie que dans des limites assez restreintes et dans nos calculs, nous pouvons facilement admettre une charge d'encre moyenne pour chaque procédé d'impression.

Puisque, dans certaines limites, l'allonge de l'encre au moyen de blanc transparent, donne le même résultat que la diminution de la charge d'encre, nous ne devons déterminer la quantité de blanc transparent qu'assez *rudimentairement*, car l'imprimeur fera automatique-

ment l'ajustage en réglant la charge d'encre de l'impression.

L'expérience nous a montré qu'il était pratique de déterminer la composition de l'encre en 3 stades.

- I. Détermination du rapport entre les 2 tons de base.
- II. Détermination de la quantité de gris, à ajouter au mélange I.
- III. Détermination de la quantité de blanc transparent à ajouter au mélange I + II.

L'analyse de la teinte modèle au moyen de l'Lv 30 nous donne les 3 paramètres qui sont nécessaires et suffisants pour la détermination de ces 3 rapports.

Puisqu'il n'y a pas de relation mathématique simple, entre les 3 paramètres fournis par l'appareil et les 3 rapports cherchés, seule la méthode graphique rend possible la conversion rapide des résultats de l'analyse colorimétrique en facteurs de composition de l'encre.

Malheureusement, 3 paramètres, entre lesquels il n'y a aucune relation, doivent obligatoirement être représentés par un point dans l'espace.

Nous serons donc obligés, pour revenir à une représentation plane, de faire différentes coupes dans la représentation en 3 dimensions, selon des plans parallèles.

C'est l'intensité de la teinte modèle, lue sur le galvanomètre de l'Lv30, qui déterminera la situation du plan à considérer et en pratique le numéro du graphique à utiliser.

Quant au nombre de graphiques nécessaires pour atteindre une précision acceptable, il nous a semblé que le minimum était de 15 environ.

Pour l'établissement des graphiques, nous avons procédé comme suit :

— Le but était d'obtenir un certain nombre de points, établissant 3 séries de *courbes*, sur des graphiques en coordonnées polaires, de la même présentation que le cadran du coloroscope. Ces 3 séries de *courbes* permettront la détermination successive des 3 rapports de constitution.

— A cette fin, nous avons fait une série d'impressions à l'aide de l'appareil d'essai conçu par l'I.G.I.

Le grand avantage de cet appareil pour notre étude est de permettre la mesure exacte du poids d'encre déposé par unité de surface ; ceci par simple pesée de la roulette, faisant office de cliché, avant et après l'impression.

Ainsi, nous avons imprimé pour les mélanges de 2 tons de base :

1) Les 2 tons de base purs et les mélanges : 20/80 ; 40/60 ; 60/40 et 80/20 ;

2) Les 6 encres ci-dessus mélangées successivement avec 10 %, 25 %, 50 % et 100 % de gris.

3) Les 30 encres précédentes, mélangées successivement avec : 25 %, 50 % et 100 % de blanc transparent.

Toutes ces impressions ont été analysées à l'Lv30.

Afin d'augmenter la précision des mesures, nous avons pris 2 précautions spéciales :

1) Nous avons utilisé 8 *étalons colorés, différents*, en présentant chaque fois l'étalon dont la teinte se rapproche de celle de l'échantillon à contretyper.

2) Nous avons divisé le cadran en 3 *champs*. Chacun de ces champs, correspondant à l'emploi d'un filtre différent pour la détermination de l'intensité. Ces 3 champs sont clairement délimités sur le cadran.

En effet, il y a avantage à faire la mesure de l'intensité dans le filtre dont la teinte est \pm complémentaire de celle de l'échantillon à mesurer.

Toutes les teintes mesurées ont alors été triées par échelon d'intensité. Chaque groupe a été porté sur un graphique séparé.

Les éléments déterminés nous permettent maintenant de tracer sur chaque graphique 3 séries de *courbes*.

1) Les courbes qui relient tous les points correspondant à un mélange de même % des 2 tons de base.

2) Les courbes qui relient tous les points correspondant à un % de gris identique dans différents mélanges de tons de base.

3) Les courbes qui relient tous les points correspondant à une dilution avec blanc transparent donnée.

Une fois ces graphiques établis, le contretypage d'une teinte se résume à ceci :

1) Etalonner l'appareil Lv30 comme d'habitude sur l'étalon noir et l'étalon gris.

2) Remplacer l'étalon gris par l'étalon coloré dont la teinte se rapproche le plus de la teinte à contretyper ; repérer la position du spot et faire éventuellement une légère correction pour l'amener à la position indiquée sur l'étalon.

3) Remplacer l'étalon coloré par l'échantillon à contretyper, repérer la position du spot et lire l'intensité dans le filtre qui correspond au champ dans lequel se trouve le spot.

4) Prendre le graphique correspondant le mieux à l'intensité trouvée et rapporter sur celui-ci la position du spot repérée sur le cadran.

5) Au moyen des 3 séries de *courbes* et en interpolant éventuellement, lire directement les 3 rapports cherchés.

La quantité de blanc transparent indiquée sur le graphique, est celle qui convient pour le procédé offset. Pour le procédé typo, il y a lieu d'augmenter cette quantité dans une proportion donnée.

* * *

Démonstration de quelques exemples pratiques de contretypage.

* * *

Conclusion.

Le contretypage des teintes en peinture et en encres d'imprimerie, sans intervention de l'œil humain, est un problème qui, depuis longtemps, captive l'attention de nombreux spécialistes en colorimétrie appliquée.

Notre organe visuel est étonnamment sensible mais aussi tellement peu constant dans ses appréciations, de plus l'observateur est rarement neutre, ce qui rend son jugement extrêmement subjectif.

Les deux facteurs qui rendaient la réalisation quasi impossible étaient, d'une part, le nombre considérable de pigments et de colorants employés, et, d'autre part, la lenteur des appareils colorimétriques et l'interprétation complexe de leurs paramètres.

La voie, que nous ouvrons avec enthousiasme, n'est pas dépourvue de tronçons difficiles à parcourir avec prudence et réflexion.

Nous sommes cependant convaincus que c'est la route de la lumière qui nous conduira d'étapes en étapes à l'utilisation plus parfaite et plus rationnelle des outils colorés que la nature dispense à nos arts et à nos industries.

Fait à Bruxelles, le 15-5-1959.

Le photocolorimètre différentiel à écran cathodique LV30

par J. PETERS,

Professeur à l'Université Catholique de Louvain.

Le but poursuivi dans l'étude de cet appareil est de répondre à un besoin très précis manifesté par les fabricants de produits colorés de disposer d'un appareil de mesure physique permettant une évaluation très rapide des couleurs et des différences de couleur avec une sensibilité au moins égale à celle de l'œil humain et cela sans intervention du jugement subjectif de l'opérateur.

Le problème est posé par l'industrie de l'imprimerie en couleur où l'on désire pouvoir établir rapidement la valeur d'une encre suivant les méthodes proposées par la L T F, et partant, de déterminer les proportions dans lesquelles ces encres devront être employées pour obtenir un coloré déterminé.

Le problème nous fut également posé dans le contexte de l'automatisation d'un processus de teinture dans lequel on désire déterminer rapidement l'écart entre l'échantillon original et le contretypé réalisé, ainsi que les sens de la correction à établir.

Enfin le problème fut posé en vue du triage automatique des produits colorés tel que les carreaux de céramique. Les conditions posées dans ce dernier cas sont extrêmement sévères tant concernant la cadence de la mesure, qui doit atteindre 1.000 ou 1.500 carreaux par heure, que concernant la sensibilité exigée. On sait en effet que l'œil humain est extrêmement sensible aux variations des couleurs surtout lorsque les éléments colorés sont juxtaposés pour former des surfaces planes et unies.

L'étude de ces trois problèmes nous a permis de dé-

velopper un appareil dont le domaine d'application couvre la majeure partie des problèmes de colorimétrie posés par l'industrie de la couleur.

Le principe de l'appareil est celui de trois colorimètres travaillant simultanément et dont les indications sont combinées de façon à déterminer la position d'un spot lumineux sur écran cathodique de grande dimension.

Le temps de réponse est extrêmement rapide et l'obtention du résultat ne nécessite aucun calcul, ceux-ci étant réalisés par les circuits inclus dans l'appareil tandis que l'interprétation du résultat s'effectue préalablement par l'emploi d'un gril à adapter sur l'écran.

Comme dans les autres appareils mis au point à notre Institut nous marquons une nette préférence pour les mesures colorimétriques effectuées en sphère d'intégration et ce malgré la pratique que certains préconisent de l'éclairage à 45° et l'observation à 0°. Les expériences nous ont montré que l'emploi de la sphère d'intégration permet seule d'éliminer pratiquement les erreurs provenant de l'orientation de la trame lors de mesures sur tissus.

Le dispositif d'éclairage est constitué comme l'indique la figure, d'une lampe E à incandescence dont le faisceau est scindé en deux composantes par un Wollaston W à 12° d'angle de déviation. Ces deux faisceaux éclairent respectivement l'échantillon à analyser et l'échantillon de référence. Un polaroïde Po tournant réalise l'extinction alternative des deux rayons (fig. 1).

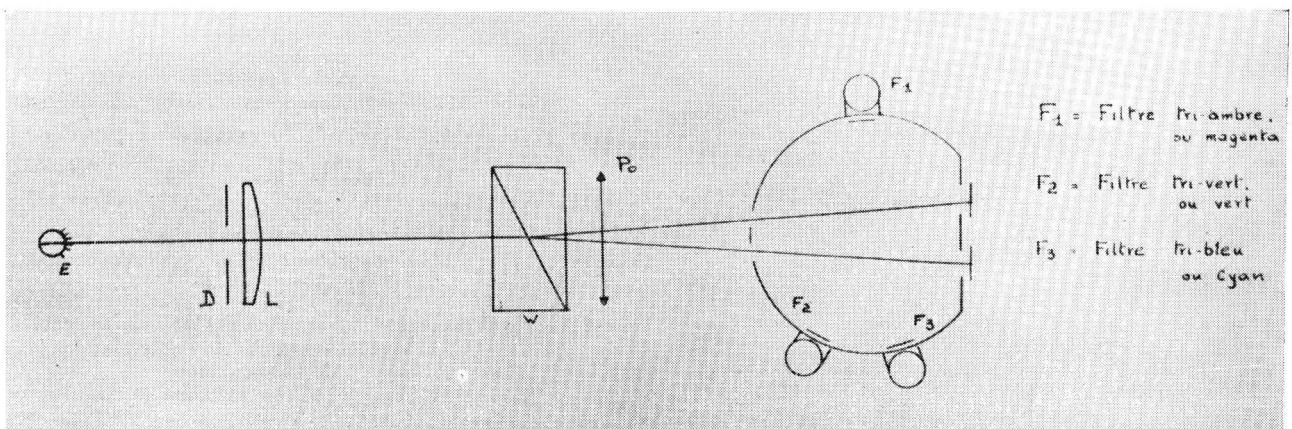


Fig. 1.

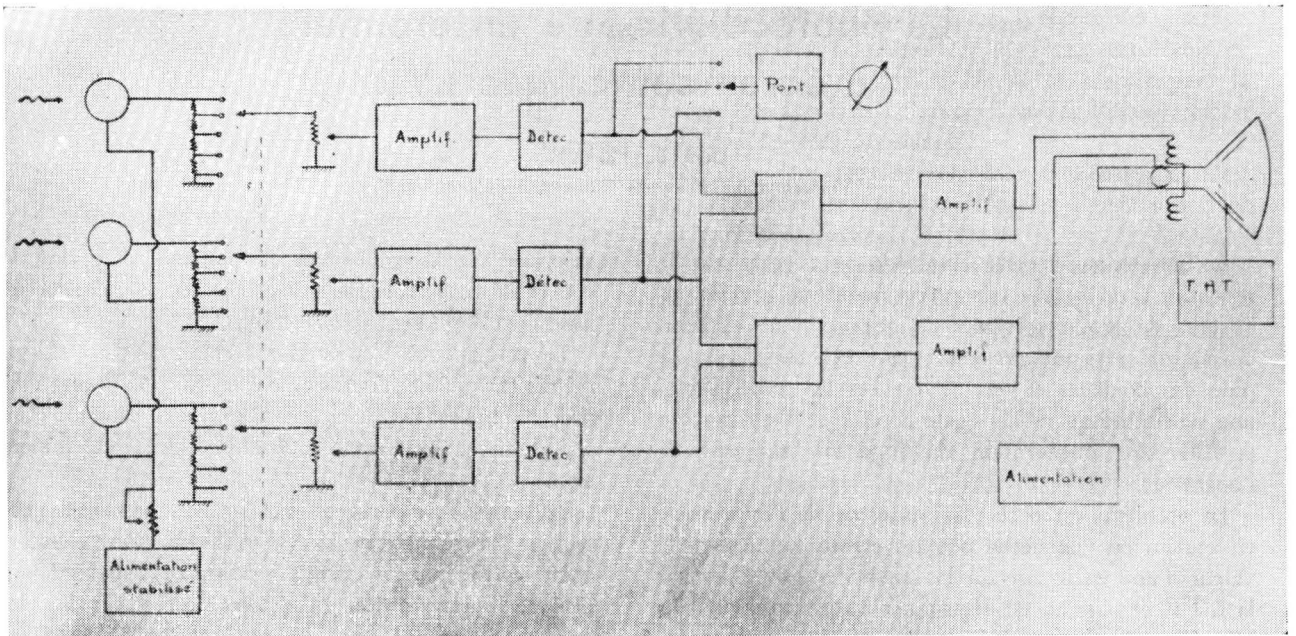


Fig. 2.

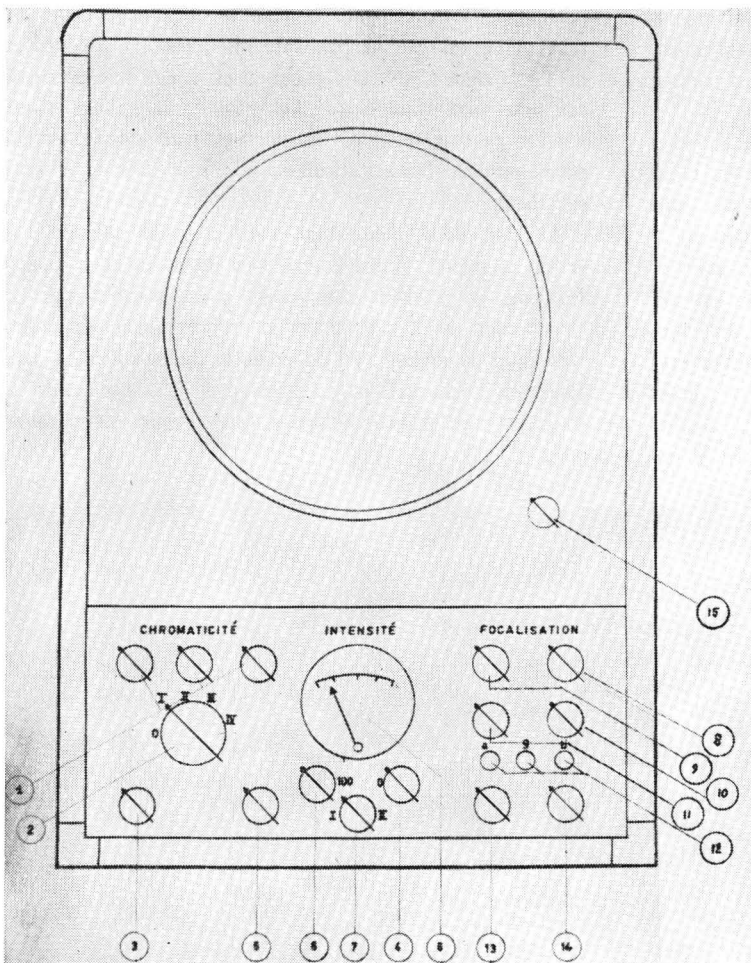


Fig. 3.

Fig. 3

Réglage de la chromaticité.

1. Potentiomètres d'amplification individuelle des cellules A, G, B.
2. Combinateur des étages d'amplification I, II, III et IV.
3. Potentiomètre de réglage de l'amplification.

Réglage de l'intensité.

4. Millivoltmètre enregistrant l'intensité.
5. Combinateur connectant le millivoltmètre sur chacune des cellules A, G, B.
6. Réglage du millivoltmètre à 100 et à 0.
7. Combinateur des sensibilités I et II du millivoltmètre.

Focalisation du Spot.

8. Concentration du Spot.
9. Intensité lumineuse du Spot.
10. Réglage vertical du Spot.
11. Réglage horizontal du Spot.
12. Voyants lumineux signalant la saturation des tubes.
13. Voyant lumineux de l'alimentation.
14. Switch de l'alimentation.
15. Bouton-poussoir annulant le magnétisme rémanent des bobines de déflexion.

Une différence de coefficient de réflexion des deux échantillons en présence engendre dans la sphère un signal alternatif. Ce signal est capté au moyen de trois cellules F_1 F_2 F_3 disposées dans la sphère suivant une loi géométrique appropriée, chacune de ces cellules est armée d'un filtre adéquat.

Les trois signaux reçus sont alors amplifiés et combinés pour alimenter les bobines de déviation du tube à rayon cathodique. Une attention particulière est portée au choix des cellules et à la stabilisation de l'alimentation de façon à garantir une grande stabilité.

Le schéma ci-joint permet de reconnaître les différents constituants (fig. 2, fig. 3).

Dans sa réalisation initiale l'appareil est muni de trois filtres Wratten complémentaires aux encres primaires utilisées en imprimerie. Les données obtenues dans les trois cellules permettent de réaliser sur l'écran trois axes à 120° suivant lesquels les déviations du spot sont respectivement proportionnelles aux intensités lumineuses enregistrées dans chacune des trois cellules.

Au moyen d'un commutateur spécial il devient possible de recueillir séparément l'indication de chacune des cellules. L'objet de cette communication étant essentiellement la description de l'appareil nous nous contenterons de signaler cette application au domaine de l'impression en couleur en laissant à d'autres le soin de l'approfondir. On peut en voir une application sur l'appareil en démonstration. Une variante de l'appareil qui nous semble particulièrement attrayante est l'emploi de cellules armées de filtres tristimulus

Tribbleu qui sera désigné par la lettre B

Trivert qui sera désigné par la lettre G

Triambre qui sera désigné par la lettre A

La cellule G dont la courbe spectrale se rapproche de la courbe d'efficacité visuelle « V_λ » permet de recueillir au milli-ampèremètre une indication proportionnelle au facteur de luminance de la couleur.

Ce facteur est pris par rapport à la luminance de l'échantillon de référence pour lequel on choisit une couleur achromatique, un blanc, un noir ou un gris neutre. La déviation du spot sur l'écran se fait dans un champ à deux axes fournissant des déviations respectivement proportionnelles aux valeurs $A - G$ et $0,4(G - B)$. Ces déviations sont obtenues par combinaison électronique des signaux A, B et G recueillis aux bornes des cellules.

On remarquera que les valeurs représentent précisément le numérateur des expressions α et β dans le système Hunter.

$$\alpha = \frac{A - G}{A + 2G + B} \text{ et } \beta = \frac{0,4(G - B)}{A + 2G + B}$$

On remarquera qu'une direction sur l'écran est caractéristique de la longueur d'onde. On sait que dans le système de Hunter le rapport $\frac{\beta}{\alpha}$ donne la tangente de l'angle caractéristique des longueurs d'ondes.

Il s'ensuit que

$$\varphi_\lambda = \text{arc tg } \frac{\beta}{\alpha} = \text{arc tg } \frac{0,4(G - B)}{(A - G)}$$

Il est donc possible, en adaptant convenablement les filtres utilisés aux réponses spectrales des cellules et au spectre d'émission de la source, de disposer sur l'écran les couleurs comme dans le diagramme $\alpha\beta$ de Hunter. Pour la mesure des écarts colorimétriques il est toutefois apparu que la disposition de Hunter présentait un manque d'uniformité dans la disposition des longueurs d'ondes : tandis que les couleurs vertes et jaunes sont fortement dispersées, les rouges se situent fort près les uns des autres. La mesure étant donnée par la position du spot le maintien de cette disposition reviendrait à diminuer la sensibilité de l'appareil pour les couleurs rouges et à l'augmenter outre mesure pour les verts. Pour ces raisons nous avons préféré ne pas adopter cette disposition. L'appareil présente même l'avantage de permettre d'en approprier le diagramme aux besoins particuliers par l'usage de filtres correcteurs choisis.

Il faut également remarquer le fait que des couleurs ayant la même longueur d'onde dominante se disposent sur un rayon rigoureusement rectiligne (fig. 4).

Le phénomène bien connu du virage des couleurs par dilution peut être suivi sur l'écran avec une remarquable précision. Je me permets de signaler la valeur didactique que cela peut avoir.

Outre l'indication de longueur d'onde l'appareil donne une indication valable et immédiate quant à la pureté relative de différentes couleurs de même longueur d'onde. Une rapide étude théorique montre que le lieu géométrique de couleurs de même saturation représentées dans le diagramme de Hunter par des circonférences de rayon :

$$\rho_H = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$$

se retrouveraient dans un diagramme où

$$\begin{aligned} X &= A - G \\ Y &= 0,4(G - B) \end{aligned}$$

sur des coniques représentées par l'équation polaire suivante :

$$\begin{aligned} R_A &= \frac{1,6G}{0,4 - 0,4\alpha + \beta} \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \\ &= (A + 2G + B) \rho_H \end{aligned}$$

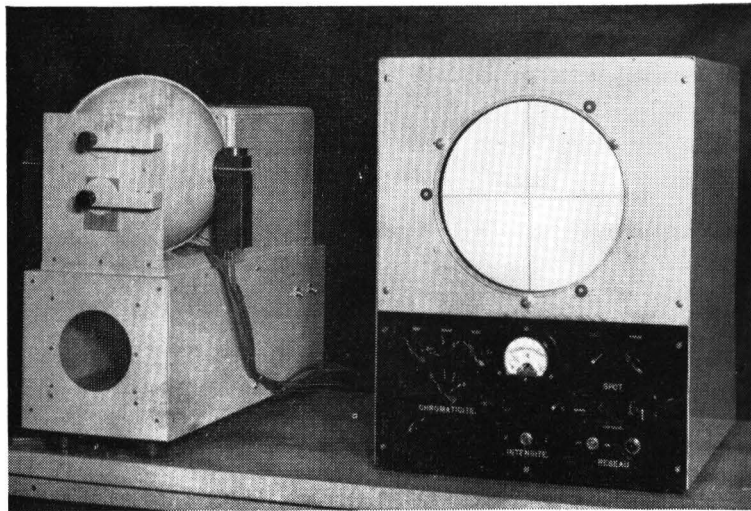


Fig. 4.

α et β sont les coordonnées de la couleur dans le système de Hunter.

Q_H en est le rayon vecteur caractéristique.

R_A est le rayon vecteur du point représentatif de la couleur sur l'appareil. Une étude détaillée du solide

de couleurs engendré par l'équation présente a été faite, mais il serait fastidieux et d'un intérêt limité d'entrer dans les détails (fig. 5 et 6). Le problème qui se pose dans la pratique est souvent de déterminer parmi certains colorants celui qui présente la plus grande pureté.

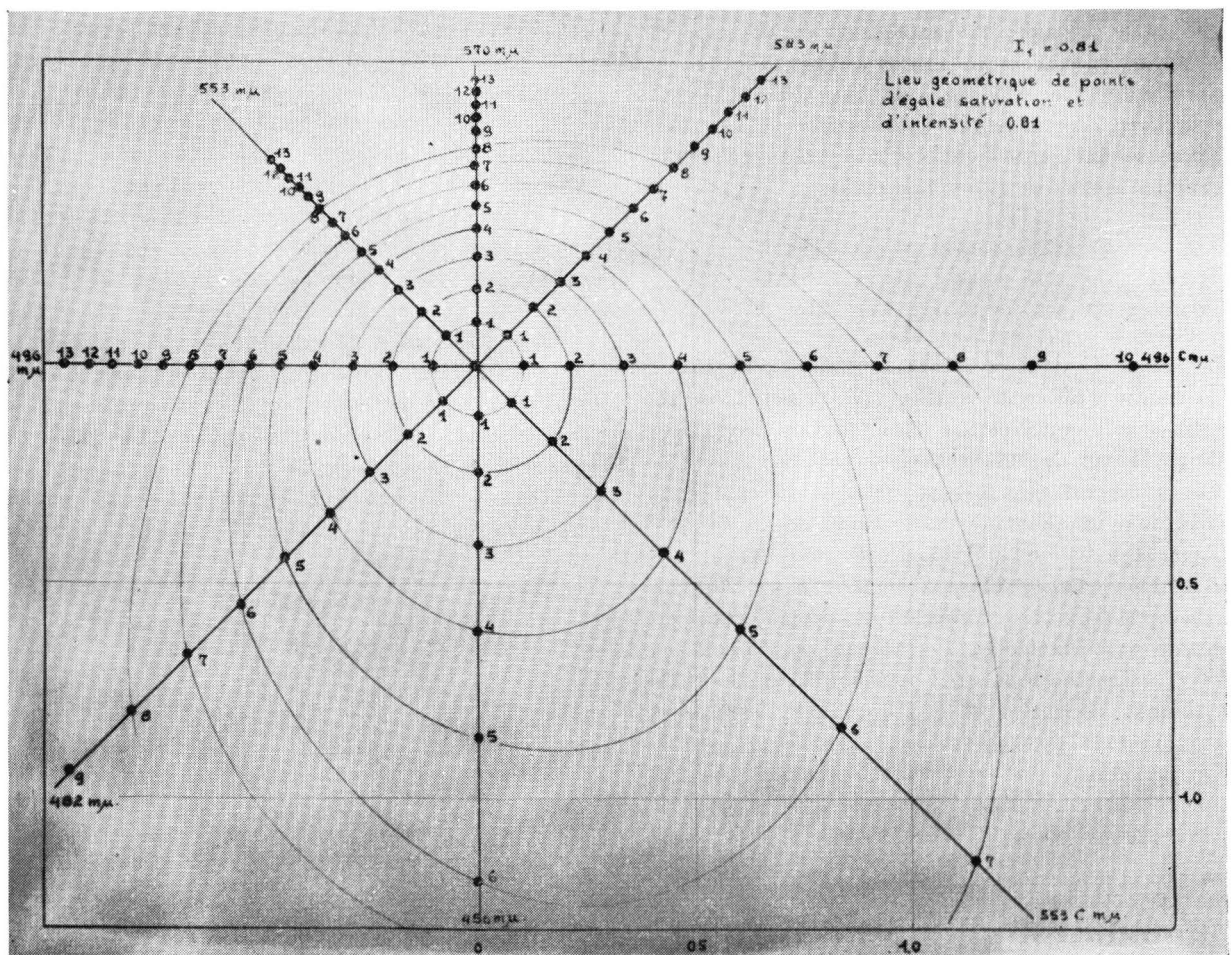


Fig. 5.

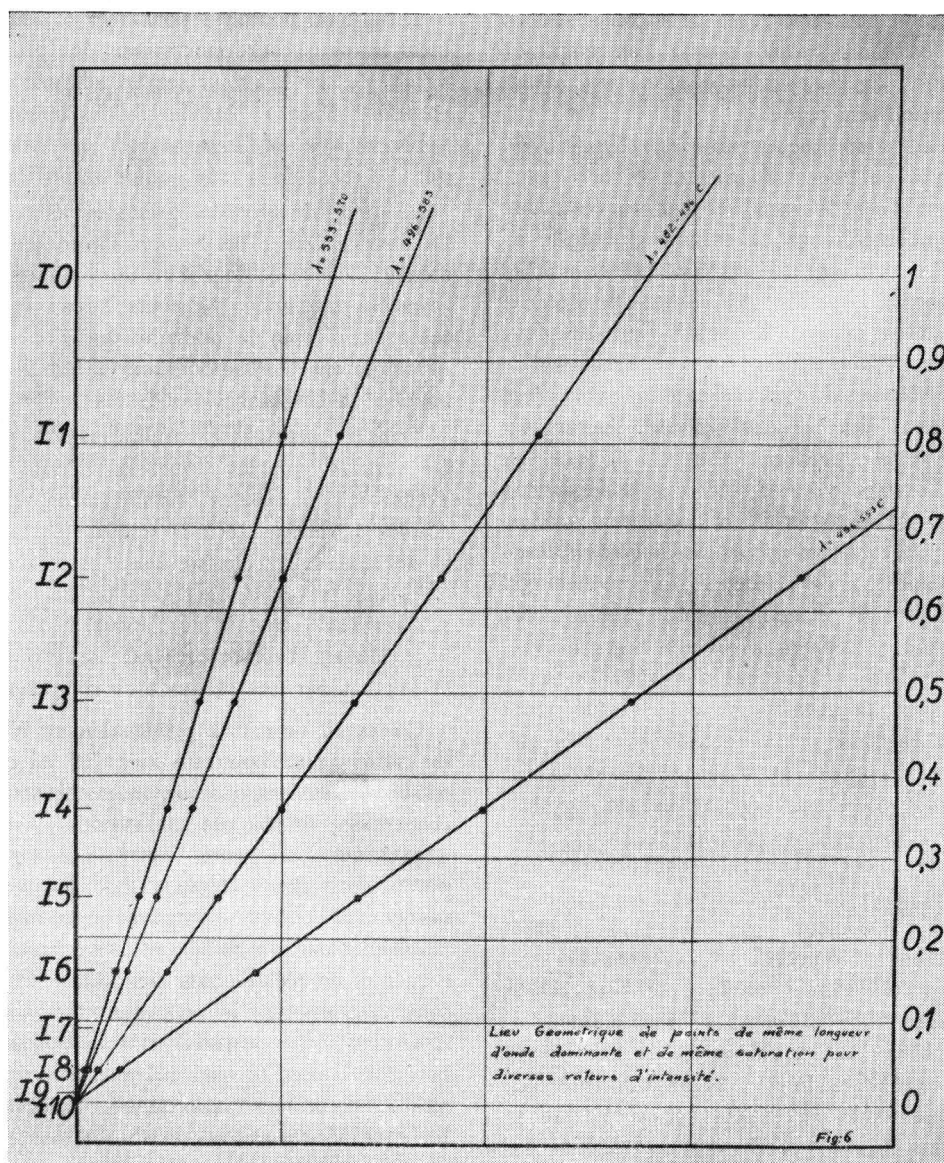


Fig. 6.

L'appareil a été muni d'un dispositif spécial permettant la comparaison rapide.

Après avoir lu sur le milliampèremètre l'indication de luminance des couleurs à comparer on peut régler simultanément dans la même proportion le coefficient d'amplification des trois cellules au moyen du bouton 3 (fig. 3).

On ramène ainsi par un artifice électronique toutes les couleurs au même plan d'intensité, et la pureté d'excitation des échantillons peut immédiatement être comparée. Il est vrai que l'échelle varie encore un peu en fonction du dénominateur de l'équation. Cela a pour conséquence que des couleurs qui se situeraient sur un

cercle dans le diagramme $\alpha\beta$ se présenteront sur l'écran sur des ellipses légèrement décentrées.

Loin d'être un inconvénient cette particularité permet de rejoindre certaines caractéristiques des systèmes physiologiques de représentation des couleurs. On sait en effet que des couleurs que l'on perçoit avec des écarts physiologiquement égaux se situent dans le diagramme $\alpha\beta$ non sur des cercles, mais sur des ellipses dont les dimensions varient suivant la couleur considérée. — Monsieur Vanherck traitera de ce point plus en détail.

Dans tous les cas qui précèdent, la mesure se fait par comparaison à un étalon achromatique, noir ou gris après mise au zéro sur un échantillon blanc. Le coeffi-

cient d'amplification peut être réglé de façon à situer sur l'écran les colorants primaires que l'on emploie dans une opération de teinture ou d'imprimerie, dans ce cas l'amplification sera petite.

Si l'on veut au contraire comparer un échantillon avec un contretype on pourra augmenter le coefficient d'amplification de façon à visualiser par un écart de plus d'un cm une différence de chromaticité égale à 1 unité N.B.S. Le locus original des couleurs primaires se trouvera déborder largement les limites de l'écran et on pourra toutefois ramener les points figuratifs des couleurs analysées à l'intérieur de l'écran en agissant sur les champs de déflexion du faisceau sans influencer les indications provenant des cellules. Les deux boutons E et F permettent cette opération.

Dans le cas du triage d'objets colorés cette façon de procéder peut suffire. Si toutefois on exige une extrême sensibilité on aura l'avantage de remplacer l'échantillon neutre par l'échantillon de référence, on augmentera par là la sensibilité. Il devient toutefois souhaitable dans ce cas de rendre l'appareil sensible au signe de variation, ce qui se fait aisément par démodulation sensible à la phase. Un premier triage sera effectué pour classer les objets en classe de luminance égale, puis un second classement effectuera un triage de chromaticité.

Construit comme colorimètre différentiel en vue des applications décrites ci-dessus l'appareil ouvre des perspectives extrêmement intéressantes dans le domaine de mesures absolues en vue de déterminer les coordonnées a , b et L d'une couleur.

Suivant la méthode décrite par Hunter dans son excellent article intitulé Photo-électric Color difference Meter (JOSA, Déc. 1958, p. 985-995) rien n'empêche d'approprier les filtres utilisés aux caractéristiques spectrales de la source et des cellules de façon à obtenir une courbe de réponse totale exactement correspondante à celles aux valeurs X_c , Y_c et Z_c des coefficients de distribution CIE dans l'illuminant C. Dans le système Hunter les coordonnées sont données par les expressions suivantes :

$$\begin{aligned} L &= 100 Y^{1/2} \\ a &= 175 Y^{-1/2} (1,02 X - Y) \\ b &= 70 Y^{-1/2} (Y - 0,847 Z) \end{aligned}$$

Comme l'indique Hunter les coefficients 1,02 et 0,847 proviennent de la réduction des coefficients X , Y et Z du Mg O dans l'illuminant C. Les valeurs Y et de $Y^{1/2}$ immédiatement données par la cellule Y_c peuvent se lire sur l'échelle du milliampèremètre. Les déviations suivant les deux axes seront rendues respectivement proportionnelles à $(1,02 X - Y)$ et à $0,4 (Y - 0,847 Z)$.

L'usage du bouton 3 permettra de réduire simultanément les deux coordonnées dans une proportion donnée par $Y^{1/2}$ dont la valeur sera renseignée sur une abaque en fonction de Y . Au moyen des boutons 9 et 10 on ramènera sur l'écran les spots qui pourraient l'avoir quitté à cause de la trop grande amplification.

Le mode de procéder présente par rapport au Color Difference Meter de Hunter l'avantage de situer immédiatement la couleur dans un diagramme dont les dimensions atteignent plusieurs mètres et dont on présente sur l'écran le domaine que l'on veut. En outre ce diagramme correspond tout à fait à ce que Hunter appelle un Uniform Color Scale.

Tous les principes de réalisation d'un tel appareil ont été vérifiés sur les appareils décrits précédemment. Toutefois pour obtenir une indication valable en valeur absolue il faut garantir la stabilité parfaite des cellules et des accessoires électroniques, et se livrer au long et fastidieux travail de la réalisation de filtres exactement adaptés aux éléments de l'appareil. Le travail de stabilisation est d'autant plus nécessaire que la mesure ne se fait pas par une méthode de compensation.

Ce travail de nature principalement électronique sort du cadre d'un laboratoire spécialisé en colorométrie. Il semble qu'en Belgique du moins le stade de maturité économique ne soit pas atteint pour passer à l'exécution d'un projet de ce genre. C'est la raison pour laquelle le photocolorimètre à écran cathodique a été développé uniquement en vue d'application industrielle comportant seulement une comparaison d'échantillons colorés et requérant un réétalonnage périodique. Hunter lui-même concède que: — « In operation color difference meter is always to be adjusted to read a standard correctly before it is used to read unknown specimen ». Dans les mesures colorimétriques visant à donner de façon exacte les coordonnées en valeur absolue moyennant l'utilisation d'un étalon blanc, il faut recourir aux méthodes par compensation éliminant de préférence l'usage des filtres par application d'un principe spectrophotométrique.

Je tiens à remercier Monsieur Pêtre, administrateur délégué de la Société Octochrome et Monsieur Dhont, son directeur technique de nous avoir posé le problème et d'avoir rendu la poursuite de cette étude possible grâce à leur soutien moral et matériel. Leurs suggestions et critiques nous furent d'un très grand prix.

Je veux aussi rendre hommage à mes collaborateurs Messieurs F. Braun et F. Vanherck, qui ont mené à bien le développement de cet appareil dans le cadre de notre Institut.

Tolérances colorimétriques pratiques dans le domaine de la peinture

par B. JAMART,

Laboratoire Professionnel des Industries Vernis Peintures à Bruxelles.

Avant d'établir des spécifications colorimétriques en peintures, il s'agissait, au préalable, de faire une enquête sur les écarts pratiquement admis par observation visuelle, pour différentes catégories de produits.

Il importait également de connaître la constance des fournitures d'une matière première d'importance, les pigments.

La présente communication donne les premiers résultats de cette enquête, la manière dont ils ont été obtenus et certaines suggestions pour la fixation des normes.

I. BUT

Les mesures colorimétriques effectuées au Laboratoire I.V.P. avaient pour but :

1) Sur deux séries d'émaux, fournitures courantes à deux grandes administrations (vert voiture et crème pour bonbonnes à gaz), tous acceptés au point de vue teinte, de se rendre compte des écarts pratiquement admis.

Pour l'émail crème, on a examiné les variations provoquées par l'application sur des supports différents, ou la brillance de la peinture.

2) Sur une série de contretypes réalisés par différentes firmes de peintures, vis-à-vis d'un même standard distribué par une grande administration, se rendre compte de la valeur des écarts enregistrés.

(Il s'agit d'un émail beige au four, pour meubles métalliques).

3) De se rendre compte des tolérances admises par les fabricants de pigments, en mesurant sur 4 pigments (2 fabricants) les écarts colorimétriques sur une série de fournitures successives.

Il s'agit d'un vert de chrome, un bleu de Prusse, un oxyde jaune et un jaune de chrome, qualité commerciale.

4) Au cours de travaux colorimétriques effectués en vue de la rédaction d'un cahier des charges pour peintures routières, de mesurer, pour un type de jaune de chrome imposé, les rabattements admissibles avec de l'oxyde de titane ainsi que les variations provoquées par l'addition de perles de verre (ballotines).

Toutes nos mesures ont été effectuées sur le Hardy et répétées sur le Hunter Multipurpose Reflectometer, dans le but de fixer les possibilités de ce dernier appareil pour le laboratoire de peintures, le Hardy servant de référence.

L'appréciation visuelle des variations ou écarts est donnée chaque fois qu'elle peut être formulée sans ambiguïté.

II. PREPARATION DES ECHANTILLONS

1) Vert de la S.N.C.B.

L'application a été faite à la brosse sur une « chart » utilisée pour le pouvoir opacifiant, et en une couche suffisante pour opacifier complètement.

2) Email crème pour bonbonnes de gaz combustible.

L'application a été faite au pistolet sur tôle d'acier étamé pour les 15 fournitures différentes.

Quant au standard, il a été appliqué au pistolet, sur verre, acier étamé et acier, et au filmographe sur papier « Kromcoat » et sur papier poreux.

3) Pigments.

Chaque échantillon a été broyé en ton plein et coupé au 1/10 avec de l'oxyde de titane.

Le liant de broyage a été de l'huile époxydée.

Le broyeur utilisé a été du type « Hoover » à disques de verre dépoli.

Une quantité de pigment de 1 à 3 g a été mouillée avec de l'huile époxydée, au moyen d'une spatule souple sur le disque inférieur.

La quantité d'huile utilisée a été celle nécessaire à la prise d'huile. Le broyeur a tourné 50 tours sous la charge de 25 kg. Le broyeur a été ouvert et la pâte raménée en couronne au moyen d'un couteau de peintre.

Le broyeur a tourné ensuite 50 tours sous la charge de 50 kg et 2 fois 50 tours sous la charge de 75 kg.

La pâte a été ramenée en couronne entre chaque broyage.

Un liant cellulosique, constitué d'huile époxyde, de coton 1/2", d'une résine cyclohexanone, d'acétate de butyle, d'acétate d'éthyle, de xylol et de n butanol, a été ajouté à la pâte.

La peinture complète ainsi préparée et qui pèse environ 10 g, a été tamisée devant un filmographe de 100 et une couche tirée sur papier « Kromcoat ».

Chaque standard a été tiré en double exemplaire.

4) Jaune pour peintures routières.

Ces peintures ont été réalisées, avec et sans billes de verres, au moyen de deux pigments purs différents, et au moyen d'un mélange de pigments (principalement de l'oxyde de titane).

L'application a été faite au filmographe sur papier « Kromcoat ».

III. MESURES ET PRESENTATION DES ECARTS

Les mesures ont été faites au Hardy et au Multipurpose Reflectometer de Gardner.

Les coordonnées ont été calculées suivant le système de Hunter en α et β .

La formule utilisée pour la détermination est celle de Judd modifiée par Braun, qui donne des écarts de chromaticité et d'intensité.

IV. RESULTATS

Ecarts maximum observés.

Nombre de fournitures	Désignation	Figure	Tableau	HARDY		P. P. R.	
				Intensité	Chromaticité	Intensité	Chromaticité
11	Vert de la S.N.C.B.	1	1	5	3	—	—
15	Crème bonbonne	2,3	2,3	8	8	8	6
2	Bleu de Prusse, ton plein	4,5	4,5	3	0	0	2
4	Vert de chrome, ton plein	6,7	6,7	5	4	1	9
3	Oxyde de fer, ton plein	8,9	8,9	0	0	0	1
1	Jaune de chrome, ton plein	10,11	10,11	1	4	0	2
2	Bleu de Prusse, 1/10	12,13	12,13	1	1	0	0
4	Vert de chrome, 1/10	14,15	14,15	2	1	2	1
3	Oxyde de fer, 1/10	16,17	16,17	0	0	0	0
1	Jaune de chrome, 1/10	18,19	18,19	2	1	1	0
6	Jaune routes	20,21	20,21	8	10	8	8
1	Crème différents supports	22,23	22,23	1	0	1	0
5	Gris meubles métalliques	24,25	24,25	2	1	2	1

V. CONCLUSIONS

1) Pour les peintures, on voit que les fournitures admises diffèrent d'un nombre assez élevé d'unités N.B.S., encore que les exigences normales pour différentes peintures (vert S.N.C.F.B., crème bonbonnes, meubles métalliques, peintures routières) puissent être nettement différentes.

L'œil voit mieux les écarts en teintes claires et pourra donc avoir tendance à se montrer plus difficile dans ces cas.

2) Pour les pigments, les écarts sont généralement plus réduits, ceux pour les tons foncés, que l'on observe ou que l'on mesure étant relativement les plus élevés et d'ailleurs difficilement interprétables.

Par coupage avec du blanc, on obtient des écarts for-

tement réduits permettant une mesure et une appréciation beaucoup plus valables.

3) Dans l'application des échantillons d'une même peinture et du standard, comprenant généralement un pigment composite, on emploiera le même système d'application (filmographe de préférence) sous même épaisseur de film, sur un même support et en ménageant les mêmes conditions de séchage, sous peine d'introduire déjà des différences appréciables.

4) Comparant les résultats fournis par le « Hunter Multipurpose Reflectometer », qui est un ancêtre de la colorimétrie, et ceux donnés par le « Hardy », on peut dire que le premier peut rendre des services certains dans les laboratoires de peinture pour les buts proposés.

Etant donné que l'œil est parfaitement sensible à une

différence de une unité N.B.S. et de plus tend automatiquement à traduire cette différence, l'établissement des tolérances pratiques dans le contretypage devrait tenir compte des considérations et facteurs suivants :

a) de la fidélité de reproduction nécessaire ou souhaitable.

b) de la sensibilité visuelle aux écarts, pour une zone donnée de couleurs.

A ce propos, on peut remarquer que les peintures routières qui n'impliquaient pas de spécifications colorimétriques proprement dites (elles sont perlées ou non perlées, coupées ou non avec du blanc et à base de pigments jaunes différents) offrent une dispersion qui n'est pas plus élevée que celles des crèmes pour bonbonnes à gaz pour lesquels un standard était imposé.

c) de là, nécessité de fixer le mode d'application des

échantillons et du standard (filmographe, épaisseur, support, séchage), un certain « flottage » pigmentaire pour les teintes composites fonction des facteurs cités, étant toujours à prévoir.

d) de l'avantage qu'il y a pour les pigments à mesurer les écarts sur les rabattements avec du blanc.

* * *

Monsieur le Professeur J. Peters et Monsieur F. Braun des Laboratoires O. Peters de l'Université de Louvain, nous ont aidé de leurs conseils appréciés et fourni les mesures effectuées sur le Spectrophotomètre de Hardy.

Les Administrations, les Sociétés et fabricants de pigments nous ont fourni gracieusement les matériaux nécessaires à cette étude.

Qu'ils trouvent ici l'expression de nos vifs remerciements.

* * *

TABLEAU 1. — Vert Chemin de fer n° 30 — Mesures au Hardy.

$$\rho = 0,00378$$

$$\Delta I_{\max} = 1,414$$

Nos	I	ΔI	$\frac{\Delta}{(\text{U.N.B.S.})}$	
			I	C
S	0,0214			
1	0,0202	1,2	1	3
2	0,0272	5,8	4	3
3	0,0219	0,5	0	1
4	0,0244	3,0	2	2
5	0,0288	7,4	5	3
6	0,0270	5,7	0	2
7	0,0223	0,9	1	1
8	0,0221	0,7	0	1
9	0,0193	2,1	2	3
10	0,0204	1,0	1	3
11	0,0245	3,1	2	2

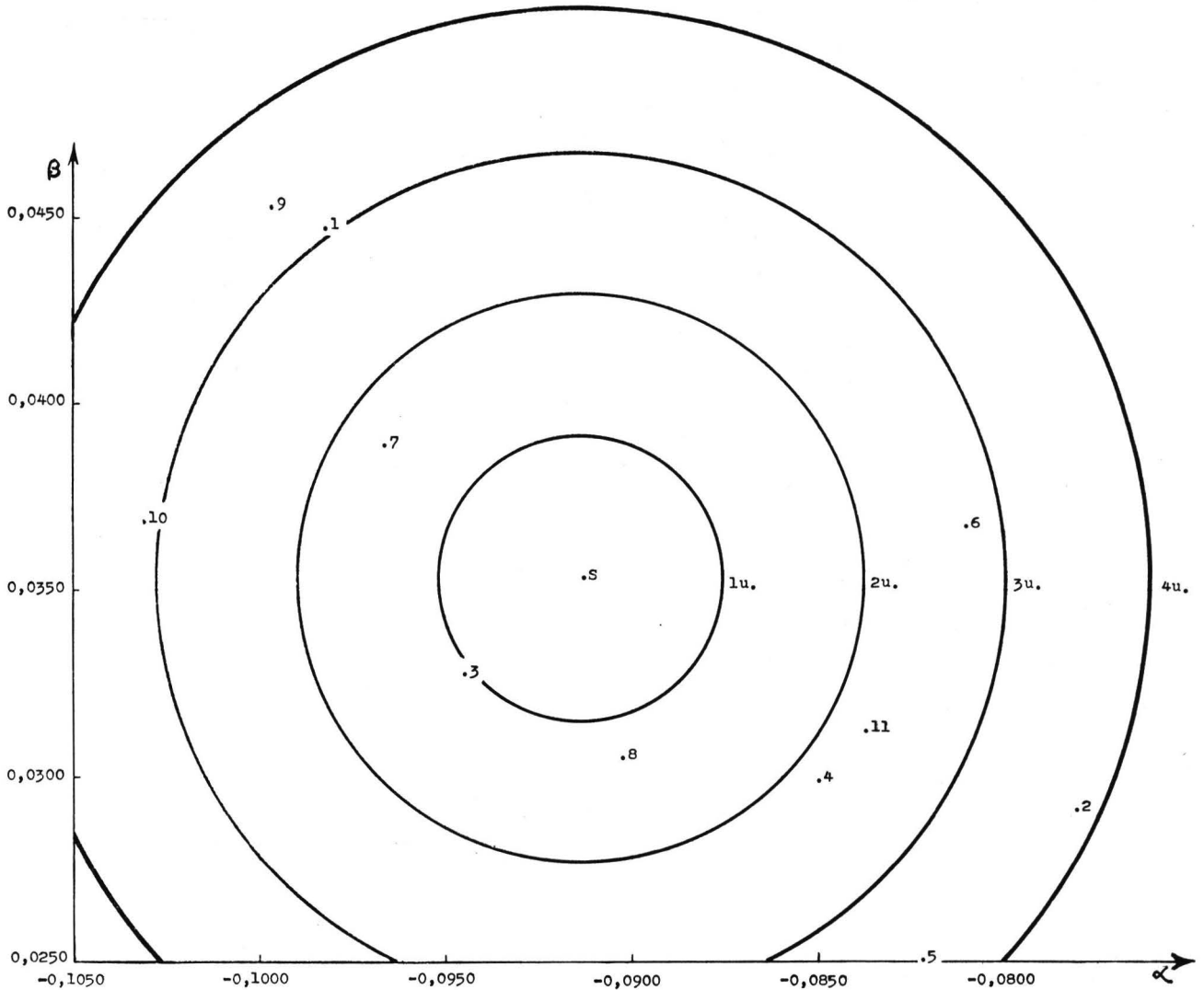


Fig. 1. — Vert chemin de fer n° 30. — Mesures au Hardy.

TABLEAU 2. — Email crème. — Mesures au Hardy.

$\rho = 0,0016$

$\Delta I_{\max} = 7,937$

Nos	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)		I	C	I	C	I	C
			I	C						
E	0,634				7	0,610	24	3	7	
S _a	0,626	8	1	0	8	0,615	19	2	7	
S _e	0,621	13	2	1	9	0,624	10	1	7	
S _v	0,626	8	1	1	10	0,606	28	4	7	
1	0,589	45	6	4	11	0,619	15	2	5	
2	0,602	32	4	8	12	0,633	1	0	4	
3	0,568	6	1	7	13	0,633	1	0	6	
4	0,642	8	1	6	14	0,574	60	8	2	
5	0,584	50	6	8	15	0,608	26	3	7	
6	0,584	50	6	7						

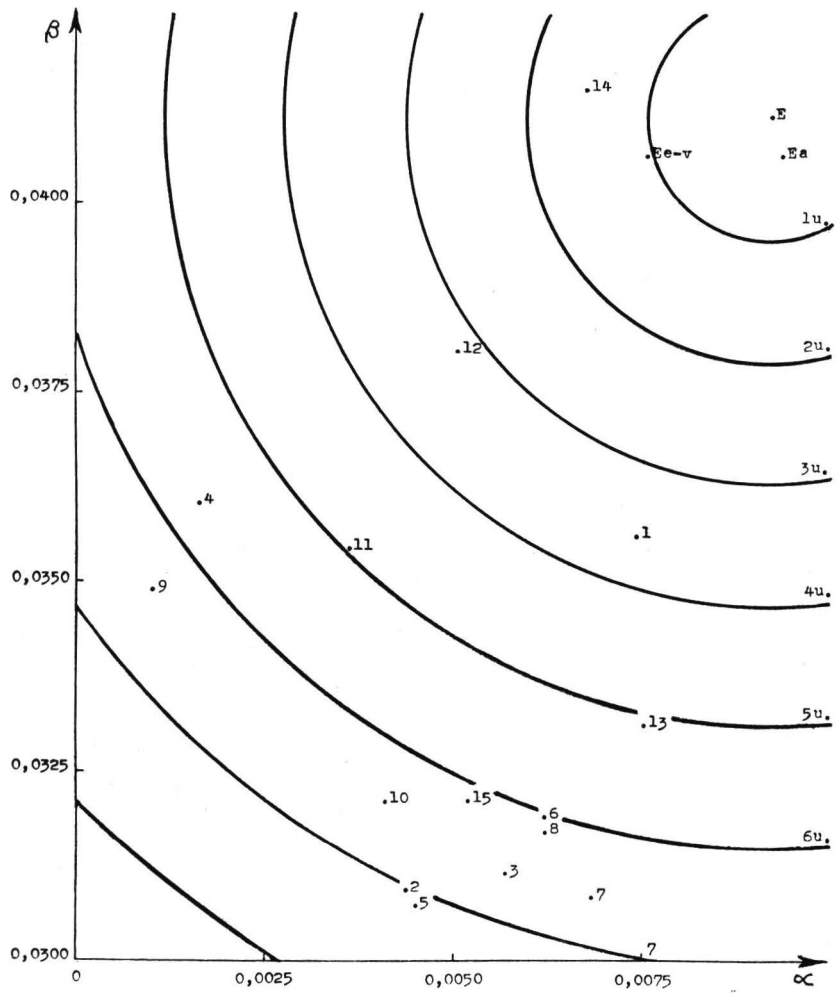


Fig. 2. — Email crème. — Mesures au Hardy.

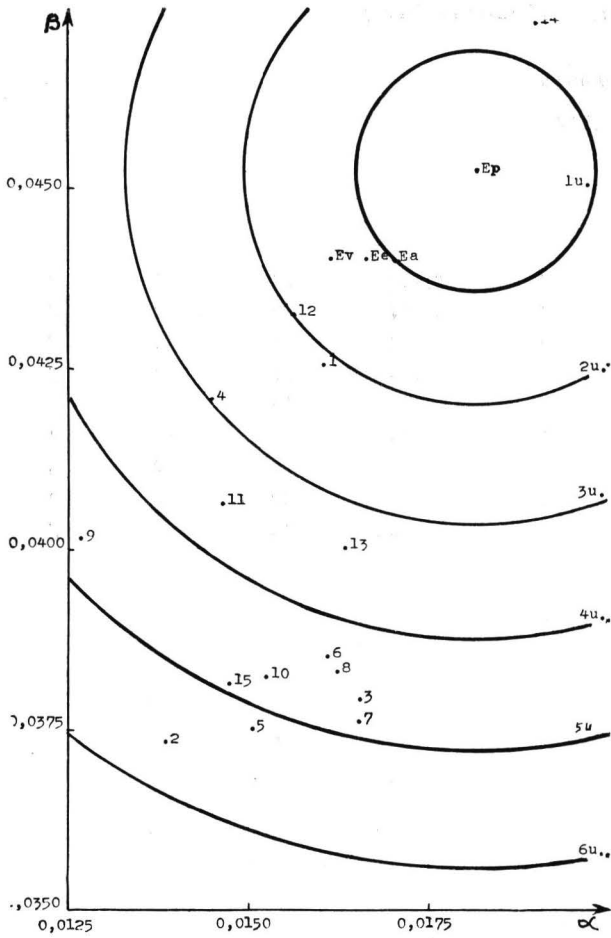


Fig. 3. — Email crème. — Mesures au M.P.R.

TABLEAU 3

Email crème

Mesures au M.P.R.

$$\varrho = 0,0016$$

$$\Delta_{I \max} = 7,937$$

N ^{os}	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
E	0,616			
S _a	0,610	6	1	2
S _e	0,610	6	1	2
S _v	0,610	6	1	2
1	0,577	39	5	3
2	0,585	31	4	6
3	0,555	61	8	5
4	0,623	7	1	4
5	0,574	42	5	6
6	0,566	50	6	5
7	0,586	30	4	5
8	0,598	18	2	5
9	0,602	14	2	5
10	0,587	29	4	5
11	0,596	20	3	4
12	0,613	3	0	2
13	0,614	2	0	4
14	0,552	64	8	5
15	0,588	28	3	5

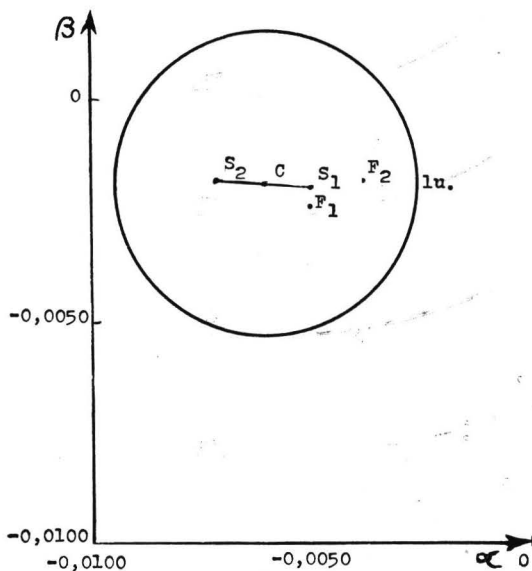
Fig. 4. — Bleu de Prusse - Ton plein.
Mesures au Hardy.

TABLEAU 4

Bleu de prusse - Ton plein

Mesures au Hardy

$$\varrho = 0,003422$$

$$\Delta_{I \max} = 1,7320$$

N ^{os}	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
S ₁	0,024			
S ₂	0,024			
F ₁	0,026	0	0	0
F ₂	0,031	5	3	0

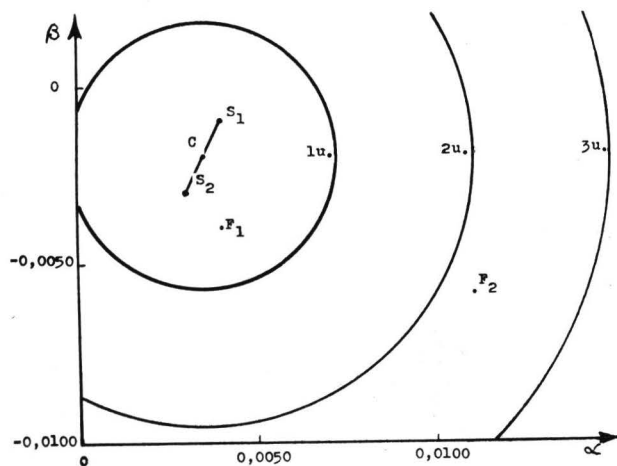


Fig. 5. — Bleu de Prusse - Ton plein.
Mesures au M.P.R.

TABLEAU 5

Bleu de prusse - Ton plein
Mesures au M.P.R.

$$q = 0,003798$$

$$\Delta I_{\max} = 1,4140$$

N ^{os}	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
S ₁	0,017			
S ₂	0,017			
F ₁	0,017	0	0	0
F ₂	0,017	0	0	2

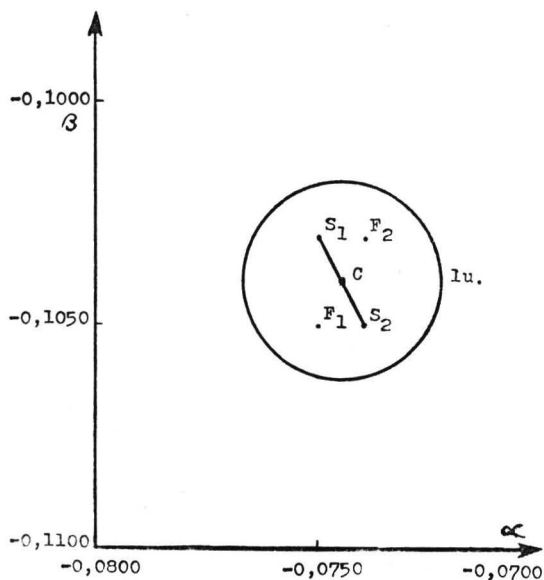


Fig. 12. — Bleu de Prusse - 1/10.
Mesures au Hardy.

TABLEAU 12

Bleu de prusse - 1/10
Mesures au Hardy.

$$q = 0,002110$$

$$\Delta I_{\max} = 4,5830$$

N ^{os}	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
S ₁	0,207			
S ₂	0,207			
F ₁	0,200	7	1	1
F ₂	0,206	1	0	1

TABLEAU 13

Bleu de prusse - 1/10
Mesures au M.P.R.

$$q = 0,002164$$

$$\Delta I_{\max} = 4,3590$$

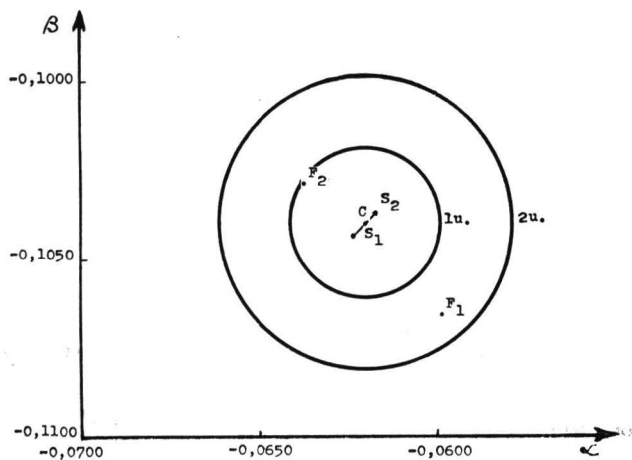


Fig. 13. — Bleu de Prusse - 1/10.
Mesures au M.P.R.

N ^{os}	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
S ₁	0,190			
S ₂	0,190	0	0	0
F ₁	0,190	0	0	0
F ₂	0,190	0	0	0

TABLEAU 6

Vert de chrome - Ton plein

Mesures au Hardy

$$q = 0,002886$$

$$\Delta I_{\max} = 2,4500$$

N ^{os}	I	ΔI	$\frac{\Delta}{(\text{U.N.B.S.})}$	
			I	C
S ₁	0,055			
S ₂	0,058			
F ₁	0,056	0,5	0	0
F ₂	0,052	4,5	2	3
F ₃	0,052	4,5	2	4
F ₄	0,071	14,5	5	3

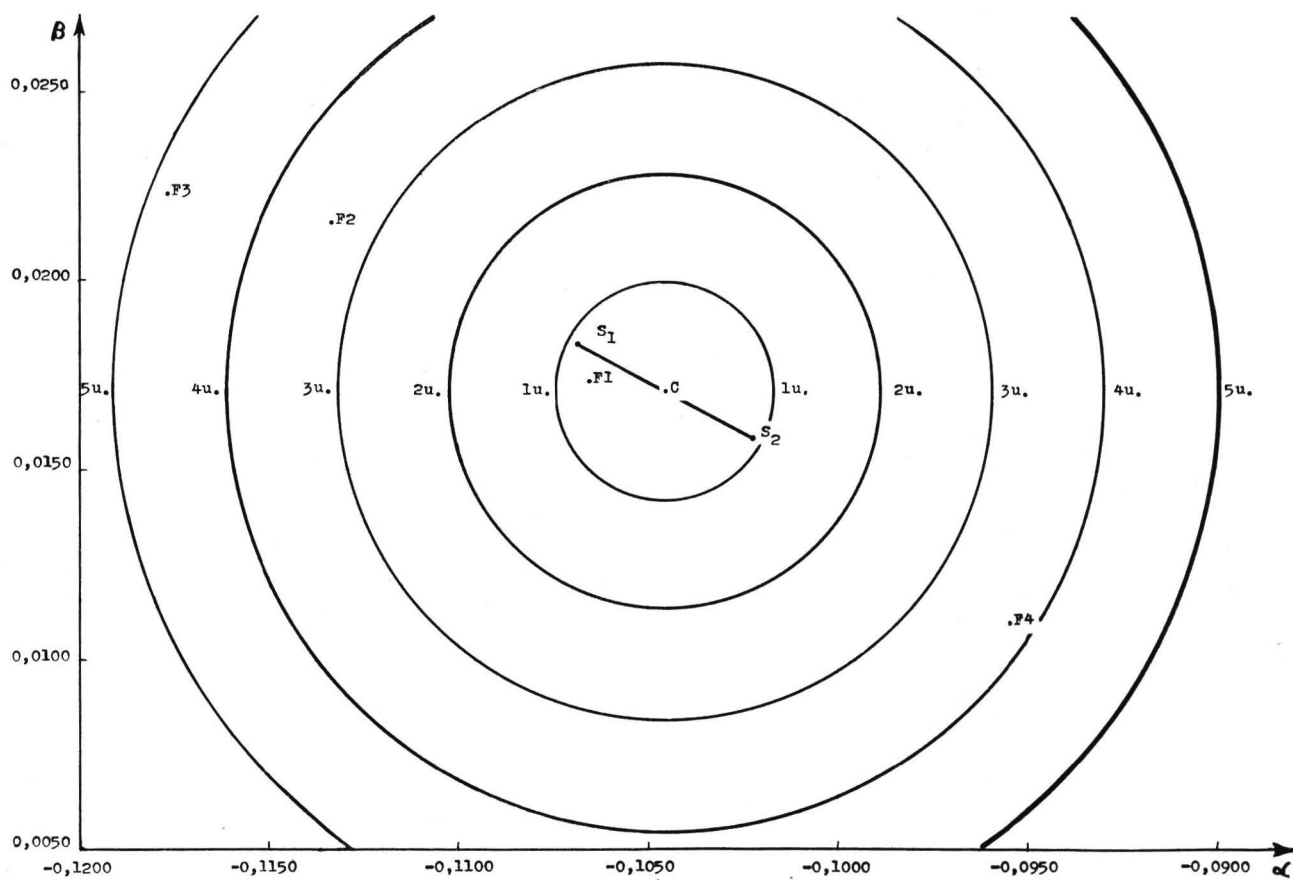


Fig. 6. — Vert de chrome — Ton plein. — Mesures au Hardy.

TABLEAU 7

Vert de chrome - Ton plein

Mesures au M.P.R.

$$\rho = 0,002777$$

$$\Delta I_{\max} = 2,6460$$

Nos	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
S ₁	0,065			
S ₂	0,066			
F ₁	0,065	0,5	0	2
F ₂	0,062	3,5	1	1
F ₃	0,062	3,5	1	2
F ₄	0,062	3,5	1	9

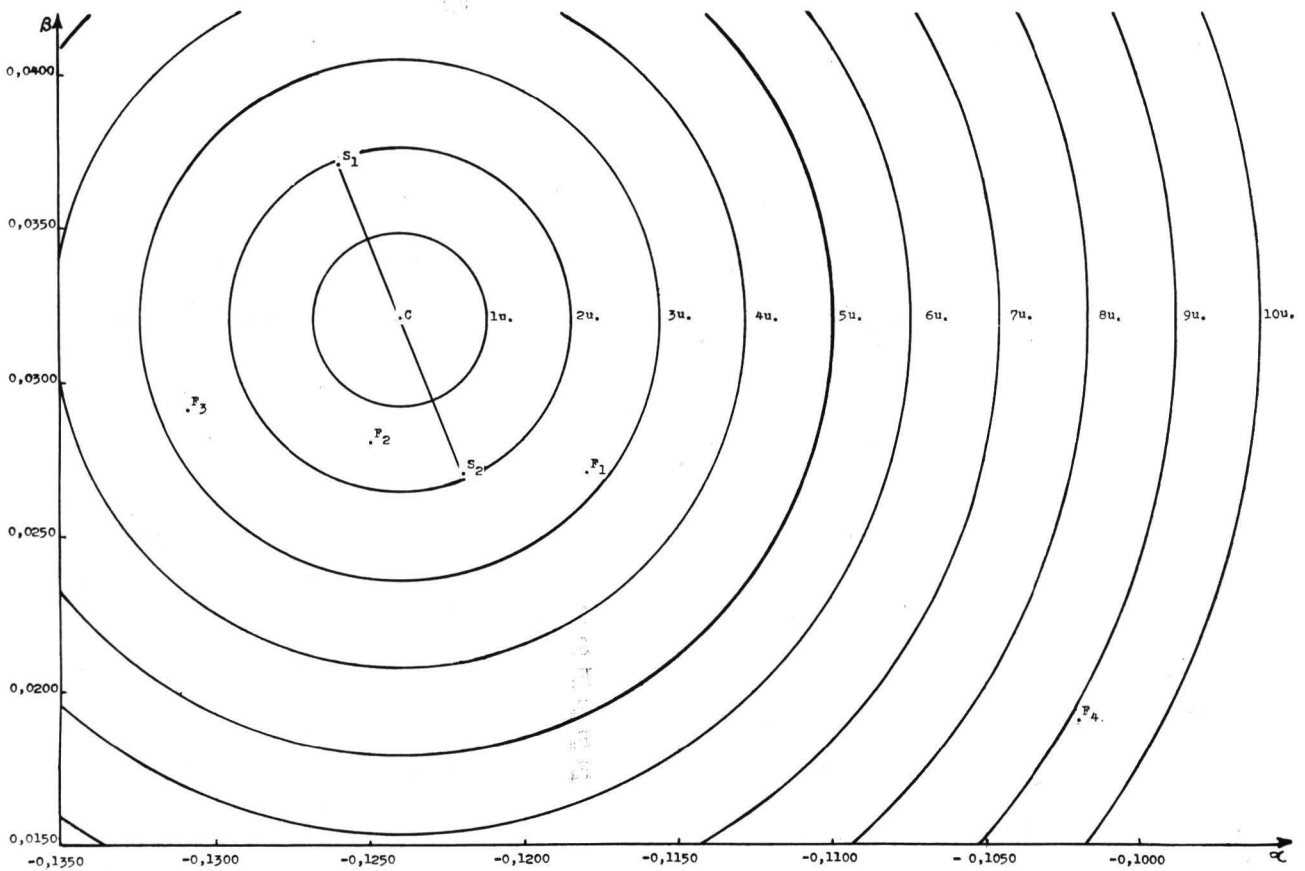


Fig. 7. — Vert de chrome — Ton plein. — Mesures au M.P.R.

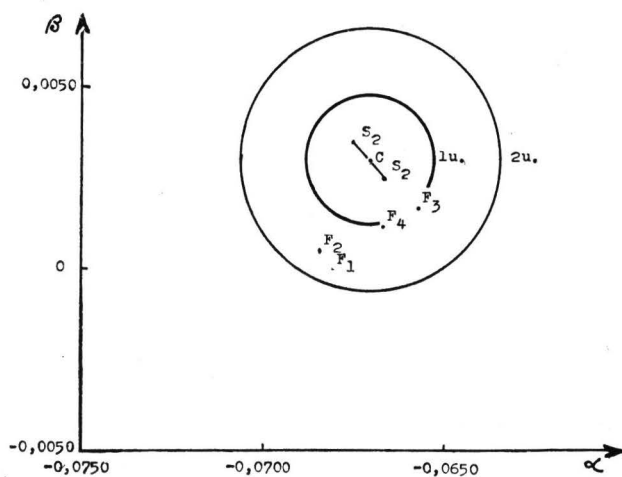


Fig. 14. — Vert de chrome - 1/10.
Mesures au Hardy.

TABLEAU 14

Vert de chrome - 1/10

Mesures au Hardy

$$\varrho = 0,001844$$

$$\Delta_{I \max} = 5,9160$$

N ^{os}	I	ΔI	$\frac{\Delta}{(\text{U.N.B.S.})}$	
			I	C
S ₁	0,361			
S ₂	0,360			
F ₁	0,352	8,5	1	1
F ₂	0,355	5,5	1	1
F ₃	0,361	0,5	0	1
F ₄	0,347	13,5	2	1

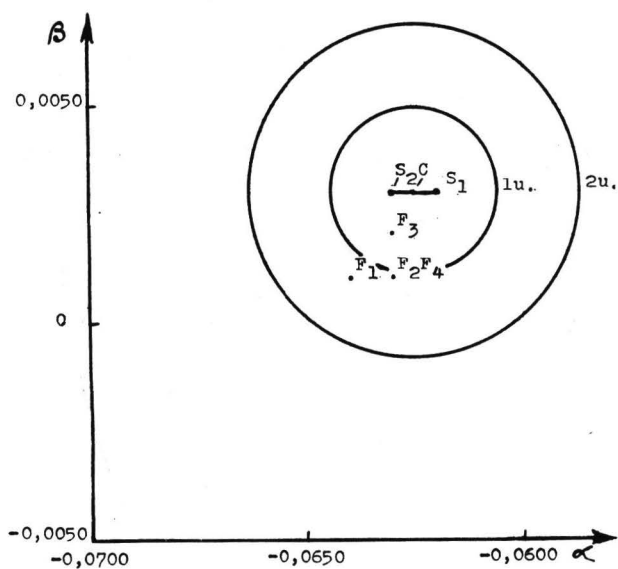


Fig. 15. — Vert de chrome - 1/10.
Mesures au M.P.R.

TABLEAU 15

Vert de chrome - 1/10

Mesures au M.P.R.

$$\varrho = 0,001871$$

$$\Delta_{I \max} = 5,8310$$

N ^{os}	I	ΔI	$\frac{\Delta}{(\text{U.N.B.S.})}$	
			I	C
S ₁	0,340			
S ₂	0,335			
F ₁	0,330	7,5	1	1
F ₂	0,330	7,5	1	1
F ₃	0,335	2,5	0	0
F ₄	0,328	9,5	2	1

TABLEAU 8

Oxyde de fer - Ton plein
Mesures au Hardy

$\rho = 0,00200$
 $\Delta I_{\max} = 5,0990$

Nos	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
S ₁	0,263			
S ₂	0,256	7	1	
F ₁	0,262	1	0	4
F ₂	0,263	0	0	3
F ₃	0,260	3	0	3

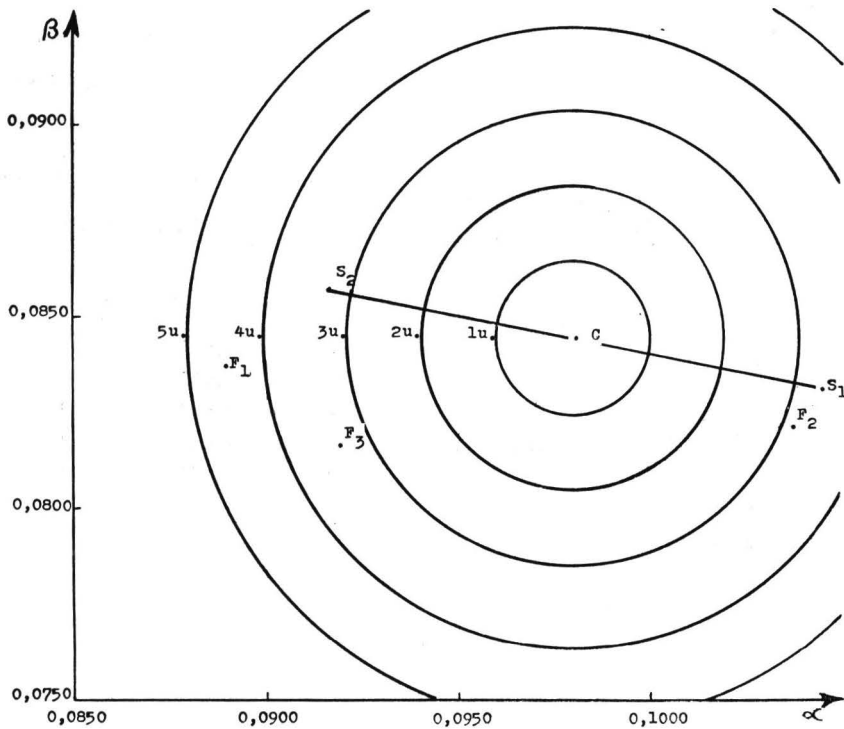


Fig. 8. — Oxyde de fer — Ton plein. — Mesures au Hardy.

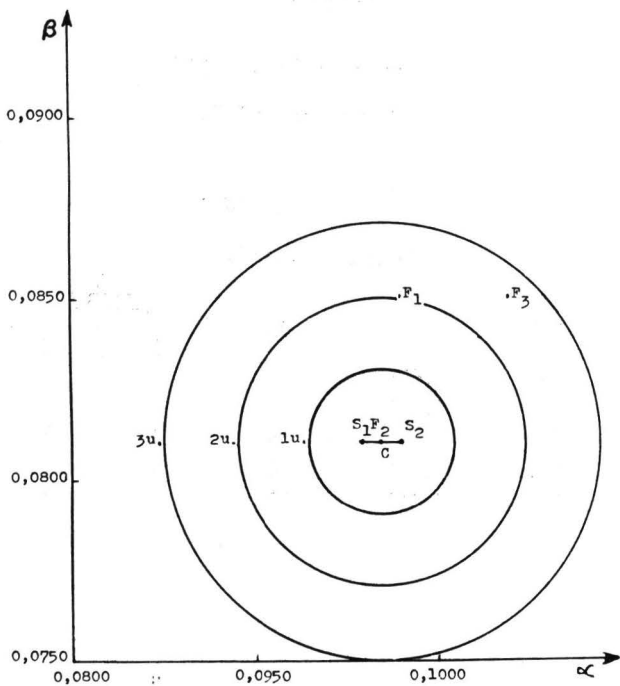


Fig. 9. — Oxyde de fer - Ton plein.
Mesures au M.P.R.

TABLEAU 9

Oxyde de fer - Ton plein
Mesures au M.P.R.

$\rho = 0,002020$
 $\Delta I_{\max} = 5,0000$

Nos	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
S ₁	0,248			
S ₂	0,247	1	0	0
F ₁	0,245	3	0	2
F ₂	0,248	0	0	0
F ₃	0,248	0	0	2

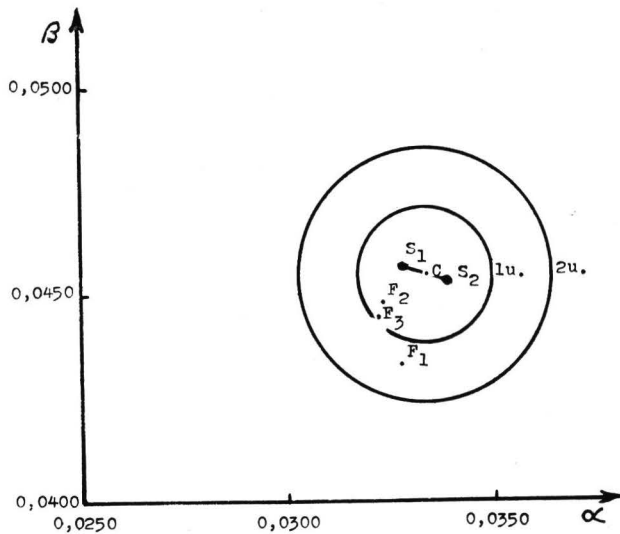


Fig. 16. — Oxyde de fer - 1/10.
Mesures au Hardy.

TABLEAU 16

Oxyde de fer - 1/10
Mesures au Hardy

$$q = 0,001591$$

$$\Delta I_{\max} = 8,0620$$

Nos	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
S ₁	0,653			
S ₂	0,653			
F ₁	0,672	19	2	1
F ₂	0,665	12	1	0
F ₃	0,675	22	1	0

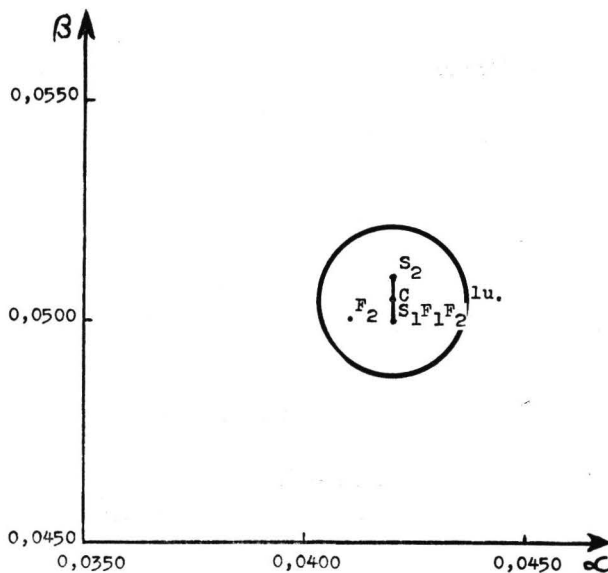


Fig. 17. — Oxyde de fer - 1/10.
Mesures au M.P.R.

TABLEAU 17

Oxyde de fer - 1/10
Mesures au M.P.R.

$$q = 0,001603$$

$$\Delta I_{\max} = 7,9370$$

Nos	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
S ₁	0,628			
S ₂	0,628			
F ₁	0,632	4	1	0
F ₂	0,632	4	1	0
F ₃	0,640	12	1	0

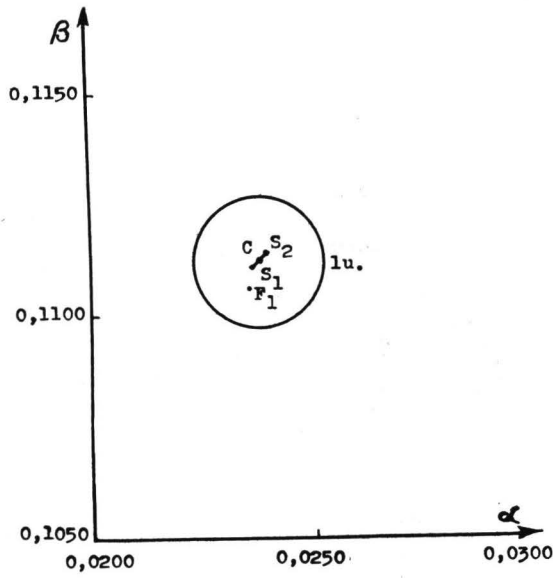


Fig. 10. — Jaune de chrome - Ton plein.
Mesures au Hardy.

TABLEAU 10
Jaune de chrome - Ton plein
Mesures au Hardy

$\varrho = 0,001535$

$\Delta_{I \max} = 8,6600$

N ^{os}	I	ΔI	$\frac{\Delta}{(U.N.B.S.)}$	
			I	C
S ₁	0,745			
S ₂	0,745			
F ₁	0,742	3,0	0	0

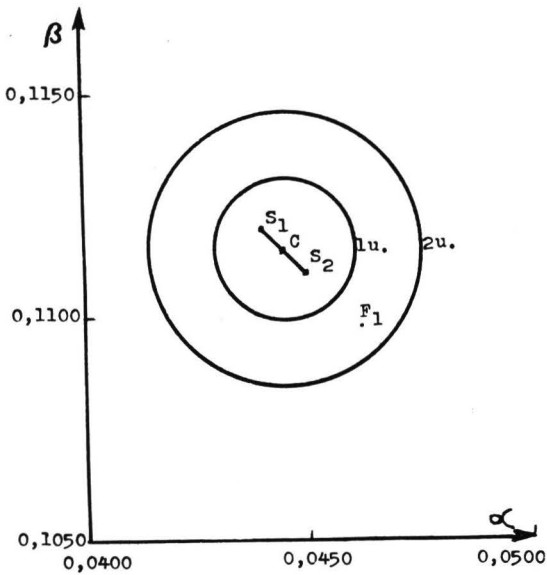


Fig. 11. — Jaune de chrome - Ton plein.
Mesures au M.P.R.

TABLEAU 11
Jaune de chrome - Ton plein
Mesures au M.P.R.

$\varrho = 0,001556$

$\Delta_{I \max} = 8,4260$

N ^{os}	I	ΔI	$\frac{\Delta}{(U.N.B.S.)}$	
			I	C
S ₁	0,710			
S ₂	0,714			
F ₁	0,714	2	0	1

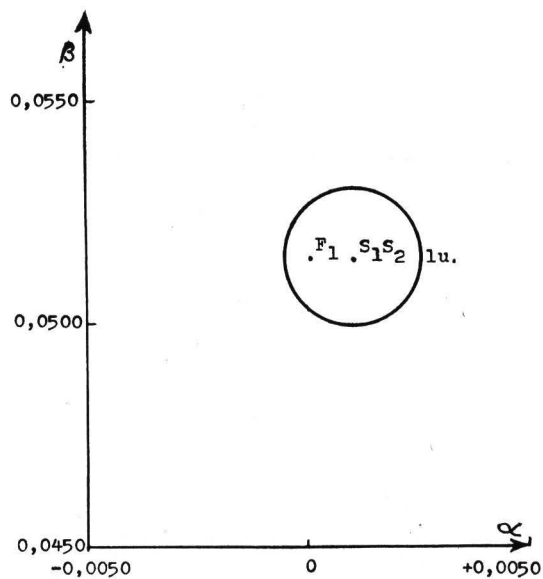


Fig. 18. — Jaune de chrome - 1/10.
Mesures au Hardy.

TABLEAU 18

Jaune de chrome - 1/10

Mesures au Hardy

$$\varrho = 0,001479$$

$$\Delta I_{\max} = 9,3270$$

N ^{os}	I	ΔI	$\frac{\Delta}{(\text{U.N.B.S.})}$	
			I	C
S ₁	0,873			
S ₂	0,870			
F ₁	0,873	0	0	0

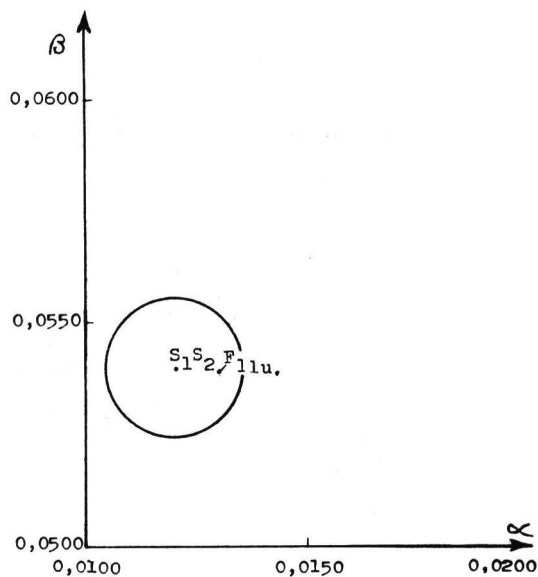


Fig. 19. — Jaune de chrome - 1/10.
Mesures au M.P.R.

TABLEAU 19

Jaune de chrome - 1/10

Mesures au M.P.R.

$$\varrho = 0,001488$$

$$\Delta I_{\max} = 9,2200$$

N ^{os}	I	ΔI	$\frac{\Delta}{(\text{U.N.B.S.})}$	
			I	C
S ₁	0,850			
S ₂	0,842			
F ₁	0,844	2	0	0

TABLEAU 20
 Peinture routière jaune
 Mesures au Hardy

$q = 0,001658$
 $\Delta I_{\max} = 7,4160 - I_{\text{moyen}} = 0,550$

Nos	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
6922	0,608	58	8	8
2180	0,546	4	1	7
S	0,508	42	6	4
S				
+ perles 6922	0,576	26	4	8
+ perles 2180	0,579	29	4	3
+ perles	0,487	63	5	8

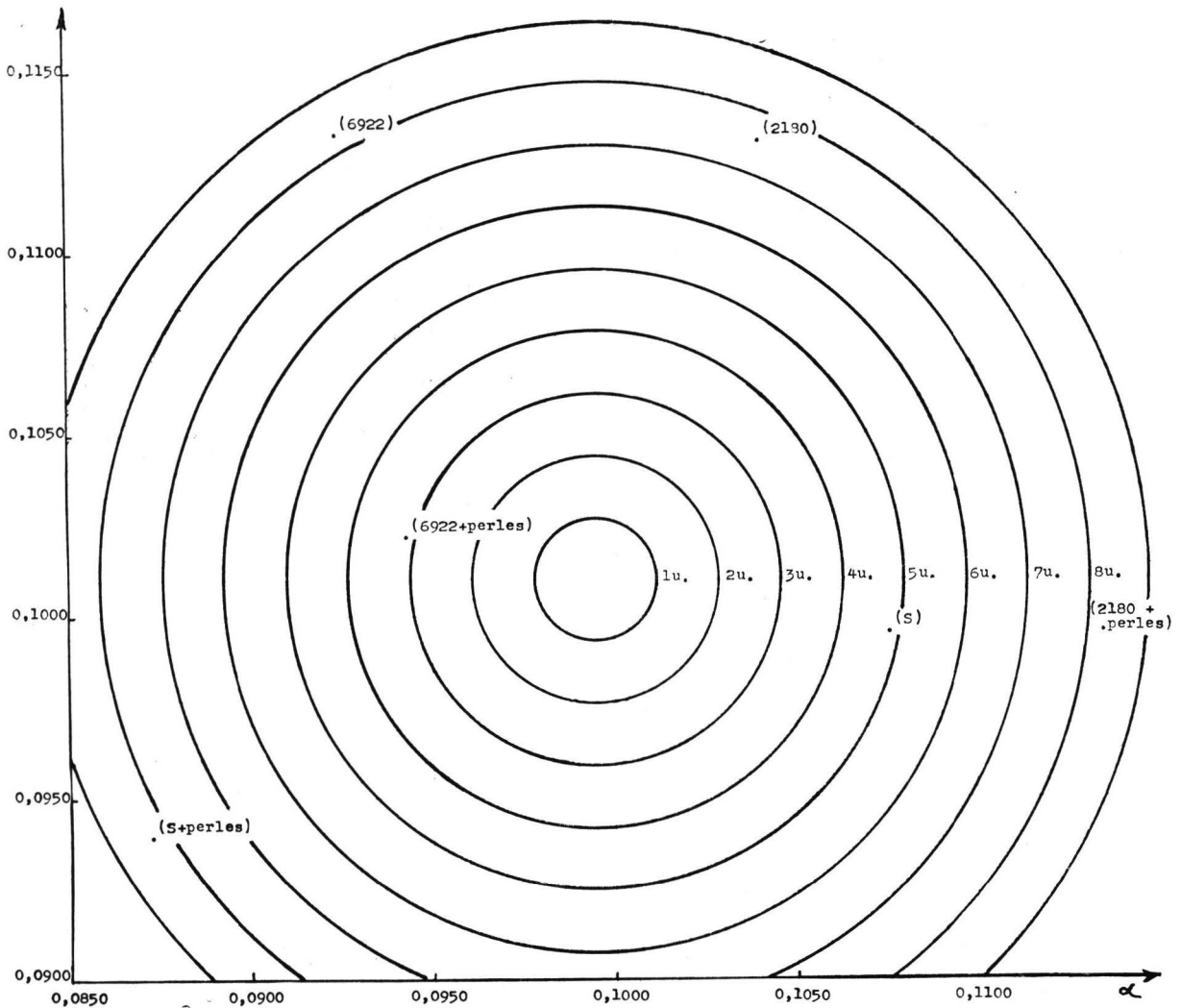


Fig. 20. — Peinture routière jaune. — Mesures au Hardy.

TABLEAU 21

<i>Peinture routière jaune</i>		N ^{os}	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
					I	C
<i>Mesures au M.P.R.</i>		6922	0,578	68	10	7
		2180	0,519	9	1	4
		S	0,462	48	6	7
		S				
q	$= 0,001690$	+ perles	0,527	17	2	7
		6922				
		+ perles	0,528	18	2	2
		2180				
		+ perles	0,448	62	8	8

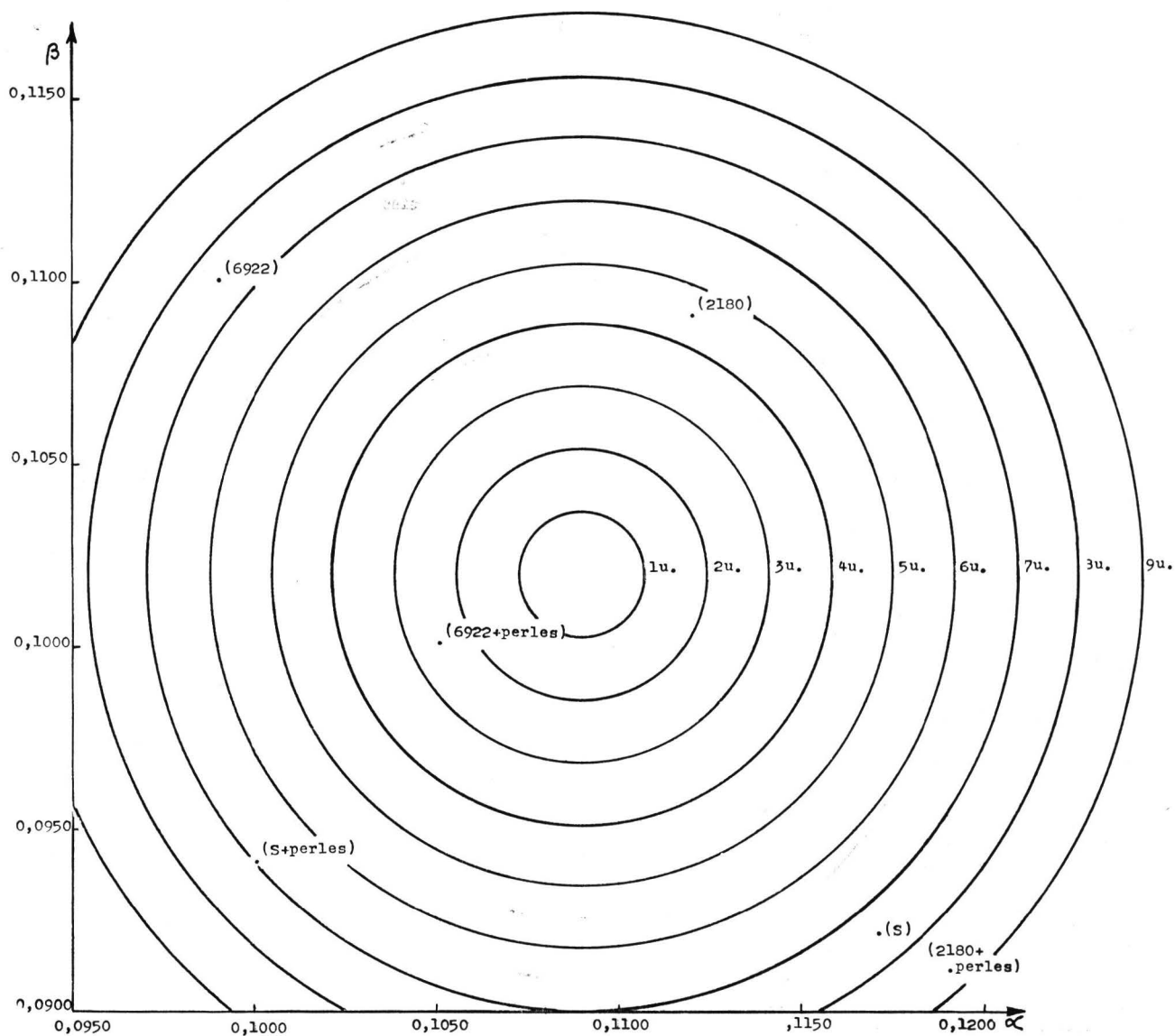


Fig. 21. — Peinture routière jaune. — Mesures au M.P.R.

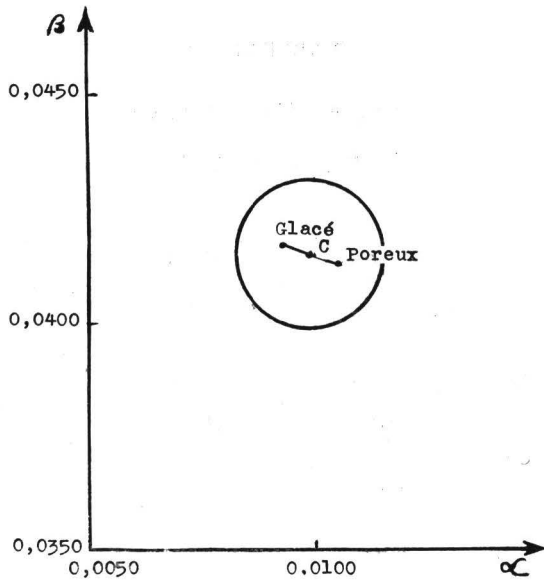


Fig. 22. — Email crème sur support glacé et poreux.
Mesures au Hardy.

TABLEAU 22

Crème sur papier glacé et poreux

Mesures au Hardy

$$\varrho = 0,0016$$

$$\Delta I_{\max} = 7,937 - I_{\text{moyen}} = 0,6455$$

Support	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
Glacé	0,656	10,5	1	0
Poreux	0,635	10,5	1	0

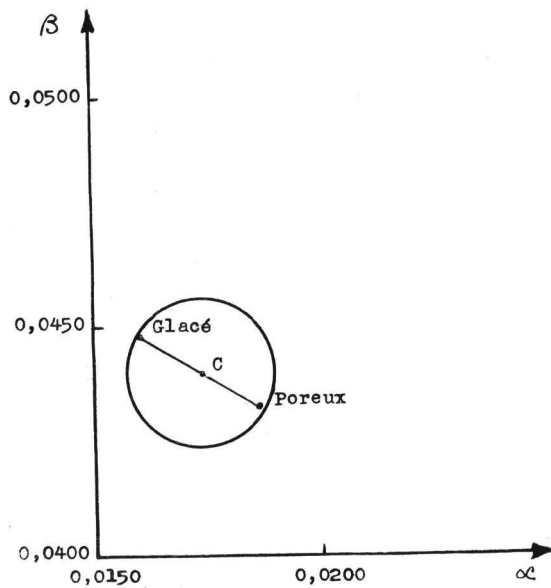


Fig. 23. — Email crème sur support glacé et poreux.
Mesures au M.P.R.

TABLEAU 23

Crème sur papier glacé et poreux

Mesures au M.P.R.

$$\varrho = 0,0016$$

$$\Delta I_{\max} = 7,937 - I_{\text{moyen}} = 0,6015$$

Support	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
Glacé	0,618	16,5	2	1
Poreux	0,585	16,5	2	1

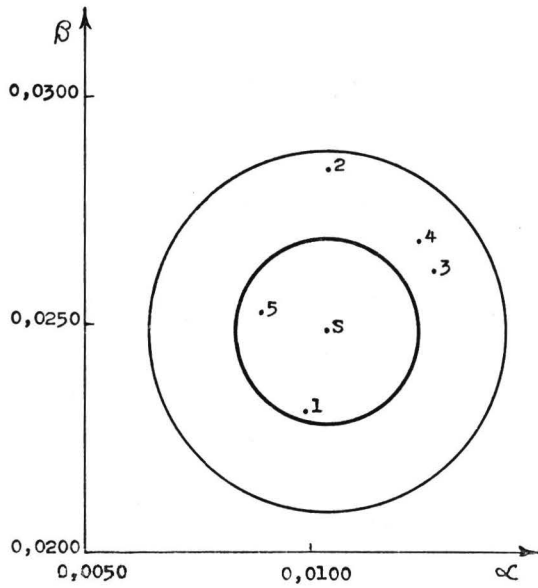


Fig. 24. — Gris meubles métalliques.
Mesures au Hardy.

TABLEAU 24

Gris meubles métalliques

Mesures au Hardy

$$\varrho = 0,002020$$

$$\Delta I_{\max} = 5,0000$$

Nos	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
S	0,249			
1	0,255	6	1	0
2	0,239	10	2	1
3	0,244	5	1	1
4	0,245	4	1	1
5	0,252	3	0	0

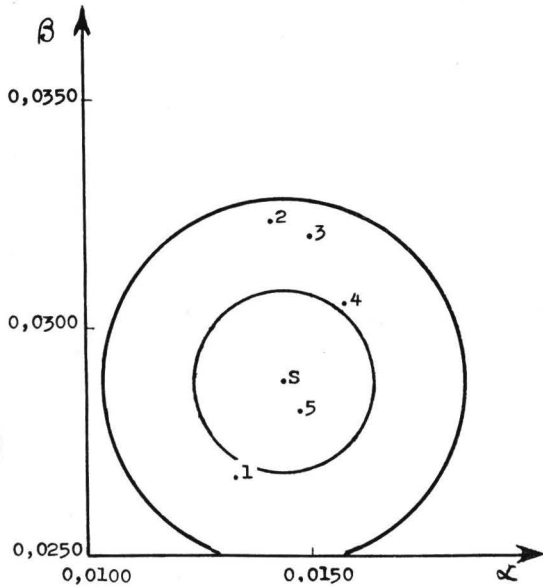


Fig. 25. — Gris meubles métalliques.
Mesures au M.P.R.

TABLEAU 25

Gris meubles métalliques

Mesures au M.P.R.

$$\varrho = 0,002086$$

$$\Delta I_{\max} = 4,6900$$

Nos	I	ΔI	Δ (U.N.B.S.)	
			I	C
S	0,220			
1	0,217	3	0	1
2	0,208	12	2	1
3	0,213	7	2	1
4	0,219	1	0	1
5	0,221	1	0	0

Die Farbabstände im Farbsystem der DIN-Farbenkarte

Herbert WEISE (*)

Regierungsrat in der Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin.

DK 535.641.15
535.646.7

Die DIN-Farbenkarte ist nach einem System aufgebaut, das auf möglichst gute empfindungsgemässe Gleichabständigkeit innerhalb der einzelnen Farbreihen zielt. Daher lassen sich kleine Farbabstände durch ein Abstandsmaß nach einer einfachen Formel in den Masszahlen des Systems ausdrücken. Es war von Interesse zu untersuchen, wie sich die so bewerteten Farbabstände in den anderen Abstandsmassen, wie sie in der Literatur vielfach angegeben sind, ausdrücken. Hier wurden die Abstandsmasse von Nickerson-Stultz und nach den MacAdam-Ellipsen zum Vergleich herangezogen. Als Ergebnis wurde gefunden, dass zwar zwischen den hier betrachteten Abstandsmassen keine Proportionalität herrscht, dass jedoch die Bewertung der Abstände im allgemeinen im gleichen Sinne erfolgt. Die Entscheidung, ob die eine oder andere Formel den anderen überlegen ist, würde die Einbeziehung der visuellen Beurteilung erfordern.

The DIN Color Chart is based on a color system aiming at color series spaced uniformly as well as possible. Therefore little color distances may be evaluated by means of a simple difference formula in terms of the coordinates of the system. It seemed interesting to investigate how to express these color distances by other formulae mentioned frequently in the literature. In this paper the color distance measures following Nickerson-Stultz and according to the MacAdam ellipses were used for comparison. As a result it is found that there is no proportionality between these different color distance measures, but the differences are evaluated generally in the same sense. To decide whether one or another formula should be preferred further investigations involving visual judgments are required.

La Carte des couleurs DIN est basée sur un système de couleurs visant à des séries de couleurs espacées aussi uniformément que possible. En conséquence, de petites distances entre couleurs peuvent être exprimées au moyen d'une formule simple en termes des coordonnées du système. Il a semblé intéressant de rechercher comment exprimer ces distances par d'autres formules mentionnées fréquemment dans la littérature. Dans cette communication l'on a utilisé pour comparaison les mesures selon Nickerson-Stultz et d'accord avec les ellipses de MacAdam. Il a été constaté comme résultat, qu'il n'y a pas proportionnalité entre ces différentes mesures de la distance des couleurs, mais les différences sont généralement exprimées dans le même sens. Afin de décider si l'une ou l'autre formule sont à préférer, de nouvelles recherches sont nécessaires qui incluent d'ailleurs le jugement visuel.

Unter einem Farbsystem versteht man eine gesetzmässige Auswahl aus der Gesamtheit aller nur möglichen Körperfarben; die Farben in einem solchen System sollten grundsätzlich nach anschaulichen Merkmalen gekennzeichnet und durch die Masszahlen im Normvalenzsystem festgelegt sein.

Im Farbsystem DIN 6164 ist jede Farbe durch den Farbton (T), die Sättigungsstufe (S) und die Dunkelstufe (D) gekennzeichnet [9, 11, 14, 15]. Von diesen ist die Dunkelstufe eine logarithmische Funktion der Relativhelligkeit $b = A/A_0$ ($A = Y =$ Hellbezugswert der betreffenden Farbe, $A_0 = Y_0 =$ Hellbezugswert der Optimalfarbe gleicher Farbart).

Die Grundlage des Systems bildet ein empfindungsgemäss gleichabständiger Farbtonkreis, der durch umfangreiche Auswahlversuche gewonnen worden ist; dieser Kreis ist in 24 Farbtöne eingeteilt, deren Bezifferung

(*) Der Verfasser ist Fräulein Dipl.-Ing. U. Schultz für die Hilfe bei der Auswertung des umfangreichen Zahlenmaterials sowie Herrn Prof. Dr. Richter für die Anregung zu dieser Arbeit und seine Unterstützung bei der Durchführung zu grossem Dank verpflichtet.

bei Gelb mit 1 beginnt und im Uhrzeigersinn bis 24 läuft. Einem $T = 9$ entspricht z.B. ein Rot und $T = 16$ ein Blau.

Für die einzelnen Farbtöne sind (ebenfalls auf experimentellem Wege) Sättigungsreihen abgeleitet worden, die in sich wieder empfindungsgemäss gleichabständig geteilt sind. Je höher die Kennzahl der Sättigungsstufe ist, um so gesättigter ist die Farbe, um so näher liegt also ihr Farbort am Spektralfarbenzug. Farbton T und Sättigungsstufe S legen die *F a r b a r t* fest. Die Dunkelstufen-Skala ist in 10 empfindungsgemäss gleiche Teile geteilt; dem Wert $D = 0$ entspricht das ideale Weiss, $D = 10$ bedeutet das vollkommene Schwarz.

Nimmt man diese Koordinaten T, S, D als Kugelkoordinaten mit dem Schwarzpunkt im Zentrum, so kann man die Farben in einem kegelförmigen Gebilde, dem schematischen DIN-Farbkörper, anordnen [12]. Der Radius ist proportional dem Komplement der Dunkelstufe, der Winkelabstand von der Unbuntachse beschreibt die Sättigung, und der Azimut entspricht dem Farbton (Abb. 1).

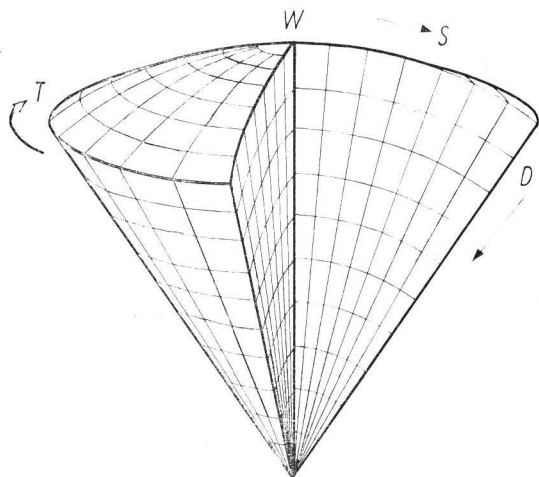


Abb. 1. — Der Farbkörper des Systems der DIN-Farbenkarte.

Das System der DIN-Farbenkarte ist nach dem Gesichtspunkt der «spezifischen Gleichabständigkeit» aufgebaut, d.h. die Gleichabständigkeit ist jeweils durch den Farbtonkreis hindurch sowie längs der Sättigungs- und der Schattenreihen experimentell zu verwirklichen versucht. Dabei sind die Grössen der Farbunterschiede so gewählt, dass für den Farbtonkreis der Sättigungsstufe $S = 6$ und der Dunkelstufe $D = 1$ ein Farbsprung gleich einem Sättigungsstufen- und einem Dunkelstufenunterschied ist:

$$\Delta T_{S=6, D=1} = \Delta S_{D=1} = \Delta D.$$

Auf Grund dieser Ueberlegungen ist es möglich, kleine Farbempfindungsunterschiede ΔE durch eine *Farbabstandsformel* zahlenmässig zu bewerten. Bei kleinen Werten $\Delta T, \Delta S, \Delta D$ kann man mit ausreichender Genauigkeit das Kugelkoordinatensystem als ein rechtwinkliges betrachten und den Gesamtempfindungsunterschied ΔE durch vektorielle Addition berechnen, wie dies übrigens praktisch auch in allen anderen bekannten Farbabstandsformeln geschieht. Für Farben in dem oben genannten Bereich würde eine solche Bewertung die einfache Beziehung

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta T)^2 + (\Delta S)^2 + (\Delta D)^2}$$

ergeben.

Für eine beliebige Stelle im Farbkörper muss indessen berücksichtigt werden, dass die Sättigungslinien zur Grauchse hin konvergieren und die Linien der Schattenreihen im Schwarzpunkt zusammenlaufen. Man muss daher den Gliedern ΔT und ΔS Koeffizienten beifügen, die diese Tatsachen berücksichtigen; dabei müssen die oben genannten Ausgangswerte entsprechend einbezogen werden. Somit ergibt sich durch diese einfache Ueberlegung die Farbabstandsformel im DIN-System [10, 14, 15, 17]

$$\Delta E_{DIN} = \left[\left(\frac{S}{6} \cdot \frac{10-D}{9} \cdot \Delta T \right)^2 + \left(\frac{10-D}{9} \cdot \Delta S \right)^2 + \Delta D^2 \right]^{1/2}$$

Wie aus dem Schrifttum hinreichend bekannt ist, gibt es eine ganze Reihe von Farbabstandsformeln, die sich entweder aus Farbsystemen — wie etwa dem Munsell-System — ableiten oder auf den experimentell gewonnenen MacAdam-Ellipsen beruhen oder durch Transformationen des Normvalenzsystems gewonnen sind. In der Praxis werden vor allem die Formel von Nickerson-Stultz [8] und die Bewertung von Farbabständen auf der Basis der MacAdam-Ellipsen [5] benutzt. Die Aufgabe der vorliegenden Untersuchungen war es festzustellen, wie sich gleiche Farbabstände im System der DIN-Farbenkarte im Abstandsmass dieser beiden soeben genannten Verfahren ausdrücken.

Die *Formel von Nickerson-Stultz* benutzt die Adams-Koordinaten $(V_X - V_Y), 0,4(V_Z - V_Y)$ und die Munsell-Funktion V_Y und gibt das Mass für kleine Farbabstände durch die Beziehung

$$\Delta E_{N-S} = 40 \left\{ [(0,23 \Delta V_Y)]^2 + [\Delta(V_X - V_Y)]^2 + [0,4 \Delta(V_Z - V_Y)]^2 \right\}^{1/2}$$

Der Zusammenhang zwischen der V -Funktion und dem Hellbezugswert Y ist durch eine Funktion 5. Grades gegeben [7]:

$$Y = 119,140 V - 22,534 V^2 + 23,353 V^3 - 2,0485 V^4 + 0,08194 V^5$$

Da in die Abstandsberechnungen nur die Differenzen eingehen, kann mit einer abgekürzten Funktion (wie sie von Judd [4, S. 225] angegeben ist) gerechnet werden¹:

$$V = (1,474 Y - 0,004474 Y^2)^{1/2}.$$

Die Bewertung der Farbabstände mittels der *Mac-Adams-Ellipsen* unter Einbeziehung der Helligkeit der Farben lässt sich in einfacher Weise nach dem von MacAdam selbst bereits angegebenen Verfahren durchführen; hierbei werden die Ellipsen für die betreffenden Farbörter mit Hilfe der Ellipsenkonstanten g_{11} , g_{12} , g_{22} in Kreise transformiert, wobei die Koordinaten x und y zueinander schiefwinklig werden und längs der Achsen verschiedene Maßstäbe gelten. Da dieses Verfahren nur für die Bewertung der Farbartverschiedenheiten ausreicht, muss noch eine Helligkeitsbewertung hinzugefügt werden. Davidson-Friede [2] hatten dafür ΔV_Y benutzt und diesen Wert, mit einem geeigneten Maßstabsfaktor multipliziert, mit der Abstandsbewertung mit Hilfe der Mac-Adam-Ellipsen kombiniert. Sie haben dadurch die Formel

$$\Delta E_{D-F} = \left[\frac{g_{11} \Delta x^2 + 2 g_{12} \Delta x \Delta y + g_{22} \Delta y^2}{(2,5)^2} + \frac{(\Delta V)^2}{(0,15)^2} \right]^{1/2}$$

aufgestellt. Auf der Grundlage dieser Formel haben Davidson-Hanlon ein rein *graphisches Verfahren* entwickelt [3]. Ein ähnliches Verfahren, das ebenfalls von den zu Kreisen transformierten MacAdam-Ellipsen ausgeht, haben Simon-Goodwin [16] angegeben und die dazu nötigen graphischen Hilfsmittel entwickelt. Dieses Verfahren unterscheidet sich von dem von Davidson-Friede-Hanlon durch eine etwas abweichende Berücksichtigung der Helligkeit, indem die Grösse des aus den MacAdam-Ellipsen abgeleiteten Farbartunterschiede

des noch mit einem von der Helligkeit abhängigen Korrekturglied $f(V_Y)$ berichtigt wird. Die Autoren haben selbst keinen formelmässigen Zusammenhang angegeben, jedoch kann aus ihren Beschreibungen auf eine Farbabstandsformel der Form

$$\Delta E_{S-G} = [10 f(V_Y)(g_{11} \Delta x^2 + 2 g_{12} \Delta x \Delta y + g_{22} \Delta y^2) + 250 (\Delta V_Y)^2]^{1/2}$$

geschlossen werden.

Bei der *Durchführung der Untersuchungen* sind grundsätzlich die Abstandswerte ΔE_{N-S} bzw. ΔE_{MA} bestimmt worden, die jeweils einem Abstand $\Delta E_{DIN} = 0,1$ entsprechen. Für den MacAdam-Abstand ΔE_{MA} ist hier stets der nach Simon-Goodwin berechnete Wert ΔE_{S-G} benutzt worden. Die Rechnung ist für drei verschiedene Fälle ausgeführt worden:

1. Farbton und Sättigung wurden jeweils konstant gehalten und die Dunkelstufe variiert; ΔE wurde also für eine Reihe von Farbtönen verschiedener Sättigungs- und Dunkelstufen bestimmt.
2. Farbton und Dunkelstufe blieben ungeändert; bei mehreren Dunkelstufen wurden die Abstände längs der Sättigungsreihen bestimmt.
3. Es wurden zwei Farbtonkreise in den Sättigungsstufen $S = 6$ und $S = 3$ ausgewählt; die Farbabstände in Richtung auf den Nachbar-Farbton wurden für mehrere Dunkelstufen berechnet.

Es sind also auf den Linien gleichen Farbtons, gleicher Sättigungs- bzw. Dunkelstufe jeweils bestimmte Punkte herausgegriffen worden. In der Normfarbtafel (Abb. 2) sind die Linien angegeben, längs denen die Berechnungen an den durch Kreise markierten Punkten ausgeführt worden sind. An den durch volle Punkte markierten Farbörtern sind zusätzlich die Untersuchungen längs der Schattenreihen an den Stellen $D = 0 \dots D = 8$ durchgeführt worden. Das betreffende Merkmal wurde als Veränderliche jeweils so vermehrt, dass sich überall der Farbabstand $\Delta E_{DIN} = 0,1$ ergab. Bei $S = 3$; $D = 1$ bzw. $S = 6$; $D = 5,5$ musste also entsprechend der DIN-Abstandsformel der Sprung 0,2 genommen werden.

Während sich somit die Farbänderungen nur in einer bestimmten Richtung bewegen, d.h. entweder nur den Farbton oder nur die Sättigungsstufe oder allein die Dunkelstufe betreffen, ist als Ergänzung hierzu eine Anzahl willkürlich im Farbenraum verteilter Farben ausgewählt worden, für die nun der Abstand $\Delta E_{DIN} = 0,1$ Änderungen *in allen drei Richtungen* gleichzeitig umfasst. Die um eine Farbe im Abstand $\Delta E_{DIN} = 0,1$ gelegenen Farben lassen sich mit Hilfe

¹ In dem hier durchgeführten Rechengang ist diese abgekürzte Funktion deshalb gewählt worden, weil die zur Durchführung der Berechnungen benutzte elektronische Rechenmaschine die Eingabe und Speicherung einer Unzahl von Tabellenwerten erfordern würde. Für die Berechnung auf normalem Wege werden besser entsprechende Tabellen benutzt.

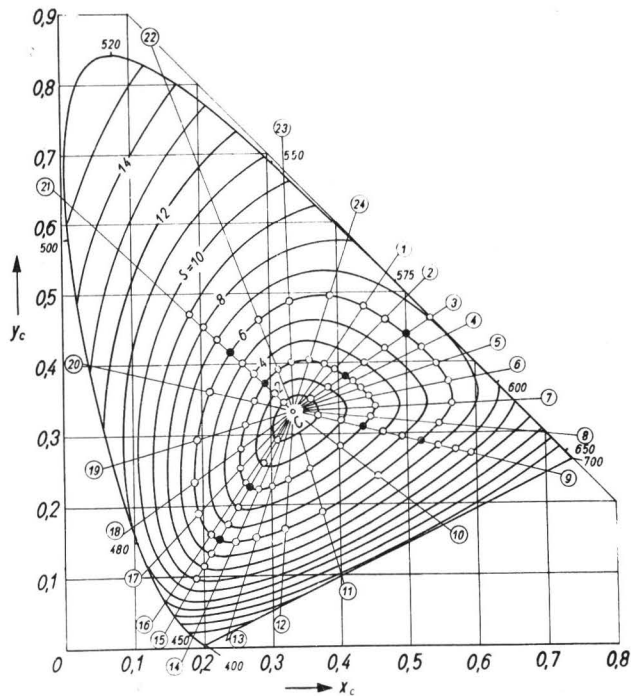


Abb. 2. — Das Farbsystem der DIN-Farbenkarte, in der Normfarbtafel dargestellt.
(Die hier untersuchten Farbreihen sind hervorgehoben)

eines Kubooktaeders — wie es von Judd [4, S.263] und Wyszecki [18] angegeben ist — eindeutig bestimmen; ihre Normfarbwerte lassen sich in verhältnismässig einfacher Weise berechnen (Richter [13]).

Die *Ergebnisse* der durchgeführten Berechnungen sind in den folgenden Abbildungen 3 - 5 dargestellt, bei denen grundsätzlich als Abszisse die betreffende Merkmalsvariable und als Ordinate der jeweilige Wert ΔE_{N-S} (unten) bzw. ΔE_{MA} (oben) für $\Delta E_{DIN} = 0,1$ aufgetragen ist.

In Abb. 3 ist der Verlauf der Werte ΔE_{N-S} bzw. ΔE_{MA} für den einfachen Fall längs verschiedener *Schattenreihen* gezeigt. Es sind dies die in Abb. 2 durch fette Punkte markierten Schattenreihen bei den Farbtonen $T = 3; 9; 15; 21$ und für die Sättigungsstufen $S = 3; 6$. Die Abbildung lässt erkennen, dass die Werte nach Nickerson-Stultz sehr glatt verlaufen, d.h. dass beinahe eine Proportionalität zwischen ΔE_{DIN} und ΔE_{N-S} besteht, und zwar für beide Sättigungsstufen. Im Mass der MacAdam-Ellipsen, mit der Helligkeitsbewertung nach Simon-Goodwin, sieht es allerdings weniger günstig aus²; hier variiert das Verhältnis etwa im Bereich 1 : 2.

² Bei der Auswertung mit Hilfe der Tafeln von Simon-Goodwin [16] hat sich gezeigt, dass man bei Farbörtern, die am Rande eines durch eine Ausschnitttafel erfassten Bereiches liegen, unter Umständen zu etwas glatterem Kurvenverlauf kommt, wenn man auch die Nachbartafel berücksichtigt.

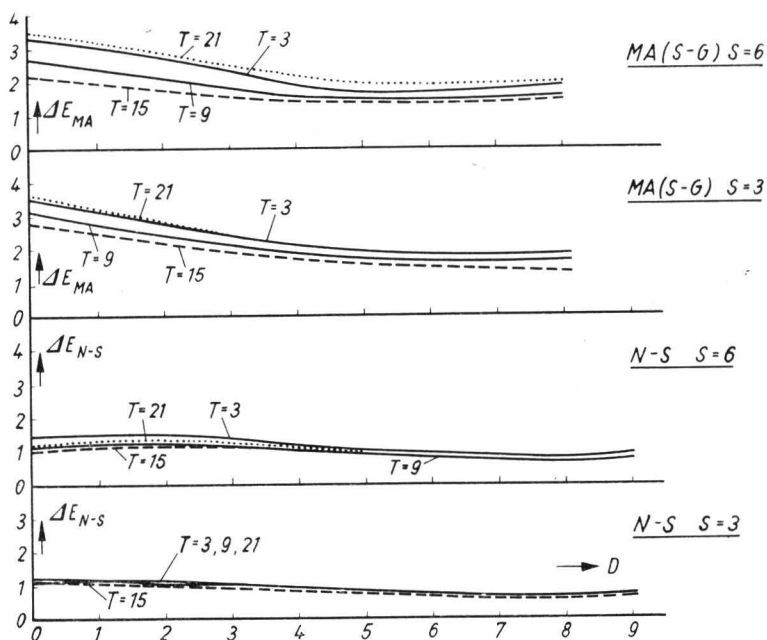


Abb. 3. — Farbabstandsmasse ΔE_{N-S} (unten) und ΔE_{MA} (oben) für gleiche $\Delta E_{DIN} = 0,1$ längs acht verschiedener Reihen konstanter Farbart (Änderung der Dunkelstufe).

Abb. 4 zeigt die entsprechenden Untersuchungen für verschiedene *Sättigungsreihen*, und zwar wiederum bei den Farbtönen $T = 3; 9; 15; 21$ und für die Dunkelstufen $D = 1; 5,5$. Längs dieser Farbtonstrahlen nimmt im allgemeinen das Verhältnis $\Delta E_{N-S} : \Delta E_{DIN}$ stetig ab. Für einige Farbtöne jedoch, wie z.B. für $T = 3$, findet man eine Zunahme. Die fallende Tendenz ist auch bei den Kurven ΔE_{MA} zu erkennen, jedoch schwankt hier das Verhältnis der beiden Farbabstandsmasse in erheblich grösserem Umfang, und der Verlauf ist keineswegs glatt. Das gilt sowohl für die Dunkelstufe 1 wie auch für 5,5.

Die grössten Schwankungen im Verhältnis des DIN-Abstandsmasses zu den beiden anderen Farbabstandsmassen zeigt Abb. 5, in der der Verlauf längs einiger Farbtonkreise ($S = 6; D = 1 - S = 6; D = 5,5 - S = 3; D = 1$) dargestellt ist. Selbst die Kurven für ΔE_{N-S} zeigen ausgeprägte Maxima, wenn auch der Verlauf in grossen Teilen des Farbtonkreises ziemlich glatt ist. Im Mass ΔE_{MA} sind jedoch die Schwankungen sehr stark und variieren etwa im Verhältnis 1 : 6.

Die in den Abbildungen 3 - 5 erkennbaren Schwankungen legen natürlich den Gedanken nahe, dass das DIN-System sehr ungleichmässig geteilt sei, wenn man unterstellt, dass die anderen Abstandsmasse eine richtige Bewertung liefern. Dass indessen auch die anderen Abstandsmass unter sich nicht besonders gut übereinstimmen, zeigt Abb. 6, in der der Quotient $\Delta E_{N-S} / \Delta E_{MA}$ aufgetragen ist. (Die Masszahlen des DIN-Systems dienen hier nur als Parameter). Es soll damit kein Werturteil über diese beiden anderen Abstandsmasse gefällt werden, sondern nur damit ausgedrückt sein, dass noch weitere Untersuchungen über diese Abstandsmasse erforderlich sind, Untersuchungen, die das visuelle Urteil unmittelbar einbeziehen. Einen Anfang in dieser Beziehung hat Brockes [1] gemacht, der soeben mit Hilfe der von Davidson-Friede [3] durchgeführten Untersuchungen über die Annehmbarkeit von Farbunterschieden eine erste Bewertung der DIN-Abstandsformel versucht hat.

Das DIN-System kann ebensowenig wie irgendein anderes Farbsystem Allgemeingültigkeit beanspruchen, denn in das Urteil über die Gleichabständigkeit von Farbreihen gehen eine Reihe von *Beobachtungsbedingungen* ein (z.B. Umfeld bzw. Untergrund, Beleuchtungsniveau, Farb Stimmung), die unter praktischen Verhältnissen keineswegs immer realisierbar sind, sondern je nach den Verhältnissen stark variieren können. Bei jedem gleichabständigen System müssen irgendwo *Kompromisse* hinsichtlich dieser Gleichabständigkeit geschlossen werden. Dass z.B. die empfindungsgemäss gleichabständige Teilung der Sättigungsstufen auf den

Farbtonstrahlen vernünftig ist, kann man erkennen, wenn man die Farbtöne der Sättigungsstufen in eine empfindungsgemässe Farbtafel (etwa in die nach Mac-Adam-Neugebauer) einträgt: die Folge der Sättigungsstufen ergibt hier eine geometrisch gleichmässige Teilung.

Die Farbabstände im *Kubooktaeder* sind nur mit der Nickerson-Formel berechnet worden, da die Bewertung mit ΔE_{MA} , wie aus den Abbildungen 3 - 5 ersichtlich ist, sehr schwankend ist. Bei diesen Untersuchungen hat sich ergeben, dass das Verhältnis zwischen ΔE_{N-S} und ΔE_{DIN} im Mittel um 40 % nach oben und unten schwanken kann, wobei die Extremwerte bei + 68 % und - 61 % liegen.

Es sei an dieser Stelle noch eine zusätzliche Bemerkung erlaubt. Die Kurven lassen erkennen, dass der Einfluss der jeweiligen Sättigungs- und Dunkelstufe

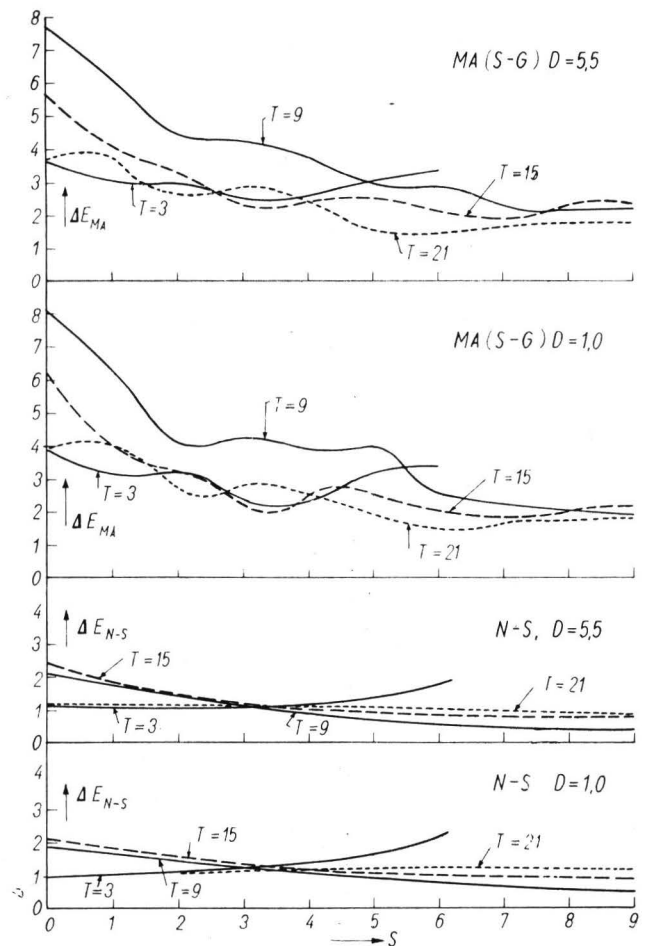


Abb. 4. — Farbabstandsmasse ΔE_{N-S} (unten) und ΔE_{MA} (oben) für gleiche $\Delta E_{DIN} = 0,1$ längs acht verschiedener Reihen konstanten Farbtons (Änderung der Sättigungsstufe).

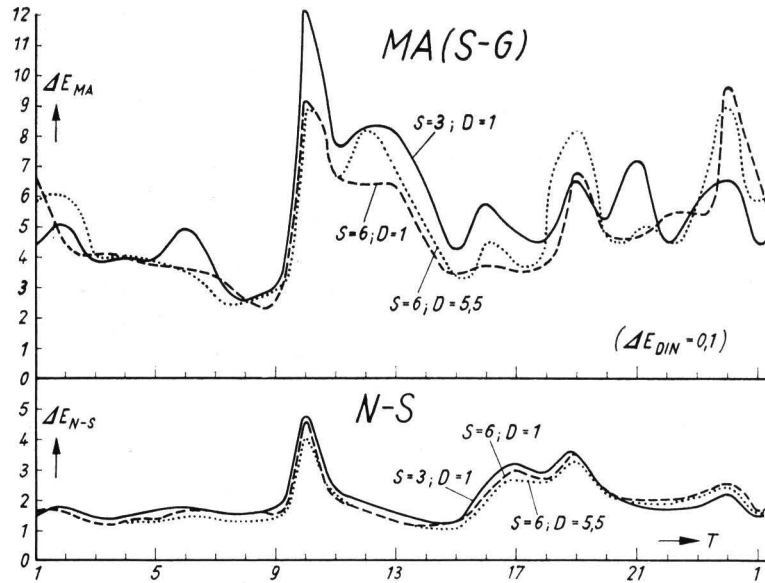


Abb. 5. — Farbabstandsmasse ΔE_{N-S} (unten) und ΔE_{MA} (oben) für gleiche $\Delta E_{DIN} = 0,1$ längs dreier verschiedener Sättigungslinien (Änderung des Farbtons).

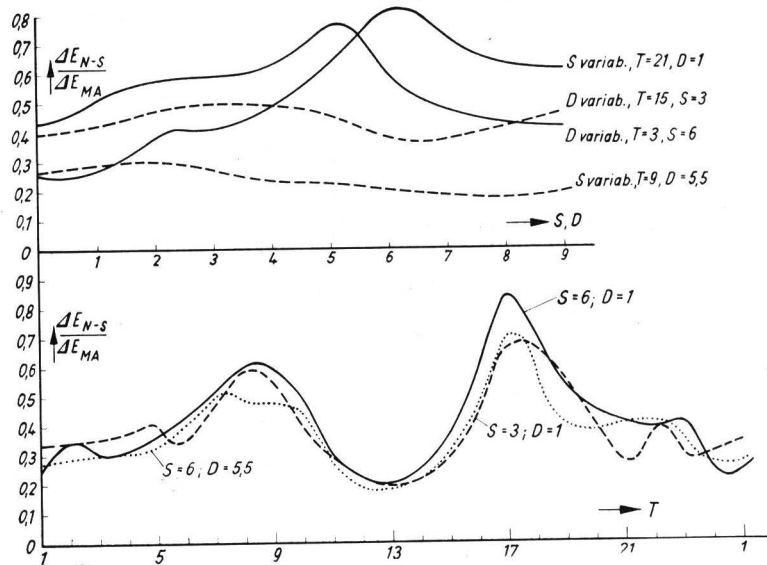


Abb. 6. — Verhältnis der Farbabstandsmasse $\Delta E_{N-S}/\Delta E_{MA}$ bei Änderung des Farbtons (unten) und der Sättigungsstufe (oben).

auf den Gesamtfarbabstand ΔE durch die Faktoren

$$\frac{S}{6} \cdot \frac{10 - D}{9} \text{ bei } \Delta T \text{ und } \frac{10 - D}{9} \text{ bei } \Delta S$$

in der DIN-Formel *offenbar richtig* bewertet wird. Diese Feststellung erscheint deshalb wichtig, weil diese Faktoren zunächst lediglich auf Grund theoretischer Ueberlegungen eingeführt worden waren.

Betrachtet man *zusammenfassend* das Ergebnis der Untersuchungen, so kommt man zu dem Urteil, dass

die vorhandenen Abstandsformeln unter sich keine einheitliche Bewertung liefern. Brockes [1] hat zwar in seiner spezifischen Untersuchung zeigen können, dass die visuelle Beurteilung kleiner Farbunterschiede und die Bewertung durch die Abstandsformeln im allgemeinen im gleichen Sinne erfolgt. Aber mit wesentlich umfangreicheren Untersuchungen und vielleicht auch anders gearteten Methoden muss weiter untersucht werden, ob wirklich die eine oder andere Abstandsformel klar überlegen ist, indem sie besonders gut mit dem visuellen Urteil übereinstimmt.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Brockes, A., Zur Prüfung der Farbdifferenzformel nach DIN 6164. Farbe 7 (1958), S. 257-268; N° 6.
- [2] Davidson, H.R., u. E. Friede, The size of acceptable color differences. J. opt. Soc. Amer. 43 (1953), S. 581-589; N° 6.
- [3] Davidson, H.R., u. J.J. Hanlon, Use of charts for rapid calculation of color difference. J. opt. Soc. Amer. 45 (1955), S. 617-620; N° 8.
- [4] Judd, D.B., Color in business, science, and industry. New York: J. Wiley & Sons Inc. (1952).
- [5] MacAdam, D.L., Visual sensitivities to color differences in daylight. J. opt. Soc. Amer. 32 (1942), S. 247-274; H 5.
- [6] MacAdam, D.L., Specification of small chromaticity differences. J. opt. Soc. Amer. 33 (1943), S. 18-26; H 1.
- [7] Newhall, S.M., D. Nickerson u. D.B. Judd, Final report of the O.S.A. subcommittee on the spacing of the Munsell colors. J. opt. Soc. Amer. 33 (1943), S. 385-418; N° 7.
- [8] Nickerson, D., u. K.F. Stultz, Color tolerance specification. J. opt. Soc. Amer. 34 (1944), S. 550-570; N° 9.
- [9] Normblatt DIN 6164 (Vornorm): DIN-Farbenkarte Blatt 1: System (Mai 1955).
- [10] Normblatt DIN 6164 (Vornorm): DIN-Farbenkarte. Blatt 2: Anforderungen an ausgeführte Farbenkarten (Mai 1955), S. 2.
- [11] Richter, M., Das System der DIN-Farbenkarte. Farbe 1 (1952/53), S. 85-98; H. 3/6.
- [12] Richter, M., Der Farbkörper des DIN-Farbensystems. Farbe 2 (1953), S. 137-140; H. 5/6.
- [13] Richter, M., Grenzmuster-Tafeln auf der Grundlage des Farbensystems der DIN-Farbenkarte. Farbe 3 (1954), S. 157-164; H. 5/6.
- [14] Richter, M., The official German Standard Color Chart. J. opt. Soc. Amer. 45 (1955), S. 225-226.
- [15] Richter, M., Das DIN-Farbsystem als Grundlage für die Festlegung von Farbgrenzen und Farbtoleranzen. In: Aspects théorique et pratique usw. (3. Congrès F.A.T.I.P.E.C., Spa 1955), S. 311-315.
- [16] Simon, F.T., u. W.J. Goodwin, Rapid graphical computation of small color differences. Amer. Dyestuff Rep. 47 (1958), S. 105-112; N° 4.
- [17] Weise, H., Farbtoleranzen und DIN-Farbenkarte. Farbe 1 (1953), S. 111-121; H. 3/6.
- [18] Wyszecki, G., Soll-Farbe und zugehörige Grenzfarben. Farbe 3 (1954), S. 151-156; H. 5/6.



Etude de la variation des coordonnées tristimulus en fonction des quantités d'encre et de la couleur du support

par le Dr. M. GAMBOLI, le Dr. G. CALABRO et le Dr. A. D'APRANO

du Laboratorio Graphico de l'Instituto Nazionale
per la Cellulosa e per la Carta de Rome.

RESUME

Les auteurs ont imprimé des encres primaires en aplat à des épaisseurs variables sur six cartons « Kromekote » de couleurs différentes.

Ils ont mesuré pour chacune des impressions obtenues les composantes trichromatiques d'une part et les poids d'encre déposés par unité de surface imprimée d'autre part.

En étudiant l'évolution des caractéristiques colorimétriques au cours de cette série d'expériences systématiques, ils ont remarqué que les variations des paramètres s'effectuaient d'une manière différente selon que l'on se trouvait dans la région des charges faibles ou des charges fortes.

Un examen plus attentif a révélé l'existence d'un point singulier caractéristique dans les courbes représentatives.

La présente communication se limite à l'étude des charges faibles d'encres.

De façon à rendre comparables les mesures obtenues à partir des impressions sur des supports de couleurs différentes, les auteurs ont étudié un nouveau paramètre se déduisant des composantes trichromatiques par une transformation linéaire.

Ce paramètre représente le taux de variation relative des composantes trichromatiques des impressions dans un intervalle défini par les composantes trichromatiques du support d'une part et du point singulier mentionné ci-dessus d'autre part. On symbolisera ce taux de variation relatif par les lettres T_X T_Y T_Z .

Grâce à cette représentation il paraît possible de mettre en évidence une relation entre les différentes grandeurs mesurées. Cette relation fait intervenir une puissance « γ » des poids qui semble être indépendante du support et caractéristique de l'encre utilisée.

Cette relation s'écrit comme suit :

$$T_X = - \text{Log} \frac{X - X_L}{X_p - X_L} = \alpha P^\gamma$$

X étant la composante trichromatique d'une impression dont la charge est définie par le poids P en grammes par mètre carré.

X_p et X_L étant respectivement les composantes trichromatiques du support et de l'impression correspondante au point singulier.

α et γ sont des constantes. Alors que γ dépend de l'encre, α paraît lié avec des caractéristiques colorimétriques du support.

INTRODUCTION

Le but de ce mémoire est l'étude de la variation des composantes trichromatiques des impressions en aplat, en fonction du poids de l'encre et de la couleur du support utilisé.

Les quantités d'encre utilisées dans les séries d'impressions examinées varient de la quantité minimum compatible avec une couverture complète du support jusqu'à des charges de 15 gr/m² environ.

Cette étude a été effectuée avec deux encres différentes de production industrielle normale, déposées sur du papier Kromekote de couleurs diverses. Naturellement les Auteurs ont l'intention de développer cette étude pour d'autres types d'encre avec des caractéristiques différentes et pour d'autres types de papier d'un emploi plus courant, afin de conférer un caractère général aux résultats obtenus jusqu'ici.

La recherche d'une relation entre le poids de l'encre pour chaque unité de surface avec les composantes trichromatiques des impressions nous a portés à formuler une nouvelle expression des composantes trichromatiques représentant le taux de variation relative de ces composantes dans chaque série d'impressions.

Par l'emploi d'un tel paramètre, exprimé dans le pré-

sent rapport par les symboles T_X , T_Y , T_Z il a été possible de formuler une relation linéaire de la forme :

$$- \lg T_{X(Y,Z)} = \alpha p^\gamma$$

où

p représente le poids de l'encre, tandis que α et γ sont des constantes : α étant liés aux caractéristiques colorimétriques du papier, d'après un rapport linéaire; et γ étant exclusivement liée aux caractéristiques de l'encre.

PARTIE EXPERIMENTALE

Matériaux employés :

1) Les encres :

On a employé deux encres, l'une de couleur magenta et l'autre jaune, du type qu'on peut trouver normalement en commerce; ils contenaient tous les deux des pigments organiques et avaient un pouvoir couvrant modéré.

2) Les papiers :

Les impressions ont été effectuées sur six papiers Kromekote, de couleurs différentes, ayant les valeurs moyennes suivantes des composantes trichromatiques :

Kromekote	Symbole	X	Y	Z
Blanc	K.B.	0.8549	0.8804	0.9893
Gris	K.G.	0.6433	0.6618	0.7910
Chamois	K.C.	0.7498	0.7672	0.6454
Bleu (Azuré)	K.A.	0.6095	0.6631	0.9533
Vert	K.V.	0.5717	0.6704	0.8074
Rose	K.R.	0.7527	0.6779	0.7134

Le grammage du papier était 250 gr/m².

Dispositifs employés :

Les impressions ont été effectuées avec une presse à éprouve Vandercook toujours avec les mêmes conditions de pression.

Les formes imprimantes étaient constituées par des plaquettes rectangulaires en matière plastique rigide, d'environ 30 cm² de surface et ayant deux côtés parallèles modelés en queue d'hirondelle afin de pouvoir les insérer sur un porte-plaque en acier pouvant contenir simultanément cinq plaquettes.

Les pesées des plaquettes, avant et après l'impression, étaient faites sur une balance semi-automatique Mettler, sensible à 0.1 mg permettant des pesées très rapides.

Pour la mesure des composantes trichromatiques des impressions effectuées, on a employé un spectrophotomètre de Hardy, construit par la G.E., pourvu d'un inégrateur automatique Librascope donnant directement

les valeurs de X, Y et Z par rapport à l'étalon standard C.

L'étalon blanc de référence était de MgO renouvelé chaque jour.

Le magnésium utilisé, produit par la firme C. Erba, était du type pur pour l'emploi en analyse chimique, en forme de ruban.

Le MgO était déposé sur une petite lame d'Ag métallique.

Méthode suivie :

La méthode expérimentale suivie dans l'étude présente consistait dans la distribution, sur les rouleaux de la machine Vandercook, de quantités d'encre graduellement croissantes, de façon à obtenir des séries d'impressions régulièrement échelonnées.

Les formes imprimantes, du poids de 13 gr environ, étaient pesées avant et après l'impression, afin de pouvoir déduire par différence, le poids de l'encre déposé sur le papier.

Les imprimés étaient examinés au spectrophotomètre de Hardy 48 heures environ après l'impression.

Pour chaque quantité d'encre de chaque série, on a effectué environ 15 impressions et on a fait la moyenne des résultats expérimentaux obtenus, éliminant du calcul les valeurs les plus discordantes. Par conséquent les différents points représentés sur les graphiques doivent être considérés comme les moyennes de 10 impressions environ.

Toutes les impressions ont été exécutées en atmosphère conditionnée, à la température de 23° C et à un taux d'humidité relative de 50 %.

Toutes les grandeurs colorimétriques dont il est question dans la présente étude se rapportent à l'étalon standard C.

RESULTATS

Comme nous l'avons déjà dit, la présente étude se propose d'étudier la variation des composantes trichromatiques des impressions obtenues avec chacune des encres utilisées sur les différents papiers, en fonction du poids de l'encre déposée.

Afin d'obtenir une vision générale du phénomène en question, on a construit des graphiques où l'on a reporté dans l'axe des ordonnées les valeurs de $-\lg X(Y, Z)$ et dans l'axe des abscisses les poids de l'encre employée dans l'impression, exprimé en gr/m^2 .

En examinant ces graphiques (fig. 1, 2 et 3) il est évident que l'allure du phénomène enregistré n'est pas uniforme : en effet la concavité des courbes qui dans le premier segment est tournée vers le bas, à un certain point est invertie et se présente tournée vers le haut. Les courbes manifestent donc une flexion de raccord qui est représentée par la zone hachurée.

Les graphiques indiqués se rapportent à l'encre magenta : afin d'obtenir une plus grande clarté de représentation, les différentes courbes ont été reportées chacune déphasée d'une même quantité par rapport à la précédente le long de l'axe des ordonnées, de façon à éviter leur superposition. On les a en outre marquées avec les indications K.B., K.C., etc. pour spécifier la couleur du papier sur lequel l'impression avait été effectuée.

A titre de simplification on n'a pas reporté les courbes relatives à l'encre jaune. Elles ont une allure analogue, même si la flexion est moins marquée. Cette flexion apparaît d'autant plus évidente que la couleur de l'encre diffère de celle du papier.

De l'existence d'un point de flexion il s'ensuit que la variation des composantes trichromatiques en fonction du poids de l'encre ne peut pas être exprimée par une relation analytique unique dans tout le domaine représenté par les graphiques.

Par conséquent les Auteurs se bornent à étudier la partie des courbes à gauche du point de flexion, qui offre un intérêt pratique par rapport aux problèmes de la trichromie. En effet la zone de flexion se trouve au-dessus de $10 \text{ gr}/\text{m}^2$ pour l'encre magenta et à $6 \text{ gr}/\text{m}^2$ environ pour l'encre jaune; elle correspond donc à des poids d'encre supérieurs à ceux employés communément dans les impressions industrielles. Par conséquent l'expression que nous avons trouvée a un caractère général pour ce qui se rapporte aux applications dans l'art graphique.

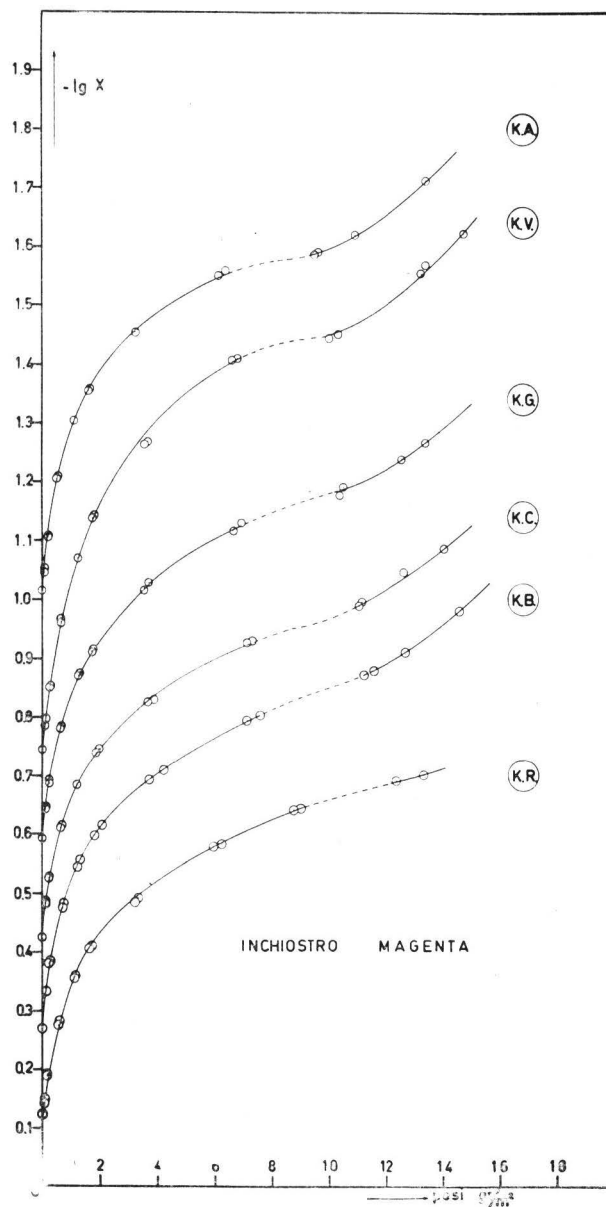


Fig. 1. — Encre Magenta — $\log X/P$.

- K.R. = Kromekote rose
- K.C. = Kromekote chamois
- K.V. = Kromekote vert
- K.B. = Kromekote blanc
- K.G. = Kromekote gris
- K.A. = Kromekote bleu (azuré).

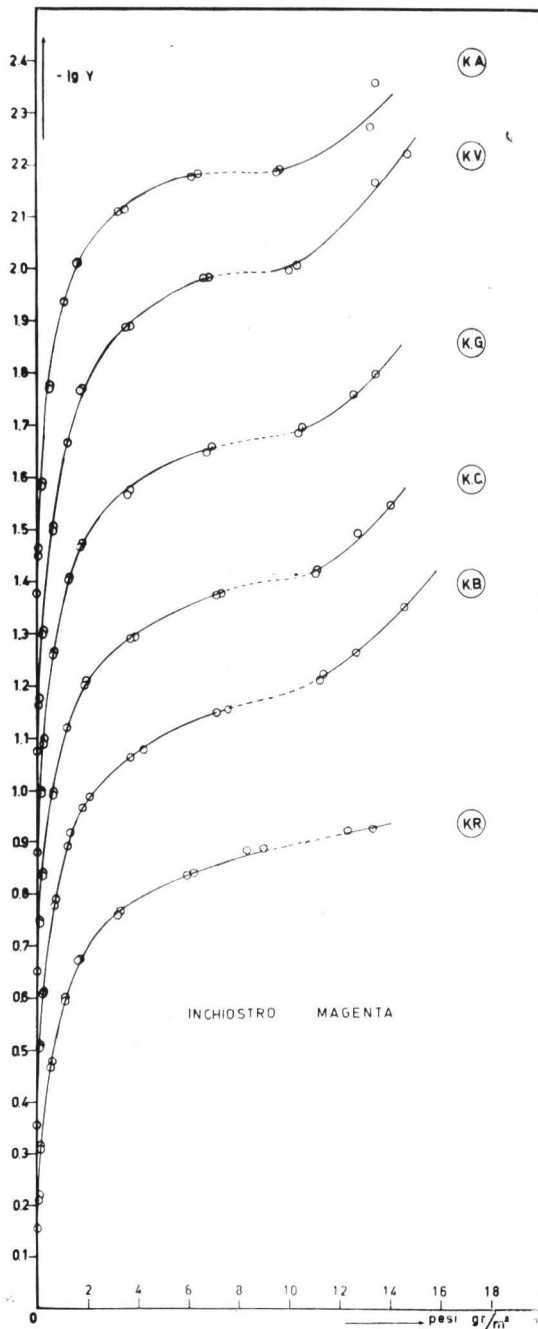


Fig. 2. — Encre Magenta — log Y/P.

Dans le but de rendre comparables entre elles les mesures obtenues sur des papiers différents et avec des encres différentes, on a jugé convenable d'introduire un nouveau paramètre, se déduisant des composantes trichromatiques par une transformation linéaire.

Ce nouveau paramètre est symbolisé avec T_X , T_Y , T_Z , étant

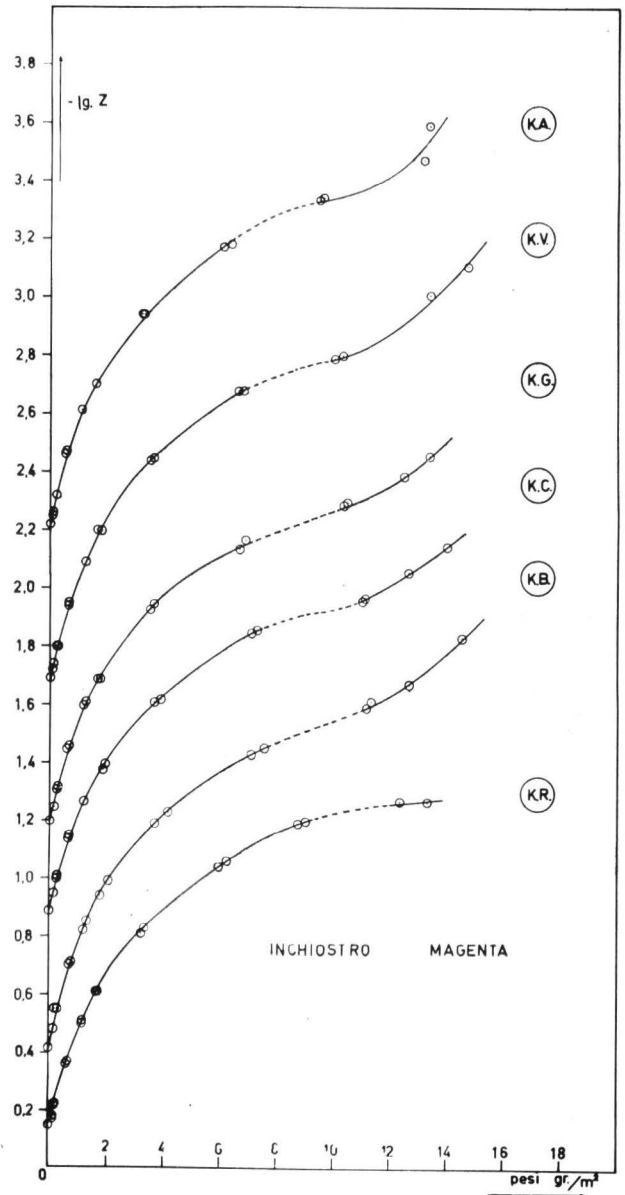


Fig. 3. — Encre Magenta — log Z/P.

$$T_X = \frac{X - X_f}{X_C - X_f}$$

$$T_Y = \frac{Y - Y_f}{Y_C - Y_f} \quad (1)$$

$$T_Z = \frac{Z - Z_f}{Z_C - Z_f}$$

où X, Y et Z sont les valeurs expérimentales des composantes trichromatiques,

X_C, Y_C, Z_C sont les composantes trichromatiques des papiers,

X_f, Y_f, Z_f sont les composantes trichromatiques du point de flexion.

Dans les équations (1) le dénominateur représente le champ entier de variation des composantes trichromatiques dans le segment de courbe examiné; ce champ de variation est pris comme unité de mesure. La différence exprimée par le numérateur indique, par contre, que l'origine de l'échelle des ordonnées est déplacé jusqu'à la faire coïncider avec la composante trichromatique de l'impression correspondante au point de flexion.

Ce point de flexion, pour les impressions effectuées avec la même encre sur des papiers de différentes couleurs, se présente toujours en correspondance avec le même poids d'encre.

Les paramètres T_X, T_Y et T_Z représentent donc le « taux de variation relative » des composantes trichromatiques pour chaque série d'impressions et rendent comparables entre eux les résultats obtenus avec des encres différentes déposées sur des papiers de différentes couleurs.

Pour les encres et les papiers que nous avons expérimentés, nous avons trouvé que entre les nouveaux paramètres introduits et le poids de l'encre déposée sur le papier, il existe une proportionnalité exprimée par l'expression :

$$-\lg T_{X(Y,Z)} = \alpha p^\gamma \quad (2)$$

où $T_{X(Y,Z)}$ = taux de variation relative de chaque composante trichromatique défini par les équations (1), p = poids en gr/m^2 de l'encre déposée sur le papier, et α et γ sont des constantes.

On a trouvé que γ dépend exclusivement du type d'encre employé et, par conséquent, elle ne varie pas avec la variation du support sur lequel on fait l'impression, tandis qu'elle varie si l'on passe du magenta au jaune, ce qui résulte évidemment du tableau ci-dessous :

TABLEAU I

<i>magenta</i>	<i>jaune</i>
$\gamma_X = 0.645$	$\gamma_X = 0.545$
$\gamma_Y = 0.598$	$\gamma_Y = 0.790$
$\gamma_Z = 0.740$	$\gamma_Z = 0.604$

La validité de la relation $-\lg T_{X(Y,Z)} = \alpha p^\gamma$ est mise en évidence par les fig. 4, 5 et 6, relatives à l'encre magenta et par les fig. 7, 8 et 9, relatives à l'encre jaune.

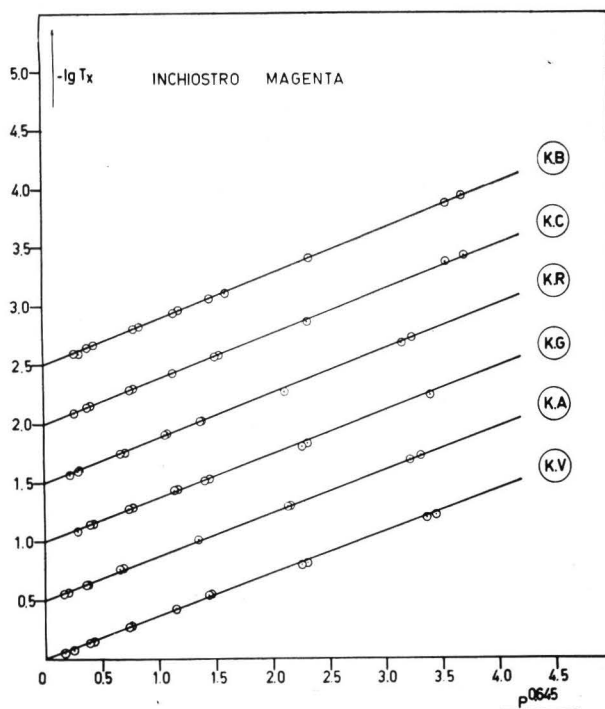


Fig. 4. — Encre Magenta — $\log T_X/p^\gamma$.

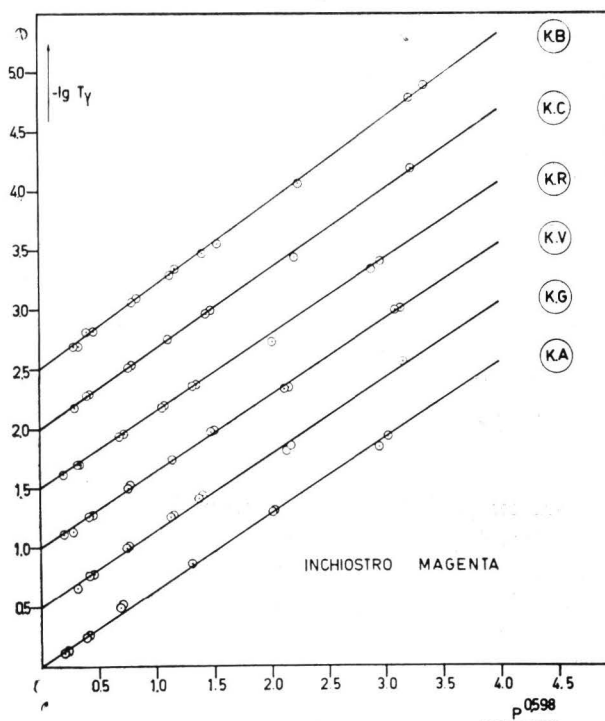


Fig. 5. — Encre Magenta — $\log T_Y/p^\gamma$.

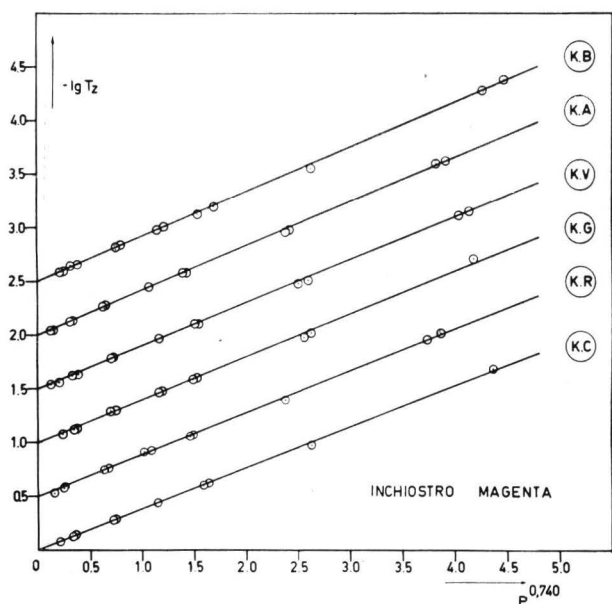


Fig. 6. — Encre Magenta — $\log T_z/p^\gamma$.

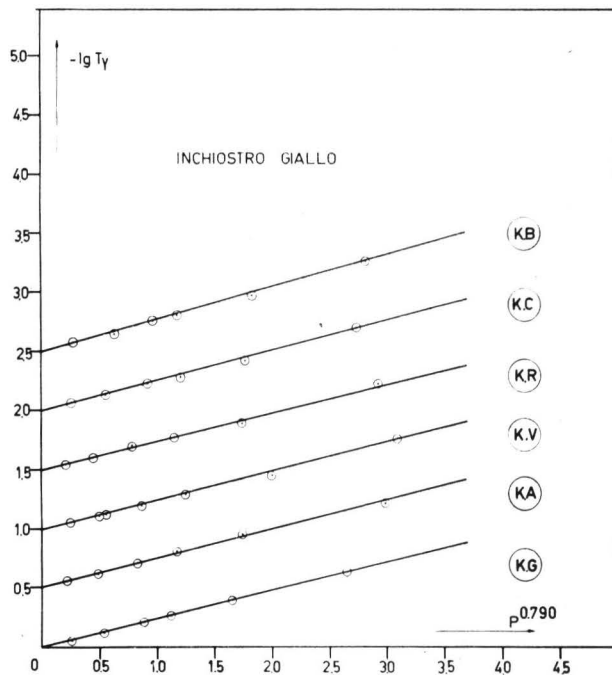


Fig. 8. — Encre jaune — $\log T_y/p^\gamma$.

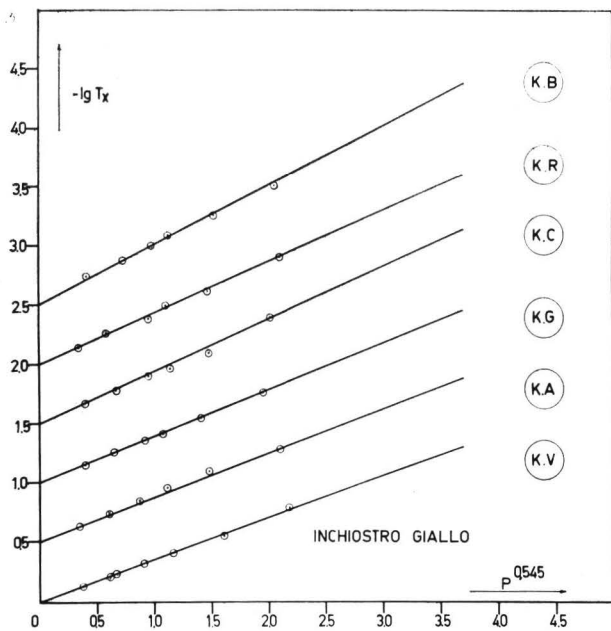


Fig. 7. — Encre jaune — $\log T_x/p^\gamma$.

Dans ces graphiques on peut voir un bon alignement des points expérimentaux.

Pour ces graphiques aussi chaque droite a été déplacée d'une même quantité par rapport à la précédente, le long de l'axe des ordonnées.

Le coefficient angulaire de chaque droite des fig. 4, 5 et 6, est reporté dans le Tableau II, tandis que les coefficients angulaires des fig. 7, 8 et 9 sont reportés dans le Tableau III.

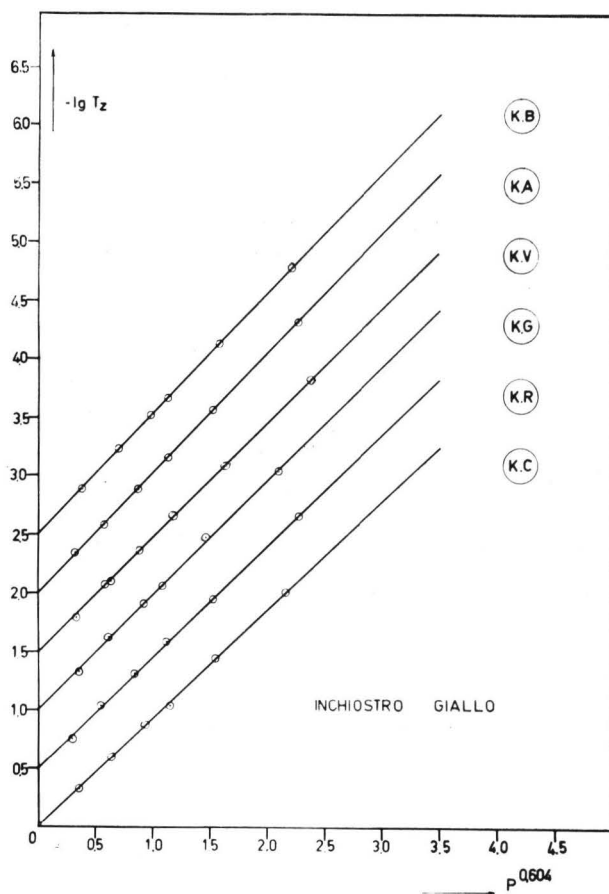


Fig. 9. — Encre jaune — $\log T_z/p^\gamma$.

TABLEAU II
Encre magenta

Papiers	X	Y	Z
K.B.	0.3912	0.7078	0.4169
K.G.	0.3725	0.6397	0.3997
K.C.	0.3830	0.6745	0.3826
K.A.	0.3698	0.6402	0.4145
K.V.	0.3630	0.6412	0.4004
K.R.	0.3802	0.6442	0.3912

TABLEAU III
Encre jaune

Papiers	X	Y	Z
K.B.	0.5058	0.2670	1.0320
K.G.	0.3890	0.2400	0.9761
K.C.	0.4436	0.2550	0.9275
K.A.	0.3681	0.2433	1.0230
K.V.	0.3443	0.2430	0.9811
K.R.	0.4395	0.2438	0.9510

De l'examen des Tableaux II et III on peut relever que les coefficients angulaires varient soit en fonction de la couleur du papier, soit en fonction de l'encre employée.

En examinant avec plus d'attention la variation du

coefficient angulaire en fonction de la couleur du papier, on perçoit l'existence d'une régularité dans la variation de α .

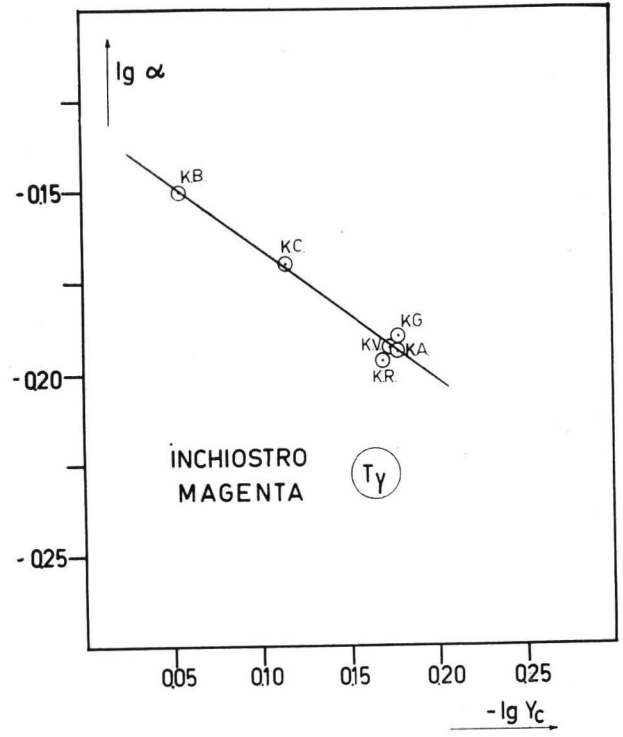


Fig. 11. — Encre Magenta $\log / -\log Y_c$.

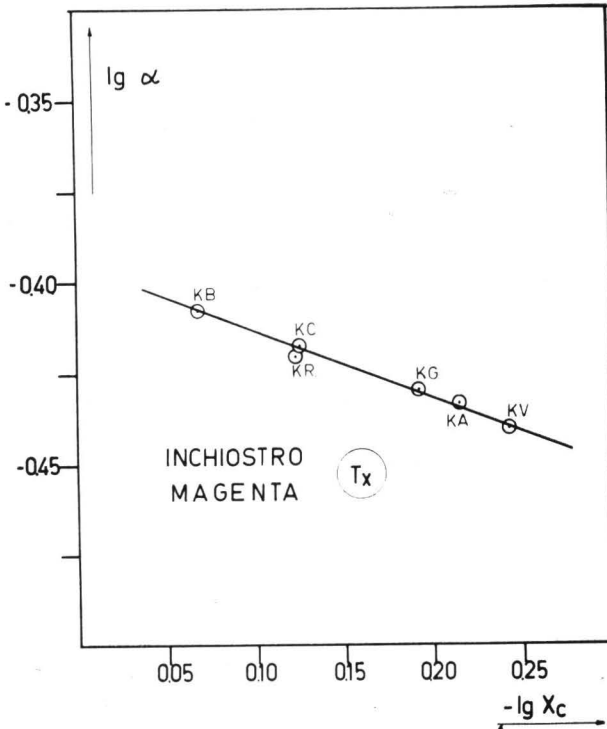


Fig. 10. — Encre Magenta $\log / -\log X_c$.

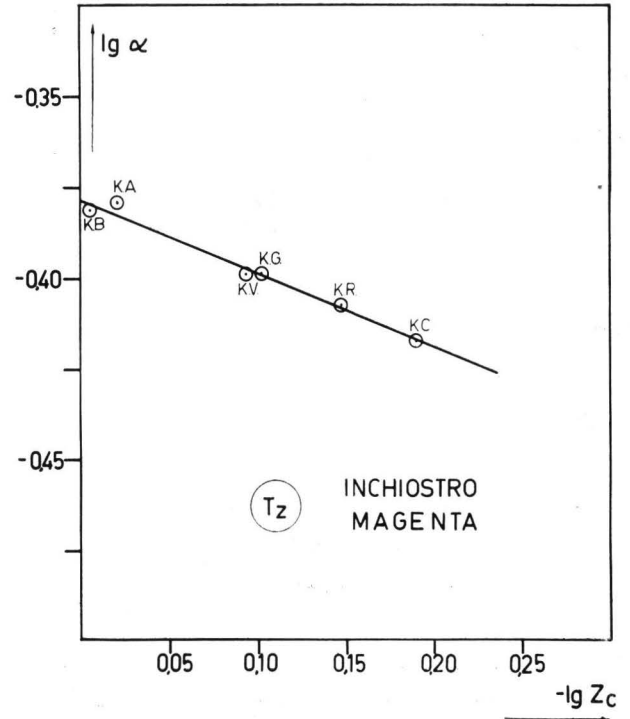


Fig. 12. — Encre Magenta $\log / -\log Z_c$.

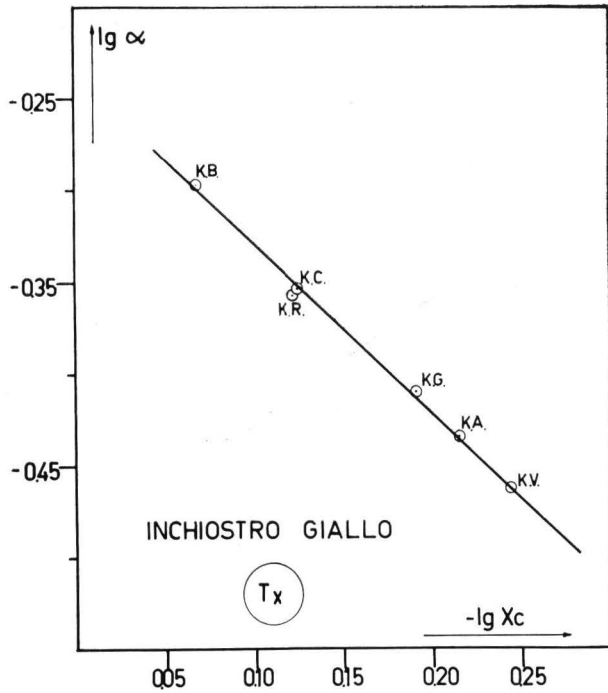


Fig. 13. — Encre jaune log/— log X_c .

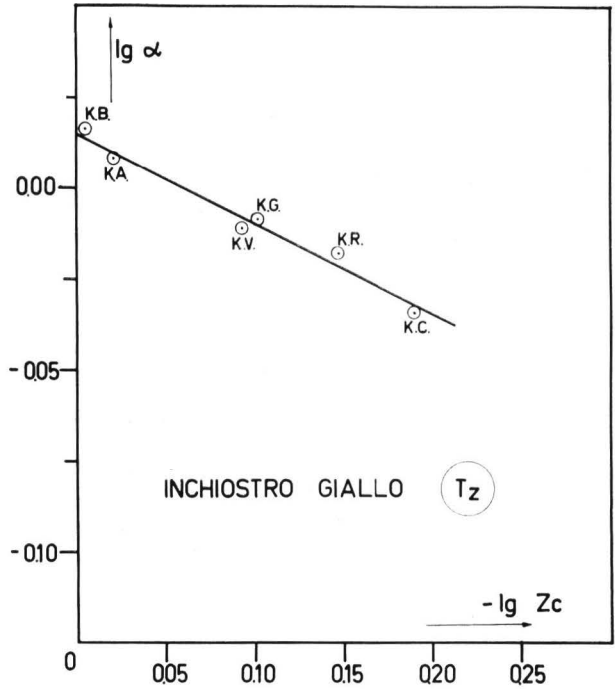


Fig. 15. — Encre jaune log/— log Z_c .

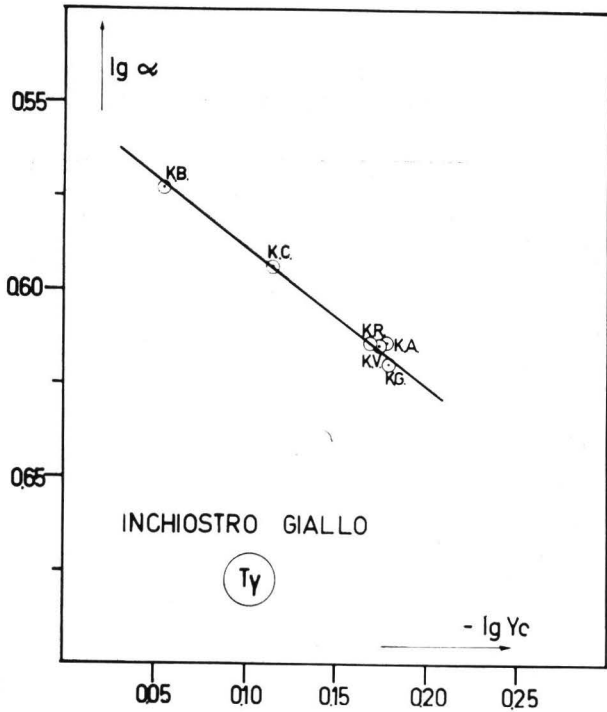


Fig. 14. — Encre jaune log/— log Y_c .

Pour chaque encre en effet, il a été possible de trouver une relation linéaire qui relie α aux composantes trichromatiques des papiers employés.

Cette relation est reportée en échelle logarithmique aux figures 10, 11 et 12, pour l'encre magenta et aux figures 13, 14 et 15, pour l'encre jaune.

CONCLUSIONS

On estime que les résultats de la présente étude peuvent offrir un intérêt remarquable dans le domaine de l'Art Graphique, essentiellement pour les raisons suivantes :

Les relations linéaires qui existent entre le poids de l'encre et le taux de variation des composantes trichromatiques d'une impression et entre α et les composantes trichromatiques du papier sur lequel on imprime, permettent de prévoir la couleur résultante de la déposition d'un déterminé poids d'encre sur un support de n'importe quelle couleur.

L'indépendance de γ du support sur lequel on effectue l'impression permet de définir un paramètre se rapportant exclusivement aux caractéristiques de l'encre : une fois établie sa signification physique, ce paramètre pourrait se révéler utile pour la standardisation des encres.

The Spectral Distribution of Colours and Coloured Lights

by Otto SYREENI

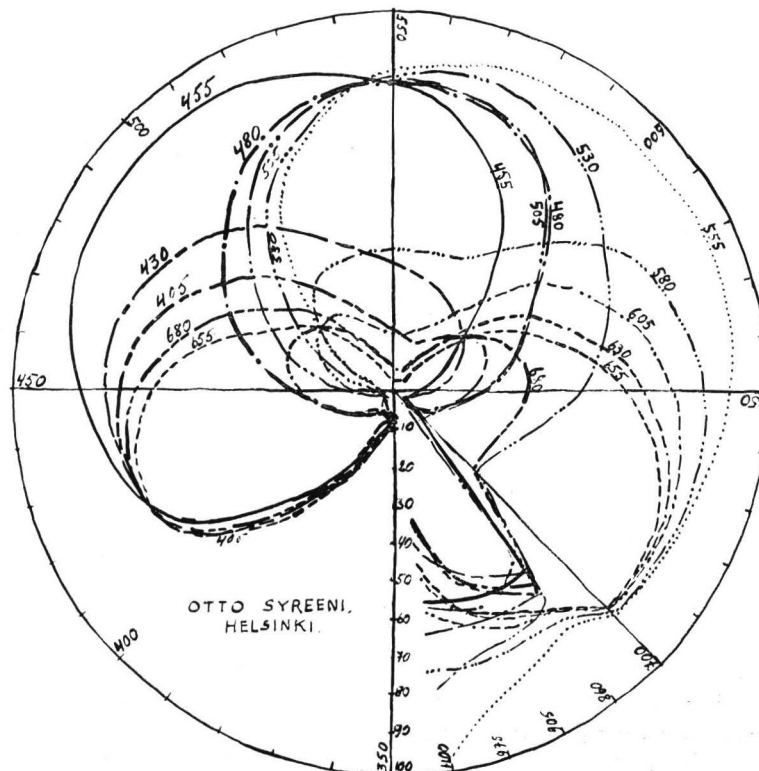
Helsinki.

It seems difficult, sometimes even for people considered as experts, to understand, that the only correct way of obtaining proper and practical measuring values for colours, is to apply also to the physical determination of colours, the fact, that colours are brought about by the influence of the yellow, the red, and the blue colour substances on light. Of course, there are a countless number of basic colour substances differing from each other with regard to their hue and their properties. Thus *the finding of such a basic colour substance triangle*, which with regard to both its mixing properties and the equal intensity of its colours,

corresponds to neutral spectral energy, and which in the same way can also be used in practice as a measure of other coloured lights, of the so called white lights, as well as of those colours as are brought about by colour substances, *is by no means an easy task*, as no doubt will be confirmed by anybody, who like the writer of this article has tried to do it. As a matter of fact, the equal ratio of the basic colour substances must be 3-dimensional, and within the spectral area, in such a way as to make the violet and the orange divide the red into such halves as bring about a spectral equal ratio.

STANDARDS FOR COLOURS
AND
BASIC COLOUR SUBSTANCES

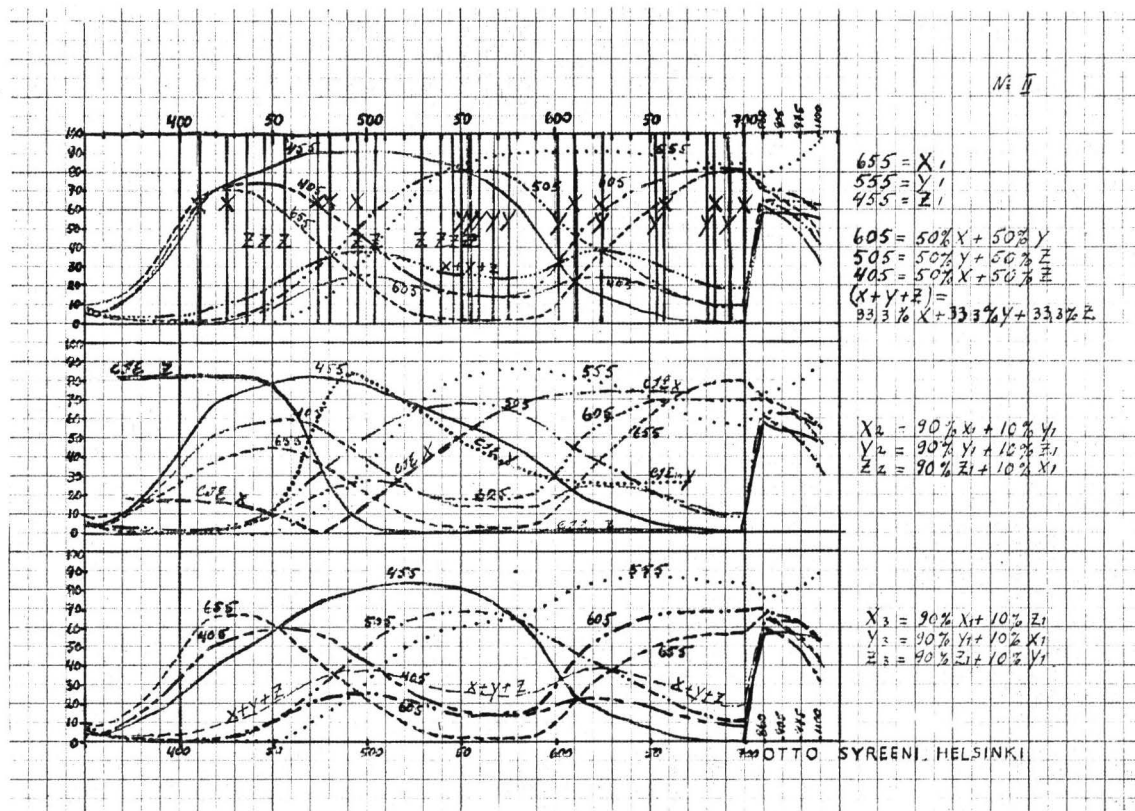
N: 7



655 = 100% X
680 = 75% X + 25% Z
405 = 50% X + 50% Z
430 = 25% X + 75% Z

455 = 100% Z
480 = 75% Z + 25% Y
505 = 50% Z + 50% Y
530 = 25% Z + 75% Y

555 = 100% Y
580 = 75% Y + 25% X
605 = 50% Y + 50% X
630 = 25% Y + 75% X



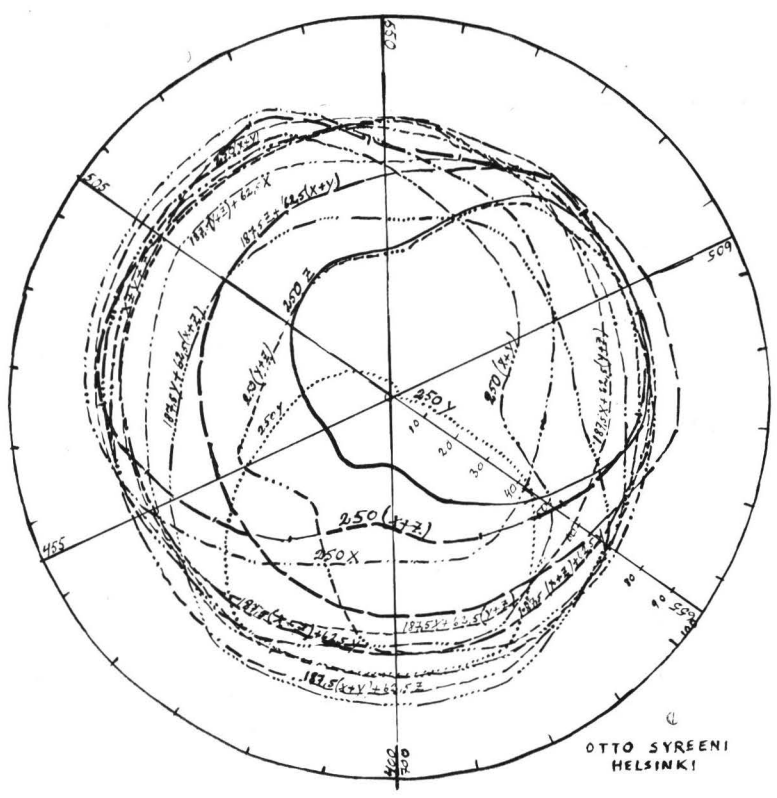
The curves of standard basic colour solutions have earlier normally been produced in accordance with E-light and on the CIE-wavelengths; now here they are shown also in accordance with the general wavelengths ($x = y = z$), outlined both in a 3-dimensional way within the circle, and in the traditional way (temperature of illuminant 2600°).

Figure I (enclosed) shows in the 3-dimensional way the standard colours of a colour ring divided into 12 parts.

Figure II shows the 3-dimensional curves: those on top represent the standard basic colours, middle green, middle violet and middle orange, as well as the neutralizer, i.e. softening brown, while those at the bottom represent curves, in which the original hue of the standard basic colours has been altered to correspond both blue and orange light in such a way as to leave the mutual equal intensity ratio of the colours unchanged (as can be seen from the mixing figures next to the curves), and so they still join in the centre in the ratio of the neutralizer. In this way the lights of the different temperatures as well as the colours as represented by these lights, can be made to join in the same point by altering the reflection values of the standard basic colours and respectively of those based on spectral ener-

gy, in such a way as implied by each of the lights. The neutrality of the three standard colour solutions, as well as of any other colour combination chosen in the proper way, can be checked easily in (even) a visual way, as always 3 basic colour solutions of the same group — if placed in a state of equal colour intensity into cyvettes of a thickness of e.g. 1 cm, or alternatively in small bottles on top of each other, and seen against a (certain) light — will prove neutral and represent that same light, against which they are seen, whenever the colour intensity varies between 1 unit and 500 units, i.e. when it is of such kind, which easily penetrates coloured solutions. This same neutral ratio — prevailing between the three basic colours — can be brought about by means of those green, violet and orange colours, which have been brought about by mixing the first mentioned basic colours, whenever putting on top of each other three bottles with standard colour solutions representing wavelengths of such combinations as 405, 505, and 605, or 430, 530, and 630, i.e. with a mutual difference of one hundred.

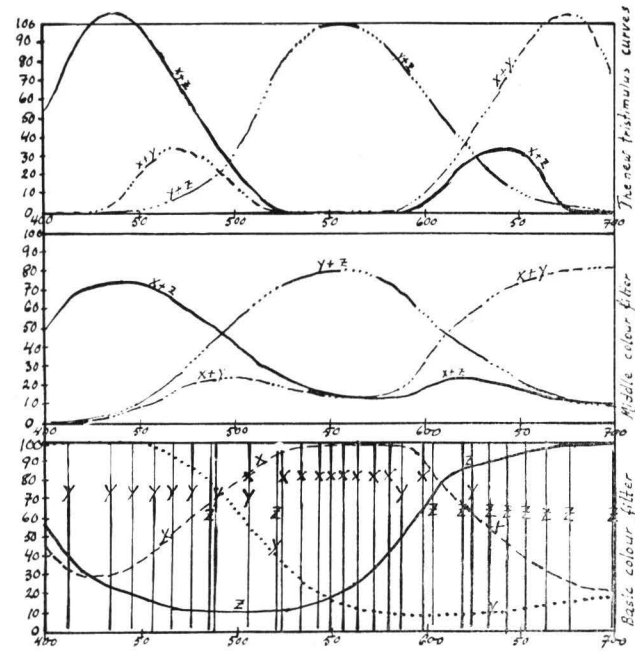
The standard colour solutions can also be used for the measuring of different lights; then the basic colour substances and their mixtures render the so called complementary light curves, while those corresponding to



The new tristimulus values and curves of E-light
for wavelengths 400-700 mμ

N^o IV

Wavelength	Y	X	Z
Komp.	X+Z	Y+Z	X+Y
400	54.1	0	0
410	75.4	0.1	0.2
420	93.8	0.4	0.7
430	104.5	1.1	2.3
440	105.6	2.3	7.7
450	97.1	3.8	21.3
460	84.2	6.0	32.6
470	67.8	7.1	34.8
480	57.2	13.9	31.9
490	35.7	20.8	25.0
500	22.5	32.3	14.2
510	10.9	50.3	5.7
520	2.9	71.0	1.4
530	0.2	86.2	0.2
540	0	95.4	0
550	0	99.5	0
560	0	99.5	0
570	0	99.6	0
580	0	87.8	0.2
590	1.4	75.7	2.9
600	5.7	63.1	10.9
610	14.0	50.5	22.5
620	25.0	38.1	35.9
630	31.9	26.3	51.2
640	34.2	17.5	69.4
650	32.1	10.7	84.2
660	21.3	6.1	97.1
670	7.7	3.2	105.6
680	2.3	1.7	104.5
690	0.7	0.8	93.8
700	0.2	0.4	75.4



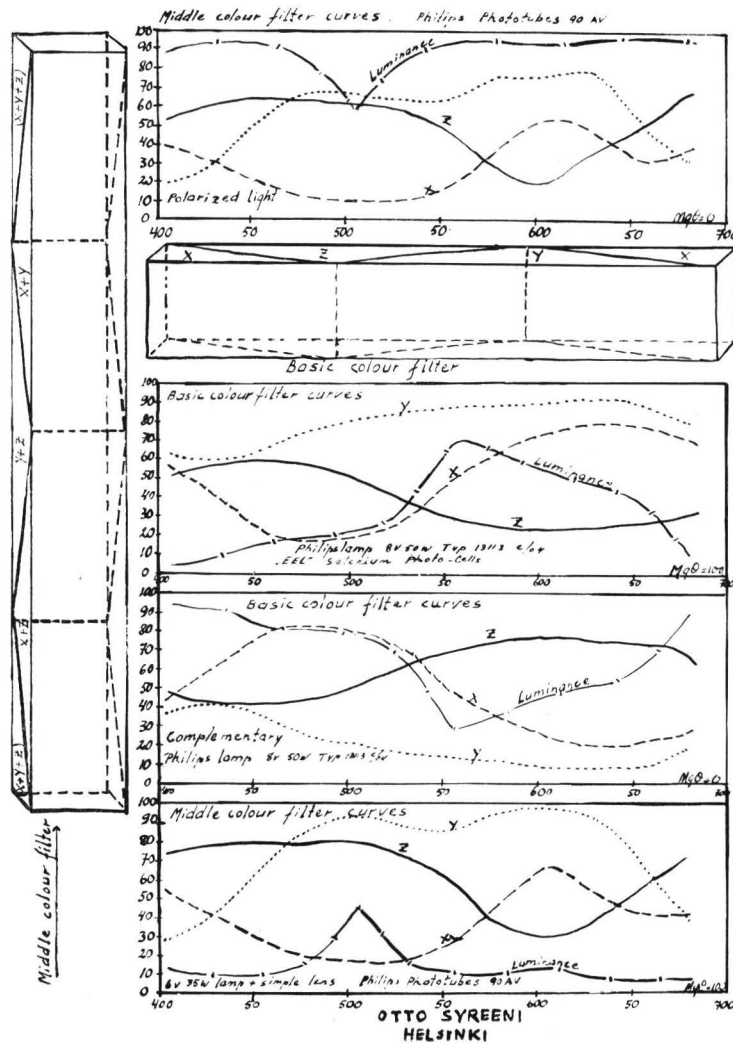
the spectral-energy-based, i.e. the luminous curves, are obtained by means of the so called middlecolour filters. These have been composed in such a way, that the standard middle colour solutions have been on the basis of wavelengths mixed so that green has been in the place of red, violet in the place of yellow, and orange in the place of blue: then the standard colour substance solutions acting as colour filters, give on each of the wavelengths the same kind of coloured lights as does the prism within its spectra. On the basis of these two kinds of light curves, there can be calculated for each of the wavelengths the values (figures) of the different lights by means of the basic colour standards.

Figure III shows how the colours become softer, when red is mixed with its complementary colour, viz. middle green, likewise when yellow is mixed with its complementary colour, viz. middle violet, and when blue is mixed respectively with middle orange, and how these added amounts carry the colours in three sectors

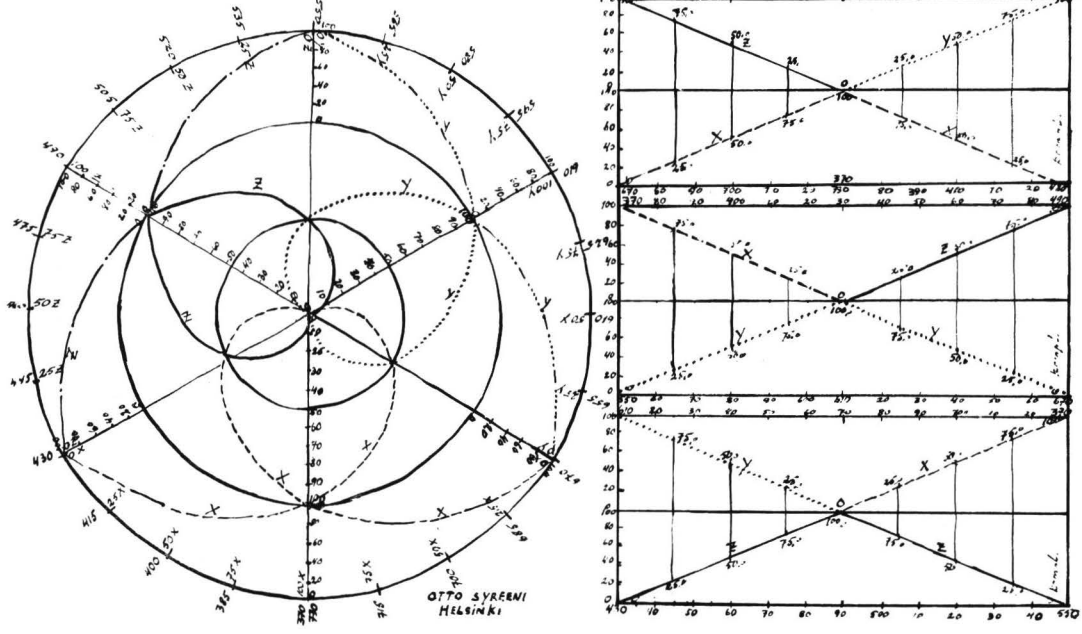
still nearer to the neutralizer situated in the centre. Thus it can be seen, that the natural softening process represents both the red-green symbols of the E-light, the yellow-white symbols of the A-light, and the blue-orange symbols of the C-light (the so called 'Non Spectral Stimulus').

Figure IV shows new spectral-energy tristimulus-curves, which have been obtained by correcting the present spectral-energy CIE-tristimulus values in such a way as to produce by means of them now a light of the 2-dimensional spectrum — even visually — the correct results, and such values as reflect the 3-dimensionality, i.e. the shares of the yellow, the red, and the blue colour substance and respectively of the colour. Furthermore in this figure there can be seen the standard middle-colours, on the basis of which the correction has been made, as well as in an upside-down position those curves of the basic colours, which then have been placed in their proper position with regard

N: \bar{V}



The distribution of the standard basic colour substances, and of the colours brought about by them, in equal colour-intensity ratio, in a 360° circle into 360 substance-based wavelengths, when the "Non-spectral-stimulus" of E-light covers the complementary area 670-430 mμ and the corresponding energy-wavelength area 490-610, and when the "Non-spectral-stimulus" of A-light covers the violet-area 370-490 and the yellow energy-area 550-670, while the complementary blue-area and the orange energy-area remain in the third sector 430-550 and 610-730 mμ



to the new spectral energy based tristimulus values.

Figure V shows in the top part the construction of the newest « Coloriphotometer-filter », which was awarded the Grand Prix in 1958. There we have a combination of three double-wedges, or three hollow spectra with angles of 5-10°, in form of a container, filled with (three) middle colours, or alternatively with (three) basic colours of equal intensity. When the light travels (from an illuminant) through these filters, it travels everywhere through a solution containing the same amount of colour-intensity units and creating thus a continuous spectrum, which covers the entire colour ring, which — when made up of middle colour filters — gives spectral-energy values, and in the case

of basic colour filters gives their complementary values. In the figure there are produced, by means of this Coloriphotometer, a number of reflection curves in different forms, at different lights, and brought about with different elements.

Figure VI shows the distribution of the standard basic colour substances, in accordance with the equal colour intensity, into 360 substance-based wavelengths. The 3-dimensional distribution, prevailing in the circle, can also be seen in the three tables carrying on top, the energy-based wavelengths, and on the bottom their complementary wavelengths, while the straight line in the middle represents the central point of the circle.



Experimentelle Bestimmung «farbkraftigster» Optimalfarben in Abhängigkeit von Umfeld

von K.-D. HOFMANN und K. MIESCHER

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde der an Färbereien abgeleitete Begriff der farbkraftigsten Farbe (1) (K_{max}) an farbtongleichen Optimalfarbreihen nachgeprüft. Diese konnten mit unserem neuen spektralen Farbintegrator (2) in objektiver Weise bei beliebig einstellbarer Umfeldhelligkeit erzeugt werden.

Die noch vorläufigen Ergebnisse decken sich mit den an Färbereien gewonnenen. K_{max} liegt zwischen der Vollfarbe (Farbe grössten Farbmomentes) und der Spektralfarbe (Farbe grösster Sättigung). Im Prinzip ist die Farbkraft identisch mit Munsell's Chroma.

Die zur Bestimmung von K_{max} geeigneten Funktionen werden kurz diskutiert. Die Lage der farbkraftigsten Optimalfarbe ist vom Farbton und der Helligkeit des Umfeldes abhängig.

RESUME

La notion de la couleur d'intensité chromatique maximale (1) K_{max} déduite de colorations produites par colorants de concentrations diminuantes a été vérifiée par des séries de couleurs optimales de même tonalité.

Celles-ci purent être reproduites de façon objective grâce à notre nouvel intégrateur de couleurs spectrales (2).

Nos résultats encore provisoires sont semblables à ceux de nos séries de colorations. K_{max} se trouve entre la « Vollfarbe » (de moment chromatique maximum) et la couleur spectrale (de saturation maximum). En principe l'intensité chromatique de la couleur correspond au chroma de Munsell.

Les fonctions appropriées à la détermination de K_{max} sont brièvement discutées. La position de la couleur optimales d'intensité chromatique maximale dépend de la tonalité de la couleur et de la luminance de son entourage.

SUMMARY

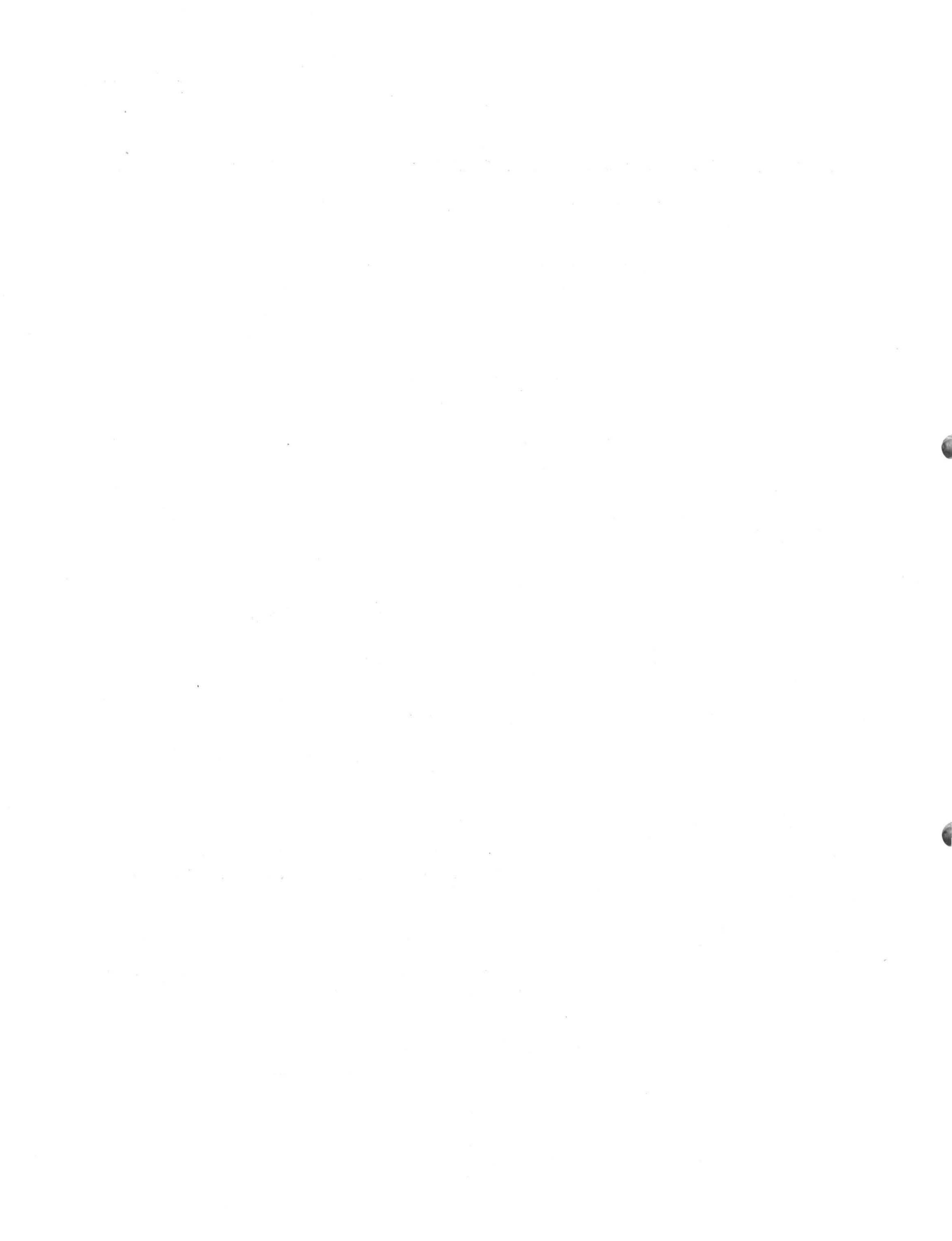
The concept of colours of maximal chromatic intensity (K_{max}) developed on dyestuff concentration series dyed on paper (1) is reexamined using series of optimal colours of equal hue. These were produced with our new spectral colour integrator (2).

Our preliminary results agree with our previous ones. K_{max} lies between the full colour (of highest colour moment) and the spectral colour (of highest saturation). In general chromatic intensity (Farbkraft, Buntkraft) corresponds to Munsell's chroma.

The functions suitable to calculate K_{max} are briefly discussed. The position of the optimal colour of maximal chromatic intensity (K_{max}) depends on its hue and luminance of the surrounding field.

(1) R. ROMETSCH, M. THUERKAUF und K. MIESCHER, Exper. 14, 257 (1958).

(2) M. GASSER, H. BILGER, K.-D. HOFMANN und K. MIESCHER, Exper. 15, 52, (1959).



Comparaison entre les principaux systèmes de représentation des Couleurs

par P. VANHERCK,

Assistant à l'Institut de Mécanique et de Métrologie
de l'Université de Louvain.

Une des difficultés principales, que l'industrie rencontre lors de l'introduction de la colorimétrie dans l'atelier, est celle de la présentation des résultats de l'appareil de mesure dans un système de coordonnées adéquat.

Quelles conditions pose-t-elle à ce système idéal ?

Il faudrait :

- que chaque couleur puisse être représentée dans le système et qu'à chaque point ne corresponde qu'une couleur bien déterminée;
- que les valeurs entre les couleurs données par l'appareil, le système choisi et le système C.I.E. soient simples;
- que des couleurs qui ont des écarts visuels égaux soient équidistantes dans le système;
- que le système nous permette de déterminer aussi directement que possible les qualités psychologiques ainsi que la vivacité de la couleur, et qu'il soit présenté sous forme d'atlas de couleur.

Voilà ce que devrait nous fournir le système idéal. Malheureusement, jusqu'à présent il n'existe aucun système répondant simultanément à toutes ces exigences. On est donc obligé de choisir un compromis et le système adopté différera suivant l'application envisagée. Cette situation a le désavantage qu'une usine de matières colorantes peut être amenée à employer différents systèmes de tolérance suivant le système employé par le client.

Passons maintenant les principaux systèmes en revue.

Disons immédiatement que les atlas de couleur dont les caractéristiques ne sont pas exprimées en termes mathématiques ne satisferont pas aux conditions exprimées ci-dessus.

Nous ne prétendons pas que les atlas sont sans valeur — loin de là. Mais leurs applications sont limitées à harmoniser une série de couleurs, quand l'atlas est spécialement prévu pour cela, ou à choisir une couleur, là où l'on peut se contenter d'une appréciation visuelle, sans demander des tolérances chiffrées.

Même l'emploi d'un atlas de couleur, qui donne pour chaque couleur représentée les valeurs trichromatiques ne permet pas de se priver d'un appareil de mesure.

Quels sont les inconvénients d'un système uniquement basé sur ces atlas ? (1).

En tout premier lieu les couleurs ne sont pas parfaitement stables, de plus il y a des différences entre les mêmes couleurs de différents atlas. Les atlas ne sont pas complets c'est-à-dire, qu'on peut trouver des couleurs plus pures que les couleurs représentées. Et, quand les écarts entre les couleurs sont très petits, l'atlas devient si vaste qu'il est pénible d'y situer une couleur donnée; si les écarts sont plus grands, les interpolations deviennent moins exactes.

Enfin il faut employer un illuminant bien déterminé pour comparer une couleur inconnue avec les couleurs d'atlas.

Le système Ostwald.

Voulant pallier à ces inconvénients, Ostwald a le mérite de rechercher un système à la fois rationnel et représentatif.

C'est en désavouant le travail de ses précurseurs en partant de tout autres bases qu'Ostwald, isolé par la guerre des influences d'autres pays, a créé son système (2).

Ostwald pose que chaque couleur pourrait être représentée par un mélange avec le blanc et le noir qu'on désignera ensuite par couleur caractéristique — vu que les couleurs caractéristiques sont les couleurs les plus vives.

Le système d'Ostwald a connu un grand succès : d'abord parce qu'il est compréhensible par celui qui ne possède que des notions rudimentaires de la colorimétrie, ensuite parce que ses triangles ont comme point de départ une couleur visuellement très vive et enfin à cause des lois d'harmonies de couleur qu'il a proposées et qui connaissent encore une grande vogue actuellement (3).

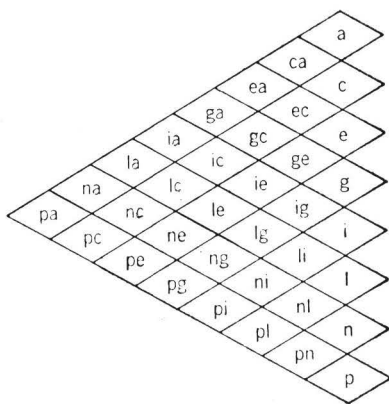
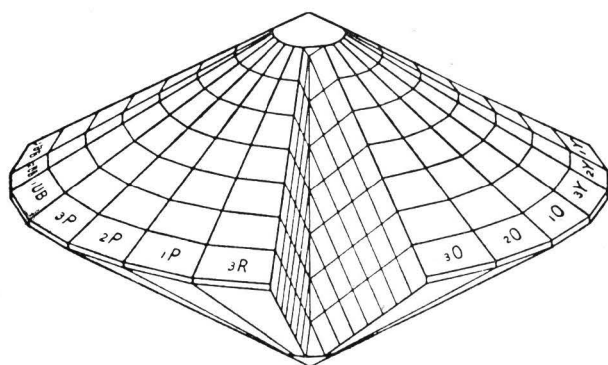


Fig. 1. — Représentation dans l'espace du solide des couleurs d'Ostwald.

Le système a malheureusement beaucoup de désavantages. De nombreuses couleurs ne trouvent pas de classification dans le système : par exemple les couleurs qui sont plus pures que les couleurs caractéristiques.

L'hypothèse même dans laquelle il considère que toute couleur est constituée par une certaine quantité de Vollfarbe, qu'on désignera ensuite par couleur caractéristique, mélangée au blanc et noir ne peut pas être généralisée.

Ceci invalide les méthodes de mesure qui servent de point de départ nécessaire au classement qu'il propose. On a essayé de sauver le système en disant que toutes les couleurs qui sont semblables aux échantillons de son atlas ont leur valeurs représentatives à savoir :

- k la quantité de couleur caractéristique;
- w la quantité de blanc;
- z la quantité de noir;

contenues dans l'échantillon.

Mais sur quelle base faut-il comparer les couleurs avec les échantillons ? Visuellement ? Alors se présentent tous les désavantages de l'interpolation visuelle dans un atlas des couleurs. Il faut cependant en retenir que les couleurs caractéristiques sont *visuellement* les

couleurs les plus vives qui existent et on a souvent essayé d'exprimer en chiffres la différence entre une couleur étudiée et la couleur caractéristique correspondante et d'accorder à ces chiffres une valeur relative pour exprimer la vivacité de cette couleur. Il suffit de lire la bibliographie allemande et suisse pour en trouver plusieurs exemples (4).

Les auteurs allemands déterminent cette «Farbigkeit» par l'application du moment de la couleur dont le maximum peut être déduit du diagramme des couleurs optimum établies par le professeur Richter (5).

Un système basé sur les moments des couleurs était déjà établi par Luther Nijberg vers 1928.

Il faut également signaler que la notion de la vivacité des couleurs proposée par Monsieur Edelman au Congrès International de Chimie Industrielle tenu à Liège en 1958 témoigne d'une préoccupation analogue (6).

Il calcule une valeur relative de la vivacité d'une couleur en se basant sur trois facteurs :

- 1° l'intensité de la couleur spectrale contenue dans la couleur;
- 2° les absorptions parasites;
- 3° les réflexions parasites.

Les quelques applications que nous avons faites de cette méthode ne donnent pas entière satisfaction, et nous n'avons pas l'impression qu'on ait déjà trouvé la formule idéale.

Pourtant ce problème de la « vivacité de la couleur » est certainement très actuel et préoccupe plusieurs industriels. Différents laboratoires continuent leurs recherches pour trouver une formule, facilement applicable sur l'échelon industriel.

Nous concluons que le système d'Ostwald comme tel n'a pas les qualités demandées, mais il contient néanmoins des éléments intéressants qu'on ne trouve pas dans les autres systèmes classiques.

Le Système C.I.E.

C'est en 1931 que la C.I.E. a décidé de recommander le système X Y Z qui était basé sur les résultats de Guild et de Wright.

Après 28 ans, la grande majorité des travaux de colorimétrie fait un large usage des coordonnées du système C.I.E. et c'est pour cela qu'on veillera à ce que le système choisi soit en relation directe avec X Y Z.

On pourrait se demander si après cette longue période de travail de recherches et de contrôle le système répond encore aux nécessités ?

Il est remarquable de constater que les bases adoptées en 1931 correspondent encore aux données dont nous disposons maintenant.

Le seul désaccord qu'on ait trouvé consiste en ce que les valeurs adaptées des facteurs de visibilité relative dans le violet sont un peu trop faibles, ce qui a permis à Jacobsen de trouver 2 couleurs qui ont les mêmes coordonnées trichromatiques, alors qu'en pratique elles sont bien discernables (7).

Ce n'est là évidemment qu'un détail mineur qui ne peut ni diminuer les mérites de Guild et de Wright, ni mettre en péril la valeur du système C.I.E.

Mais est-ce bien l'approximation du système idéal dont les industriels rêvent et qui a été défini au début de ce traité ?

- chaque couleur a sa place dans le système X Y Z;
- à chaque point ne correspond qu'une couleur déterminée (exceptée pour l'effet de Jacobsen);
- les valeurs données par les appareils de mesure nous permettent facilement d'entrer dans X Y Z;
- les travaux classiques sont faits dans ce système.

Mais les couleurs qui ont des écarts visuels égaux ne sont pas équidistantes.

- le système nous permet de déterminer les qualités psychophysiques mais non les qualités psychologiques de la couleur;
- le système n'est pas représenté par un atlas;
- le système ne permet de déterminer la vivacité que par des calculs assez longs.

On a essayé de trouver un système qui aurait les mêmes qualités que le système X Y Z, mais qui en plus présenterait une « échelle de chromaticité uniforme ».

L'expression : « échelle de chromaticité uniforme » est en général mal comprise (8).

Dans un système où les différences de position de deux couleurs, juste discernables l'une de l'autre, sont égales pour toute l'échelle, on ne peut pas extrapoler et dire que les couleurs, qui ont des écarts visuels égaux, mais plus grands que le plus petit écart discernable, sont équidistantes et inversement.

La raison de cette différence entre les deux systèmes se trouve dans la différence des méthodes généralement employées pour comparer les écarts des couleurs.

Les systèmes Munsell et D.I.N.

Le système Munsell était à son origine conçu comme un atlas de couleur, purement psychologique et fut modifié à plusieurs reprises, même en ce qui concerne les bases sur lesquelles le système était fondé (9).

Son histoire est très longue, mais l'adaptation établie par l'O.S.A. sub committee on the Spacing of the Munsell colors, était certainement la plus marquante et a donné au système la valeur et la célébrité qu'il possède encore maintenant. Cette sous-commission a corrigé et extrapolé le système dans les coordonnées d'Adams et

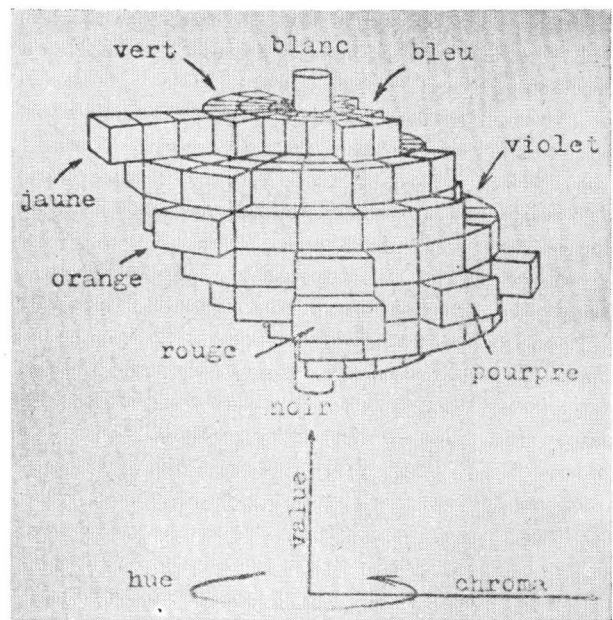


Fig. 2. — Représentation dans l'espace du solide des couleurs de Munsell.

établi des tableaux donnant les valeurs tristimulus de ces échantillons adaptés (10).

Dans le solide de couleur de Munsell l'axe vertical est le lieu géométrique des gris, avec des écarts visuels égaux. L'intensité de chaque couleur représentée dans ce système, correspond à l'intensité du gris qui se trouve dans le même plan perpendiculaire sur l'axe des gris, et les saturations sont en fonction de la distance entre la position de la couleur et l'axe des gris.

L'intensité visuelle de la couleur s'appelle *value*, la saturation *chroma* et l'espèce *hue*.

Le système D.I.N. est un système plus récent établi par le professeur Richter et aussi conçu comme atlas de couleurs (11).

Il y a des différences fondamentales entre les deux systèmes.

D.I.N. emploie comme standards des filtres en gélatine là où Munsell employait des surfaces colorées — parce qu'il est possible d'obtenir des couleurs de plus grande saturation, de déterminer les valeurs tristimulus de ces filtres avec une précision plus grande et d'obtenir avec un filtre, toute la gamme d'intensité de cette couleur en diminuant l'intensité de la lumière derrière le filtre, enfin parce que en comparant une surface colorée avec un filtre l'observateur est obligé d'isoler l'objet coloré de la couleur elle-même.

L'emploi de filtres a évidemment aussi des inconvénients; il faut employer l'illuminant exact, les filtres

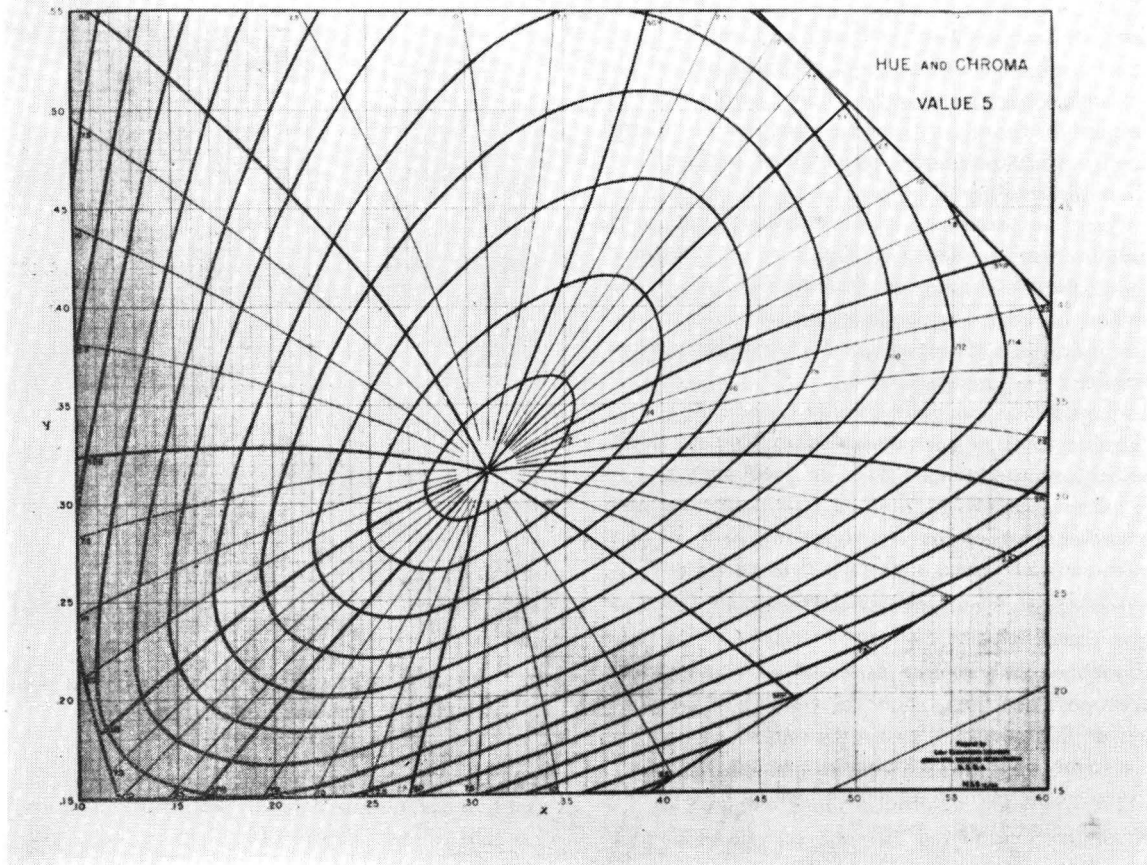


Fig. 3. — Représentation des échantillons de valeur 5 de Munsell dans le diagramme C.I.E.

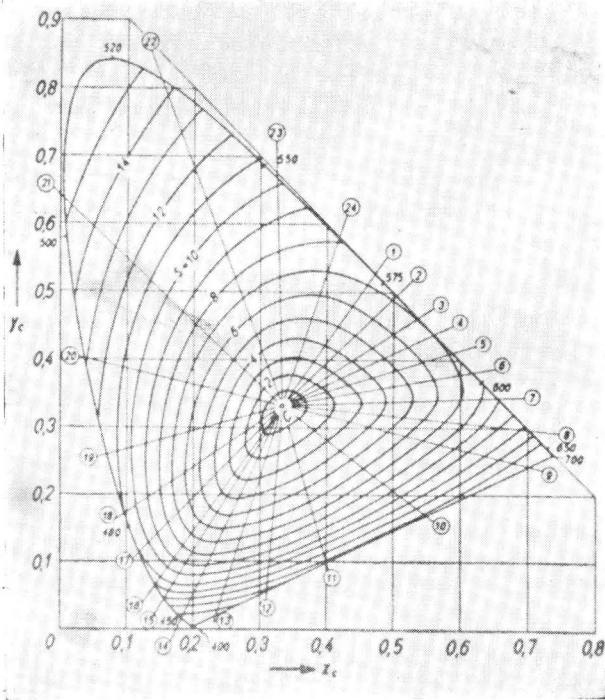


Fig. 4. — Représentation des échantillons du système D.I.N. dans le diagramme C.I.E.

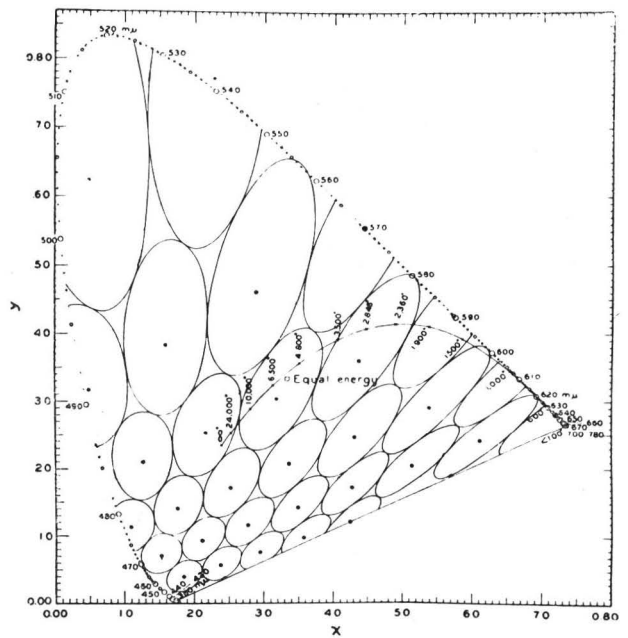


Fig. 5. — Différences visuelles égales dans le diagramme C.I.E. pour les écarts juste discernables

sont plus fragiles, les couches en gélatine manquent de stabilité, et leur fabrication est très difficile.

D.I.N. prévoit pourtant des échantillons en laine et autres matières pour l'industrie textile.

L'intensité visuelle s'exprime ici en « Dunkelstufen » qui ne sont pas fonction de l'intensité de la couleur, mais du rapport de l'intensité de la couleur à l'intensité maximum que cette couleur peut théoriquement atteindre (couleur optimum).

La relation qui nous donne cette « Dunkelstufe » est :

$$= 10 - 6,1723 \log. (40,7 h + i)$$

ou $h = Y/Y_0$.

Y = l'intensité de l'échantillon

Y₀ = l'intensité de la couleur optimum de même longueur d'onde et pureté d'excitation que l'échantillon contrôlé.

Les lignes qui représentent en diagramme X Y Z les couleurs qui ont visuellement la même espèce, sont incurvées chez Munsell et droites dans le système D.I.N.

La courbure des lignes dans le système Munsell est due au phénomène *Bezold-Brücke*. Le Professeur Richter a pris des droites parce que l'influence de ce phénomène varie avec l'illumination absolue de l'échantillon.

Les courbes de même « chroma » changent de dimension en fonction de l'intensité dans le système Munsell.

Dans le système D.I.N. ces courbes restent exactement les mêmes; elles sont représentées par les mêmes filtres, parce que la variation est influencée par l'intensité absolue de la lumière qui éclaire l'échantillon.

L'avantage du système D.I.N. réside certainement dans une application plus simple, il faut moins de filtres et il suffit d'un seul diagramme dans x, y pour toutes les intensités.

L'avantage du système Munsell consiste en ce que, pour un éclairage normal, les lignes incurvées pour l'espèce et les variations des dimensions des courbes de même saturation sont très proches de la vision.

Mais à part ces différences décrites, les courbes de même saturation n'ont pas la même allure. Pourtant le système Munsell a déjà fait l'objet de plusieurs études et le système D.I.N. est basé sur un très grand nombre d'expériences.

Les différences sont certainement dues aux conditions dans lesquelles les 2 systèmes ont été établis (12).

Ici on pourrait de nouveau se demander si un de ces deux systèmes répond aux exigences énumérées au début de l'exposé.

Ces 2 systèmes en soi ne sont pas capables de déterminer les couleurs en valeurs mathématiques, ils ne font que donner des échantillons. Ce n'est que, exprimés dans X Y Z par exemple qu'ils ont une valeur réelle pour nous.

Etant exprimés dans le système X Y Z, ils ajoutent à tous ces avantages, le fait qu'on peut évaluer la différence ou l'égalité entre les grands écarts de couleurs et que le système est représenté en atlas de couleurs.

Jusqu'à présent on n'a pas encore rencontré de solution pour que les différences de position de deux couleurs qui sont tout juste discernables, soient égales.

La première tentative pour établir un diagramme qui satisfasse à cette exigence, date de 1920 et est due à *Schrödinger*. Il suivait un chemin purement théorique; ses résultats étaient malheureusement assez pauvres.

L'échec de *Schrödinger* montrait clairement qu'on ne peut pas se baser sur des données théoriques.

Judd est le premier qui réussit dans l'élaboration d'une transformation linéaire du système X Y Z, valable avec une bonne approximation, en employant des données expérimentales. Son système reçut le nom de « Uniform Color Scale » (13).

Après lui nous avons encore *MacAdam* (14), *Breckenridge* et *Schaub* (15) qui proposaient le système R.U.S.C. et en 1940 *Hunter* (16) en se basant sur le R.U.S.C. mais en corrigeant la partie des pourpres, élaborait une transformation linéaire, facilement employable avec les valeurs données par photocolorimètre.

En 1942 *Adams* (17) établissait un diagramme dans lequel les positions des échantillons de Munsell étaient équidistantes. En même temps *MacAdam* (18) publie les résultats de ses expériences sur les seuils de chromaticité pour 24 points dans le diagramme. Il concluait qu'il n'est pas possible par une transformation linéaire du triangle chromatique C.I.E. d'obtenir un diagramme dans lequel des écarts chromatiques visuels soient représentés par des distances absolument égales.

C'est alors que *MacAdam* (19) propose d'employer des diagrammes basés sur les résultats de ses expériences, pour calculer les valeurs relatives des écarts entre les couleurs. *Moon* et *Spencer* (20) ont développé une transformation non linéaire du système X Y Z mais les résultats sont inférieurs aux résultats obtenus dans le diagramme R.U.S.C. (21).

Le Professeur *Wright* concluait alors qu'une transformation linéaire peut être adéquate à un diagramme chromatique uniforme (22).

Plusieurs tentatives ont aussi été faites, pour y trouver des formules simples, qui permettraient de calculer l'influence de l'éclairage et de l'adaptation de l'œil.

La bibliographie moderne montre que pour déterminer des petits écarts, différentes méthodes sont en vogue pour le moment.

Les transformations linéaires du C.I.E., sont encore fort employées, même pour les travaux scientifiques (23), et on étudie et discute encore toujours leur approximation avec l'observateur standard (24).

Ensuite nous trouvons les formules, tables et règles de calcul basées sur les valeurs de MacAdam et sur le système Munsell et la formule donnée par D.I.N. (25).

L'avantage des transformations linéaires et de la formule D.I.N. par rapport aux autres méthodes est qu'on ne détermine pas seulement la *valeur* de l'écart, mais aussi la *direction*.

L'application de la formule D.I.N. qui donne en théorie une bonne approximation avec l'observateur standard implique une interpolation, qui diminue la précision, et la rend plus laborieuse.

Les calculs basés sur les valeurs de MacAdam (28) donnent certainement les valeurs les plus proches de l'observateur standard.

La solution idéale pour appliquer ces données sont les machines à calculer électroniques, munies de mémoires, qui sont capables d'interpoler immédiatement entre un grand nombre de valeurs des différents facteurs.

Les méthodes de détermination des petits écarts visuels, fondées sur le système Munsell, donnent des différences notables avec les valeurs de MacAdam. Ceci n'est pas étonnant car on fait une interpolation sans tenir compte que les conditions de vision changent.

En vue des applications industrielles, le système Hunter présente des avantages incontestables, surtout parce que les photocolorimètres, basés sur le système Hunter permettent de l'appliquer facilement.

Hunter même disait qu'il existe des transformations, basées sur les données Ambre, Bleu et Vert, qui donnent

une plus grande approximation avec l'observateur standard, mais les formules réunissent les qualités demandées à un système pratique, à savoir de bonnes approximations avec un minimum de calculs (29).

Toutefois pour un système pareil tout comme pour un appareil de mesure, il faut en connaître les défauts avant de pouvoir l'employer efficacement : c'est-à-dire savoir dans quel domaine on peut l'employer et quelles conclusions on peut en déduire.

La *première chose* que nous avons étudiée était l'approximation de la constance de l'échelle pour les seuils différentiels de couleur.

On a formé le diagramme qui donne les perceptions approchées des différences chromatiques que Hunter a établi et qui est un compromis entre les valeurs expérimentales trouvées par Judd, Wright et MacAdam dans le système.

On voit immédiatement une amélioration sensible par rapport au C.I.E. et on constate qu'on peut employer ce diagramme pour tous les travaux de contretypage qu'on rencontre dans l'industrie. Pour une précision plus poussée on est obligé d'appliquer des formules, basées sur les valeurs expérimentales de MacAdam.

Mais même alors on doit rester conscient de ce qu'on se base sur les résultats de quelques observateurs et qu'il y a des écarts notables entre leurs observations individuelles.

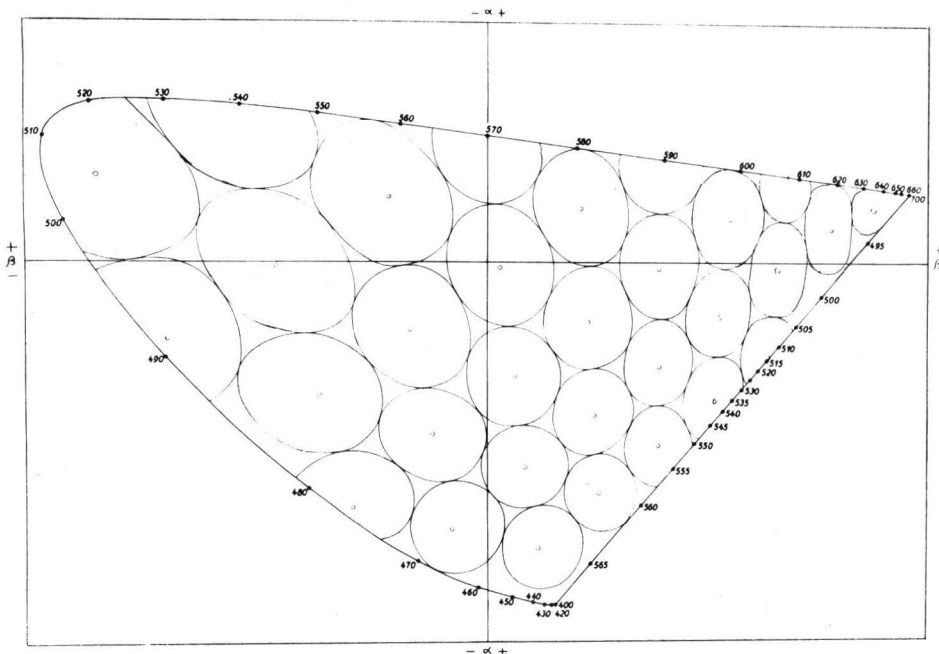


Fig. 6. — Différences visuelles égales dans le diagramme α, β pour les écarts juste discernables.

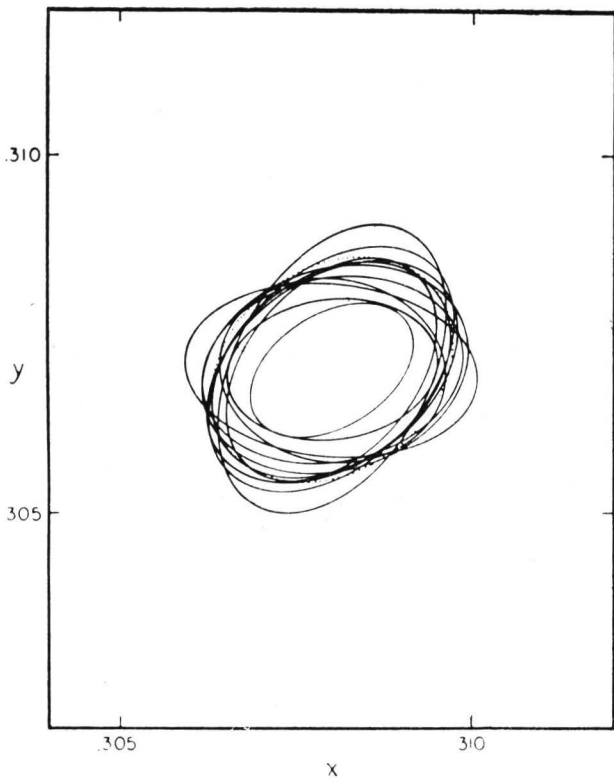


Fig. 7. — Ellipses des couleurs juste discernables d'une même couleur pour 12 observateurs.

Il est avantageux d'employer le diagramme $\alpha\beta$ pour le contretypage car on ne peut demander qu'un atelier calcule les dimensions de l'ellipse pour chaque échantillon à reproduire.

Le deuxième problème consiste à examiner la constance de l'échelle pour les différences de couleurs à grand écart.

Dans ce but nous avons dessiné quelques lignes de même saturation du système Munsell et D.I.N. en $\alpha\beta$.

Et comme Spencer et Moon l'avaient prédit, nous remarquons une grande différence entre des cercles, qui seraient des lignes de même saturation par extrapolation des seuils différentiels et les courbes de Munsell et de D.I.N.

La solution idéale est certainement de recalculer les valeurs du système D.I.N. pour un illuminant bien déterminé, par exemple C en α et β .

Mais nous pouvons bien dire, comme Monsieur Braun le fait dans « Les nouvelles tables de Colorimétrie » que dans le diagramme de Hunter, les cercles, autour du point, représentant l'illuminant, sont les lieux géométriques des couleurs, ayant par rapport au gris correspondant, le même écart exprimé en unités N.B.S. (30).

L'erreur qu'on fait, en prenant ces cercles comme courbes d'égale saturation, est du même ordre que l'erreur qu'on fait en interpolant le système Munsell pour les écarts des couleurs tout juste discernables l'une de l'autre.

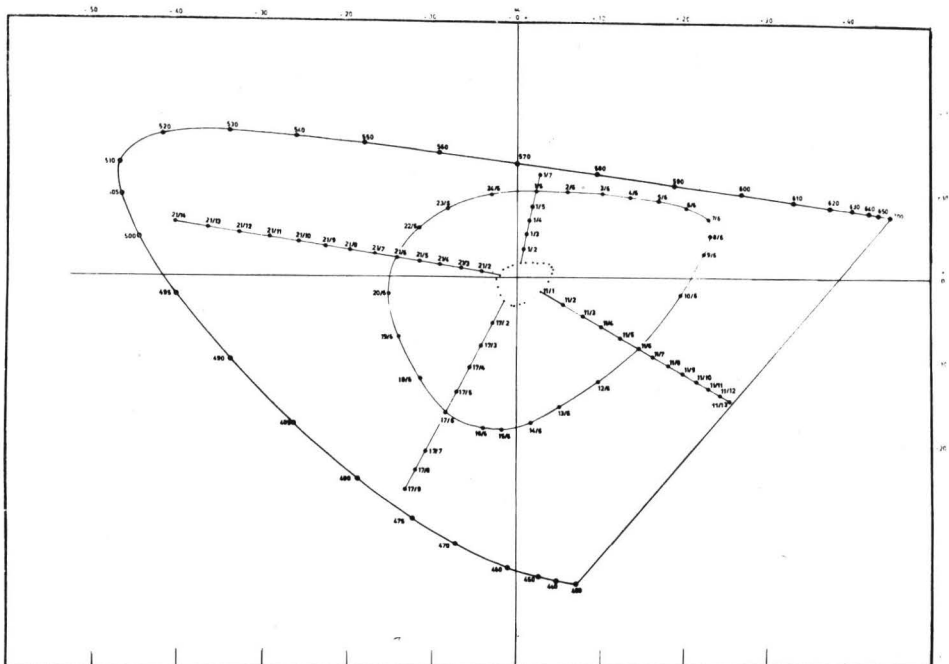


Fig. 8. — Représentation de quelques échantillons du système D.I.N. dans le diagramme α, β .

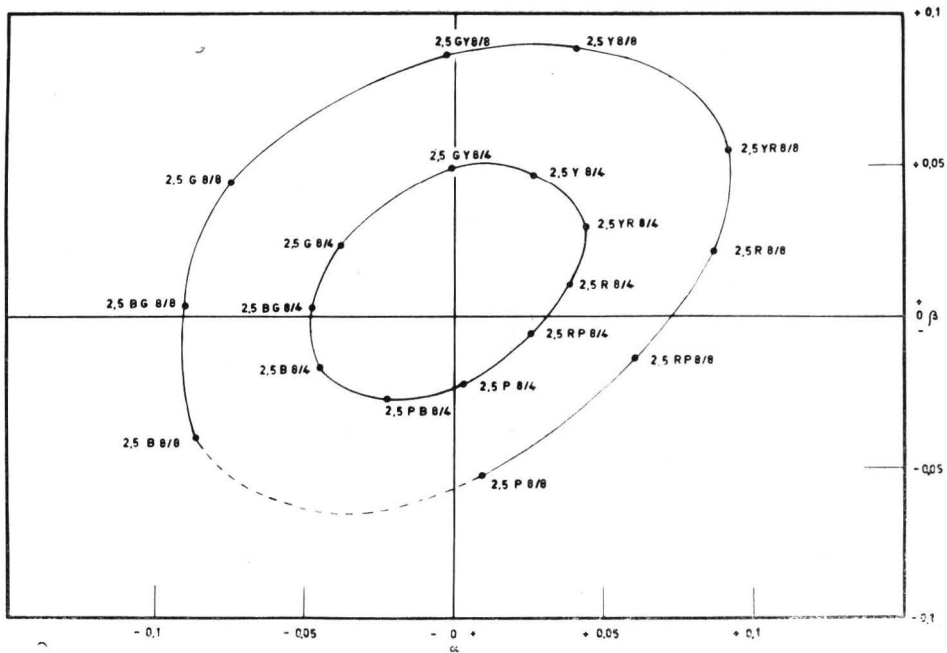


Fig. 9. — Représentation de quelques échantillons du système Munsell dans le diagramme α, β .

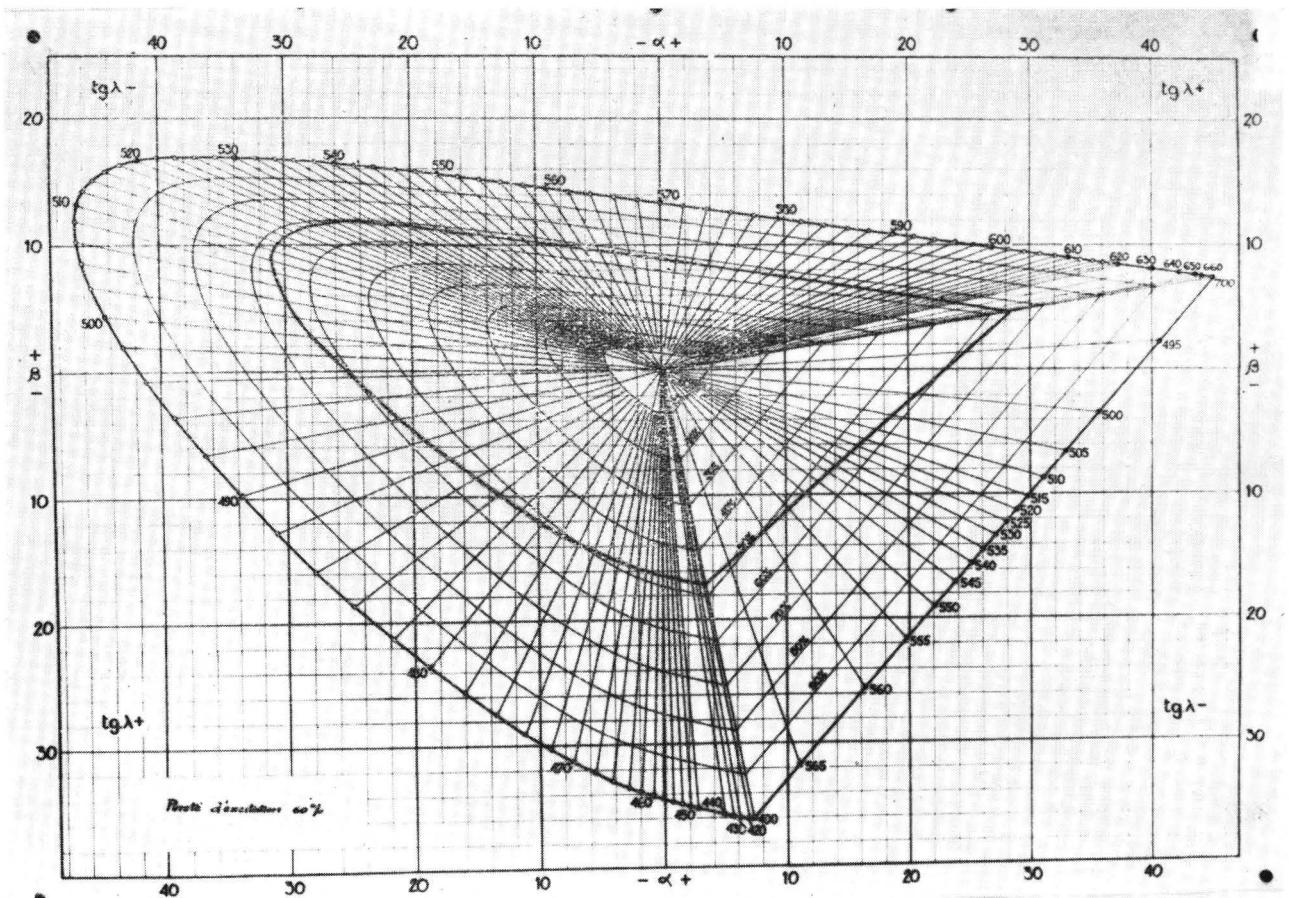


Fig. 10. — Courbe de 60 % de pureté d'excitation et les courbes de pureté métrique dans le diagramme α, β .

On ne peut évidemment pas espérer que les lignes d'égalité pureté d'excitation du système X Y Z, soient équidistantes en α et β .

Mais cette pureté d'excitation est-elle bien un élément intéressant pour caractériser une couleur ?

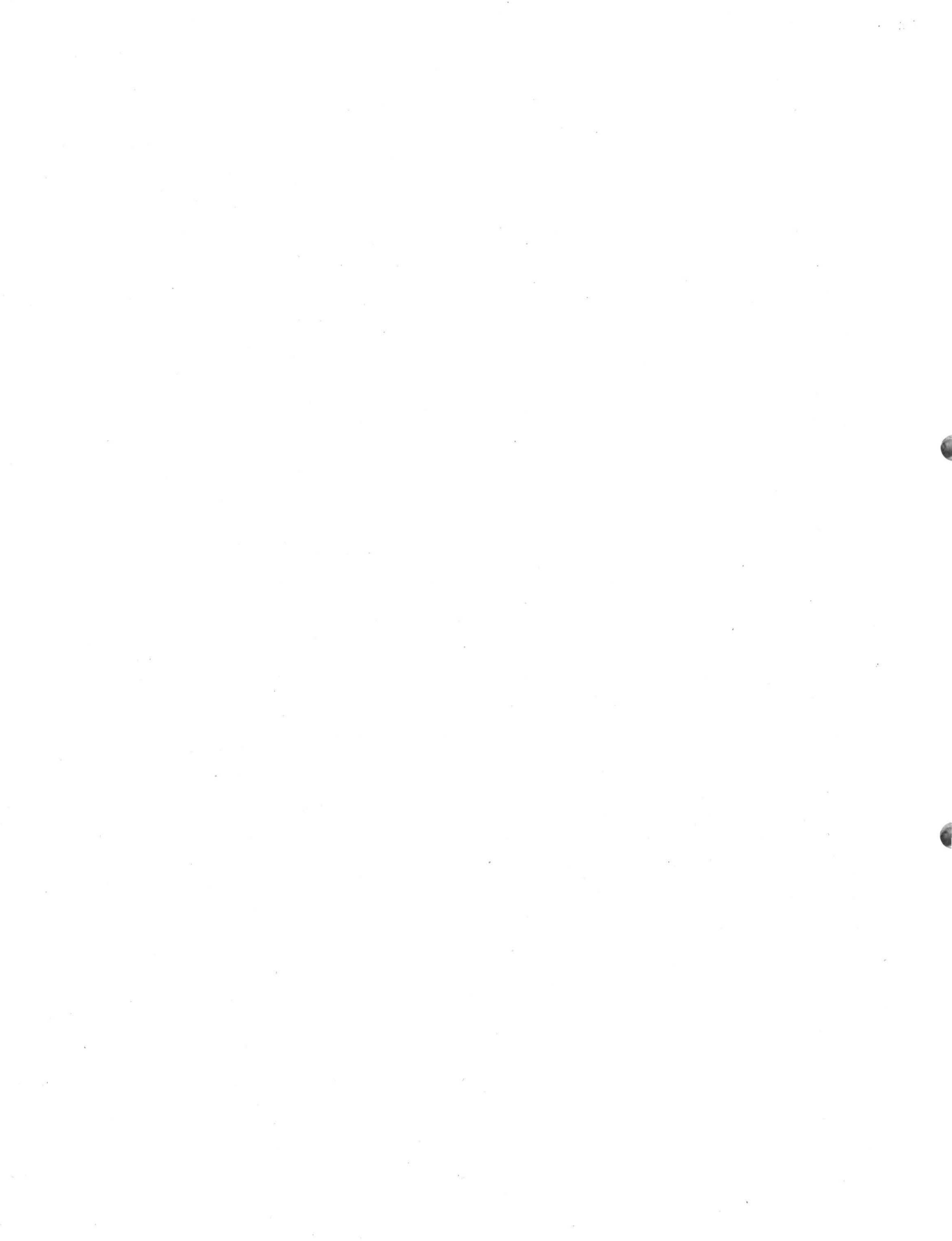
Le Professeur Le Grand disait que le facteur de pureté le plus logique était une pureté métrique évaluée

dans un système à échelle de chromaticité uniforme (31).

La conclusion de cet exposé sur les différents systèmes est que la transformation linéaire de Hunter peut encore toujours rendre de grands services dans l'industrie, quand on reste conscient des approximations qu'on fait.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Kleuren en kleurindrukken. Bouma Elsevier, Brussel, 1946, pp. 165.
La définition et le repérage des couleurs. La Colorimétrie. Mougeat et Niederhauser. Revue Générale des Matières Colorantes Teintex.
- (2) Die Ostwaldische Farblehre und ihr Nutzen, Dr. Ristenpart, Technische Verlag Herbert Cram, Berlin, 1948.
Kleuren en Kleurindrukken. Bouma Elsevier, 1946, pp. 225.
Bond and Nickerson, J. Opt. Soc. Am., 52, 709 (1942).
Selling with Color. Faber Birren, McGraw-Hill Book Company, New York, 1945.
- (3) Beknopte Kleurenleer, E. Rijgersberg Ahrend, Amsterdam.
- (4) Farbenmetrik, Arens, p. 41. Akademie-Verlag, Berlin, 1951.
Der Optimalfarbzug als Konzentrationsreihe eines idealen Farbstoffes, Rometsch, Experimentia XIV 7, 1958, p. 257.
- (5) Grundrisse der Farbenlehre der Gegenwart, Richter Steinkopff, Dresden, 1940, p. 115.
- (6) Edelman, XXXI Congrès International de Chimie Industrielle, Liège, 1958.
- (7) Le Grand Optique Physiologique. II, Lumière et couleurs. Revue d'Optique, Paris, p. 215.
- (8) Moon and Spencer, J. Opt. Soc. Am., 55, 270 (1945).
- (9) Nickerson, J. Opt. Soc. Am., 55, 575 (1940).
- (10) Final Report of the O.S.A. Subcommittee on the Spacing of the Munsell Colors. J. Opt. Soc. Am. 55, 585 (1945).
- (11) DIN 6164.
Richter, J. Opt. Soc. Am. 45, 225 (1955).
- (12) MacAdam, J. Opt. Soc. Am. 41, 615 (1951).
- (13) Judd, J. Opt. Soc. Am. 25, 24 (1935).
- (14) MacAdam, J. Opt. Soc. Am. 27, (1937).
- (15) Breckenridge and Schaub, J. Opt. Soc. Am. 27, 226 (1957).
- (16) Hunter, J. Opt. Soc. Am. 55, 502 (1942).
- (17) Adams, J. Opt. Soc. Am. 52, 169 (1942).
- (18) MacAdam, J. Opt. Soc. Am. 55, 247 (1942).
- (19) MacAdam, J. Opt. Soc. Am. 55, 675 (1945).
- (20) Moon and Spencer, J. Opt. Soc. Am. 55, 260 (1945).
- (21) MacAdam, J. Opt. Soc. Am. 55, 675 (1945).
- (22) Wright, J. Opt. Soc. Am. 55, 652 (1945).
- (23) Kuboto en Shimizu, J. Opt. Soc. Am. 47, 1121 (1957).
- (24) Truss, J. Opt. Soc. Am. 47, 1150 (1957).
- (25) Glasser, J. Opt. Soc. Am. 48, 756 (1958).
DIN 6164.
Nickerson, Am. Dyestuff Rep. 59, 541 (1950).
- (26) Kleuren en kleurindrukken, Bouma Elsevier, Brussel, 1946, p. 256.
- (27) Opler, J. Opt. Soc. Am. 47, 255 (1957).
- (28) Davidson, J. Opt. Soc. Am. 48, 607 (1958).
- (29) Circular C 429 U.S. Department of Commerce.
- (30) Brown, J. Opt. Soc. Am. 47, 137 (1957).
- (31) Nouvelles tables de la Colorimétrie, Braun, Elpi, Bruxelles.
- (32) Le Grand Optique physiologique ? II, Lumière et couleurs Revue d'Optique, Paris, p. 287.



II^e Partie

TEXTES DES COMMUNICATIONS

SECTION 2

Psychologie de la Couleur

La diapositive d'édition et ses problèmes

par M. IBARRA

La diapositive d'édition se distingue de la diapositive d'amateur et de la diapositive professionnelle.

La diapositive d'amateur a généralement pour format 24 sur 36 mm et elle est destinée à être examinée par projection ou, beaucoup plus rarement, dans une visionneuse.

L'émulsion utilisée dans la quasi totalité des cas est l'émulsion inversible, le film rendu à l'amateur par l'entreprise de développement, ou traité par l'utilisateur lui-même, étant le même que celui qu'il a exposé dans son appareil.

Le cas de la diapositive professionnelle est semblable, à ceci près que le format est habituellement plus grand et atteint souvent 18 sur 24 cm. Exécutée le plus souvent sur émulsion inversible, cette diapositive est destinée essentiellement à servir d'original pour une reproduction photomécanique dans des journaux et revues.

Lorsqu'on se propose d'éditer des diapositives, le cas est tout différent. Il s'agit maintenant d'obtenir, non plus à un exemplaire unique ou à un petit nombre d'exemplaires, comme dans les cas précédents, mais à des centaines ou généralement des milliers d'exemplaires identiques, des diapositives que le consommateur doit acquérir pour des projections familiales, culturelles ou publicitaires.

Cette utilisation spéciale conduit à des procédés d'exécution technique également spéciaux. On peut en énumérer trois.

Le premier procédé qui vient à l'esprit est celui de photographier le sujet autant de fois que l'on prévoit d'exemplaires à éditer. Il va sans dire que ce procédé est le plus lent et le plus coûteux. Mais, pour des vues d'art exécutées dans les musées, il n'est pas inconnu en Amérique.

Le deuxième procédé est la « duplication » ou « contrepage ». En d'autres termes, le sujet étant photographié sur émulsion inversible, on tire de cette diapositive, en laboratoire, le nombre nécessaire de diapositives d'édition. Ce procédé est peu rationnel et presque aussi coûteux que le premier, avec une qualité moindre.

Le troisième système a pour base le procédé « négatif-positif » tout à fait général en photographie blanc et noir. En réalité, ce procédé, le seul rationnel, est pra-

tiquement né en même temps que la photographie en couleurs elle-même, mais il n'a atteint à une qualité suffisante qu'avec l'apparition sur le marché des négatifs à coupleurs colorés qui assurent le « masquage » automatique et une correction satisfaisante des défauts inhérents aux pigments chromogènes.

Les diapositives d'édition étant, dans leur quasi totalité, au format 24 sur 36 mm, il était naturel de penser à établir les négatifs au même format sur films perforés 35 mm, universellement utilisés dans les appareils photographiques du type Leica. L'inconvénient est que les émulsions négatives coulées sur films 35 mm, du moins les plus répandues et les plus parfaites, sont des émulsions cinématographiques, équilibrées au 50^e de seconde environ; dès qu'on dépasse le 25^e de seconde, l'équilibre des trois couches se trouve en défaut et la reproduction n'est plus correcte. Or, en photographie, les cas sont fréquents où l'instantané n'est pas possible ou pas indiqué (prise de vues à la lumière artificielle, à l'intérieur des musées, monuments...).

Il faut donc recourir, dans ce cas, à des émulsions proprement photographiques, qui n'existent pas (du moins pour le moment) au format 35 mm, ce qui conduit à utiliser des négatifs plus grands qui sont réduits au laboratoire lors du tirage positif. Cette opération ne comporte, d'ailleurs, que des avantages au point de vue de la netteté et du modelé, mais elle implique l'utilisation d'une tireuse spéciale ne se trouvant pas dans le commerce et d'une construction qui pose nombre de problèmes pratiques.

Lorsque l'on se contente — le sujet le permettant — de photographies instantanées, les négatifs peuvent être, nous l'avons vu, du type cinématographique, mais, là encore, le tirage pose des problèmes spéciaux. Une tireuse par contact, à négatif immobile, est peu concevable, car ce négatif se trouverait hors d'usage en fort peu de temps. D'ailleurs, des tireuses rapides de ce type n'existent pas sur le marché. Il faut donc tirer en bande, les négatifs étant chaque fois établis à un nombre suffisant d'exemplaires identiques, pour éviter que les conditions opératoires de tirage ne changent à chaque image.

Le tirage optique, en revanche, conserve indéfiniment le négatif, qui peut donc être unique, mais la

netteté est moins bonne (et les menues abrasions plus perceptibles) si le format du négatif n'est pas au moins double de celui du positif.

Evidemment, si le tirage par contact est seul envisagé, on peut établir des négatifs par contretypage; mais une chute de qualité est inévitable, même avec les nouvelles émulsions spéciales où le positif intermédiaire lui-même se trouve « masqué » par la coloration des coupleurs.

Les problèmes sommairement énumérés ci-dessus ne devraient pas rebuter les éditeurs : l'intérêt des diapositives d'édition est très grand et les consommateurs en sont multiples.

La projection peut avoir un caractère éducatif, publicitaire ou de simple plaisir. Les écoles de tous degrés et de tous genres font de plus en plus appel aux moyens audiovisuels et, en particulier, à l'image fixe, considérablement plus économique que l'image animée et par là beaucoup plus rationnelle pour tout sujet statique.

L'histoire, la géographie, la botanique, la zoologie, la biologie, toutes les sciences naturelles, sont susceptibles de trouver dans la diapositive d'édition une collaboratrice précieuse. La publicité a également besoin d'images fixes pour des projections en vitrines, exécutées généralement par des appareils automatiques et cycliques, couplés ou non avec des bandes sonores magnétiques.

Songons également aux industriels qui utilisent des projections de ce genre pour l'instruction de leurs employés et de leurs représentants.

Mais la diapositive d'édition trouve son plus grand domaine dans le grand public. Le touriste qui n'a pas pu lui-même photographier les hauts lieux de ses voyages dans des conditions satisfaisantes sera heureux d'acquiescer, sur place ou à son retour, des diapositives de paysages et de monuments.

Mais c'est surtout l'Art, tel qu'il se présente dans les musées mondiaux, qui me semble le domaine propre de la diapositive d'édition. Outre qu'il est pratiquement impossible à l'amateur d'exécuter une diapositive correcte à l'intérieur d'un musée, la diapositive d'Art peut apporter à tout le monde les trésors des musées les plus lointains. L'éditeur d'images de projection a là un champ considérable et passionnant, qui exige toutefois une qualité irréprochable, particulièrement difficile à obtenir : il lui faut un équipement spécialisé, qui ne peut être le fruit que de recherches personnelles, et une longue expérience à la fois chez l'opérateur et chez les laborants. C'est à cette tâche que nous nous sommes personnellement attelés : à vous de nous dire si nous sommes en bonne voie.

(Après cette introduction, Monsieur IBARRA a présenté une collection de diapositives NEOCOLOR représentant des tableaux du Musée du Louvre et de la Galerie du Jeu de Paume).

La couleur de l'eau

par M^{me} HENRION

L'eau par sa présence abondante nous est très familière, ce qui fait un peu oublier que c'est un liquide extrêmement curieux à divers points de vue. L'intérêt de l'étude de la couleur propre de l'eau réside dans le fait que c'est le solvant le plus répandu dans le monde et si l'eau a une couleur, cette couleur peut interférer avec celle des éléments en solution ou des produits immergés.

En examinant les diverses caractéristiques physiques de l'eau, on constate une anomalie de densité à 3°99C, une anomalie de chaleur spécifique à 30°C, une anomalie dans la tension superficielle à 13°C. L'indice de réfraction semble varier d'un échantillon à l'autre suivant la provenance sans différence chimique décelable et quoique ce même indice semble très stable pour un même échantillon etc.

L'explication de ces anomalies a été souvent tentée et il semble certain que l'eau n'est pas un corps simple. L'eau est parfois considérée comme une mixture d'association de molécules H₂O (hydrol) (H₂O)₂ (dihydrol) et (H₂O)₃ (trihydrol) et chaque substance aurait ses caractéristiques physiques propres et très différentes. Une autre théorie se base sur la molécule d'eau sous forme de dipole avec l'étude de l'état cybotactique ou l'état semi cristallin suggéré par Bernal et Fowler. Cette dernière hypothèse est favorisée actuellement par l'étude des réseaux par interférences de rayons X.

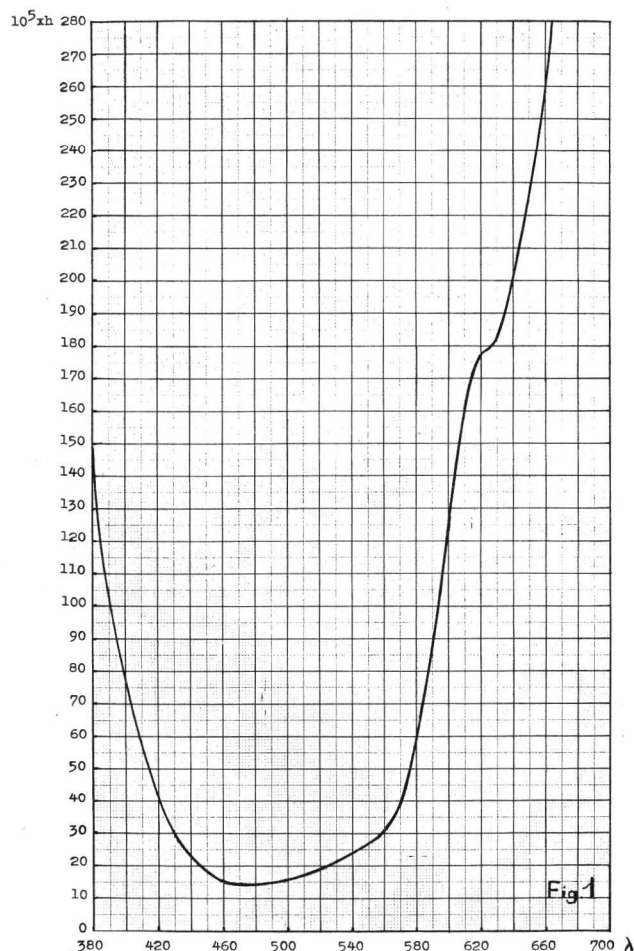
L'étude colorimétrique de l'eau n'est pas particulièrement aisée quoique déjà souvent tentée. Une première difficulté réside dans le fait qu'il est extrêmement malaisé d'obtenir de l'eau exempte de poussières, exempte de corps étrangers en solution ou autres particules en suspension. Le récipient qui contient l'eau ainsi que l'air environnant contaminent l'eau. Le pyrex et le verre dur paraissent plus résistants à l'attaque par l'eau que le quartz. Au bout de dix minutes l'eau contenue dans un bêcher couvert a absorbé le CO₂ de l'air.

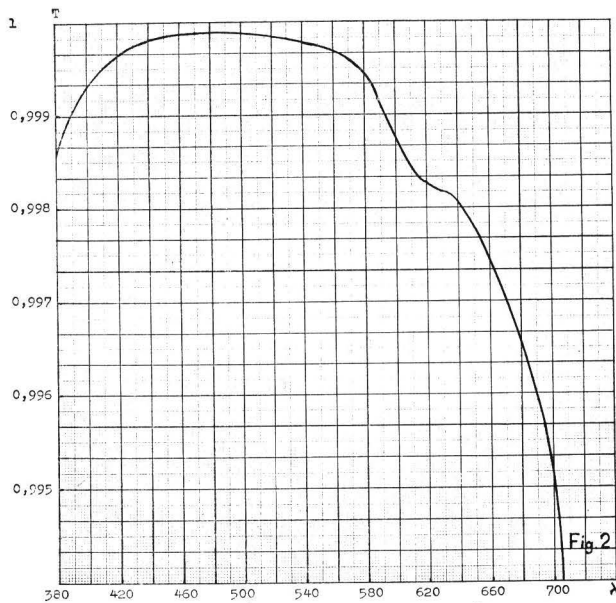
Une seconde difficulté est occasionnée par le coefficient de transmission de l'eau qui dans le spectre visible est très voisin de l'unité. Les exigences techniques requises du matériel utilisé sont grandes. La sensibilité et la stabilité des détecteurs pour les mesures anciennes sont douteuses mais dégagent néanmoins des considérations générales uniformes. La transparence de l'eau est limitée de 1000 à 170 m μ et indépendante de

l'histoire thermique récente de l'eau. En dehors des limites 1000 à 170 m μ l'absorption est très grande, un fait fort exploité aujourd'hui dans les études nucléaires.

Historiquement les différentes courbes du coefficient d'absorption sont assez divergentes en valeur absolue mais leur allure générale est très similaire. Comme on peut voir sur la courbe de la fig. 1 il y a un minimum d'absorption entre 460-490 m μ et une assez brusque et forte augmentation de l'absorption à partir de 590 m μ .

L'observation de la courbe du coefficient d'absorption ou le coefficient de transmission (fig. 2) en fonction





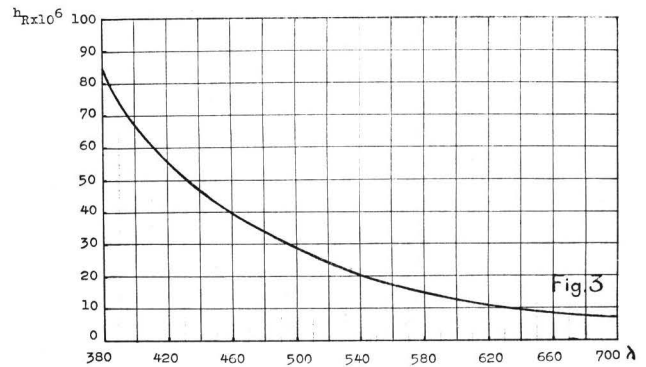
de la longueur d'onde fait immédiatement prévoir que la couleur d'une couche unitaire est nettement bleue. Le calcul du point de couleur dans le système C.I.E. pour un éclairage par une source de lumière C donne le point aux coordonnées trichromatiques : $x = 0,30994$; $y = 0,31615$ et $z = 0,37389$ tandis que la lumière C a comme coordonnées trichromatiques $x = 0,31006$ $y = 0,31616$ et $z = 0,37377$. Ces deux points tout en étant très près l'un de l'autre accusent pour la longueur d'onde dominante de l'eau la valeur $490 \text{ m}\mu$. Est-ce que cette couleur s'appelle bleu ou vert ou vert-bleu ou bleu-vert. Cela dépendra des appréciations personnelles car dans les subdivisions descriptives des couleurs spectrales la longueur d'onde de $500 \text{ m}\mu$ limite d'une part le domaine des bleus et d'autre part le domaine des verts.

On a souvent attribué la couleur bleue de l'eau à la diffusion et lorsqu'on mesure la transmission de l'eau on mesure l'ensemble des deux phénomènes : absorption et diffusion.

Evidemment toutes les observations ont été faites avec de l'eau contenant des poussières parce qu'il est presque impossible de garder l'eau pure donc il y a dispersion de Tyndall, Rayleigh et Raman. La dispersion de la lumière par de grandes particules n'altère pas la couleur mais lorsque leur dimension diminue on a le phénomène de la dispersion de Tyndall et la lumière dispersée devient bleue.

Même en absence totale de corps étrangers la lumière subit encore de la dispersion, c'est la dispersion de Rayleigh due uniquement à des fluctuations moléculaires irrégulières par agitation thermique. On peut calculer à partir de l'indice de réfraction, du nombre de particules par unité de volume le coefficient d'absorp-

tion correspondant aux différentes longueurs d'ondes dans le spectre visible. Le coefficient d'absorption dû à la dispersion de Rayleigh tout comme pour la dispersion de Tyndall est fonction de $\lambda^{-1/2}$ donc aura des valeurs plus élevées pour les courtes longueurs d'onde. La courbe calculée pour l'absorption dans la direction de propagation normale est donnée par la courbe, fig. 3. Comme on peut le voir dans la table, les valeurs de l'absorption par diffusion de Rayleigh sont très nette-



ment inférieures aux valeurs d'absorption monochromatiques mesurées, donc la couleur attribuée à l'eau provient de l'eau elle même et pas de phénomènes secondaires.

La différence de couleur calculée à partir des coordonnées trichromatiques de la lumière C et d'une couche d'eau d'épaisseur unitaire de 1 cm est de 0,13 unités NBS donc très petit mais il ne faut pas oublier que la transmission d'un liquide suit la loi : $T = t^x = e^{-hx}$ t étant la transmission d'une couche unitaire et x l'épaisseur de la couche. Pour $x = 5 \text{ cm}$ la différence atteint 0,45 unités NBS donc déjà une différence bien visible pour un observateur expérimenté.

Cette constatation de la couleur de l'eau peut être mise à profit pour obtenir des effets colorés heureux en liaison avec l'eau. Ce n'est pas par fantaisie que les piscines d'eau sont revêtues de matériaux bleus mais il est rare de voir le bleu du ton exact. Les revêtements destinés à être observés à travers une couche d'eau ou dans le voisinage immédiat, auront à tenir compte du même phénomène. L'eau par la faible intensité de sa couleur ne peut certes pas influencer des solutions avec un pouvoir colorant puissant mais pour les solutions claires, une des causes du virement de couleur que l'on observe quelquefois, pourrait bien être attribué à l'addition de bleu dû à l'eau. Le calcul de l'épuisement d'un bain à partir de la courbe de transmission devra certainement subir une correction.

On a souvent décrit la couleur de l'eau que l'on trouve dans la nature de façons très différentes. Il est même très probable que chaque description est le fidèle

reflet d'une observation mais chaque cas demeure isolé dans ses propres circonstances qui en réalité était solution ou suspension dans l'eau. Le cas du fleuve St. Laurent est un exemple typique où la variation de couleur a une signification physique locale en occurrence la variation de température de l'eau.

λ	$h \times 10^5$	T	Rayleigh $h_R \times 10^5$
380	148	0,99852	8,2
390	108	0,99892	7,4
400	72	0,99928	6,7
410	54	0,99996	6,0
420	41	0,99959	5,5
430	30	0,99960	5,0
440	23	0,99977	4,6
450	18	0,99982	4,2
460	15	0,99985	3,8
470	15	0,99985	3,5
480	15	0,99985	3,3
490	15	0,99985	3,0
500	16	0,99984	2,7
510	17	0,99983	2,5
520	19	0,99981	2,3
530	21	0,99979	2,2
540	24	0,99976	2,0
550	27	0,99973	1,9
560	30	0,99970	1,7
570	38	0,99962	1,6
580	53	0,99947	1,5
590	85	0,99915	1,4
600	125	0,99875	1,3
610	160	0,99840	1,2
620	178	0,99822	1,1
630	181	0,99819	1,1
640	200	0,99800	1,0
650	210	0,99790	1,0
660	260	0,99740	0,9
670	300	0,99700	0,8
680	340	0,99660	0,8
690	390	0,99610	0,8
700	500	0,99501	0,7

λ = longueur d'onde en $m \mu$

h = coefficient d'absorption

T = coefficient de transmission

h_R = coefficient d'absorption dû à la dispersion de Rayleigh

Astetisch-Psychologische Grundlagen der Farbgestaltung

MANFRED ADAM

Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

INHALTSUEBERSICHT

Lfd. Nr.	Kenn- Nr.	Dia- Nr.	Verzeichnis der Dias
1	9	WC 28	Farbtonarten, 6 Gruppen
2	2	KC 46	Raffael, Madonna della Sedia
3	70	KE 33	Goya, Töpferwarenhändlerin
4	10	WL 16	Berlin-Buch, Geschwulstkl. in, Bad
5	11	WB 45	Farbskala für Offsetdruck, DIN 16 509
6	12	WA 11	Farbkreis als Dreieck
7	29	WF 3	Farbkreis ie (Ostwald)
8	13	WD 20	Farbkreis Castel 1735
9	16	WE 4	Lied, Melodie Komm lieber Mai...
10	17	WC 36	Gruppenkombinatorik, Gelb-Rot mit Rot konstant
11	18	WD 1	Wohnraum in Gelb-Rot
12	71	neu	Papagei in Gegenfarben
13	20	WF 40	Ohse, Berlin, Gelb-Grün-Blau, bogig, abstrakt
14	25	WF 11	ästhetischer Farbkreis mit Grauring
15	33	WA 15	dto mit Graufilter
16	34	NB 3	Primel mit Graufilter
17	72	GB 16	Die Reingleichen mit Grenzlinie in der CIE-Ebene
18	43	GC 9	Remissionskurven von Optimalfarben
19	41	WC 17	Optimalfarbenreihe Orange (Chevreul)
20	73	GC 44	Remissionskurve λ 13 na, Ultramarin
21	42	WA 49	Diagram Helligkeit-Farbton, Optimalfarbenreihen
22	49	WB 2	Logarithmische Grauleiter
23	74	neu	Kurven « empfindungsgemäss gleicher » Reinheit, Farbtafel
24	50	KD 31	Graukombinatorik : 3/4/5 auf 2, Blätter
25	51	KB 8	Wi Ostwald, Silberlinge, Grau 1/3/5
26	54	WH 14	Plakat, Wohlgeborgen reisen
27	56	KB 11	China, Aquarelldrucke, Ente
28	49	WB 2	= 22 : logarithmische Grauleiter
29	40	WD 22	Cie Farbkörper-Modell, mit V_w Kurve
30	74	GB 18	CIE-Farbtafel, Kurven Ostwaldscher Reinheitsgrade
31	75	GB 22	transformiertes trichromatisches Kreisgebiet = äthetisches Kreisgebiet (Farbtafel)

32	76	neu		CIE-Tafel, bunt, mit hellklaren Ostwaldkreisen
33	77	neu		dto, mit dunkelklaren Ostwaldkreisen
34	78	WK	9	ästhetisches Grundsystem, von vorn
35	79	WK	10	dto, von der Seite
36	80	neu		zentrierte Systeme, a) Runge, b) Sättigungssystem
37	57	WF	17	ästhet. Grunds., farbtongleiche Fläche λ 1
38	58	WF	18	dto, λ 13
39	60	KA	6	Wi Ostwald, Blumenzwiebel mit Trieb, Reinheit 1/2/4
40	61	KC	30	Seerose, Buntfoto, Licht und Schatten
41	62	GA	19	Ph. O. Runge, Kugel als Farbkörper, Körperschnitte
42	63	neu		Dürer, Madonna mit de Zeissig
43	64	KB	21	Fichtelberg (Erzgebirge), Fernfarben

RESUME

Die Farbgebung wird vom Standpunkt der Gestaltpsychologie und des Zusammenhanges bzw. der Einheitlichkeit der Wissenschaften aus betrachtet. Nach der Definition der Farbtonarten aus der Struktur des Farbtonkreises wird der ästhetische Farbkreis mit Hilfe von Gestaltqualitäten, Ganzheitsqualitäten und Wesenseigenschaften beschrieben.

Der dynamische Charakter der Farbe entsteht durch ihre Verknüpfung mit einer im Lebensraum notwendigerweise variablen Beleuchtung. Es ist unerlässlich, Ding- und Lichtfarben streng zu unterscheiden. Die Transformation des räumlichen CIE-Systems in einen Farbkörper der unmittelbaren Farbanschauung ist die Voraussetzung für ein fruchtbares ästhetisch-psychologisches Arbeiten.

Nach Einführung der psychologischen Struktur der Grauleiter wird die ästhetisch-psychologische Anwendung gezeigt. Änderungen der Beleuchtungsstärke rufen einen Wandel der Farbgestalten und der Gleichabständigkeit hervor.

Der Aufbau des ästhetischen Grundsystems wurde eine Verschmelzung von vier typisch verschiedenen Farbensystemen erreicht. Alle in dem Grundsystem möglichen Farbreihen stehen in engem Zusammenhang mit einer gestaltpsychologischen Systematik der Farbenattribute. Ein endgültiges psychologisches Farbensystem wird die Reihe der mathematischen Transformationen der CIE-Farbkörper abschließen. Damit werden schematische Darstellungen und Abbildungen überwunden.

Ohne ein ästhetisch-psychologisches Farbsystem ist keine befriedigende Farbgestaltung möglich. Die mitgeteilten Farbattribute zeigen die ursprünglichen menschlichen Seheigenschaften, die Bedingungskomplexe der materiellen Aussenwelt und des Lebensraumes im Zusammenhang mit den Beleuchtungs- und Lichtbedingungen.

Diese Arbeit wird fortgesetzt, um die künstlerisch-ästhetischen Gestaltungsprinzipien, die subjektiv-gefühlsmässige Wirkung der Farben und die Beziehung der Farbwirkung zu Person und Charakter zu zeigen.

Zahlreiche bunte Dias, Bilder und Diagramme, unterstützen die Farbanschauung.

RESUME

La base esthétique-psychologique du coloris.

L'art d'appliquer les couleurs est considéré du point de vue de la psychologie de la configuration (der Gestaltpsychologie) et du rapport ou de l'unité des sciences. Après la définition des sortes de tonalités au moyen de la structure du cercle chromatique esthétique fondamental nous décrivons ce cercle chromatique avec les qualités de la configuration (mit Gestaltqualitäten), de l'ensemble et du caractère.

La nature dynamique de la couleur se fait par sa liaison avec l'éclairage nécessairement variable dans l'espace de la vie. Il est indispensable de distinguer exactement les couleurs d'objets et les lumières colorées. La transformation du solide des couleurs CIE en un espace des couleurs psychosensoriel est la supposition pour un travail esthétique-psychologique.

Après avoir défini la structure psychologique de la gamme achromatique, nous démontrons l'application esthétique-psychologique. Des changements de l'éclairage causent une transformation des configurations de la couleur et de l'équidistance.

La construction du système esthétique fondamental était obtenue par une fusion de quatre systèmes typiquement différents. Toutes les gammes possibles dans notre système fondamental ont une liaison étroite avec un système psychologique (de la configuration des attributs des couleurs). Un système psychologique définitif finira la suite des transformations mathématiques du solide des couleurs CIE. Nous n'avons pas besoin des plans inexacts sans des connexions fonctionnelles.

Sans un système esthétique-psychologique l'art d'application esthétique des couleurs n'est pas satisfaisant. Les attributs des couleurs communiqués font paraître les propriétés primaires de la vision humaine, les ensembles des conditions du monde extérieur matériel et de l'espace de la vie en des connexions avec les conditions de l'éclairage.

Nous continuerons cette recherche pour éclaircir les principes de la configuration esthétique, l'effet subjectif des couleurs quant aux sentiments et les relations de l'effet de la couleur avec la personne et avec le caractère.

Plusieurs dias colorés, des images et des diagrammes, aident la perception esthétique de la couleur.

RESUME

The aesthetic and psychological foundation of the aesthetic application of colours

The aesthetic coloration is considered of the point of view of the psychology of configuration (der Gestaltpsychologie) and of the connexion (and the unit) of the sciences. After the definition of the kinds of hues by means of the structure of the colour circle we describe the aesthetic circle of colours with qualities of configuration, of totality and of character.

The dynamic character of colour is caused by its connexion with an illuminant necessarily variable within our room of life. It is irremissible to distinguish exactly the colours of things and of light. The transformation of the CIE-colour solid into a colour solid of the immediate colour perception is the supposition to anaesthetic-psychological working.

After the presentation of the psychological structure of the achromatic gamut the aesthetic-psychological application is shown. Changes of illumination cause an alteration of the colour configuration and of the equal distances.

The construction of the aesthetic fundamental system was obtained by a fusion of four typically different colour systems. All possible colour gamuts of the fundamental system have a narrow connexion with a psychological system of the colour attributes. A definitive psychological colour system will finish the suite of mathematical transformations of the CIE-colour solid. It is not necessary to employ unexact copyings without functional connexions.

Without an aesthetic-psychological colour system no satisfying art of colour employment is possible. The communicated attributes of colours show the original human vision, the whole of conditions of the material exterior world and of the life-room in connexion with the illumination.

This research is continued to show the artistic-aesthetic principles of coloration, the subjective colour effects relative to feelings and the relation of the colour effects to person and character.

Numerous coloured diapositivus pictures and diagrams, support the immediate perception of colour.

Einleitung : Die Aufgabe : Einheitliche Gestaltungsmittel.

Der Vorteil, den die Musik gegenüber der Farbgestaltung seit nun etwa dreihundert Jahren hat, besteht in der *Einheitlichkeit* angewendeter elementarer Gestaltungsmittel. Gewisse Prinzipien sind sogar schon zweitausend Jahre alt. Die Einführung des temperierten Klaviers, die Abstimmung zwischen Quinten- und Oktavenzirkel ist eine Normung, die keine « Uniformierung » sondern eine notwendige praktische Entscheidung

bedeutete und sich als fruchtbar erwies. Wichtiger war aber die Begrenzung der möglichen modi auf die beiden Typen Dur und Moll. Man hatte in der Musik von Beginn an nicht nur eine Kennzeichnung der Töne auf physikalisch-metrische Art mittels einer chromatischen Tonleiter erreicht, sondern auch die diatonische Tonleiter als grundlegendes Gestaltungsmittel entwickelt und im Abendland allgemein angenommen.

Die Farbenlehre entstand zwar seit 1700 in den Grundlagen fast gleichzeitig mit der polyphonen Musik,

aber bis heute sind die Farbgestaltungsmittel nicht genormt worden. Man hat eine Entdeckung an die andere gereicht, ohne sich auf « Moll und Dur » zu beschränken. Es ist ganz offensichtlich, dass wir bei der Anwendung der Farben einheitliche Gestaltungsmittel und gemeinsame Regeln brauchen. Sonst ist es nicht möglich, aus der jetzigen « Sprachverwirrung » herauszukommen. Selbstverständlich haben die hervorragenden Künstler des Abendlandes eine ganze Reihe ästhetischer Prinzipien und Mittel gefunden und angewandt, aber die Entdeckungen sind noch nicht zu einem einheitlichen Baugerüst geworden.

Die jetzt im Vordergrund stehende Farbdynamik erinnert uns daran, dass wir die Bildung der « *Farbmelodie* » den Problemen der « Harmonie » voranstellen müssen. Zu lange hat man sich vorzugsweise mit Farharmonien beschäftigt und dabei das zentrale, umfassende Problem vernachlässigt. Die Harmonie ist ein spezielles Gestaltungsziel, auf das man nicht selten verzichten muss.

Die Farbtonarten.

Wir beginnen einfach, die in der geschichtlichen Entwicklung entstandenen Erfahrungen ästhetisch-psychologisch zu betrachten. Das Hervorstechendste sind die Arten der Farbigkeit, die sich deutlich von dem Mengenhaften der Farbigkeit abheben. Es kommt uns zuerst nicht auf eine « Ordnung » der Farbtöne an, sondern auf eine Ergründung der *Farbtonarten*. Bei der Anwendung können wir die Farbtöne nicht als gleich im Wesen, im Charakter, in der Wirkung annehmen. Gelb ist eine Farbtonart, und als solche variiert sie vom gründlichen Gelb bis zu rötlichen Gelb. Alle Farbtöne bilden ein Ganzes, den Farbtonkreis. Nach den Grundsätzen der Gestaltpsychologie ist jedes Ganze gegliedert, es besitzt eine Struktur. Noch Wilhelm Wundt meinte, es sei beim Aufsuchen von Grundqualitäten eine Willkürlichkeit unvermeidbar.

Gelb als *Farbtonart* bildet ein Teilganzes im *Farbtonkreis*. Wir stellen dieses als Kreis dar, indem wir die Variationsfolge der gelben Farbtöne in der zweiten Hälfte des « Gelbzyklus » wiederholen. Damit übersehen wir Abwandlungen des Gelb mit einem Blick und können feststellen, ob die Farbtonart einheitlich genug ist. Man kann experimentell alle 60 Farbtöne eines differenzierten Farbtonkreises in einheitlich genug erscheinende Gruppen sortieren lassen. Es gibt eine Mindestzahl von sechs und eine Höchstzahl von neun Farbtonzyklen (Nr. 9). Nur drei Farbtonzyklen sind qualitativ unmöglich, wovon man sich anschaulich sofort überzeugt. Aber auch vier Farbtonzyklen werden abgelehnt. Vom ästhetisch-psychologischen Standpunkt aus sind daher die Drei- und Vierfarbentheorien wertlos, sogar sinn-

los, weil unsere Farbanschauung, unsere *Farb-wahrnehmung* in der « Mannigfaltigkeit » reicher ist.

Historisch gesehen löste man nach 1700 Orange und Violett aus den mittelalterlichen Farbtonarten gelb, rot, grün und blau heraus. Während wir in geradezu volkstümlichem Stil in dem Gemälde « *Madonna della Sedia* » Raffaels (Nr. 2) nur 4 Grundqualitäten finden, arbeiten die Künstler nach 1700 mit feineren Nuancen der Farbtöne. Man betrachte z.B. Goya, die Töpferwarenhändlerin (Nr. 70).

Wir begrenzen die Zahl der Farbtonarten *zunächst auf sechs* : Urgelb, Orangerot, Purpur, Ultramarinblau, Cyanblau, Urgrün (Herings). Dies hat den Vorteil, die Struktur des Farbtonkreises physiologisch zu stützen und mathematisch zu definieren. Uebrigens erleichtert es den Anschluss an die ästhetisch-psychologischen Betrachtungen Goethes. Wir erwähnen aber, dass *neun Farbtonarten* als Zitronengelb, Goldgelb, Orangerot, Purpurrot, Violett, Ultramarinblau, Cyanblau, Bläulichgrün und Gelbgrün eine praktische Bedeutung haben. Das sind je 2-mal : gelb, rot, blau und grün, sowie einmal violett. Purpurtöne und purpurviolette Töne haben heute eine seelisch von rot schlechthin deutlich unterscheidene Erlebnisbedeutung, wie man aus dem Beispiel einer Raumstimmung (Nr. 10) leicht entnimmt.

Die drei technischen Grundpigmente Gelb, Purpurrot, Cyanblau des Druckes und der Buntphotographie (Nr. 11) sind in der 6-fältigen Struktur der Farbtonkreises enthalten, wodurch ein einfacher Zusammenhang zwischen Technik und ästhetisch-psychologischen Farbtonarten hergestellt ist. Eine Normung der Farbgestaltungsmittel muss mit der Festlegung der qualitativen Struktur der Farbtonkreises beginnen. Die grundlegenden Farbtonarten sind als « Gruppeneigenschaften » nicht identisch mit den « qualitativen Wendepunkten » Urgelb (573 nm), Urrot (—494 nm), Ultramarinblau (460 nm), Cyanblau (488 nm), Urgrün (535 nm). Nur 3 qualitative Wendepunkte sind anschaulich unmöglich. (Nr. 12). Die geometrische Darstellung der Farbtonarten geschieht am sinnfältigsten mittels eines regelmassigen 6-Eckes. Ueber die mathematisierung der Struktur mittels physikalisch-physiologischer « Bedingungskomplexe » kann hier nicht ausführlich berichtet werden. Es sind jedenfalls andere Mittel als die der reinen Farbmetrik nötig.

Wenn man Farbtöne betriebsorganisatorisch zur Kennzeichnung des dekatischen Zahlensystems verwendet, ist es nötig, neun Farbtonarten anzunehmen. Für eine normungstechnische Mathematisierung sind sechs Farbtonarten weit « natürlicher », einfacher und praktischer.

Der fünfteilige Farbtonkreis Munsells enthält nicht die ästhetisch-psychologisch unerlässliche Unterscheidung von Ultramarinblau und Cyanblau.

Die Entscheidung über die *Struktur* des Farbtonkreises hängt *nicht* von persönlich *subjektiven* Urteilen des Individuums ab. Trotz des subjektiv-menschlichen Charakters hat diese Entscheidung einen objektiven Charakter, der beim Aufbau des Farbkörpers mannigfaltig in Erscheinung tritt. Die Anzahl der Stufen im Farbtonkreis richtet sich nach herkömmlicher Gewohnheit oder besser nach Zweckmassigkeiten für die Farbgestaltung. Bei tieferen und klareren Farbkreisen sind mindestens 48 Farbtöne erforderlich, wie man sich durch Kombinationsbeispiele leicht überzeugt. Natürlich sollte sich diese Zahl auch nach der Zahl der Unterschiedsschwellen richten, also im Ostwaldschen ca-Kreis nicht 12 Stufen überschreiten. Eine gleiche Farbtonzahl für alle wertgleichen Kreise ist unpassend.

Man wird für den allgemeinen Gebrauch einem ästhetisch-psychologischen Farbtonkreis normalerweise 24 Stufen geben und die Anzahl je nach dem Zweck variieren.

Der Farbtonkreis und Farbtonkombinatorik.

Wie muss ein Farbtonkreis für die ästhetisch-wahrnehmungsgemasse und ästhetisch-künstlerische Gestaltungsarbeit aussehen? Ausser der Struktur der Farbtonarten gibt es im Farbkreis Ganzheitsqualitäten wie gleiche Verhüllung bzw. Verschleierung (Im Sinne von Hering und Ostwald) sowie Komplexqualitäten wie das Helligkeitsgefälle als ästhetisch-funktionale Beziehung zwischen Farbton und Helligkeit. Als Ganzheitsqualität gilt auch die Forderung gleicher psychologischer Sättigung (der unmittelbaren Anschauung) für die realisierten Farben eines Farbtonkreises. Die Entscheidung über die *Farbgestalt des Farbtonkreises* ist ohne Beachtung der Wertgleichheit, der Sättigungsgleichheit und des Helligkeitscharakters ästhetisch nicht zweckmässig. Die Erfüllung dieser Forderung bedeutet eine gute Gestalt, d.h. eine ausgezeichnete Lösung bezüglich Helligkeit und Farbigkeit, die der ästhetische λ -Farbkreis erfüllt. Für die Verhüllung Herings gibt es noch keine eindeutigen farbmetrischen Korrelate. Wilhelm Ostwald stellte das ästhetische Urteil (Nr. 29) über seine Grundformel und über die Filtermessung. Die Einführung der Relativhelligkeit von M. Richter hat die bisherigen anschaulichen Ergebnisse verschlechtert.

Für die ästhetisch-psychologische Anwendung bedeuten die verschieden konstruierten Farbtonkreise verschiedene « *Modi* » der Farbtonreihen entsprechend den Moll- und Dur-Tonleitern der Musik. Ein charakteristisches Beispiel ist die Eberhard-Farbtonfolge, welche vorwiegend warme Farbtonkombinationen gestattet, während die Ostwald-Farbtonfolge demgegenüber entschieden mehr kalte Kombinationen liefert. Schon Pater Castel liess 1735 von Künstlern einen 12-teiligen gleich-

abständigen Farbkreis malen (Nr. 13). Gewiss ist die Gleichabständigkeit eine Grundlage aller Farbreihenmöglichkeiten wie die chromatische Tonleiter die Grundlage aller diatonischen Gestaltungstonleitern ist. Wilhelm Ostwald leitete seine Farbton « harmonien » grundsätzlich von einem 24-teiligen annähernd gleichabständigen Farbtonkreis ab. Man muss diese Art als *formale Abstandskombinatorik* ohne Beachtung der spezifischen Wirkung der Farbtonarten bezeichnen. Alle Farbtöne sind formal austauschbar. Dieses Prinzip ist vorteilhaft bei der Tonfolge der Musik, wo es nur auf die Verhältnisse der Schwingungszahlen ankommt. (Nr. 16) In der Ostwaldschen Harmonie wird bei Farbtonkombinationen nur des ästhetische Wert der Hering-Ostwaldschen Verhüllung verwendet.

Es ist übersichtlicher für die Anwendung der Farbtonwirkung, die Gebiete der Farbtonarten zu kombinieren. Dies führt zu einer *qualitativen Kombinatorik* (Nr. 17), welche bestimmte ästhetisch-psychologische Aussagen ermöglicht. (Nr. 18) Jeder Künstler hat sich darüber gewisse Erfahrungen angeeignet, wie man z.B. im Briefwechsel von Goghs u.a. nachlesen kan. Das Wesen dieser Kombinatorik ist eine Gruppenkombinatorik, wodurch charakteristische Variationen ermöglicht werden.

Der « λ -Modus » des ästhetischen Farbtonkreises benutzt die Helligkeitssymmetrie bezüglich der Achse Urgelb-Ultramarinblau, so dass gleichhelle und wertgleiche Farbtöne zusammengestellt werden können. Diese Kombinationen sind schön in bezug auf eine gewisse Ausgeglichenheit, da ihnen harte Kontraste fehlen. Die Helligkeit ist bei allen Farbgestaltungen primär zu beachten. Deshalb bietet der λ -modus besondere Vorteile. Formal beruht er auf dem ästhetischen Prinzip der Symmetrie. Diese Kombinationseigenarten sind mit den Mechanismen der üblichen « Harmoniesucher » nicht erreichbar, da diese grundsätzlich nur eine einfache, konstante Abstandskombinatorik zulassen. Es handelt sich also beim « λ -modus » um einen « ausgezeichneten Fall » der allgemeinen Abstandskombinatorik.

Bezüglich der *Gegenfarbenkombinatorik* ist zu sagen, dass sie wegen der Verschiedenartigkeit des Helligkeitskontrastes und der Farbtonarten unterschiedliche Wirkung hat. Jede Gegenfarbenzusammenstellung lässt sich jedoch « modulieren » in eine wärmere oder kältere Art.

Dem unmittelbaren Erleben sind optisch genaue komplementäre Farbenpaare nicht eindeutig gewiss. Es hat vom ästhetisch-psychologischen Standpunkt aus wenig Wert, physikalisch-physiologisch genaue « kompensative » Farbtöne zu verwenden. Dem Wesen nach *charakteristische Gegenfarben* wie Grundgelb (Farbton 2, nicht Urgelb) und Violett (Farbton 12) oder Grundgelb und Ultramarin (Farbton 13 bzw. 14) sind für die

Farbgestaltung wegen ihres entschiedenen, wärmeren oder kälteren Stimmungsgehaltes aussagereicher. Das formale, alleinige Arbeiten nach strengen komplementären Farben im Farbtonkreis ist daher für die Farbgestaltung im allgemeinen der Helligkeits- und Farbtonartausage nicht vorzuziehen. Die Gestaltung mit Farben geht vom Wesen der Farbe und nicht von der Ordnung oder Kennzeichnung nur eines Systems aus. (Nr. 71). An expressionistischen Beispielen (Nr. 20) lernt man die Abstimmung der Farben durch Beachtung der « Verhüllung » oder « Modulation ». Diese « Harmonisierung » ist bei der Anwendung der Gegenfarbenbeziehung wesentlich.

Die Ganzheitsqualität « gleiche Sättigung » hat eine grössere Variation im Farbkreis und erlaubt deshalb die *Helligkeitsgestalt* als « gute Gestalt », d.h. eine Farbe im Kreis kann bei gleicher Sättigung durch eine hellere oder dunklere ersetzt werden. Dagegen ist die gleiche Verhüllung eine weit bestimmtere Eigenschaft des Farbtonkreises. Aber beide Ganzheitsqualitäten sind ohne formale Kreisbeziehung, also in jedem beliebigen Muster selbständig vorhanden, und zwar infolge unseres Farschvermögens und der *wahrnehmungsmässigen Farbenschauung*. Unser « ästhetisches » Urteil über die gleiche Sättigung zweier « bezogener » Farben ist qualitativ sicher; für « reduzierte », « unbezogene » Farben der Farbmetrik gibt es allerdings solche wahrnehmungsgemässen « Urteile » nicht. Im Charakter des wertgleichen Farbtonkreises kann man die *Komplexqualität* Farbton + Helligkeit noch *analysieren*; denn ein nach Helligkeiten gleichabständiger wertgleicher Farbkreis hat keine gleichmässige Verteilung der Farbtonqualitäten. Die verschiedenartigen Helligkeitskontraste widersprechen also nicht einem « empfindungsgemäss gleichabständigen » Farbtonkreis. Jeder nicht mit Komplexqualitäten Vertraute wird hier auf Schwierigkeiten des Verständnisses stossen. Jeder realisierte gleichabständige wertgleiche Farbkreis muss ästhetisch-wahrnehmungsgemäss betrachtet werden. Die farbmetrischen Primärempfindungen sind für den realisierten Farbkreis unvollständig, weil es auf eine Betrachtung der *ganzheitlichen*, « wahrnehmungsgemässen » Beziehungen im Farbkreis ankommt, und z.B. die gleiche Sättigung im Grüngelb mit der im Rotgebiet abgestimmt werden muss. Das ästhetische Urteil des « Auges » kann nicht durch physikalische Korrelate wie die Relativhelligkeit ersetzt werden.

Jetzt kann der « *ästhetische Farbtonkreis* » mit seinem symmetrischen Grauring (Nr. 29) als Farbgestaltungsmittel verstanden werden. Dieser Farbtonkreis kann als Bezugskreis für alle anderen Farbkreise benutzt werden, da er die grösstmögliche Anzahl von Komplexqualitäten und Ganzheitsqualitäten umfasst. Als Farbtonnamen für die 24 Farbtöne werden zur Charakterisierung —

eine Kennzeichnung genügt ästhetisch nicht — vorgeschlagen : 1) Urgelb (Zitronengelb), 2) Grundgelb, 3) Goldgelb, 4) Goldorange, 5) Orange, 6) Orangerot (Zinnoberrot), 7) Urrot (Blutrot), 8) Karminrot, 9) Purpurrot, 10) Rubinrot, 11) Purpurviolett, 12) Violett, 13) Violettblau, 14) Ultramarinblau, 15) Kobaltblau, 16) Bremerblau (Eisblau), 17) Cyanblau, 18) Türkisblau, 19) Seegrün, 20) Smaragdgrün, 21) Blaulichgrün (Grundgrün), 22) Ugrün, 23) Blattgrün, 24) Gelbgrün. Die Farbtonarten werden charakterisiert durch 1 (2) 3 Grundgelb (Gebiet 24 bis 4), Urrot 6 (7) 8 (Gebiet 4 bis 8), Purpur 9 (10) 11 (Gebiet 8 bis 12), Ultramarinblau 13 (14) 15 (Gebiet 13 bis 15), Cyanblau 15, 16 (17) 18, 19 (Gebiet 15-19) und Ugrün 20, 21 (22) 23, 24 (Gebiet 20-24). Die massgebenden Farbtongruppen für die Farbgestaltung sind demnach Gelb (1, 2, 3), Rot (6, 7, 8), Purpur (9, 10, 11), U-Blau (13, 14, 15), Cyanblau (16, 17, 18) und Grün (20, 21, 22, 23, 24). Die typischen Zwischenfarben Orange (4, 5), Violett (11, 12, 13) und Smaragdgrün (18, 19, 20) vervollständigen die Farbtöne 2, 7, 10, 14, 17, 22 zu dem 9-fältigen historisch gewachsenen Gesamtsortiment. *Ausdrucksmässig dominant* sind die Farbpaare : 2, 4); (6, 8); (9, 12); (14, 17); (20, 23), deren einzelne Farbtöne eindeutige Stimmungen hervorrufen. Für die charakteristischen Farbtöne gibt es die von Künstlern und Farbgestaltern aller Zeiten bevorzugten Farbstoffe Cadmiumgelb, Cadmiumorange, Cadmiumrot, (Zinnoberrot), Karmin, Purpur, Ultramarin, Coelinblau, Chromoxydgrün feurig, Chromoxydgrün stumpf. Die Realisierung der Farbvorstellungen ist zu allen Zeiten an die vorhandenen Farbstoffe gebunden gewesen. Mit ihnen wächst die Darstellungsmöglichkeit ebenso wie die Darstellungsgabe.

Der ästhetische Farbgestaltungskreis fordert zur Beibehaltung bestimmten Farbtoncharakters bei den Pigmenten und Farbstoffen auf und verzichtet auf nichtnuancierte « Rohstoffpigmente ». Dadurch beginnt die Entwicklung systematischer Farbkästen, die dem « Wohltemperierten Klavier » entsprechen. Es wird damit keine Beschränkung auf 24 Farbtonstufen verlangt. Aus allgemeinen Gründen farbiger Darstellung der Wirklichkeit sind sowohl gestufte Farben wie stetig kontinuierliche Farben nötig. Sowohl die Farbtechniken (Lasur, Aquarell) wie die gekrümmten Flächen (Kugeln, Säulen usw.) zwingen zu « Differentialstufen » bei der Darstellung der Wirklichkeit. In der Musik gibt es keine so enge Bindung an die dingliche Aussenwelt. Lichtfarbe und Dingfarbe sind zwei wesentlich verschiedene Bestandteile unserer Wahrnehmung.

Der ästhetische Farbtonkreis wird mit Hilfe von besten Pigmentfarben sowie der Eigenart matter Dingfarben farbmetrisch definiert. Damit ist seine Realisierung farbtechnisch und messtechnisch gesichert.

Die Leuchtdichte und Farbwandlungen.

Vom psychologischen Standpunkt aus müssen die Farben die Eigenschaften der Dingwelt, der Dinge und der « räumlichen Situation » (des « Lebensraumes ») widerspiegeln. Der nur optisch interessierte Farbmetriker pflegt seine Definition an das Spektrum, die Eigenschaften der benutzten Lichtquelle, anzuschließen, d.h. er vereinfacht die Dingwelt zum physikalischen Bedingungskomplex. Der Aufbau der Farbmessung und Lichttechnik kann uns in diesem Zusammenhang weniger beschäftigen.

Es ist aber unerlässlich für alle praktischen Aufgaben, die Verwandlung der Farbtöne durch die Aenderung der Leuchtdichte zu erwähnen. Die Leuchtdichte ist die physikalisch absolut gemessene Beleuchtungsintensität auf einer Flächeneinheit, senkrecht zur Beleuchtungsrichtung. Wir beleuchten den ästhetischen Farbkreis (Nr. 33) mit 200 Lux und vermindern durch eine Blende die Beleuchtungsstärke so, dass ein ideales Weiss in der Ebene des Farbkreises 20 asb und weniger Leuchtdichte bei einer Beleuchtungsstärke von 20 und weniger Lux hat. Die Farben des Farbtonkreises verblassen in verschiedenem Grade, bis Rot zu Schwarz und Grün zu Hellgrau verwandelt sind. Mit einer solchen Beleuchtungsänderung und deren Farbwirkung hat der Farbgestalter immer zu rechnen, während der Farbmetriker stets dieselbe Beleuchtungsstärke von etwa 200 Lux zum Messen und Bezeichnen der Farbe verwendet. Mit der Raumtiefe ändert sich die Lichtmenge bei konstanter Lichtquelle. Aber in der Praxis bleibt keine Lichtquelle konstant, so dass der Farbgestalter gerade diese Variablen beachten muss, die der Farbmetriker ausschliesst.

Der Farbgestalter muss auf das Leuchtdichteniveau achten, d.h. auf diejenige Leuchtdichte, welche ein ideales Weiss bei der gerade herrschenden Beleuchtung besitzt. Für ihn ist die Welt der Farben grundsätzlich vierdimensional, da er die realen Erscheinungen der Dinge zu beachten hat und den physikalischen Farbenidealismus ablehnt (Nr. 34).

Ausgezeichnete Beleuchtungssituationen sind :

- 1) direktes Sonnenlicht
- 2) indirektes Sonnenlicht im Raum bei mittlerer Tageszeit,
- 3) indirektes Sonnenlicht, Dämmerung im Raum (am Morgen und Abend),
- 4) künstliches Licht am Spätabend und in der Nacht.

Die genaue Beschreibung jeder Situation ist Aufgabe des Lichttechnikers. Der Farbgestalter muss die Veränderungen der Farben durch Qualität (Farbtemperatur) und Quantität der Lichtarten genauer als bisher kennen und verwenden lernen.

Dingfarben, Lichtfarben und Optimalfarben.

Dem Lichttechniker ist die Unterscheidung von *Lichtfarben* und *Dingfarben* geläufig, während wir im Alltag gewöhnlich nur von Farben schlechthin sprechen und die Dingfarben meinen. Ein realer Farbkreis besteht aus Oberflächenfarben, d.h. aus Aufstrichen bzw. Färbungen von Pigmenten bzw. Farbstoffen. Dabei sind die Eigenschaften der Materie ebenso massgebend für die Farbwahrnehmung wie die Eigenschaften der Lichtquelle bzw. ihres Spektrums. Für die Farbgestaltung sind die Pigmenteigenschaften, also Materieeigenschaften, ausschlaggebend und müssen daher gut bekannt sein. Die leuchtendsten, tiefsten und reinsten Farbaufstriche bzw. Ausfärbungen auf Wollem Seide usw. bestimmen die Grenzen der Farbenwelt, die uns bei den praktischen Aufgaben des Raumanstriches, der Färbung von Dekorationsstoffen usw. zur Verfügung stehen. In der trichromatischen Farbtabelle des CIE-Systems gibt es eine Grenzlinie für alle gleichverhüllten bzw. wertgleichen realen Farbkreise (Nr. 72), die in der ebenen Projektion des CIE-Farbenraumes als Linien gleicher Reinheit (« Sättigung ») erscheinen. Mittels dieser Grenzlinie der *wertgleichen Pigmentvollfarbe* lassen sich alle anderen Sättigungslinien ableiten. Die wertgleich gemachten, also ästhetischen Pigmentvollfarben stehen aber in keiner einfachen Beziehung zum Spektrum und den Spektralbändern als einfache Kombinationen bzw. Summen von monochromatischen Lichtern (den sogen. Optimalfarben). Die Spektralbänder, welche beliebige monochromatische Strahlungen, Teile des Spektrums summieren, sind spektrale Optimalfarben und in ihrer Eigenschaft als Lichtfarben für die Farbgestaltung nicht realisierbar. (Nr. 43) Die *Pigment-Optimalfarben* stehen uns als Pigmente (oder auch mittels der Farbstoffe), als Mischungen von weissem Pigment mit der Pigment-Vollfarbe (das ist nicht die konzentrierteste Farbe) zur Verfügung. Auf diese baut sich jedes System von Aufstrichfarbkarten auf, denn ohne solche praktischen Muster kann kein Entwurf eindeutig festgelegt werden. Pigment-Optimalfarbreihen gleichen Farbtöne hat schön Chevreul hergestellt (Nr. 41). Der Vollfarbkreis Ostwalds besteht aus spektralen Optimalfarben besonderer Art und kann in Aufstrichfarben nicht realisiert werden, weshalb hier kein Bezug auf das « valenz-metrische » Ostwald-System genommen werden kann. Die Ostwaldschen Vollfarben eignen sich nicht zur farbmetrischen Ableitung der wertgleichen Farbkreise, wenn man ästhetische Genauigkeit verlangt.

Die praktisch benutzbaren Farbkarten des Farbgestalters müssen auf den materiellen Eigenschaften der Pigmente und auf den ästhetischen Wert der Mischungen (nicht auf optische oder materiell-dinghafte Mischver-

hältnisse) aufgebaut sein. Es gibt Farbkarten, welche durch die Farbmetrik auf die spektralen Optimalfarben aufgebaut sind :

- 1) das color harmony manual (das amerikanische Ostwald-System) aufgebaut auf spektrale Vollfarben, also spezielle spektrale Optimalfarben.
- 2) das System DIN 6164, aufgebaut auf allgemeine spektrale Optimalfarben und deren Hellbezugswerte.

Während das System 1) unter Anlehnung an die Ostwaldsche Originalfarbkarte eine angenäherte Wertgleichheit herstellt, gelangt das System 2) zu Abschattungen von allen Optimalfarben und erreicht nur eine ästhetisch grobe, nicht befriedigende Wertgleichheit. Die Ganzheitsqualitäten der Farbkreise sind in beiden Systemen wegen der Grundlegung mittels der spektralen Voll- bzw. Optimalfarben ästhetisch fehlerhaft und für den Farbgestalter unbefriedigend.

Die realen Farbkreise des ästhetischen Grundsystems, des von uns für den Farbgestalter vorgeschlagenen Grundsystems, werden mittels der Pigment-Vollfarben und der realen Remissionskurven der Pigmentaufstriche aufgebaut. (Nr. 73) Jeder Farbgestalter sollte wissen, dass reale Oberflächenfarben stets aus Gemischen von monochromatischen spektralen Lichtern *verschiedener Intensität* bestehen.

Die Grauleiter, strukturell, « chromatisch » und dia-tonisch Mit Hilfe der Pigment-Optimalfarbenreihen und der achromatischen Farbreihe, meist Grauleiter genannt, kann der Farbkörper aller Pigmentaufstriche vollständig als Farbkontinuum konstruiert werden. Die Pigment-Optimalfarbenreihen aller Farbtöne ergeben ein Diagramm (Nr. 42), welches die Farbenmannigfaltigkeit der Oberfläche jedes praktischen Farbkörpers darstellt.

Alle diese Farben, d.h. jede Pigment-Optimalfarbenreihe, müssen den grauen Farben, den achromatischen Farben, d.h. der Weiss-Schwarz-Reihe wesenhaft zugeordnet bzw. technisch miteinander gemischt werden.

Zu diesem Zweck müssen diese beiden Arten von Farbreihen eine *einander entsprechende qualitative Gliederung und quantitative Stufung* erhalten. Für die Anwendung zur Farbgestaltung müssen die farbtongleichen Pigment-Optimalfarbenreihen und die Graureihe in gleicher Weise ästhetisch-psychologisch aufgelasst werden wie wir es beim Farbtonkreis durchführen. Die Graureihe hat einen qualitativen « Nullpunkt » in dem Eigenhell des Auges. Beim Nachtsehen schrumpft die Grauleiter von Weiss und Schwarz aus in verschiedenem Tempo zu einem dunkleren Grau zusammen. Dies ist der « empfindungsgemässe » Ursprung. Die Ausprägung von Weiss und Schwarz ist wiederum von der Leuchtdichte abhängig (Nr. 49). Die Gestaltbildung der Dinge ist umso « prägnanter », je grösser die Kon-

traste der wahrgenommenen Graustufen werden. Die Farbgestaltung muss von dieser fundamentalen Tatsache ausgehen, um allen Anforderungen gerecht werden zu können. Der Helligkeitskontrast — bei bestimmtem Leuchtdichteniveau — ist nicht nur für ästhetische, sondern auch für arbeitstechnische Zwecke (scharfes Erkennen des Werkstückes) sehr wichtig.

Unter den historisch entstandenen Grandleitern lässt mittels genauerer Analyse nur die Chevreulsche (etwa 1860 entstanden) eine ästhetisch sinnvolle Gliederung weiss, hellgrau, dunkelgrau, schwarz erkennen. Der « wahrnehmungsgemässe » oder ästhetische Nullpunkt der Grauleiter liegt bei k_6 (logarithmisches Ostwaldsches Mass), etwa bei 10% Remissionsgrad. Als qualitative Gebiete achromatischer Farben, der « Grauar-ten » kann man wählen : Weiss 89% bis 56% (Grau a bis c); Hellgrau 56% bis 14% (Grau c bis i); Dunkelgrau 14% bis 3,5% (Grau i bis p); Schwarz 3,5% bis 0 (Grau p bis v). Bei der Gesamtplanung der Farbenstandardisierung stösst man auf folgende Struktur der Helligkeiten der spektralen farbtongleichen Optimalfarbenreihen : a bis ca, ca bis ga oder ia, ia bis pa, pa bis va (Nr. 74). Es ist also möglich, die Strukturen beider fundamentaler Farbreihen zu koordinieren.

Der Farbtonkreis zeigte für jeden Halbkreis eine Zweiteilung bei Urrot (7) und Seegrün (19), d.h. von Gelb nach Rot bzw. Grün haben wir ein rasches Helligkeitsgefälle und von Rot bzw. Grün nach Violett-blau ein langsames Helligkeitsgefälle. Die Grauleiter zeigt von Weiss bis zum « Nullpunkt » Mittelgrau eine stabilere Farbkonzanz als vom Nullpunkt bis zum Ideal-schwarz. Beide Teile ändern sich bei einer Leuchtdichteniveauänderung verschieden. Die farbtongleiche Pigment-Optimalfarbenreihe hat beim wertgleichen Vollfarbenpunkt einen charakteristischen Wendepunkt, zeigt also auch eine Zweiteilung, die Wilhelm Ostwald zu den Bezeichnungen « hellklar » und « dunkelklar » veranlasste. Der hellklare (weissliche) Farbenzug hat die qualitative Gliederung weissgetönt (a bis ca), weisslich (ca-ia), voll (ia-pa), tief (pa-va), der dunkelklare (schwärzliche) die Gliederung : schattig (va-vg), dunkel (vg-vn), schwärzlich (vn-vt). Eine ähnliche Auffassung der Gliederung findet man in der Farbkarte von Ridgway realisiert. Die Pigment-vollfarbe und das mittlere Grau sind also strukturell entsprechende Punkte der konstruktiv wichtigsten Farbreihen. Die vollste Farbe im Sinne der reinsten Farbe ist in der Optimalfarbenreihe dort, wo die Weisslichkeit aufhört und die Schwärzlichkeit beginnt. Diese Stelle ist für Gelb sehr scharf feststellbar; aber für blaue Pigmentfarben fallen reinste und vollste Farbe nicht zusammen. Diese Tatsache ist psychologisch sehr wichtig.

Die qualitative Gliederung ist für die ästhetisch-psy-

chologische Anwendung von besonderem Wert. So ist einerseits die Mitte des hellgrauen Gebietes : Grau e bis g für die Farben der räumlichen Ferne besondere charakteristisch. Sie ist gewissmassen der « Farbenfluchtpunkt » der Farbenperspektive. Andererseits ist die Mitte des Schwarzgebietes : Grau r bis t die Grenze der technisch herstellbaren tiefschwarzen Pigmente. Die Grauarten Weiss, Hellgrau, Dunkelgrau und Schwarz entsprechen wichtigen Stimmungswerten.

Entsprechend dem « empfindungsgemäss gleichabständigen » Farbkreis sind in der Praxis « empfindungsgemäss gleichabständige » Grauleitern hergestellt worden. Die logarithmische Grauleiter, mittels $\log A$ gestuft, (durch die Normungen der Nagra, also der Photographen und Ostwalds bekannt) wurde in Deutschland als gleichabständiges Empfindungsmass bevorzugt, während in den USA \sqrt{A} bevorzugt wird. Beide Grauleitern sind ästhetisch im tiefschwarzen Gebiet unbefriedigend. Die logarithmische Grauleiter muss man praktisch bei Samtschwarz, bei etwa $A = 0,4$ abbrechen, um unendlich viele Stufen und Verzerrungen durch den Logarithmus auszuschliessen.

Die genaue mathematische Analyse der Weisslichkeitsstufen der hellklaren Farben zeigt bei Auswertung der trichromatischen Farbtafel eine Zweiteilung in einen logarithmischen Zweig nach Weiss und in einen « Parabel »-Zweig nach der wertgleichen Vollfarbe zu. Dies würde etwa einer Kombination der deutschen und der amerikanischen Grauleiter entsprechen.

Aesthetische Anwendung der Grauleitern.

Für die Farbgestaltung ist die Bildung von Kombinationen der Graustufen besonders interessant. Ostwald hat zuerst eine reine Abstandskombinatorik auf Grund der Gleichabständigkeit entwickelt und ihm genügte diese « harmonische Lösung. Diese Farbgebung ist wegen der Symmetrie der Mittelfarbe zur helleren und dunkleren eine ausgeglichene, also harmonische. Aber wenn man lediglich Abstände berechnet, ohne das qualitativ Ausdruckmässige der Grauarten zu beachten, gelangt man leicht zu einem oft nicht ungefährlichen-Formalismus. Man muss sich dies an Beispielen klar machen, da die « chromatische » Auffassung sich bei allen möglichen Farbreihen wiederholen kann. Wir zeigen dunklere Graustufen $3/4/5$ als formales Muster auf hellerem Grund 2 mit engem Abstand (Nr. 50), und wir betrachten dann in einem Harmonieexperiment von Wilhelm Ostwald : Silberlinge, Graustufen $1/3/5$ mit grösserem Abstand (Nr. 51). Das gemeinsame « achromatische » Grau dieser Farben ergibt einerseits eine Einheitlichkeit, andererseits aber auch eine farbige « Monotonie » mit ruhigem Gesamtcharakter.

Solche Abstandsfolgen lassen sich formal etwa wie Lieder in der Musik « transponieren », also $3/4/5$ in $2/3/4$ oder $4/5/6$; man kann die Gesamtgestalt « höher » oder tiefer », heller oder dunkler wählen. Die Gesamtgestalt bleibt der Form und Wirkung nach gleich oder sehr ähnlich. Diese Möglichkeit gibt dem Farbgestalter mancherlei Vorteile. Eine Farb Stimmung, die sich in einem Nordzimmer bewährte, kann man durch « Verdunklung » oder « Entsättigung » in ein Südzimmer übertragen. Diese Methode befreit uns von dem Zwang, im Norden bzw. Süden bestimmte Farbtöne, warme bzw. kalte, anzuwenden.

Schwieriger ist die Verwandlung eines Motivs mit gleichabständigen Stufen in ein solches mit ungleichen Stufen, was eine Aufgabe der *Variation* bedeutet. So malte Wilhelm Ostwald; Birke im Winter « harmonisch » mit $1/2/3/4$ und « unharmonisch » mit $1/2/3-7$. Die zweite Lösung zeigt eine prägnantere Form der Birke, sie bringt eine Spannung in die Gestalt hinein und hat daher keine so einheitliche Gesamtwirkung. Das unharmonische Beispiel zeigt also eine dynamischere, spannungsreichere Auffassung, wie sie jeder Melodiebildung mit wechselnden Abständen zugrunde liegt. Ausserdem steht die qualitative Eigenart Schwarz dem « Teilganzen » $1/2/3$, d.h. Hellgrau gegenüber. Schwarz wirkt aber räumlich näher als Grau, also eindringlicher. Heraklit formulierte die Harmonie als Einheit des Gegensätzlichen. Verschiedenartige Abstände bringen eine rhythmische Belebung in eine Stufenfolge : Eine rhythmische Farbgebung bedeutet Belebung und sollte sich der Linienführung anpassen.

Das Prinzip der *Einheitlichkeit* ist ebenso wie das Prinzip der Symmetrie ein uraltes, wohl bekanntes ästhetisches Prinzip, und die Künstler verstanden es bis heute zu allen Zeiten, diese Kunstmittel anzuwenden. Die Farbreihen müssen so gestaltet sein, dass sie auf übersichtliche Weise die Anwendung ästhetischer Prinzipien erlauben. Ausser solchen Prinzipien sind — wie wir sehen werden — Gestaltungsgesetze besonders wichtig.

Je nach dem Grund haben weiss oder schwarz eine bevorzugte *Kontrastwirkung*, wie sie auf dem Plakat « Wohlgeborgten reisen » (Nr. 54) angewendet wird. Im Vergleich dazu spielt Grau eine andere « Rolle ». Einige Künstler, wie Hölzel, versuchten Gestaltungsmittel vorwiegend auf verschiedene Kontrastarten (Simultankontrast, Komplementarität, Helligkeitskontrast usw.) zurückzuführen. Man muss aber weith mehr die Bedingungskomplexe der Wirklichkeitsbereiche beachten. Um 1910 findet man beispielsweise folgende Definition von Harmonie unter Handwerkern (Wenzel) : Wenn zwei Farben zu einander einem angenehmen Kontrast bilden und sich gegenseitig heben, so nennt man diese Farben *harmonische* Farben.

Die Gleichabständigkeit verliert dort ihre Bedeutung, wo der Künstler mit *kontinuierlichen* Uebergängen malt oder malen muss (Nr. 56). Alle gewölbten Flächen ergeben weiche allmähliche Uebergänge. Die Gleichabständigkeit, das gleichmässig verlaufende Kontinuum gleichen dem Taktsystem der Musik, sie sind die *Strukturen des (mehr oder weniger bewussten) Bezugssystems*. Ohne solche könnten sich keine engeren Zusammengehörigkeiten der Teilganzen von schrofferen Kontrasten bzw. Kontrastgruppen abheben. Diese Grundbeziehung ist also ein Mass für die *Belebung*, wodurch Licht und Schatten, Raumnähe und Raumdiefe sowie die mannigfaltigen Körperformen erzwungen wird.

Grauleiter, ästhetisches Beziehungsgefüge und Leuchtdichte.

Nur die unbezogene bzw. « reduzierte » Farbe ist eine » gefügeunabhängige Sinnesqualität ». Bei der praktischen Farbgestaltung haben wir es nicht mit « primär empfundenen » oder « empfindungsgemässen » Farben zu tun, sondern mit wahrnehmungsgemäss gesehene Farben, welche sowohl die Materiestruktur (Oberflächenbeschaffenheit der Dinge) wie den natürlichen Bedingungskomplex widerspiegeln : Farbe als Gegenstandseigenschaft im Raum bei natürlichen, wechselnden Beleuchtungsbedingungen : Farbumwelt, Farbperspektive, Beleuchtungsvariation der « Eigenfarbe von Dingen ». Jede Farbe steht innerhalb eines ästhetischen Beziehungsgefüges.

Wenn wir eine gut gleichabständige Grauleiter (Nr. 49) mit abnehmender Beleuchtungsstärke beleuchten, so verliert sie ihre Gestalt. D.h. : das leuchtende Weiss wird stumpfer, qualitativ gesagt : hellgrauer, obwohl es noch als « Weiss » gilt; das tiefe Schwarz verliert seine eigentümliche Ausprägung, wird unbestimmter, uncharakteristischer, verschwommener und ähnelt immer mehr einem Dunkelgrau. Zugleich werden die Graustufen ungleich. Die schwarzen Farbstufen verschmelzen immer mehr, die weisslichen Farbstufen erscheinen demgegenüber kontrastreicher. Von einer Konstanz der Graugestalt kann man bei Beleuchtungsänderung nicht sprechen. Die « Konstanz der Sehdinge » betrifft also nicht die Konstanz der Gestalten und Ganzqualitäten verschiedener Art. Ein von der Sonne beschienenes Weiss hat in der unmittelbaren Anschauung eine ganz andere Eigenfarbe als dasselbe Stück weisses Papier im Zimmer auf dem Tisch oder in einer schattigen Ecke. Unabhängig davon, dass unser Auge die absolute Leuchtdichte in eine weniger variable Dingfarbe « transformiert », bleibt von dem absoluten Leuchtdichteunterschied soviel erhalten, dass wir an der « Eigenfarbe » des Dinges erscheinungsmässig die Veränderung der Beleuchtungsbedingungen ablesen

können. Die « angenäherte » Farbkonstanz der « Sehdinge » hilft dem Farbgestalter nicht über die Tatsache hinweg, dass ein enfärbig und gleichmässig gestrichener Raum überall anders moduliert erscheint, dass die Eigenfarben der Gegenstände zu Licht- und Schattenfarben werden. Wenn die Eigenfarbe (die ursprüngliche Anstrichfarbe schon schattiert erscheint, muss ich solche Schattierungen im Raum anders verwenden als bei Flächenmustern. In der Raumgestaltung sind Sättigungsunterschiede verschiedener Gegenstände beachtenswerter, da die Belichtung und Schattierung zwangsläufig auftritt.

Chromatische Farbreihen und Aufbau des ästhetischen Farbkörpers.

a) *Einleitung.*

Die chromatischen (« bunten») Farbreihen müssen also wahrnehmungsgemäss betrachtet werden, damit ihr gestaltbildender Charakter in der Eigenart erfasst wird. Für den Farbmeteriker genügt es, drei Komponenten der « reduzierten » (ihres Wahrnehmungscharakters entkleideten) Farbe zu bestimmen, um den Farbort im Farbkörper, in der Aufstrichsammlung festzulegen.

Bei der Dreikomponentenmessung werden zuerst die Rot-, Grün- und Blauanteile der Farbe festgestellt. Durch den Uebergang von Dreieckskoordinaten x, y, z (mit $x + y + z = 1$) zu Polarkoordinaten $r\varphi$ erhält man als Farbkennzeichen : dominante Wellenlänge (entsprechend φ), « spektralen Farbanteil » (auch Reinheit genannt) (mittels r als $r_F : r_s$) und ergänzt die farbmetrische Reduktion durch den prozentualen Remissionsgrad (bzw. Reflexionsgrad). Diese trichromatischen Farbkennzeichen $\lambda_d; P_e$ und A entsprechen aber nicht dem unmittelbaren menschlichen Farbsehen, das die « Attribute » (Wahrnehmungskennzeichen bzw. -eigenschaften) Farbton (tonalité), Sättigung (saturation) und Dinghelligkeit (clarté) verlangt. P_e ist keinesfalls ein physikalisches Korrelat für die Sättigung im Wahrnehmungsfeld.

b) *Farbreihen und Farbattribute (gestaltpsychologischer Nachweis).*

Die Aufstellung der für die Farbgestaltung wichtigen Farbreihen ist also mit der Angabe der wahrnehmungsgemäss wichtigen Farbattribute verknüpft. In der Gestaltpsychologie (vgl. Metzger, Psychologie, S. 63) unterscheidet man :

1) Gefüge-Eigenschaften. Für die Farben ist davon wichtig : die Raumbezogenheit, die Helligkeitsbezogenheit, das Farbprofil (Rhythmus und Melodie), die Verlaufsstruktur (Farbe-Form-Einheit als Bewegungsausdruck),

2) Ganzqualitäten. Es handelt sich um denjenigen Teil der « Erscheinungsweisen », welcher stoffliche Eigenschaften, also die materielle Struktur betrifft : Durchsichtig-undurchsichtig, matt-glänzend, glatt-rauh,

deckend-lasierend, glühend-leuchtend, spiegelnd oder allseitig zerstreud, aber auch dinghaft-scheinhaft (Licht, Schatten),

3) Weseneigenschaften. Es sind Eindrucksqualitäten: wie gefühlsartige Erlebnisse, Stimmungswerte, Beziehungen zu Charakter und Ethos. Da die Farbe in der Wirklichkeit immer strukturiert auftritt (im Gegensatz zur farbmetrischen Welt), besitzt sie auch Wesen.

Man erkennt an dieser Differenzierung, dass es nicht mehr möglich ist, summarisch von einer « Bezogenheit » der Farbe im Ostwaldschen Sinn zu sprechen. Die Gestaltbetrachtung umfasst weit mehr als nur ein « Umfeld » der Farben. So wie man in der Physiologie jetzt vom « Temperaturniveau » als einem veränderlichen Bezugssystem spricht, ist biologisch auch das variable Leuchtdichteniveau gegeben, mit dem die Farbtransformationen und räumlichen Farbvariationen beschreibbar werden. Solche funktionale Betrachtungen sind nicht mehr in der einfachen Reiz-Empfindungs-Beziehung Ostwalds oder der CIE-Metrik enthalten. Die Beachtung des Leuchtdichteniveaus bedeutet den Uebergang von der Farbfläche zur Raumtiefe, vom Flächenmuster zum Ding des Lebensraumes.

Es ist für die Farbgestaltungslehre zweckmässiger, die Gruppe 2) nicht materiebedingte Erscheinungsweisen sondern Materieeigenschaften der Farbe zu nennen. In der Gruppe 1) der Struktureigenschaften gliedern wir besser die « Bedingungskomplexe » : Raumbezogenheit und Helligkeits- (oder Beleuchtungs-) bezogenheit aus. Das Farbprofil (besser « Farbgestalt ») und die Verlaufsstruktur (« ligne ») betreffen mehr künstlerisch-ästhetische Gestaltungsmittel als allgemeine Wahrnehmungsgesetze. Wir verbinden sie daher mit den einfachen ästhetischen Gestaltungsmitteln: Farbton, Farbleiter, um einen ähnlichen Aufbau wie in der Musik-ästhetik zu gewinnen: Ton, Leiter, Melodie, Harmonie, Rhythmus, Komposition.

Wir haben demnach für die Systematik der Eigenschaften der Farben zu beachten :

a) einfache ursprüngliche Gefügeeigenschaften der menschlichen Wahrnehmung : Lichteigenschaften (einschliesslich « primäre » Farbempfindungen) Raumbezogenheit und Beleuchtungsbezogenheit, mit natürlichen Sehbedingungen (wie Beidäugigkeit, uneingeschränkter Sehwinkel usw.),

b) künstlerisch-ästhetische Gestaltungsmittel, die aus komplizierteren Gefügeeigenschaften und Farbattributen erwachsen,

c) materiebedingte Erscheinungsweisen als Dingeigenschaften (hierzu gehören neben Durchsichtigkeit, matt-glänzend u.a. auch Weiss und Schwarz als Oberflächeneigenschaften),

d) Weseneigenschaften als seelische Farbwirkungen, die von einfachen Dingerlebnissen ausgehen und immer

komplexere Erlebnisbereiche erfassen, sowohl des bewussten wie des unbewussten Seelenlebens, einschliesslich historischer und gesellschaftlicher Gegebenheiten. (Gefühl, Charakter, Ethos, Berufs- und Kulturkreis, Stilepoche u.ä.).

Es gibt reine Lichtfarbensysteme (zu denen alle Optimalfarbensysteme wie z.B. das System DIN 6164 zu rechnen ist). Da eine Standardisierung die in der Praxis eingeführten Systeme grundlegend beachten muss — mittels Vereinfachung und Vereinheitlichung —, wählen wir methodisch die geschichtliche Entwicklung und ihre Erfahrung.

c) *Das Grundsystem als Synthese der geschichtlichen Erfahrung.*

In der geschichtlichen Entwicklung der Farbenlehre finden wir verschiedene Farbsysteme mit recht unterschiedlichen Farbenreihen. Zur eindeutigen Kennzeichnung einer Farbe würde man — ausser dem Leuchtdichteniveau — nur drei Arten von Farbreihen im Farbkörper benötigen. Vom ästhetisch-psychologischen Standpunkt aus ist die optische trichromatische Mischungsmannigfaltigkeit mit den Komponenten Rotanteil, Grünanteil, Blauanteil am bedeutungslosesten. Aber auf diesen Mischfarbkörper müssen wir der Messung halber alle anderen Farbkörpermannigfaltigkeiten und Farbreihen beziehen, wobei ein mathematisch definierter Bezug anzustreben ist. Am bequemsten geschieht dies, wenn man vom CIE-Farbkörper die Farbtabelle x, y , die Grauchse $\log A$ und die Senkrechten auf der Farbtabelle als Ausgangsmannigfaltigkeit übernimmt (Nr. 40 Raummodell des CIE-Farbkörpers).

Das innerhalb der wertgleichen Vollfarbenkurve (Nr. 74 CIE-Farbtabelle mit Sättigungskurven) gelegene Gebiet der realisierbaren Pigmente und Farbstoffe bildet man auf ein Kreisgebiet ab, wo alle Kurven « empfindungsgemäss gleicher » Sättigung zu geometrischen Kreisen werden (Nr. 75). Die 24 Farbtöne des ästhetischen Farbtonkreises ergeben die Einteilung des transformierten « trichromatischen Kreisgebietes » in Farbtonabschnitte, und den gleichen Abständen der geometrischen Kreise (als « Sättigungs » gleichen) entsprechen empfindungsgemäss gleiche Schritte der Reinheitsgrade (« Schattensättigungsgrade »). Es entspricht z.B. jedem geometrischen Kreis dieser « transformierten » ästhetischen *Farbtabelle* ein hellklarer Farbkreis Ostwalds (bzw. auch ein dunkelklarer Kreis). (Nr. 76 und Nr. 77 farbige CIE-Tabelle). Ueber der entstandenen « ästhetischen Grundebene » erhebt sich mittels der dritten Raumkoordinate der Dinghelligkeit (definiert durch $\log A$) der Farbenberg, der *das räumliche ästhetische Grundsystem* (Nr. 78 u. 79) darstellt. Dieses Grundsystem ist mit dem CIE-Farbkörper durch mathematische Operationen verbunden, die einen physiologisch-psychologischen Sinn haben.

In diesem ästhetischen Grundsystem sind vier wesentliche historische Systeme vereinigt :

1) das Helmholtzsystem mit Farbton, Reinheit (« Schattensättigung ») und Dinghelligkeit sowie Leuchtdichteniveau (farbmetrisch bestimmt mittels λ_d dominante Wellenlänge, « empfindungsgemäsem » Reinheitsgrad und $\log A$, d.h. \log des Hellbezugswertes),

2) das Herings-Ostwaldsche System mit Farbton, Weisslichkeit, Schwärzlichkeit (farbmetrisch bestimmt mittels λ_d dominante Wellenlänge, Ostwaldschem « empfindungsgemäsem » Reinheitsgrad und logarithmischer Grauleiter),

3) das Beaumann-Prase-System, mit Farbton, dunkelklarer Optimalfarbart und Auflichtung (oder Hellbezugswert),

4) das Rungesystem mit Farbton, Optimalfarbart, Ausprägung (Nähe-Ferne).

System 1) benutz die Farbattribute : Farbton, Schattensättigung und Dinghelligkeit, die Farbreihen Farbkreis, Schattenreihe, Helligkeitsgleiche, (Typ der Helligkeit),

System 2) die Attribute Farbton, Weisslichkeit (Tiefe), Schwärzlichkeit (Klarheit) *oder* : Farbton, Reinheit (hellklare Optimalfarbart), Schwärzlichkeit, die Farbreihen : Farbkreis, Weissgleiche, Schwarzgleiche, *oder* Schattenreihe, Schwarzgleiche (Typ der Schattenfarben),

System 3) die Attribute : Farbton, Auflichtung dunkelklare Optimalfarbart, Weisslichkeit (oder Dinghelligkeit), die Farbreihen : Farbkreis, Weissstransversale, Weissgleiche (bzw. Helligkeitsgleiche) (Typ der Auflichtung),

System 4) :

- a) die Attribute : Farbton, Optimalfarbart, Ausprägung (Grauanteil) (Nähe-Ferne)
- b) die Attribute : Farbton, Grauart, Sättigung (Vollfarbenanteil) (voll-leer)
- a) die Farbreihen : Farbkreis, Optimalfarbartreihe, Fernengleiche (Typ der Fernfarben)
- b) die Farbreihen : Farbkreis, Grauartreihe, Sättigungsgleiche (Typ des endgültigen psychologischen Farbkörpers, der Sättigungsfarben).

Die *Anpassung der Systeme* aneinander erfordert :

1) beim ursprünglichen Helmholtzsystem eine Verwandlung der $r_F : r_s = P_e$ — Linien in Kurven (empfindungsgemäss gleicher *) Reinheit (« Schattensättigung ») und eine Zerlegung der Komplexqualität Lichtqualität; Lichthelligkeit gemäss der Auffassung : Leuchtdichteniveau \times Dinghelligkeit = Lichthelligkeit. Die farbmetrische, nicht wahrnehmungsgemässe Festlegung des Farbtones als dominante (« farbtongleiche »)

Wellenlänge wird zugelassen, um die Transformation der Farbkörper bequem durchführen zu können.

2) bei den ausgeführten *Ostwald-Atlanten* (die Theorie Ostwalds enthält noch optisch-mischmetrische Bestimmungen die nicht wahrnehmungsgemäss sind) einen Ausgleich der systematisch-theoretischen und herstellungsmässig-praktischen Fehler, was durch Messung der Ostwald-Aufstriche mittels CIE-Messung möglich wurde. Jeder Ostwaldsche Farbkreis ist in neuer Weise durch eine Helligkeitsregel und durch eine Kurve wahrnehmungsgemäss gleicher Reinheit in der Farbtabelle definiert. Um mittels der Helligkeit strukturell einheitlich und diagrammässig einfach definieren zu können, musste der ästhetische in Helligkeiten abgestimmte Farbkreis eingeführt werden. Optisch genaue CIE-Gegenfarben können jederzeit über die CIE-Darstellung entnommen werden. Das grundlegende Achsenkreuz des Ostwaldschen Farbtongkreises bleibt erhalten, weil es sich physiologisch und strukturell bewährt, z.B. als Gliederung der Helligkeitsgefälle und der physiologischen Rezeptoren.

Die wesenhafte Gleichheit der Ostwaldschen Schattenreihe mit den Farben gleicher Farbart erleichtert die Vereinheitlichung bzw. Verschmelzung der Systeme 1) und 2). Da die Filtermessung Ostwald für die Schattenreihen eine Abweichung von den Senkrechten des CIE-Farbkörpers ergibt, muss die richtiger und genauer definierbare Abschattung der CIE-Messung für die Standardisierung gewählt werden.

Das Problem des natürlichen Schwarzgehaltes der kalten Farben erweist sich im wesentlichen — wenn wir hier von der « Sensibilität » der Rezeptoren absehen — als *Materieeigenschaft der Pigmente* bzw. Oberflächenfärbung. Mit der Wahl der wertgleichen Pigment-vollfarbenkurve (als Reinheitskurve) und der Helligkeitsregel für diesen Vollfarbkreis löst sich dieses Problem von selbst. Die « Eigenhelligkeit » der Farbtöne ist Bestandteil der komplex gemessenen und bestimmten Dinghelligkeit (des Hellbezugswertes). Die « wertgleiche Helligkeit » — etwa im Sinne der « Relativhelligkeit », also eine Dinghelligkeit. Anteil der « Eigenhelligkeit » der Vollfarben hat keinen ästhetisch-psychologischen Sinn, da diese Grösse anschaulich nicht unmittelbar gegeben ist. (Nur der Verhüllungscharakter zweier Farben ist unmittelbar vergleichbar). Die Weisslichkeit und Schwärzlichkeit wird nunmehr nachträglich formal definiert, eigentlich aber durch eine anschauliche und strukturelle Zuordnung der hellklaren und dunkelklaren Reihe zur Graureihe. Diese Zuordnung muss sich im Gesamtgefüge des Farbkörpers bewahren, d.h. sie darf nicht zu metrischen und anschaulichen Widersprüchen führen. Die anschauliche Richtigkeit ergibt sich besonders durch eine ästhetische Abstimmung der Farbkreise hinsichtlich « gleicher Ver-

* Hier in der Bedeutung *wahrnehmungsgemäss gleich*.

hüllung». Ein mathematisches Korrelat ist nur für die « trichromatische Weisslichkeit » in der Farbtabelle möglich und normungstechnisch auch notwendig.

Die von Ostwald benutzte logarithmische Grauleiter wird im ästhetischen Grundsystem aus normungstechnischen Gründen (einfache mathematische Funktion) und wegen der « historischen Kontinuität » (wegen der leichteren Uebernahme praktisch eingeführter Systeme in ein Standardsystem) beibehalten. Rein psychologische Lösungen sind aber in einem konsequenten psychologischen System als Endergebnis für spezielle Zwecke dringend zu empfehlen.

3) *Das Baumann-Prase-System* war bisher nicht metrisch und ästhetisch definiert worden. Nach Durchmessung der Bauman-Prase-Aufstriche brauchen die ästhetischen Koordinaten nur noch neben den Fabriknummern mitgeteilt zu werden. Dieses System erhält also eine ästhetisch-psychologische Sinngebung. Die Aufstrichsammlungen müssen eine Erweiterung und Vervollständigung erfahren.

4) *Das Runge System* ist bisher mit keiner Farbkarte realisiert worden, obwohl es als einziges « zentriertes System » eine erhebliche Bedeutung zur Charakterisierung der Raumtiefe besitzt und auch für die praktischen Aufgaben der Farbgestaltung (besonders für Räume) unentbehrlich sein dürfte. Alle anderen Systeme haben nicht die typischen « Fernreihen ».

Die konsequente Darstellung der ringförmigen Farbkörper mit Graupunkt oder Vollfarbengreis in der Mitte sind neue Mannigfaltigkeitstypen 4a) und 4b), bei denen Ferngleichheit und Sättigungsgleichheit als Koordinaten auftreten. Das System 4a) ist das einzige, das die psychologische Bedeutung von Grau als Nullpunkt bzw. « Ursprung » darstellt.

d) *Die Farbattribute im Farbkreis und in der farbtongleichen Fläche.*

Die praktisch wichtigen *Farbattribute* lassen sich am besten in der *farbtongleichen Fläche des ästhetischen Grundsystems* (Nr. 57 und 58) und im Farbtongreis übersehen und in ihrer funktionellen Beziehung charakterisieren, wobei nur die Systeme 4a und 4b keine geradlinigen Koordinatensysteme im Grundsystem haben.

Aus dem Farbtongreis erwähnen wir nochmals die Farbtonarten als *Farbattribute*: *Gelb*, *Orange*, *Rot*, *Purpur*, *Violett*, *Ultramarinblau*, *Cyanblau*, *Smaragdgrün*, *Gelbgrün*. Das Gefüge des ästhetischen Farbtongreises hat als Qualitäten der Teilganzen, der möglichen Farbtongruppen: die *rothaltigen* Farbtöne von 1 über 7 bis 13 und Farbtongruppen: die *rothaltigen* Farbtöne von 13 über 19 bis 24. Man kann diesen Gegensatz als *aktiv-passiv*, aber auch als *lebhaft-ruhig* oder *Dur-Moll* bezeichnen. Die übliche Unterscheidung *warm-kalt* sollte auf die Untergruppen

der Farbtöne 4-6 (feurig) und 16 bis 18 (wässrig) eingeschränkt werden. Ein physiologisch-psychologisch wichtiges Teilganze ist der Halbkreis « *gelbhaltig* » von 19 über 1 nach 7 und der Halbkreis « *ultramarinblauhaltig* » von 7 über 13 nach 19. Der gelbe Teil enthält die helleren, der blaue Teil die dunkleren Farben und zwar hat jedes Gebiet ein gleiches Helligkeitsgefälle, das für Gelb schneller und für Blau langsamer ist. *Hell und Dunkel* sind im ästhetischen Farbkreis eindeutige Struktureigenschaften. Diese beiden Gebiete decken sich mit der Wirksamkeit des physiologischen Gelb- und Ultramarinblau-Rezeptors (Protanoen-Farben), während warm-kalt die Rezeptoren Orangerot-Cyanblau (der Tritanopen) widerspiegelt. Die Qualitäten der Teilganzen sind also Ausdruck von einfachen oder komplexen Rezeptoreigenschaften. Den Gegensatz der Teilganzen von Purpur 8 über 10 nach 12 und Grün von 17 über 22 bis 1 kann man als *spannend-lösen* bezeichnen, während das umfassendere Teilganze Gelb-Rot von 24 über 7 nach 10 und Blau-Grün von 12 über 17 nach 22 im Ganzen den Charakter *erregend-beruhigend* hat. Hier handelt es sich um eine Kombination von Rezeptoren ähnlicher Eigenart.

Die Attribute *Lebhaft-ruhig*; *warm-kalt*; *hell-dunkel* (auch als *hoch-tief* benennbar); *spannend-lösen*, *erregend-beruhigend* sind für uns Struktur- bzw. Ganzheitsqualitäten, aber sie weisen gleichzeitig auf Wesenseigenschaften der Farben, auf Gefühlseigenschaften und seeliche Funktionseigenschaften hin. Sicher ist beides nicht streng voneinander zu trennen.

In entsprechender Weise haben wir *in dem Kontinuum der farbtongleichen Fläche qualitative Gefüge*, polare, antagonistische Attribute, welche paarweise zu Flächen « *koordinaten* » werden.

Am auffälligsten ist der qualitative Unterschied *chromatisch* (bunt) - *achromatisch* (unbunt), den wir als *Optimalfarbenreiche* und *Grauleiter* schon kennen. Für den nicht *Farbenuntüchtigen* ist dieser Unterschied unmittelbar anschaulich evident. Er bedarf also keiner Definition, wohl aber einer physikalischen Korrelation. Bei der Grauleiter verwenden wir zur Charakterisierung die Worte *hell und dunkel* und sagen *hellgrau*, *dunkelgrau*. Für Farbtöne sind diese Eigenschaftsbezeichnungen unzweckmässig und auch unnötig, da wir *Violettblau*, *Grünblau*, *grünliches Ultramarin* und *violettes Ultramarin* zur charakteristischen Unterscheidung bilden können. In der *Optimalfarbenreihe* unterscheiden wir *weissliche* und *schwärzliche* Farben, die durch die *Vollfarbe* getrennt werden. Streng genommen sind *hell* und *dunkel* Bezeichnungen des Lichtes, die wir bei *Dingfarben* in übertragener Bedeutung verwenden. Eigentlich müssten wir bei unseren *Aufstrichfarben* *weisslichgrau* sagen. Alle Farben unserer *Farbfläche* haben eine

bestimmte *Weisslichkeit und eine bestimmte Schwärzlichkeit*. Diese beiden Komponenten ergeben die ästhetischen Verhüllungen Herings, für die Wilhelm Ostwald physikalische Korrelationen angegeben hat, die es erlaubten, diese Mannigfaltigkeit metrisch zu ordnen und recht gut herzustellen. Der Gegensatz weisslich-schwärzlich beruht auf einer Dingeigenschaft, auf einer bestimmten materiellen Erscheinungsweise, deren Bedingungskomplex wir mit « allseitige Zerstreung » an einer Oberfläche beschreiben. Schwarz hat die vollständige Absorption des Lichtes zur Bedingung. Im natürlichen Geschehen erleben wir Weisslichkeit, wenn Rauhreif die grünen Wiesen überzieht. Das Rosa der Heckenrosen, das bleiche Lila des Flieders, das von dünnen Wolkenschichten verschleierte Himmelblau sind Beispiele für die Weissverhüllung, die eine Komplexqualität darstellt. Sie ist zwar subjektiv, wird aber von allen normalsichtigen Menschen gleicherweise erlebt.

Eine beliebige chromatische Farbe unserer Fläche hat gegenüber einer beliebigen achromatischen, grauen Farbe zwei Eigenschaften: Sie unterscheidet sich von ihr 1) durch die *Helligkeit* (den Reflexionsgrad) oder 2) durch die *Sättigung* (den Vollfarbenanteil, den Grad an « Farbigkeit », die « Farbfülle »). Eine Farbe ist hell oder dunkel, mehr oder weniger gesättigt, d. h. voll oder leer bezüglich der Vollfarbe.

Gleich helle Farben liegen bei unserem Diagramm auf der Senkrechten zur Grauchse. Die Farben gleicher Sättigung, gleichen « bunten » Aussehens findet man auf krummen Linien, die auf der weisslichen Optimalfarbenlinie beginnen und auf der schwärzlichen Optimalfarbenlinie enden.

Die *Parallelen zur Grauchse* enthalten beim ästhetischen Diagramm nicht gleich gesättigte Farben. Sie sind vielmehr *Schattenreihen*, d. h. Abschattungen der weisslichen Optimalfarben. Diese geometrische Eigenart ist notwendig, um von der trichromatischen Grundebene und deren Senkrechten aus durch geometrische Transformationen den ästhetischen Farbkörper als metrische Transformation zu erhalten. Licht und Schatten sind Eigenarten des beleuchteten Dingraumes. Durch das gerichtete Licht treten an den Dingen belichtete und beschattete Stellen auf, sowie Schlagschatten auf dem Boden und bunte Reflexionen der Dingoberflächen. Die Eigenfarbe eines Gegenstandes wird moduliert. Gewisse Dingfarben werden durch buntes Licht zu « Scheinfarben ».

In der farbtongleichen Fläche gibt es von einem bestimmten Punkt aus die Lichttransversalen nach Weiss und die Schattentransversalen nach Schwarz. Um beide Farbreihen fertig vorlegen zu können, brauchen wir zwei Farbsysteme: Vom Baumann-Prase System entnehmen wir die Licht- oder Weissstransversalen, vom Ostwald-System die Schatten- oder Schwarzstransversalen.

Baumaler, welche am liebsten einen gegebenen Grundfarbstoff mit Weiss (Kreide oder Lithopone) vermischen, bleiben in der Farbgebung oft einseitig in Weissstransversalen. Oft sieht man Plakate, welche die körperlichen Schattenfarben mit der gesättigten Grundfarbe darstellen. Das sind Folgen der Bequemlichkeit und der Beschränkung bezüglich der Wahl der Farbreihen. Ein Baumaler müsste also ständig dunkelklare Farben zur Verfügung haben und ästhetisch schöne Schattierungen rasch mischen können. Schattierungen kannten schon die mittelalterlichen Maler, allmählich gelangten sie zur Lichtdarstellung und Veränderung der Eigenfarbe der Dinge.

Der Kunstmaler ist gezwungen, die räumlich erscheinende Farbe in eine Flächenfarbe umzuwandeln. Jeder dreidimensionale Aufstrich-Farbkörper spiegelt nur die Farbenwelt eines bestimmten Leuchtdichteniveaus richtig wider.

In Wirklichkeit haben wir oft zugleich zwei (und mehr) Leuchtdichteniveaus im Sehfeld, z. B. wenn die Sonne in ein Zimmer scheint; je nach dem Leuchtdichteniveau sind die Schattenfarben dunkler, alle Farben ausgeprägter. Die Hellbezugswerte allein beschreiben die realen Helligkeiten keineswegs vollständig für unser Auge. In der neuen Kunst führt die « Vereinfachung » noch weiter z. B. bei Matisse kommt es vor, dass die Gegenstände ohne Licht und Schatten dekorativ, d. h. nur als Flächenfarben in ihrer « Eigenfarbe » gemalt sind. Man kann sich an einfachen Mustern als ästhetischen Versuchen verdeutlichen, welche belebende Wirkung von der Schattenreihe ausgeht. Wir zeigen eine von Wilhelm Ostwald in seinen Normenstufen gemalte Blumenzwiebel mit Trieb (Nr. 60), wo sich die Reinheitsgrade 1, 2 und 4 als verschieden starke Wuchtskraft äussern. Die Schattierungen geben den Gegenständen räumliche Tiefe und Gestalt, also ausgeprägteren Wirklichkeitscharakter. Es ist ein Mangel der Ostwaldschen Auslese, dass bei tieferen und dunkleren Farben, höheren Reinheitsgraden die Weissstransversalen zum Anbringen heller Lichter fehlen. An der Buntphotographie einer Seerose (Nr. 61) erleben wir die Fülle von Licht und Schatten, die untrennbar von einander auftreten und die realistisch Ausprägung der Farbgestalt bewirken.

Jede Schattenreihe des Diagrammes endet in einem schwarzen Punkt der ästhetischen Farbtabelle, der durch λ_d , die dominante Wellenlänge und dem ästhetischen Reinheitsgrad S_N eindeutig bestimmt wird. Dieser Punkt, als Verknüpfung von λ_d und S_N , heisst *Farbart*, die ihre qualitative Ausprägung eigentlich durch die zugehörige Optimalfarbe erhält. Die Reinheit kann man auch Schattensättigung nennen, wenn man die Sättigung von Helmholtz und die Schattenreihe von Ostwald zu einer einheitlichen Vorstellung verknüpfen

will. Die Sättigung der unmittelbaren Anschauung ist von der konstruktiv bestimmten Reinheit sehr verschieden. Man darf beide nicht verwechseln.

Die eigentliche Sättigung der unmittelbaren Anschauung ist in der Farbmetrik noch nicht eingeführt worden. Die Schattenreihe kann psychologisch keineswegs die Sättigungsgleiche ersetzen, wie sich dies Ostwald vorstellte. Ästhetisch haben beide einen wohl begründeten und charakteristischen Unterschied. Es ist erforderlich die Gesetzmässigkeiten unseres Auges ebenso zu beachten wie die Gesetzmässigkeiten der Dingwelt.

Das Diagramm der farbtongleichen Fläche des ästhetischen Grunddiagrammes baut sich auf des rechtwinklige Koordinatensystem mit den Schattensättigungsraden S0 bis S10 und den Dinghelligkeitsgraden H0 bis H10 auf. Es enthält ausserdem die schiefwinkligen Koordinaten der Weisslichkeits- bzw. Tiefegrade T 0 bis T 10 und der Schwärzlichkeits- oder Klarheitsgrade K 0 bis K 10. Die Farbmännigfaltigkeiten von Helmholtz und Ostwald sind also auf einander bezogen. Für beide würde auch derselbe Farbtonkreis zur Standardisierung benutzt. Eine Farbe erhält also z.B. die Kennzeichen 12 S2 H 7,4 nach Helmholtz oder 12 T2 K9 nach Ostwald. Nach Baumann-Prase wird sie etwa 12 L5,8 H 7,4 als Kennziffer erhalten und damit nach ihren Komponenten vorstellbar werden. Die Praseschen Reihen sind als Farbstoffverdünnungsreihen technisch sehr wichtig.

Die Raumtiefe bedeutet zugleich eine *Farbenperspektive*. Der farbige Fluchtpunkt im Raum ist ein blauverhülltes Grau, das wir des systematischen Einfachheit halber als achromatisches Grau wählen. Diese ästhetische Eigenart hat der Maler Ph. O. Runge ganz klar erkannt, (Nr. 62). In den Madonnenbildern der Renaissance sind der mystische Goldhintergrund und die kirchlich-dekorative Kulisse vermieden, und die Landschaft mit bläulich-grauer Ferne erscheint als Hintergrund im Madonnenbilde. Damit wird die Madonna in die wirkliche Welt einbezogen (Nr. 81). Die Runge'sche Mannigfaltigkeit schliesst gewissermassen eine historische Entwicklung der Malerei ab. Die Buntphotographie ermöglicht es, ferne Berge farbig gut widerzugeben, wie wir es im Bild des Fichtelberges (Nr. 64)

sehen. Photographien von Flugzeugen aus erschliessen eine Fülle uns noch wenig bekannter Farbvariationen der Ferne.

Die Bezeichnung einer Farbe nach Runge'scher Art geschieht mittels der Optimalfarbenstufen und der Reinheit (besser der Sättigung). Sie lautet etwa 12 T1,5 S1,0.

Die Bedeutung des Eindruckes der Raumtiefe für die Farbgestaltung ist ohne weiteren einleuchtend. Im allgemeinen wird man hierfür mit dem ästhetischen Diagramm auskommen. Die räumliche Verschleierung der Farben kann sehr verschieden sein, und das Runge'system ist nur ein allgemeines Bezugssystem. Man müsste verschiedene Nebelarten (sowohl Dichte wie Farbigkeit) in Betracht ziehen. Aber auch die Wirkung eines farbigen Schleiers bei der weiblichen Kleidung hat für die Farbgestaltung eine gewisse Bedeutung. Die Farben, insbesondere die Hautfarbe, werden entweder günstig oder unvorteilhaft durch bunte Verschleierung « verzerrt ».

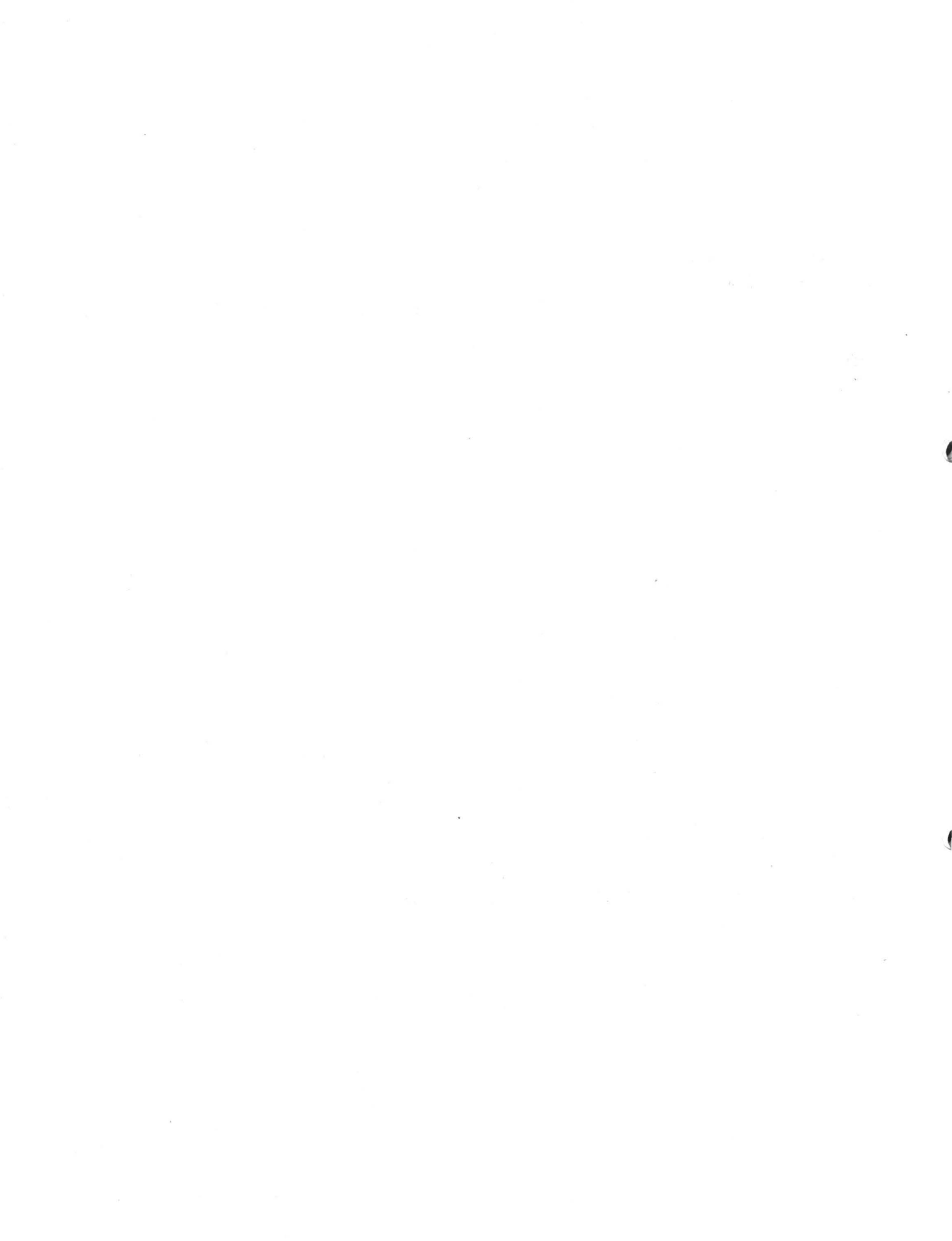
e) *Zusammenstellung der Farbattribute.*

Mit Hilfe der im ästhetischen Grundsystem vorhandenen Farbenreihen können folgende Farbattribute als antagonistische-polare Attributpaare benutzt werden :

- 1) hell-dunkel; die Helligkeit als Dinghelligkeit,
- 2) voll-leer; die Sättigung im Sinne der Farbfülle (des Vollfarb-anteiles),
- 3) weisslich-tief; als ästhetische Verhüllung-Enthüllung,
- 4) schwärzlich-klar als ästhetische Verhüllung-Enthüllung,
- 5) Licht-Schatten als Dinghaftigkeit,
- 6) verschleiert-ausgeprägt als Raumtiefe, räumliche Verschleierung Entschleierung.

Die Farbe hat vielseitige Funktionen im Erkennen der Aussenwelt. Die Attribute des ästhetischen Grundsystems spiegeln die einfachen Gefügeigenschaften der menschlichen Wahrnehmung wider. Das wechselnde Leuchtdichteniveau in unserem Lebensraum gibt den Farben 7) Leuchtkraft-Leuchtschwäche als Eindringlichkeit der Zeit-einordnung (Tag, Jahr).

Damit ist die Grundlage für die feineren künstlerisch-ästhetischen Gestaltungsmittel und für die seelischen Wirkungsbeurteilungen gegeben.



L'effet colorimétrique des champs environnants sur la reproduction des couleurs

par P. KOWALISKI,
Laboratoires Kodak-Pathé, Vincennes.

RESUME

La théorie des procédés de photographie trichrome est fondée sur des égalisations colorimétriques. Celles-ci servent de base à la détermination des courbes de mélange et ensuite à celle des sensibilités spectrales des trois récepteurs photosensibles. De nombreux chercheurs travaillant dans le domaine de la colorimétrie ont toutefois constaté des divergences entre les résultats obtenus dans des colorimètres du type classique et l'apparence pratique de la couleur. En effet, la colorimétrie est basée sur un observateur de référence hypothétique travaillant dans un seul état d'adaptation, tandis que l'évaluation de reproductions photographiques en couleur est faite par des observateurs sujets aux influences très variables d'éclairages divers et de champs environnants. Après avoir comparé les résultats d'une étude faite sur les effets des champs environnants sur l'acceptation d'épreuves photographiques en couleur avec des mesures colorimétriques à champ environnant, on propose à nouveau d'adopter, pour la colorimétrie subjective, des conditions expérimentales comprenant un champ environnant neutre d'un niveau de luminosité suffisant.

SUMMARY

The theory of the photographic 3-color processes is based on colorimetry. This is the base for the determination of color mixture curves and therefore of the spectral response of the three photosensitive receptors. Many investigators found however discrepancies between the results obtained in classical colorimeters and the visual aspect of color. Colorimetry is, in fact, based on a hypothetical standard observer working in only one state of adaptation, whereas judgement of photographic color reproductions is normally done by observers submitted to very variable influences of different illuminations and surrounds. After comparing the results of a study on the influence of observer adaptation on the acceptance of color prints with experiments in colorimeters with surrounds, a subjective colorimetry is again proposed, in which the experimental set up comprises a neutral gray surround of sufficient intensity level.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Theorie der Verfahren der Farbphotographie ist auf farbmetrischen Messungen aufgebaut. Diese dienen als Grundlage für die Bestimmung der spektralen Eichkurven und damit zur Berechnung der spektralen Empfindlichkeiten der drei lichtempfindlichen Empfänger. Zahlreiche Beobachter stellten jedoch fest, dass zwischen den Resultaten farbmetrischer Messungen und dem Aussehen einer Farbe Unterschiede bestehen. Die Farbmetrik ist auch tatsächlich auf einen hypothetischen Normalbeobachter begründet, der nur in einem einzigen Zustand von Farbstimung arbeitet, während die Beurteilung der photographischen Farbwiedergabe durch Beobachter erfolgt, die sehr verschiedenen Einflüssen von Beleuchtung und Umgebung unterliegen. Der Vergleich von Messungen, die einerseits den Einfluss der Umgebung auf die Beurteilung von Farbkopien, und andererseits einfache Farbfelder mit verschiedener Umgebung bewerten, führt wieder dazu ein neues System subjectiver Farbmessung vorzuschlagen, in welchem die Versuchsanordnung mit einem neutralgrauen Umfeld von genügender Helligkeit ausgestattet ist.

A. Proposition d'une colorimétrie subjective.

De nombreux chercheurs travaillant dans le domaine de la colorimétrie ont constaté des divergences entre les résultats obtenus dans des colorimètres du type classique et l'apparence pratique de la couleur. La colorimétrie moderne est basée sur un observateur de réfé-

rence faisant des égalisations de champs de dimensions restreintes sur un fond complètement sombre. Ces conditions expérimentales correspondent à un seul état bien déterminé d'adaptation de l'œil. Dans la pratique, par contre, on observe en général les couleurs sur des fonds divers souvent colorés et aussi sous divers éclairages qui

peuvent être très différents d'une des lumières normalisées A, B ou C, employées en colorimétrie.

Récemment, W.D. Wright a proposé l'emploi d'un système colorimétrique subjectif (1) et il est revenu sur cette proposition au cours du Symposium sur la vision de la couleur à Teddington en 1957 (2). Dans cette deuxième publication il décrit d'abord le caractère subjectif de l'étalonnage trichromatique. En effet, la définition d'une couleur C par l'équation

$$C \equiv X(X) + Y(Y) + Z(Z)$$

exprime le fait qu'un certain mélange de trois primaires de référence produit la même sensation de couleur que C lorsque les conditions d'observation des deux rayonnements sont identiques. Tout en nécessitant un observateur et tout en étant ainsi implicitement une relation subjective, cette définition d'une couleur ne détermine pas l'apparence de C puisque celle-ci peut changer suivant les conditions d'observation, tandis que la définition en est plus ou moins indépendante.

L'emploi étendu du diagramme de chromaticité de la C.I.E. comme représentation de l'apparence des couleurs démontre bien la possibilité d'une corrélation entre la définition trichromatique et la sensation colorée. Ainsi, on a l'habitude de voir dans ce diagramme les bleus en bas et à gauche, les blancs au centre, les verts en haut, etc...

Les couleurs de surface constituent un cas particulier puisque leur chromaticité est fonction à la fois de la distribution spectrale, de la lumière sous laquelle on les observe, et de leur absorption ou réflectance spectrale, tandis que leur apparence colorée reste relativement constante lorsque change la qualité de l'éclairage. La surface blanche éclairée par la source étalon C sera par exemple située à $x = 0,31$ et $y = 0,32$; éclairée par la source étalon A elle se situera à $x = 0,45$ et $y = 0,41$; mais elle paraîtra blanche dans les deux cas.

Enfin l'étalonnage colorimétrique des systèmes de classification des couleurs Munsell et Ostwald porte à croire que la connaissance des composantes trichromatiques d'un spécimen donne une description précise de son aspect coloré. De toute évidence ceci n'est vrai que pour des conditions d'observation rigoureusement identiques à celles employées lors de la détermination des composantes trichromatiques. En pratique l'apparence effective de chaque échantillon dépend de son aire, et de la qualité et du niveau de l'éclairage du champ environnant.

Après avoir discuté l'importance de ce problème pour différentes applications de la colorimétrie, en particulier l'architecture, la teinture, etc..., Wright mentionne rapidement ses effets sur la reproduction des couleurs en photographie et en télévision. L'image reproduite est presque toujours vue dans des conditions qui

diffèrent considérablement de celles de l'observation de la scène originale, surtout en ce qui concerne la luminance, les dimensions de l'image, et la qualité de l'éclairage d'ambiance, d'où l'intérêt d'une colorimétrie subjective normalisée.

B. *Le problème colorimétrique de la reproduction des couleurs.*

La théorie des procédés de reproduction trichrome est fondée sur des égalisations colorimétriques. Cette théorie a été énoncée pour la première fois par Maxwell (3) et a été souvent décrite depuis (4) (5). Les égalisations colorimétriques servant de base à la détermination des courbes de mélanges et ensuite à celle des sensibilités spectrales des trois récepteurs photosensibles, présents dans tout système de reproduction trichrome, dérivent des travaux classiques de Abney, König, Wright, et Guild, dont les résultats ont été refondus dans les courbes normalisées du système C.I.E. Toutes les courbes de mélanges employées dans la théorie de la reproduction trichrome sont des transformations linéaires de ces courbes de mélanges originales, calculées pour les primaires caractéristiques des procédés particuliers, employées soit sous forme de lumière colorées dans les systèmes de synthèse additive, soit sous forme de primaires équivalentes dans les systèmes de synthèse soustractive. Or, toutes les déterminations initiales ont été effectuées dans des colorimètres sans champ environnant. Partant de ces données, diverses tentatives de mises en équation des procédés de reproduction trichrome ont été entreprises (6, 7, 8). Des travaux plus récents, tentant plutôt la détermination par le calcul des meilleures conditions de restitution de certaines couleurs choisies (9, 10, 11) montrent toutefois que les équations dérivées des courbes de mélanges classiques ne décrivent que très imparfaitement les procédés réels.

Le vrai problème reste ainsi la définition d'un système colorimétrique dont les résultats permettent le calcul des conditions de reproduction réaliste d'une scène originale, jugée aussi subjectivement que sa reproduction. Cette remarque s'applique surtout au domaine des épreuves vues par réflexion, photographies ou imprimés, que l'on juge toujours par rapport à un fond de luminosité pratiquement égale, ou parfois supérieure à leur propre luminosité.

C. *Vraisemblance visuelle d'une reproduction de couleurs.*

Dans ce chapitre, nous quitterons pour quelques instants le domaine de la colorimétrie pure pour discuter quelques effets de la vision des couleurs dans le cas particulier des procédés de reproduction. Un des premiers critères de la reproduction satisfaisante en cou-

leurs est la neutralité des blancs et des gris. L'œil est très sensible à toute déviation de la neutralité : il y a quelque chose d'analogue au sens très concret que nous possédons pour évaluer par simple observation l'exactitude d'un angle droit, sans aucun instrument.

Une étude très intéressante met quantitativement en évidence notre sensibilité aux déviations de l'achromatisme. J.C. Bartleson (12) a étudié aux Laboratoires de Recherche Eastman Kodak le rapport entre l'adaptation d'un observateur au champ environnant et l'acceptation par lui d'épreuves photographiques en couleur, de neutralité correcte, ou volontairement entachées de dominante colorées. Le but de ce travail était de mettre en évidence notre sensibilité à ces dominantes dans les situations visuelles complexes rencontrées en pratique lors de l'observation d'une épreuve photographique de petite dimension. Pour établir la liaison avec les conditions expérimentales colorimétriques classiques, Bartleson a d'abord effectué une série d'expériences dans lesquelles des champs environnants uniformes, de teintes et d'intensité connues, étaient employés pour entourer des épreuves photographiques, destinées à servir de champs colorimétriques complexes. Cette série d'expériences correspond donc à une première étape intermédiaire entre des mesures colorimétriques classiques et l'évaluation pratique d'épreuves photographiques. Dans une deuxième série d'essais on a précisé les résultats de la première en employant des champs environnants complexes, correspondant aux conditions couramment rencontrées. La deuxième série équivaut ainsi à un système de colorimétrie entièrement subjective.

Les limites d'acceptation définies par les essais de la première série ont une tendance certaine au déplacement dans la direction de la couleur du champ environnant. Lors de l'adaptation à un champ environnant rouge, par exemple, l'observateur moyen accepte plus facilement des épreuves à tendance rouge, c'est-à-dire ayant des neutres rougeâtres, et moins facilement des épreuves à tendance approximativement complémentaire, de dominante verte ou bleue-verte. On retrouve des tendances correspondantes pour l'adaptation aux champs verts ou bleus. L'étude de Bartleson montre enfin que le jugement est d'autant plus critique que l'on se rapproche de l'adaptation à un fond d'un niveau lumineux pratiquement égal à celui de l'épreuve, mais parfaitement neutre.

Les essais de la deuxième série, effectués sur des fonds complexes tels qu'on les rencontre en pratique confirment parfaitement les résultats obtenus avec des champs environnants simples. En effet, le changement de l'éclairage du fond complexe entraîne les mêmes déplacements des limites d'acceptation que dans le cas des fonds uniformes.

Ainsi la série d'essais effectués par Bartleson démontre quantitativement l'importance du champ environnant sur l'apparence visuelle de la reproduction colorée, et implicitement son effet sur l'apparence des teintes désaturées, des gris clairs, et des blancs.

D. Colorimétrie à champ environnant.

De nombreuses recherches ont été faites pour étudier les effets colorimétriques de champs environnants. Nous ne mentionnerons ici que celles qui se rapprochent le plus de la série d'essais pratiques faits par Bartleson. Elles nous permettront de conclure sur le rapport entre l'effet des champs environnants et la qualité colorimétrique de la reproduction photographique.

Nous discuterons d'abord l'effet d'un champ environnant coloré sur le réglage trichromatique d'une sensation achromatique. Helson et Michels ont effectué une série d'essais sur l'effet de l'adaptation chromatique sur la position du point achromatique dans le triangle des couleurs (13), précisément pour étudier la corrélation entre les mesures colorimétriques et les conditions générales d'observation des couleurs. Un champ colorimétrique de $1^{\circ} 35'$, constitué par une ouverture dans une sphère d'intégration, était entouré de la paroi réfléchissante d'un demi-cylindre dirigé vers l'observateur et éclairé suivant l'essai à divers niveaux d'intensité et en différentes couleurs. A l'aide de cet appareil, on a déterminé la position dans le diagramme trichromatique d'un point l'apparence achromatique en fonction de l'adaptation au champ environnant important, dont l'image remplissait entièrement la surface de la rétine. On a trouvé ainsi les composantes trichromatiques d'un petit champ vu par la fovéa et paraissant achromatique à l'œil adapté au fond coloré uniforme. Les résultats de Helson et Michels permettent de distinguer deux cas : lorsque la luminance du point achromatique est faible par rapport à celle du fond, c'est-à-dire pour une plage centrale paraissant gris foncé, le réglage de ses coordonnées trichromatiques se rapproche de celui de la couleur du fond. Les observateurs choisissent par contre, pour une plage de luminance élevée par rapport à celle du fond, un réglage dont les coordonnées trichromatiques correspondent de très près à celles d'un blanc vu sans champ environnant, sur fond sombre. La colorimétrie sans champ environnant fournit donc des résultats correspondant aux cas extrêmes de l'observation de diapositives projetées sur un écran dans une salle obscure, mais l'observation de petites épreuves vues par réflexion sur un grand fond complexe est sujette à des lois d'égalisation colorimétrique très différentes.

Une autre étude a été entreprise aux Laboratoires de Recherches Eastman Kodak par MacAdam (14) pour

déterminer les lieux de teinte et de luminosité constantes, en fonction de la couleur du champ environnant. MacAdam a effectué des mesures dans des conditions expérimentales très similaires à celles de Helson et Michels. Une première série d'essais de contrôle faite sans champ environnant montre une certaine indétermination du blanc suivant la teinte du champ de référence. En effet, une moitié du champ colorimétrique était remplie par une couleur constante, à son maximum de pureté d'excitation, tandis que l'autre moitié était successivement désaturée par échelons, et à chaque fois réajustée en tonalité chromatique et en luminosité. En approchant ainsi peu à peu le point achromatique, tous les observateurs arrêtaient les séries de désaturation avant d'atteindre le lieu du blanc du diagramme trichromatique, correspondant à l'éclairage étalon choisi. Ce premier essai confirme qu'un champ de couleur désaturée est vu blanc au voisinage d'une place saturée de la même teinte.

Dans les séries d'essais effectués avec des champs environnants colorés, les lieux de teinte constante convergent approximativement vers le point représentatif de la couleur du fond. On observe pour les couleurs considérées comme achromatiques au voisinage d'un champ fortement teinté le même phénomène que dans la série faite sans champ environnant, mais avec la différence que les points de couleurs vues « blanches » correspondent alors à un mélange désaturé de la couleur du fond et de celle du champ de référence.

MacAdam conclut de ces expériences que des distortions appréciables de teinte doivent résulter de la pré-

sence d'un champ environnant de luminosité légèrement plus élevée que celle de l'image, surtout si ce champ est fortement coloré.

CONCLUSION

Il semble donc très intéressant d'étudier de plus près l'idée d'une colorimétrie subjective. Wright a proposé de remédier aux divergences entre les mesures colorimétriques sans champ environnant et l'apparence des couleurs, en définissant un nouveau champ de colorimétrie subjective, composée comme suit :

- angle visuel du champ de comparaison : 4° ;
- angle visuel du champ environnant : 15° ;
- nature du champ environnant : surface blanche ou gris clair ayant un facteur de luminence de 0,75, éclairée par une source étalon A à un niveau de 10 lumens/sqft.

Cette proposition semble apporter une solution pratique au problème de la colorimétrie subjective, puisqu'il est impossible, de toute évidence, d'effectuer suivant chaque cas rencontré des mesures colorimétriques dans des conditions particulières.

En effet, l'utilisation d'un colorimètre construit suivant ces données permettrait d'établir des courbes de mélange subjectives normalisées. Celles-ci pourraient alors être employées dans le calcul colorimétrique de la reproduction des couleurs par les systèmes photographiques, et permettraient ainsi sans aucun doute de compléter la théorie des procédés trichromes.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) WRIGHT, W.D., Comptes rendus C.I.E. 1951, 2, Communication G.
- (2) WRIGHT, W.D., The needs and prospects of subjective colour measurement. *Visual problems of colour*, London 1958, 371.
- (3) MAXWELL, J.C., *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, 21 (1855) 275.
- (4) MacADAM, D.L., *Physics in color photography*. *Jl. Appl. Phys.* 11 (1940) 46.
- (5) DOURGON J. et KOWALISKI P., *La reproduction des couleurs*, Paris 1951, p. 51.
- (6) HARDY, A.C. et WURZBURG, Jr. F.L., The theory of three color reproduction. *Jl. Opt. Soc. Am.* 27 (1937) 227.
- (7) MacADAM, D.L., Photographic aspects of the theory of three color reproduction, *Jl. Opt. Soc. Am.* 28 (1938) 599.
- (8) MacADAM, D.L., Subtractive color mixture and color reproduction. *Jl. Opt. Soc. Am.* 28 (1938) 466.
- (9) MARRIAGE, A., Subtractive colour reproduction. *Phot. Jl.* 88B (1948) 75.
- (10) BREWER, W.L., HANSON, W.T. Jr., HORTON, C.A., Subtractive color reproduction. The approximate reproduction of selected colors. *Jl. Opt. Soc. Am.* 39 (1949) 924.
- (11) HANSON W.T., Jr., BREWER, W.L., Subtractive color reproduction: spectral sensitivities and masks, *Jl. Opt. Soc. Am.* 45, (1955) 476.
- (12) BARTLESON C.J., Influence of observer adaptation on the acceptance of color prints. *Phot. Science and Eng.* 2 (1958) 32.
- (13) HELSON H. et MICHELS W.C. The effect of chromatic adaptation on achromaticity. *Jl. Opt. Soc. Am.* 38 (1948) 1025.
- (14) MacADAM D.L., Loci of constant hue and brightness determined with various surrounding colors. *Jl. Opt. Soc. Am.* 40 (1950) 589.

Reproduction of color saturations by practical photographic processes

par P. MOUCHEL,

Kodak-Pathé Laboratoire, Vincennes.

SUMMARY

Between the three colorimetric parameters (dominant wavelength, purity and luminosity), we distinguish generally, on the one hand luminous intensity as a quantitative variable and, on the other hand, the dominant wavelength together with the purity, assembled under the designation of chromaticity as qualitative variable. Psychologically this distinction is artificial and many observations show the correlation of these three parameters for the sensation of color. Thus we know that the saturation, in spite of being psychologically equivalent of colorimetric purity, is not at all independent of luminous intensity. Color photographic processes employing physically independent components show however in their results of color reproduction a correlation between luminous intensity and purity. It seemed interesting to study this correlation and to compare it to the corresponding visual phenomena.

There are two reasons for this correlation between the luminosity and the purity as shown by color reproduction processes. The first is due to the form of the spectral absorption of the dyes as employed in subtractive processes. The second results from the form of the characteristic curves of the tone reproduction. Their importance is so different that only the second — the form of the characteristic curves — is significant. Therefore, if it remains true that there is a fundamental difference between the rendering of saturations by the additive processes, on the one hand, and the subtractive processes, on the other hand, this basic difference is entirely masked by changes in hue resulting from the tone reproduction characteristics of practical reproduction processes.

ZUSAMMENFASSUNG

Man unterscheidet im allgemeinen unter den drei farbmetrischen Attributen (Farbton, Sättigung, und Helligkeit) einerseits die Helligkeit, als quantitative Veränderliche, und anderseits gemeinsam Farbton und Sättigung als qualitative Veränderliche. Vom psychologischen Standpunkt ist diese Unterscheidung als künstlich auszusehen und zahlreiche Erscheinungen unterstreichen die Korrelation dieser drei Parameter für die Farbwahrnehmung. So ist z.B. der spektrale Farbanteil keineswegs von der Intensität unabhängig, obwohl dieser dem psychologischen Begriff der Sättigung entspricht. In den Verfahren der Farbphotographie beobachtet man eine « Beziehung » zwischen der Helligkeit und der Sättigung trotzdem sie mit von einander unabhängigen physikalischen Grössen arbeiten. Es ist der Zweck dieser Arbeit diese Zusammenhänge zu untersuchen und sie mit den entsprechenden Wahrnehmungsvorgängen zu vergleichen.

Die Abhängigkeit zwischen der Helligkeit und der Sättigung hat zwei Ursachen. Die erste steht in Zusammenhang mit der Form der spektralen Absorption der in der subtraktiven Farbenphotographie verwendeten Farbstoffe. Die zweite hat ihren Ursprung in der Form der Dichtekurven der Reproduktionstonwiedergabe. Die Größenordnung ihres Einflusses ist sehr verschieden, sodass nur die zweite, die Form der Dichtekurven, wesentlich ist. Es folgt daraus, dass der Unterschied, welcher grundsätzlich zwischen der Wiedergabe der Sättigungen durch die additiven Verfahren einerseits, und die subtraktiven Verfahren anderseits besteht, vollständig durch die Farbveränderungen verdeckt wird welche von der Tonwiedergabecharakteristik der üblichen Verfahren herrühren.

RESUME

On a l'habitude de distinguer parmi les trois attributs colorimétriques (longueur d'onde dominante, pureté et intensité) l'intensité, d'une part, variable quantitative, la longueur d'onde dominante et la pureté d'autre part, réunies sous le nom de chromaticité, variable qualitative. Psychologiquement, cette distinction est factice et de nombreux phénomènes montrent la corrélation de ces trois paramètres au niveau de la sensation colorée. C'est ainsi que la saturation, quoiqu'homologue psychologique de la pureté, n'est pas du tout indépendante de l'intensité lumineuse. Il se trouve que les procédés photographiques, bien qu'ils travaillent à partir des attributs physiques « indépendants », introduisent dans leur mode de reproduction des couleurs une « relation » entre l'intensité lumineuse et la pureté. Il est intéressant d'étudier cette relation et de la comparer au phénomène visuel correspondant.

A l'origine de cette relation luminosité-pureté présentée par les procédés de reproduction des couleurs, il faut placer deux causes. La première tient dans la forme spectrale des colorants utilisés par les procédés de synthèse soustractive. La seconde réside dans la forme des courbes caractéristiques du rendu des valeurs des procédés de reproduction. Leur importance est très inégale au point que seule la seconde, la forme des courbes caractéristiques, est significative. De ce fait, s'il est vrai qu'il existe une différence fondamentale entre la restitution des saturations par les procédés de synthèse additive et cette même restitution par les procédés de synthèse soustractive, cette différence basique est entièrement noyée dans la distorsion des chromaticités apportée par les caractéristiques de rendu des valeurs des procédés de reproduction usuels.

Influence des formes spectrales des colorants de synthèse soustractive.

Les colorants pratiquement utilisés dans les systèmes fondés sur la synthèse soustractive entraînent une variation de la saturation reproduite en fonction de leur concentration. L'intensité lumineuse de la reproduction étant fonction de la densité visuelle des colorants, elle-même fonction de leur concentration (ou épaisseur) cette variation est une relation luminosité-pureté. Elle a été mise en évidence dans une précédente communication (Journées internationales de la Couleur - Toulouse, 1958) : « A une même saturation originale, les colorants du système soustractif feront correspondre une gamme de puretés, variables avec le niveau d'intensité lumineuse. Aux fortes intensités correspondront les plus fortes puretés, aux densités élevées les plus faibles puretés. Un même objet sera reproduit par autant de saturations différentes qu'il possède de niveaux d'éclairement différents ».

Cette variation est due à la forme spectrale des colorants. A l'encontre des modulateurs de la synthèse additive (spectralement inertes), les colorants de la synthèse soustractive sont des modulateurs sélectifs obéissant généralement à la loi de Beer : leur forme spectrale varie avec leur concentration. Ce faisant ils ne définissent pas « un » jeu de trois primaires, mais autant de jeux qu'il y a de combinaisons possibles de leurs concentrations : c'est la théorie des « unstable primaries ».

Une forme de représentation commode du phénomène consiste à considérer la sélectivité des neutres, réalisés par les combinaisons des trois colorants pris en densités égales. « En général, si le système est correct, cette combinaison est à peu près achromatique quel que

soit le niveau de densité. Dans tout mélange trichrome, il est alors possible de distinguer deux parts :

- un neutre représenté par le mélange des trois colorants en quantités égales à celle du moins dense d'entre eux;
- une chromaticité représentée par l'excès des deux colorants les plus denses par rapport au troisième.

Avec cette interprétation, la reproduction trichrome d'un même objet à des niveaux d'éclairement différents correspond à une chromaticité constante associée à des valeurs variables de neutre. Si la saturation varie avec la densité — c'est-à-dire s'il y a une relation luminosité-pureté — c'est que le neutre en est responsable et les variations de pureté sont d'autant plus grandes que le neutre est plus sélectif, c'est-à-dire plus éloigné d'une absorption spectrale équiangulaire ».

La solution théorique — neutres parfaitement non sélectifs — existe dans le système fictif des « block dyes ». Ce système, actuellement irréalisable, est intéressant en ce qu'il ramène les lois de la synthèse soustractive à être identiques aux lois de la synthèse additive. Il supprime donc la relation luminosité-pureté. En fait les colorants utilisés pratiquement donnent des neutres plus ou moins sélectifs : plus leurs zones spectrales d'adsorption sont larges, plus le domaine des chromaticités reproduites est petit, mais plus la variation de saturation avec la densité est faible; plus ces zones sont étroites, plus le neutre est sélectif, plus la variation de saturation avec la densité est grande mais plus le domaine des chromaticités reproduites est grand.

La figure 1 présente la courbe de densité spectrale d'un système de trois colorants — parfaitement hypothétiques — choisis pour leurs domaines d'absorption

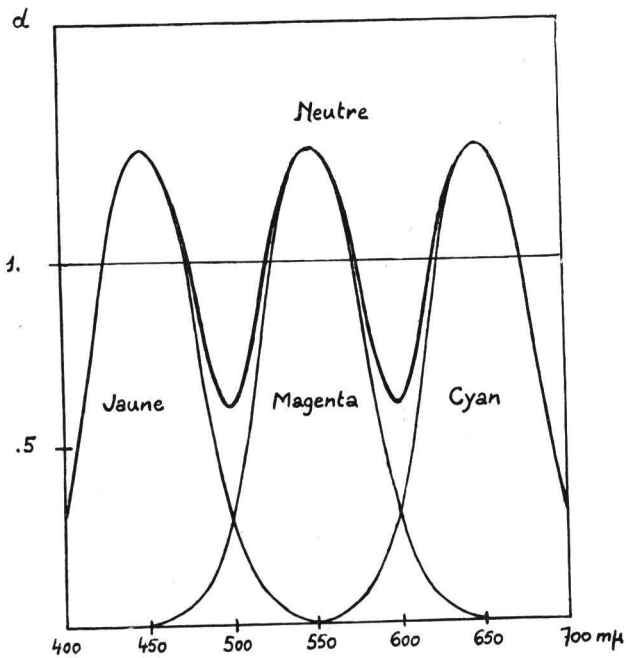


Fig. 1. — Système I de trois colorants très sélectifs.

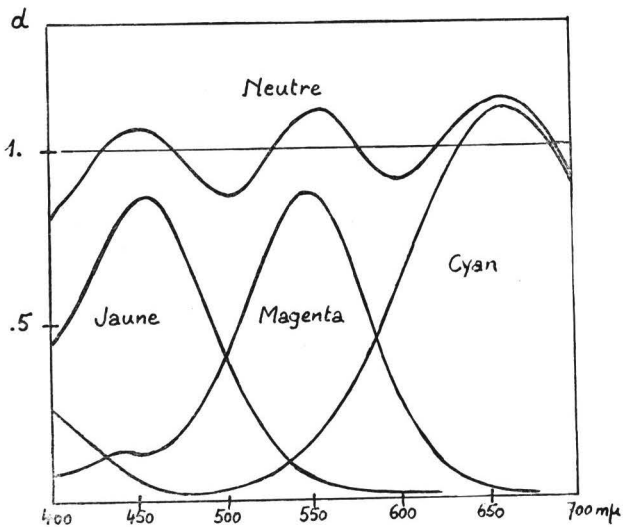


Fig. 2. — Système II de colorants réels à neutre sélectif.

particulièrement étroits. En combinaison équivalente ces trois colorants forment un neutre représenté sur la figure. Le mot « neutre » se justifie parce qu'éclairé par un illuminant convenable il produira une sensation d'achromatisme mais il s'agit en fait d'un neutre extrêmement sélectif. Si l'on combine ces trois colorants dans le rapport de concentrations de 2 pour le cyan, 2 pour le jaune et 1 pour le magenta, on produit une certaine couleur verte. Si, conservant rigoureusement constant ce rapport de concentrations, on fait varier la densité

globale des trois colorants, c'est-à-dire si l'on fait varier la quantité du neutre dans le mélange, on voit le point représentatif de ce mélange se déplacer sur un diagramme de chromaticité. La figure 4 est un fragment agrandi du diagramme triangulaire de la C.I.E. Sous l'identification « Système I » on a tracé la courbe de variation du mélange ci-dessus lorsque la densité globale varie entre 0,4 et 2,4 environ, ce qui représente approximativement l'écart de densité extrême d'une diapositive. La relation luminosité-pureté y est évidente puisque cet écart de densité entraîne une variation de pureté de l'ordre de 18 %, à laquelle s'ajoute d'ailleurs une variation de longueur d'onde dominante de près de 15 mμ.

Ce système fictif est fort heureusement très éloigné de la réalité et les colorants soustractifs réels sont bien loin de présenter une telle variation. Les figures 2 et 3 présentent les courbes de densité spectrale de deux systèmes de colorants « réels » ainsi que les neutres correspondants, le système II étant plus sélectif que le système III. Sur la figure 4 sont portées les variations de chromaticité des deux systèmes lorsqu'on réalise les mêmes combinaisons de colorants que dans le cas du système fictif précédent et la même variation de densité globale. La variation de saturation avec la densité est nulle dans le cas du système III, elle conserve une importance relativement faible dans le cas du système II. Pour l'apprécier on a porté sur la figure, en vraie grandeur, la plus proche ellipse de MacAdam définissant les déviations standard de chromaticité autour du point $x = 0,380$, $y = 0,498$. Cette ellipse peut être assimilée au seuil de perception des différences de chromaticité, pour un observateur moyen.

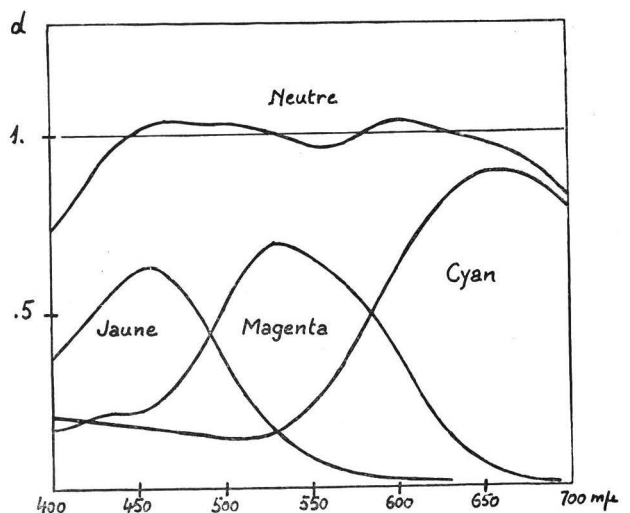


Fig. 3. — Système III de colorants réels à neutre non-sélectif.

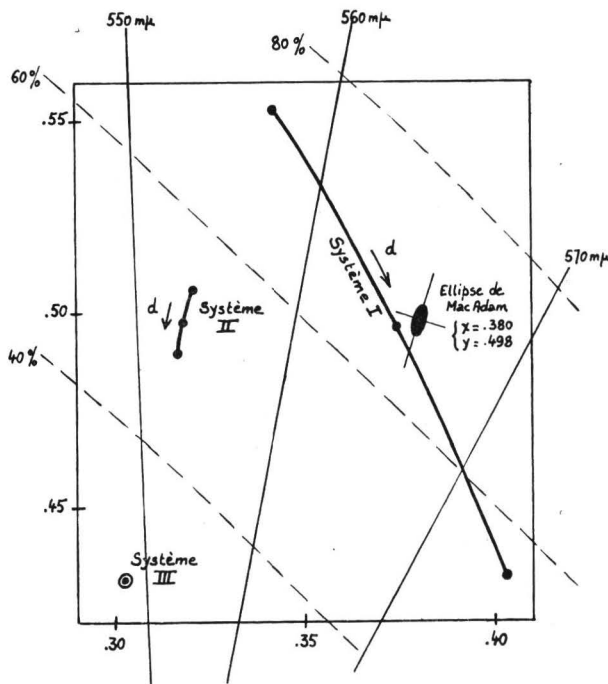


Fig. 4. — Relation densité-pureté due aux colorants de synthèse soustractive.

Les deux systèmes de colorants réels étudiés ici sont bien représentatifs des procédés photographiques usuels. Dans le cas le plus défavorable (système II) la variation de saturation avec la densité, d'un bout à l'autre de l'échelle des densités utilisées, reste du même ordre de grandeur que le seuil de perception des différences de chromaticités. C'est donc un phénomène qui peut être négligé et l'on peut assimiler les colorants des procédés photographiques réels aux « block-dyes », ce qui permet d'appliquer à la synthèse soustractive les lois simples de la synthèse additive quant au rendu des saturations.

Influence de l'intervalle de densités différenciées.

Ce qui vient d'être dit au sujet de la relation luminosité-pureté fait intervenir les formes spectrales des colorants associées aux sensibilités spectrales du film de prise de vue. Cela suppose un système photographique à rendu de valeur rectiligne, et même infiniment rectiligne, c'est-à-dire sans limitation ni du côté des brillances maximales, ni du côté des densités maximales. En fait le film photographique ne jouit pas des merveilleuses possibilités d'adaptation de l'œil quant aux intensités lumineuses. De plus les contingences matérielles de tout système de reproduction limitent l'intervalle de densités différenciées : d'une part la densité de base d'un papier ou d'un support, l'intensité de la source de lumière d'examen ou de projection définissent une lu-

minosité maximale; d'autre part le pouvoir réflecteur, non négligeable, de la surface d'un papier, les diffusions inhérentes à tout système de projection définissent une densité maximale. Entre ces deux extrêmes se situe un écart de l'ordre de 2 à 3, selon les procédés, alors que l'on admet en général pour l'œil la possibilité de discerner un écart de densité de l'ordre de 10 à 12. La reproduction photographique se place donc entre deux limites de densité avec comme conséquence de restreindre à une zone déterminée et réduite la restitution correcte des valeurs. Dans cette zone le rendu des couleurs est gravement perturbé, si gravement que les reproches précédemment faits à la synthèse soustractive deviennent dérisoires.

En effet, considérons le cas général d'un sujet peu saturé, quoique non achromatique. A la prise de vue les trois sensibilités du film sont atteintes, mais atteintes inégalement. La reproduction photographique présentera sept zones successives comme on peut le voir sur la figure 5 qui représente la courbe caractéristique densité-log lumination dans le cas d'un sujet orangé lavé de blanc :

Zone 1 : Les trois colorants sont au minimum de densité. Quelle que soit la chromaticité du sujet la reproduction est achromatique et de luminosité maximum.

Zone 2 : Le colorant le plus proche de la dominante du sujet entre en modulation, les deux autres demeurant au minimum de densité. Il y a augmentation simultanée de densité et de pureté.

Zone 3 : Un deuxième colorant entre en modulation, le troisième demeurant au minimum de densité. Il y a augmentation de densité et augmentation simultanée de pureté avec changement de longueur d'onde dominante.

Zone 4 : Les trois colorants modulent. Le rendu des valeurs étant rectiligne, le rapport des concentrations des trois colorants demeure constant. La densité augmente et l'on observe la relation luminosité-pureté ca-

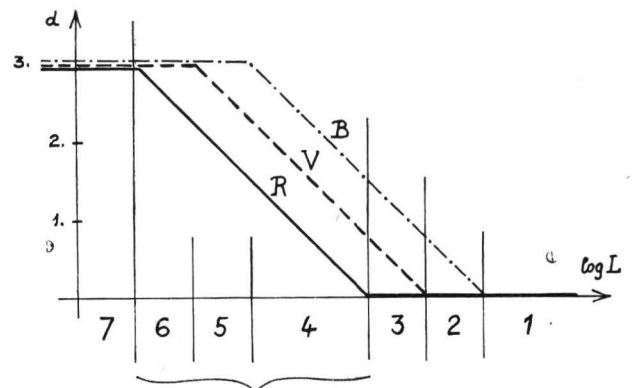


Fig. 5. — Courbes caractéristiques de la reproduction d'un sujet orangé.

ractéristique de la synthèse soustractive. A mesure que la densité croît, il y a donc une faible baisse de la saturation.

Zone 5 : Le colorant le plus proche de la dominante du sujet atteint la densité maximale. La densité augmente, il y a désaturation rapide avec changement de teinte.

Zone 6 : Le deuxième colorant atteint sa densité maximale. La densité augmente il y a désaturation rapide jusqu'au point achromatique (noir) lorsque le troisième colorant atteint sa densité maximum.

Zone 7 : Les trois colorants sont au maximum de densité, la reproduction est achromatique (noir) quelle que soit la chromaticité du sujet original.

Cet ensemble de variations chromatiques est représenté figure 7 sur un diagramme C.I.E. Puisque le phénomène est exactement le même qu'il s'agisse de synthèse additive ou de synthèse soustractive, on a choisi — pour simplifier les calculs — un système additif vraisemblable dont les trois primaires ont pour spécifications :

— Bleu	$x = 0,145$	$y = 0,048$
— Vert	$x = 0,235$	$y = 0,634$
— Rouge	$x = 0,710$	$y = 0,290$

Les 7 zones décrites ci-dessus sont figurées dans la partie droite du diagramme avec la répartition des trois modulateurs correspondant à la figure 5.

La figure 6 représente le cas particulier d'un sujet à nouveau peu saturé, mais ayant une dominante correspondant aux primaires (bleu, vert, rouge) ou aux secondaires (jaune, magenta, cyan) du système, c'est-à-dire d'un sujet affectant également deux des trois sensibilités du film de prise de vue. Dans ces conditions, deux des sept zones précédentes disparaissent, celles qui correspondent aux changements de longueur d'onde do-

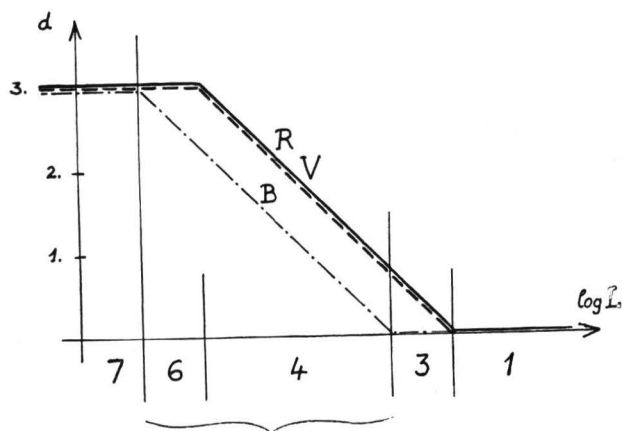


Fig. 6. — Courbes caractéristiques de la reproduction d'un sujet bleu.

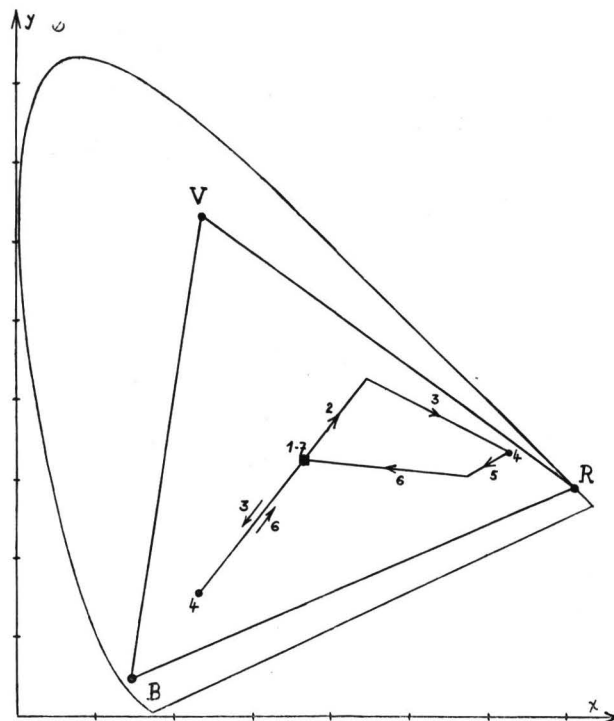


Fig. 7. — Relation densité-pureté due aux imitations de l'intervalle de densités différenciées.

minante. Ici le sujet est bleu lavé de blanc et la variation de chromaticité est représentée dans la partie gauche du diagramme de la figure 7.

D'une façon générale on observe donc, simultanément à la variation de densité, une variation de teinte et de saturation, celle-ci partant de l'achromatisme dans les luminosités élevées, pour y revenir dans les ombres les plus denses en passant par un maximum intermédiaire. Si le sujet est très saturé les écarts d'exposition entre les trois sensibilités du film de prise de vue augmentent, la zone où les trois modulateurs sont simultanément présents diminue et de ce fait les zones où un ou deux seulement des trois modulateurs sont présents augmentent. Chromatiquement, ceci revient à dire que plus le sujet original est saturé, plus la zone de densité à saturation fixe diminue, plus les zones de densité à saturation (et teinte) variable augmentent. Pratiquement, qu'il s'agisse de synthèse additive ou soustractive, la limitation de l'intervalle de densités différenciées par une reproduction photographique entraîne une variation considérable des saturations reproduites (et des teintes, sauf dans le cas privilégié où l'on photographie les primaires ou les secondaires du système) : cette variation est d'autant plus considérable que la couleur du sujet est plus saturée.

Si l'on revient aux sept zones précédemment décrites, il faut remarquer que trois d'entre elles (1, 2 et 3) sont

fictives puisque, sous un éclairage fixé, un sujet réfléchissant coloré ne saurait être plus lumineux qu'un sujet réfléchissant blanc. De ce fait, dans le cas d'un procédé « normal » en ce qui concerne le rendu des valeurs, la saturation de la reproduction d'un sujet coloré tend vers 0 à mesure que la densité s'élève, elle part d'une valeur maximale dans les régions de faibles densité; cette valeur reste constante dans une gamme de densité d'autant plus grande que la saturation du sujet original est faible. On peut ainsi fixer deux cas extrêmes :

1° — Le sujet a une saturation très élevée (pureté = 1) : la saturation de la reproduction varie continuellement le long de l'échelle de densité.

2° — Le sujet a une saturation nulle (neutre, pureté = 0) : la saturation de la reproduction reste constamment nulle le long de l'échelle de densité.

Influence de la forme des courbes caractéristiques.

Dans le paragraphe précédent on a raisonné sur des courbes caractéristiques du rendu des valeurs parfaitement rectilignes entre deux limites extrêmes : de telles courbes suivent d'ailleurs la fameuse loi de Weber-Fechner, selon laquelle la sensation croît comme le logarithme de l'excitation. Pratiquement on ne sait pas

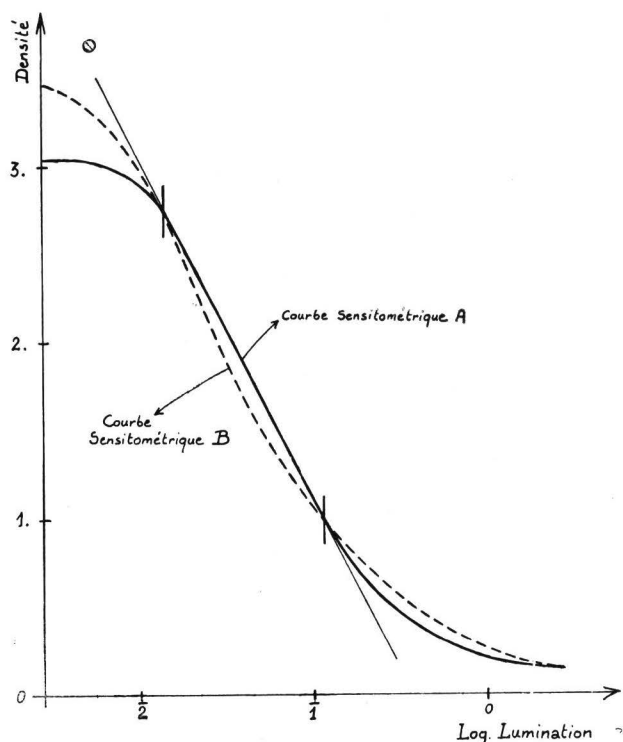


Fig. 8. — Courbes caractéristiques du rendu des valeurs pour deux procédés photographiques réels.

réaliser de telles caractéristiques qui ne seraient d'ailleurs pas souhaitables. En effet de nombreux auteurs, considérant le rendu des valeurs, tendent vers la courbe dite « orthograde » dans laquelle la pente croît constamment à partir de la densité minimale. Si l'on étudie les procédés usuels on constate une partie rectiligne très courte, sinon inexistante, un pied de courbe relativement important et une épaule généralement inutilisée par la reproduction photographique. Les termes de « partie rectiligne », « pied » et « épaule », familiers aux photographes, apparaîtront clairement sur la figure 8. Le pied et l'épaule jouent par abaissement du contraste, provoquant une diminution des écarts entre les densités des trois modulateurs, ce qui se traduit par une baisse de saturation. En outre l'abaissement du contraste étant alors continuellement variable, il y a variation continue de la saturation, la zone 4 étant très réduite et n'existant que pour les couleurs très peu saturées dans le cas de la courbe A. Cette même zone 4 est réduite à 0 dans le cas de la courbe B quelle que soit la chromaticité du sujet pourvu qu'il ne soit pas neutre. De plus l'abaissement continu du contraste amortit les brusques changements de teinte puisque les courbes caractéristiques tendent asymptotiquement vers les limites extrêmes de densité de la reproduction au lieu de les atteindre brutalement comme c'était le cas dans le paragraphe précédent.

L'effet principal est dû au pied de courbe généralement plus prononcé que l'épaule et en tous cas placé à un niveau de densité visuellement plus important. En effet, l'épaule correspond en général à des densités suffisamment élevées pour donner une impression de noir.

Pour évaluer pratiquement l'influence des phénomènes ci-dessus sur la relation luminosité-pureté, on a adopté un procédé photographique ayant comme courbe caractéristique la courbe B de la figure 8 et comme colorants le système III de la figure 3. On a utilisé ce procédé pour photographier trois plages colorées jaune, rouge et cyan relativement peu saturées. On a réalisé une variation de densité en effectuant des prises de vues à huit ouvertures de diaphragme successives, couvrant ainsi un intervalle de luminance de 2,10 en logarithme, soit toute l'étendue de la courbe caractéristique.

Pour chaque niveau de densité, la chromaticité de la reproduction a été calculée et portée sur la figure 9 qui est un fragment agrandi du diagramme C.I.E. Sur cette figure les croix fixent les chromaticités originales, les flèches indiquent le sens des densités croissantes. On voit nettement apparaître la variation de saturation (et de teinte) en fonction de la densité, déjà schématisée figure 7 avec ses deux aspects caractéristiques : variation de saturation sans changement de teinte (jaune)

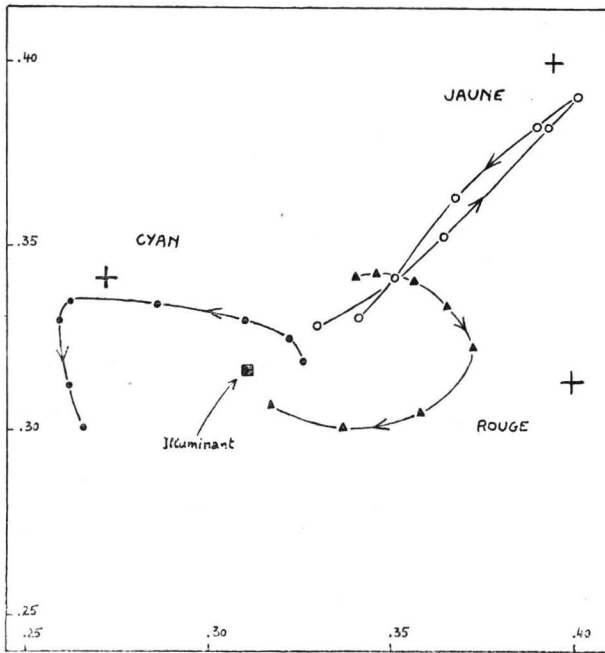


Fig. 9. — Relation densité-pureté due à la forme des courbes caractéristiques.

et variation de saturation avec changement de teinte (rouge et cyan).

Il faut remarquer que dans cet exemple la relation luminosité-pureté mise en évidence est uniquement due à l'influence de la forme des courbes caractéristiques du rendu des valeurs. Il s'agit en effet d'un jeu de colorants à neutre pratiquement sélectif, tels qu'à chaque rapport de concentrations il ne corresponde qu'une pureté quel que soit le niveau de densité. En outre, il est intéressant de comparer les figures 4 et 9 — faites à la même échelle — pour apprécier la prépondérance totale de l'influence des formes de courbes caractéristiques sur l'influence des formes spectrales des colorants, en ce qui concerne la relation luminosité-pureté, dans les procédés photographiques de synthèse soustractive réels.

CONCLUSION

Si l'on considère la reproduction des saturations des couleurs dans les procédés photographiques, on constate une variation de la saturation en fonction de la densité visuelle. En fait il y a, à ce sujet, superposition de deux phénomènes d'amplitude et d'origine totalement différentes. Le premier, caractéristique de la synthèse soustractive et relativement peu important, fait intervenir les formes spectrales des colorants utilisés. Il y a varia-

tion de la saturation en fonction de la densité quoique les concentrations relatives des trois modulateurs soient constantes. Ce phénomène est d'autant plus marqué que les trois colorants sont spectralement plus étroits, c'est-à-dire que le neutre qu'ils forment est plus sélectif. Il disparaîtrait complètement si l'on savait réaliser les colorants fictifs appelés « block-dyes ». Quoiqu'il en soit, la variation qu'il provoque dans les systèmes soustractifs pratiques est très faible.

Le deuxième phénomène, relativement très important, atteint aussi bien la synthèse additive que la synthèse soustractive. C'est un phénomène photographique qui fait intervenir, d'une part les limites de l'intervalle de densités différenciées, d'autre part la forme des courbes caractéristiques du rendu des valeurs. La variation de saturation (et de teinte) qu'il provoque est due à une variation de la concentration relative des trois modulateurs en fonction de la densité. Compte tenu de ce deuxième aspect, le premier phénomène, qui fait toute la différence entre la synthèse additive et la synthèse soustractive, en ce qui concerne le rendu des saturations, devient négligeable. L'effet global que l'on observe dans tout système de reproduction des couleurs est une diminution des saturations des plages reproduites à mesure que la densité augmente, diminution allant jusqu'à l'achromatisme (noir) pour les niveaux de densité les plus élevés. Inversement, les régions les plus lumineuses de la reproduction présentent également un abaissement de saturation allant jusqu'à l'achromatisme (blanc) par rapport aux zones de densité moyenne. On voit mal comment réduire cette variation imposée par les exigences du rendu des valeurs et par les conditions matérielles d'examen ou de projection des reproductions photographiques. Différentes hypothèses ont été lancées : soit que l'on modifie graduellement les sensibilités spectrales du film de prise de vue en fonction du niveau de luminosité du sujet, soit que l'on modifie graduellement les formes spectrales des colorants en fonction du niveau de densité de la reproduction... Quoiqu'il en soit on peut rapprocher la variation de saturation présentée par une reproduction en couleur de l'effet psychologique classique par lequel l'impression visuelle de saturation varie avec le niveau de luminosité, les objets les plus sombres paraissant peu saturés et les objets extrêmement lumineux donnant une impression d'éblouissement achromatique. A pureté égale, l'œil attribue une saturation maximum aux éclaircissements moyens. L'impression visuelle de saturation présenterait donc qualitativement les mêmes variations lors de l'observation directe d'un sujet, et lors de l'observation de sa reproduction photographique. Cette analogie pourrait expliquer la satisfaction que l'observateur moyen éprouve devant une bonne photographie en couleur.

BIBLIOGRAPHIE

EVANS, HANSON et BREWER : Principles of color photography.

MacADAM : The theory of the maximum visual efficiency of colored materials. Journal OSA, 25, pages 249-252.

MacADAM : Photographic aspects of the theory of three color reproduction. Journal OSA, 28, pages 399-418.

MacADAM : Visual sensitivities to color difference in daylight. Journal OSA, 32, pages 247-274.

BREWER : Colorimetric changes in film reproductions as functions of exposure levels. Communication privée.

MOUCHEL : Différences fondamentales entre la reproduction des saturations des couleurs par la synthèse additive et par la synthèse soustractive. Journées Internationales de la Couleur, Toulouse, 1958.

ECLAIRAGE, COULEUR ET SECURITE

par
E. BARTHES

Ingénieur Radio-Electricien E.S.E
Licencié ès Sciences Physiques
Ingénieur à la Compagnie des Lampes MAZDA

INTRODUCTION

De la visibilité des panneaux de signalisation utilisés en usine, dépend, dans une large mesure, la sécurité des ouvriers.

Conformément à la décision du sous-comité "Schémas de Sécurité" de l'I.S.O 80 (La Haye - Novembre 1957), il convenait de rechercher un critère de visibilité permettant de faire un choix parmi une série de panneaux toujours limitée

- par les usages ou codifications en vigueur,
- par la nécessité d'utiliser des matériaux peu coûteux et faciles à se procurer,
- par les données déjà établies, concernant la perception des contrastes et plus généralement la vision.

Un panneau de signalisation, à usage industriel, peut être caractérisé par deux paramètres :

1° Sa visibilité, c'est-à-dire son aptitude à être vu dans les plus mauvaises conditions : éclairagements faibles, éblouissement par des sources de lumière situées à proximité des panneaux, reflets, direction oblique d'observation, mauvaise vision du sujet, etc...

2° Son effet attractif qui facilite son identification, c'est-à-dire sa "remarquabilité".

Il faut noter que la visibilité, et l'effet attractif, concernent aussi bien la couleur dominante que le graphisme. Toutefois, nous pensons que le problème à résoudre est celui de la visibilité de la couleur dominante, rouge, jaune-orangé ou verte. C'est cette perception colorée qui déclenche le réflexe de l'ouvrier et qui lui assure la sécurité. L'ensemble du panneau doit être étudié en fonction de cet impératif catégorique : voir la couleur dominante.

Ensuite interviendra l'identification du graphisme qui a pour rôle de préciser la nature du risque. Pour cette identification intervient l'intelligence du sujet qui interprète le schéma en fonction de son effet attractif.

Mais l'ouvrier a le loisir de se rapprocher du panneau pour mieux le voir. Si donc théoriquement la visibilité et l'effet attractif concernent aussi bien la couleur que le graphisme, en pratique, il faut considérer :

- que les problèmes de visibilité concernent essentiellement la couleur dominante, car une couleur dominante reconnue aux conditions de seuil, le sera à fortiori, dans les conditions normales,

- que les problèmes d'attraction, d'identification, se rapportent surtout au schéma et doivent être étudiés loin du seuil de visibilité.

1ère METHODE EXPERIMENTALE

Une première expérience nous a montré que tel schéma difficile à reconnaître aux conditions de seuil, était par contre le plus vite interprété dans les conditions réelles d'emploi.

Au départ, nous disposions de deux panneaux, fournis par l'Institut National de Sécurité, dont nous cherchions à caractériser le degré de visibilité :

- l'un était triangulaire avec bordure noire et fond jaune. Le graphisme représentant la chute de pierres, était constitué par une flèche blanche dirigée vers le bas avec superposition de trois masses noires (les pierres).

- l'autre était circulaire avec bordure rouge et fond blanc. Le graphisme représentait une usine (noire) en train de flamber (flammes rouges), signalant le danger d'incendie.

A partir de ces deux panneaux, nous avons réalisé une série de 4 panneaux-pièges dont le graphisme différait du panneau de base, mais en conservait la forme générale.

A chaque observateur, pris dans un groupe de 10, nous avons présenté le panneau de base dont le sens lui était indiqué, puis nous avons placé le panneau en essai au milieu des 4 panneaux-pièges et demandé à l'observateur, posté à 15 mètres, de repérer sa position.

Le temps mis par le sujet pour indiquer la position exacte du panneau de base au milieu des 5 panneaux exposés a été pris comme critère de visibilité.

Chaque observateur a répété 5 fois l'essai.

L'éclairage uniforme des panneaux a été réalisé à 1 lux et 10 lux, d'abord en incandescence, puis au moyen d'une lampe à vapeur de mercure haute pression, à lumière corrigée (à ballon fluorescent).

Temps moyen en secondes assurant la quasi-certitude de repérage du panneau (1)					
Eclaircement	Triangulaire à fond jaune		Rond à bordure rouge		
	Incandescence	Mercuré corrigé	Incandescence	Mercuré corrigé	
1 lux	10,3	12,5	7,7	11,5	
10 lux	4,3	4,95	5,9	5,9	

(1) On sait que pour obtenir la quasi-certitude de repérage du panneau par 99,73 % des observateurs, il faut adopter un temps égal à la valeur moyenne majorée de trois écarts-types.

De cette première expérimentation, nous pouvons tirer diverses conclusions :

- 1° Le temps mis par les observateurs pour repérer un panneau connu au milieu d'un certain nombre de panneaux-pièges, apparaît bien comme un critère valable de "visibilité" permettant le choix du panneau le plus favorable parmi une série de panneaux.
- 2° Un contraste de couleur important entre le graphisme et le fond, rend la lisibilité du panneau moins sensible au niveau d'éclaircement.
- 3° Aux niveaux d'éclaircement "élevés" (10 lux), la valeur attractive du panneau prend de l'importance. Après apprentissage du sujet, le graphisme apparaît très vite reconnaissable. (Ceci confirme que, dans la pratique, les valeurs seuils d'éclaircement correspondant à la limite de perception des contrastes sont largement dépassées).
- 4° Aux faibles niveaux d'éclaircement, les reflets qui apparaissent sur les panneaux gênent la visibilité. Il y aurait intérêt à utiliser des peintures mates ou plus simplement à incliner légèrement le panneau vers l'avant.

2ème METHODE EXPERIMENTALE

A la demande du Service Prévention et Sécurité de l'E.d.F., nous avons donné une nouvelle orientation à nos essais car la détermination du degré de visibilité de la couleur dominante et le choix de la couleur de contraste en vue d'accroître cette visibilité doivent être étudiés au voisinage du seuil de visibilité. On réduit ainsi l'influence de l'équation personnelle de l'observateur - son sens des couleurs, sa vivacité d'esprit, son goût pour le jeu qui le pousse à vouloir réaliser une performance

Pour ce deuxième essai, nous étions placés devant un problème à la fois plus précis et plus fondamental, car plusieurs éléments nous étaient connus :

- 1° Le graphisme représentant un personnage frappé par la foudre,
- 2° La couleur dominante et la forme fixées par l'information que l'on cherche à transmettre à l'observateur.

Le choix était limité aux 4 combinaisons que nous numérotions :

N°	Bordure	Fond	Personnage
1	noire	jaune	noir
2	jaune	noir	jaune
3	jaune	blanc	jaune
4	blanche	jaune	blanc

Notre première série d'essais avait montré que, même au niveau de 1 lux, la couleur et le graphisme de n'importe quel panneau étaient parfaitement visibles à 15 m. Utiliser la méthode précédente avait donc peu d'intérêt puisque le graphisme était identique pour chacun d'eux.

Nous avons donc pensé qu'il était plus souhaitable d'utiliser une méthode de seuil de visibilité, soit de la couleur, soit du graphisme (pour s'assurer de la perception nette du contraste de couleur fond-graphisme).

Le dispositif expérimental étant celui précédemment décrit, le tableau qui suit résume notre expérience, étant entendu que, par contrôle de la tension, il était possible de faire varier l'éclairement de façon à pouvoir demander à l'observateur le moment où le graphisme devenait juste visible.

Vision par 99,73 % des observateurs		
N° d'ordre des panneaux		Eclairement (lux)
1	(fond jaune personnage noir bordure noire	0,23
2	(fond noir personnage jaune bordure jaune	0,23
3	(fond blanc personnage jaune bordure jaune	1,45
4	(fond jaune personnage blanc bordure blanche	1,65

En deuxième lieu, il convenait d'effectuer un choix entre les panneaux 1 et 2 pour lesquels la visibilité du graphisme était parfaitement identique et entre deux autres panneaux circulaires à dominante rouge.

Nous avons demandé à chaque observateur d'indiquer l'éclairement à partir duquel il discernait en toute certitude la couleur du panneau. Le tableau ci-dessous résume l'essai :

VALEUR-SEUIL DE L'ECLAIREMENT (lux)					
correspondant à la perception de la couleur des panneaux					
N° d'ordre des panneaux	Observateurs				
	D	F	G	H	I
N° 1 (fond jaune)	0,08 (0,08)	0,045 (0,35)	0,275 (0,29)	0,105 (0,055)	0,05(1) (0,04)(2)
N° 2 (fond noir)	0,105 (0,08)	0,06 (0,35)	0,3 (0,30)	0,115 (0,06)	0,055 (0,04)
N° 5 (fond rouge)	0,285	0,045	0,43	0,18	0,115
N° 6 (fond blanc)	0,285	0,29	0,64	0,21	0,12

(1) Temps de reconnaissance de la couleur

(2) Temps de reconnaissance du graphisme

Il ressort nettement de cette expérimentation complémentaire que du point de vue de la perception de la couleur du panneau, il y a intérêt à avoir un fond de la couleur de base.

Nous avons appliqué le même mode opératoire avec un lot d'observateurs totalement différents, pour essayer de déterminer l'influence de la largeur de la bordure :

- bordure étroite égale au 1/20 du diamètre du signal
- bordure large égale au 1/10 " "

et ce, sur des fonds de représentation de couleur variée, noir, blanc, rouge et vert.

Cette série d'essais a été effectuée par MM. BAUDET et BARTHES, grâce à l'obligeance de M. NOE qui nous a ouvert le laboratoire de photométrie du Centre de Distribution Paris-Electricité, alors que les séries précédentes avaient été effectuées au laboratoire de photométrie de la Compagnie des Lampes.

Réalisés avec des lots différents d'observateurs, à plusieurs mois d'intervalle et avec des expérimentateurs distincts, les essais ont donné des résultats remarquablement cohérents.

COMPARAISON DES RESULTATS

Panneaux triangulaires	: Valeur moyenne de reconnais-		Ecart-type	
	: sance du graphisme (en lux):		(lux)	
	Essai 1	Essai 2	Essai 1	Essai 2
(fond jaune	:	:	:	:
) graphisme blanc	:	:	:	:
(bordure blanche	0,75	0,47	+ 0,3	+ 0,27
large	:	:	:	:
(fond jaune	:	:	:	:
) graphisme noir	:	:	:	:
(bordure noire	0,11	0,17	+ 0,04	+ 0,07
large	:	:	:	:

Les valeurs-seuils d'éclairement obtenues sont bien du même ordre de grandeur. Pour préciser la valeur moyenne exacte, il faudrait opérer sur un très grand nombre d'observateurs, mais cela ne nous apparaît pas utile puisque seul, l'ordre de classement importe.

Il y a intérêt à utiliser une bordure étroite pour faciliter la reconnaissance de la couleur fondamentale du panneau, et ce, quelle que soit la couleur du fond de présentation.

La bordure noire étroite est évidemment d'autant plus souhaitable pour les panneaux à fond jaune, que les fonds sur lesquels ils sont vus sont plus clairs. De même, la bordure blanche étroite est souhaitable pour les panneaux à fond rouge.

En ce qui concerne la reconnaissance du graphisme, elle dépend de la perception du contraste détail-fond qui, nous le savons, dépend de la luminance d'adaptation. Aussi n'est-il pas étonnant de constater un léger avantage à la bordure blanche large et inversement à la bordure étroite noire sur fond de présentation jaune. Mais ce minime avantage doit être négligé devant l'avantage présenté par la bordure étroite (blanche ou noire) pour la reconnaissance de la couleur dominante.

CONCLUSION DES ESSAIS

Le classement par degré d'attraction de remarquabilité doit être fait, nous l'avons vu, dans les conditions normales d'emploi avec des niveaux d'éclairément très supérieurs au seuil de visibilité : par exemple, par la mesure du temps de repérage du panneau parmi un groupe de panneaux-pièges.

Au contraire, le classement par ordre de visibilité doit être fait au voisinage du seuil, mais nous ne croyons pas qu'il soit possible d'attribuer une importance équivalente au classement des panneaux par ordre de "remarquabilité" et de "visibilité". Le classement fondamental est le classement par degré de visibilité, c'est-à-dire par visibilité de la couleur dominante.

Ce n'est qu'après avoir défini tous les éléments du panneau, en vue d'améliorer cette visibilité, que l'on pourra s'attaquer au problème de la "remarquabilité" c'est-à-dire de l'effet attractif du graphisme.

Le schéma devra être étudié de façon à être facilement interprété dans les limites de dimensions qui lui sont permises par la condition essentielle : visibilité de la couleur. Il devra être intelligible sous tous les angles d'observation.

De nos essais menés selon les deux méthodes expérimentales que nous venons de schématiser, nous pouvons conclure :

- 1° Que la couleur du fond du panneau doit être celle de la couleur dominante pour améliorer la "visibilité" au sens défini plus haut ;
 - 2° Que la couleur de contraste la plus favorable - bordure et personnage - sera le noir pour le jaune-orangé et le blanc pour le rouge ;
 - 3° Qu'une bordure étroite au 1/20 de la plus grande dimension du panneau suffit à assurer la séparation d'avec le fond sur lequel le panneau est vu ;
 - 4° Que la clarté du symbole est essentielle à l'intelligibilité du graphisme. Son identification est moins un problème visuel qu'un problème d'effet attractif.
-

Die Syndromatik der Farbenaffinität und Farbaversion bei 40 Paragnosten

von J. J. WITTENBERG,

Vorstand der Betriebspsychologischen Bureaux der K.L.M., Amsterdam.

Zur Untersuchung der psychischen Struktur von 40 paragnostisch begabten Personen wurde nächst anderen psychodiagnostischen Untersuchungsmethoden auch der Pfister'sche Farbpyramiden benützt.

Die Farbpyramide bestand aus 15 Quadraten in fünf übereinander gelagerten Reihen, das Farbangebot aus 24 Farbnuancen verteilt über sieben bunte und drei unbunte Farben. Jeder Provant legte drei Pyramiden.

Farb-psychologisch kommen den Farben und Farbnuancen verschiedene Interpretationsmöglichkeiten zu. Die Frequenz der benützten Farbblättchen in jeder Farbe wurde der Norm gegenüber gestellt, die durch die beiden Freiburger Psychologen Heiss-Hiltmann an ihrem Material gefunden wurden.

In der Syndromatik wurden verschiedene Dimensionen untersucht :

Hell - voll und dunkel Tönungen.

Warme und kalt Farben.

Farben der Stimulation und Farben der Depression.

Das Syndrom der Anpassung und das Syndrom der Störung.

Die Syndromatik der Zweitfarben.

Die Verlaufsformel der Beweglichkeit und der Farbwahlbreite.

Die Form-Elemente.

Interessant ist auch die Frequenz der Farben in den verschiedenen Feldern der Pyramide, Kern und Peripherie, Basis, Mitte und Spitze.

Schliesslich wurden die Resultate der Paragnosten verglichen mit der durch Heiss-Hiltmann untersuchte Gruppe von Konflikts-Neurotikern. Alle Kriterien dieser Gruppe wurden mehr oder weniger bei den Paragnosten zurückgefunden.

Eine Analyse des « Verlaufs » schliesst die Untersuchung ab, bei der die Farben sich als Psychodiagnosticum glänzend bewährt haben.

EINLEITUNG

Die Psychologie der Farben nimmt im Laufe der letzten Jahre einen stets wichtigeren Platz ein in der Methodik der Psychodiagnostik. Welche Einflüsse haben die Lichtphänomene, die wir Farbe nennen, auf die Psyche des Menschen? Besteht eine Affinität und eine Aversion in Bezug auf verschiedene Farben und ist sie allgemein, d.h. für jeden Menschen conform, oder reagieren die verschiedenen Temperamente, Charakter-

strukturen und psychischen Zustände verschieden auf die Reize, die von färbigem und farblosem Licht ausstrahlen?

Es wurden schon genügend Untersuchungen verrichtet, um behaupten zu dürfen, dass diese Wirkung bewiesen ist und dass die Reaktionen bei verschiedenen Menschen auch verschieden ist.

Der nächste Schritt, der hierauf selbstverständlich folgen musste, war die Anwendung dieser Erkenntnisse im Experiment. Psychologen, Physiologen, aber auch Künstler nahmen diese Aufgabe in Angriff. Namen wie Wassilij Kandinskij, Max Pfister, Robert Heiss, Max Lüscher müssen hier genannt werden. Ihnen standen die Ideen Goethes, festgehalten in seiner «Farbenlehre», Rudolf Steiner in seinen zahlreichen antroposophischen Büchern näher ausgearbeitet usw. zur Verfügung. So entstanden der Farbpyramiden-Test, der Farbwahltest und der Drei-Figuren-Test, der Farbstern und andere Untersuchungsmethoden.

Für die Untersuchung von 40 Paragnosten, die an der Reichsuniversität zu Utrecht, im Parapsychologischen Institut Prof. Dr. W.H.C. Tenhaeff's, verrichtet wurde, fiel die Wahl auf den Farbpyramiden-Test und einige Male wurde auch der Drei-Figuren-Test abgenommen. Ausschlaggebend hierfür war die Tatsache, dass diesen Test betreffend die meisten fundamentalen Untersuchungen bereits publiziert wurden, sodass auch genügend Material zu Vergleichszwecken vorhanden war. Auch der Lüscher-Test wurde bei dieser Untersuchung abgenommen. Hierüber haben wir schon gelegentlich der Rotterdamer Konferenz rapportiert.

Das Test-Material.

Das Test-Material besteht aus einem Papier von $46,50 \times 22,50$ cm, das zweimal gefaltet ist, sodass drei Blätter von $22,50 \times 15,50$ cm entstehen. Auf jedem dieser drei Blätter ist eine Figur vorgezeichnet, die zwischen Dreieck und Pyramide liegt. Man kann ungefähr sagen, dass eine dreidimensionale Pyramide durch eine zweidimensionale Figur suggeriert wird.

Jede Figur besteht aus 15 Quadraten 2×2 cm, die so angeordnet sind, dass die Basis aus 5 Quadraten besteht, die horizontal aneinander gezeichnet sind. Ihre Oberseite bildet die Unterseite einer zweiten Reihe Quadrate, die aus vier aneinander gezeichneten Quadraten besteht. Sie sind so angeordnet, dass sie von der Hälfte des ersten Quadrates der ersten Reihe bis zur Hälfte des fünften Quadrates reichen.

Gleicherweise ist eine dritte Reihe von 3 Quadraten, darüber eine vierte Reihe von 2 Quadraten und zum Schlusse die Spitze gezeichnet, die aus einem Quadrat besteht, die genau in der Höhe des ertelsten Quadrates der ersten Reihe steht.

Ferner besteht das Test-Material aus ca. 1000 farbigen Papierchen in 24 verschiedenen Nuancen und quadratischer Form. Diese farbigen Papierquadrat sind auf der Rückseite gummiert.

Die Instruktion, die dem Probanden gegeben wird, lautet: «Wählen Sie bitte, Papierchen nach Ihrem Geschmack und legen Sie sie ganz so wie Sie es schön

finden auf die Quadrate der gezeichneten Figur. Sie dürfen auch austauschen bis Sie ein Resultat erreicht haben, dass Ihnen wirklich gefällt. Dann kleben Sie die Papierchen bitte auf».

Auf die Zeit, die zur Ausführung gebraucht wird, kommt es weniger an, obwohl sie wohl notiert wird.

Nachdem die erste Pyramide fertig aufgeklebt ist, faltet man das Blatt so, dass sie nicht mehr sichtbar ist, während die zweite vorgezeichnete Figur erscheint, deren Vorzeichnung genau der ersten gleicht. Man ersucht nun die Probanden noch eine zweite Pyramide zu legen und lässt dann schliesslich auf die gleiche Weise noch eine dritte Pyramide legen.

Zur Ausarbeitung benützt man je eine Code für die verschiedenen Quadrate und für die verschiedenen Farbnancen.

Für die Quadrate leudet sie :

1
2a 2b
3a 3b 3c
4a 4b 4c 4d
5a 5b 5c 5d 5e

Die Papierchen zeigen die 6 Spektralfarben, eine nicht-spektralfarbe und 3 farblose Lichtphaenomene (achromatische). Diese 10 Gruppen sind durch Nuancierungen unterverteilt. Die Code lautet :

Sehr hellblau	BL-1	hellblau	BL-2
Sehr hellrot	R-1	hellrot	R-2
Sehr hellgrün	GR-1	hellgrün	GR-2
Sehr hellgelb	GE-1		
		hellorange	O-1
		hellviolett	P-1
		hellbraun	BR-1
		hellschwarz	Z
dünkler blau	BL-3	dunkelblau	BL-4
dünkler rot	R-3	dunkelrot	R-4
dünkler grün	GR-3	dunkelgrün	GR-4
dünkler gelb	GE-2		
dünkler orange	O-2		
dünkler violett	P-2	dunkelviolett	P-3
dünkler braun	BR-2		
dünkler weiss	W		
		dunkelgrau	GS

Da die vorgezeichnete Figur aus $5 + 4 + 3 + 2 + 1$ d.i. 15 Quadraten besteht und 24 Nuancen sind, ist die Chance dass eine Nuance in einer geklebten Figur erscheint 62,5 % und in 3 Figuren als einer Totalität zusammen 187,5 %. Dementsprechend findet man

theoretisch nach der Wahrscheinlichkeit in einer Figur kein oder höchstens ein Quadrat einer Nuance und in drei Figuren zusammen, die ein Proband geklebt hat, 1 bis 2 Quadrate einer Nuance.

Schon diese Einschränkung zwingt den Probanden zu einer persönlichen Wahlentscheidung. Noch deutlicher wird der individuelle Wahlfaktor durch die Tatsache, dass unter vielen Tausenden Probanden kein einziger zu finden war, der alle 24 Nuancen auf den 45 Quadraten der drei Pyramiden geklebt hätte. Stets wurde eine einschränkende Wahl getroffen.

Der Farbpyramiden-Test wurde von Max Pfister entworfen. Prof. Dr. Robert Heiss und Prof. Dr. H. Hiltmann haben ihn weiter ausgearbeitet in ihrem Buch « Der Farbpyramiden-Test », das 1951 bei Hans Huber in Bern erschien. Hierin geben sie auch eine kurze Umschreibung der psychologischen Bedeutung, die den 24 Nuancen zukommt.

Auch findet man in ihren Buche Normen, die sie aufgrund von 300 Pyramiden von 100 Probanden gefunden haben. Dem stellen wir hier die Resultate von 120 Pyramiden von 40 Paragnosten gegenüber.

Die Farb-psychologische Interpretation.

Blau ist die Farbe der Introversion, der affektiven Regulierung und der rationell-geistigen Entwicklung (Norm 20, 2 %, Paragnosten 19, 1 %). Dabei weisen die Nuancen BL-1, BL-2 und BL-3 mehr nach dem gefühlsmässigen Aspekt der Introversion, während BL-4 mehr den Rational-geistigen Entwicklungsaspekt zeigt.

Rot weist in die Richtung der Triebphäre, wobei R-1 und R-2 mehr die aktive und R-3 und R-4 mehr die passive Komponente der Triebmässigkeit wiedergibt.

Grün ist die Farbe des Kontaktes und der Sensibilität. Sie hat eine affectiv-compensierende Funktion. Die Nuancen GR-1 und GR-2 zeigen mehr den oberflächlichen Kontakt und die Sensibilität nach « aussen ». GR-3 ist symptomatisch für die Bereitschaft zum « natürlichen » Kontakt mit « aussen », die gute Anpassung. GR-4 dagegen weist auf grosse Sensibilität für « innen » und Schwierigkeiten im Kontakt mit « aussen ».

Gelb ist symptomatisch für Antrieb und extraverte Aktivität.

Auch orange ist eine Farbe der Extraversion. Sie ist aber weniger lebhaft und mehr triebmässig und betrifft vor allem das Streben, um sich zur Geltung zu bringen.

Violett weist auf Störungen im affectiven Sektor, vor allem P-3. Dieser Farbe kommt eine kompensierende Funktion der Affektivität in zweiter Ordnung zu.

Braun hat farb-psychologisch die Bedeutung des psychische Widerstandsvmögens.

Schwarz ist symptomatisch für ein « dunkles », unverarbeitetes, eventuel undifferentiertes, « überschattetes » Innen-leben.

Weiss kann unter Umständen auf eine « Leere » der Persönlichkeits-Struktur oder der Stimmung weisen.

Grau hat im Allgemeinen den Charakter der Stimmungs-Neutralität. Gleichzeitig weist es aber auch auf « Affekt-Verhaltung », unverarbeitet, deprimierende Affekte.

Tabelle 1

	Norm		Paragnosten	
Blau 1	3.8	5.0	+	
Blau 2	2.0	3.8	+	
Blau 3	5.8	5.9	+	
		11.6	14.7	+
Blau 4		8.6	4.4	—
		20.2	19.1	—
Rot 1	2.4	2.7	+	
Rot 2	6.5	3.9	—	
		8.9	6.6	—
Rot 3	6.4	3.7	—	
Rot 4	2.3	2.5	+	
		8.7	6.2	—
		17.6	12.8	—
Grün 1	2.5	4.7	+	
Grün 2	4.1	5.2	+	
		6.6	9.9	+
Grün 3	5.9	4.8	—	
Grün 4	3.9	2.9	—	
		9.8	7.7	—
		16.4	17.6	+
Gelb 1	6.8	7.4	+	
Gelb 2	5.8	6.4	+	
		12.6	13.8	+
Orange 1	5.7	4.4	—	
Orange 2	4.3	5.4	+	
		10.0	9.8	—

Violett 1	2.5	4.7	+
Violett 2	3.0	3.6	+
Violett 3	1.8	1.3	—
	7.3	9.6	+
Braun 1	3.8	2.3	—
Braun 2	3.1	2.5	—
	6.9	4.8	—
Schwarz	6.0	4.1	—
Weiss	2.0	3.2	+
Grau	1.0	5.2	+
	9.0	12.5	+
	100.0	100.0	

Die Bedeutung der Helligkeit.

Die Nuancen sind durch graduelle Unterschiede differenziert, die aus der Dimension « hell-dunkel » stammen. Helle Nuancen weisen auf flüchtige, mehr oberflächliche und auch schwächere Affektivität. Dies betrifft vor allem BL-1, R-1 und P-1.

Die « vollen » Nuancen BL-2, BL-3, BL-4, R-2, R-3, GR-1, GR-2, GR-3, GE-1, GE-2, O-1, O-2, P-2, BR-1 weisen im allgemeinen in der Richtung der affektiven Stabilität.

Die dunklen Nuancen R-4, GR-4, P-3, BR-2 widerspiegeln eine drückende, kältere, depressive Komponente des psychischen Erlebens.

Tabelle 2

Affektivität	Norm	Paragnosten
Flüchtig	8.7 %	12.4 %
Stabil	71.2 %	65.9 %
Depressiv	11.1 %	9.2 %
Ueberschattet	9.0 %	12.5 %

Die achromatischen Nuancen haben den Charakter der Affekt-Verdeckung. Sie weisen meistens auf neurotische Verdrängungen.

DIE SYNDROMATIK

a) Die Dimension « warm-kalt » :

Im Sinne von Goethe's Farbenlehre kann man den Farben auch die Dimension « warm-kalt » zuschreiben, wobei Warm mehr mit dem Jung-schen Begriff der Extraversion und kalt mehr mit der Introversion übereinstimmt.

Tabelle 3

	Warm		Kalt	
	Norm	Paragnosten	Norm	Paragnosten
Blau 1 - 4			20.2	19.1
Rot 1 - 4	17.6	12.8		
Grün 1 - 2	6.6	9.9		
Grün 3 - 4			9.8	7.7
Gelb 1 - 2	12.6	13.8		
Orange 1 - 2	10.0	9.8		
Violett 1 - 3			7.3	9.6
Braun 1	3.8	2.3		
Braun 2			3.1	2.5
	50.6	48.6	40.4	38.9

b) Das Syndrom der Stimulierung :

Die Farben Rot, Gelb und Orange bilden zusammen die Gruppe der Stimulierung. Unter Stimulierung wird hier die Aufgeschlossenheit verstanden, worin der Mensch offener, froher und kontaktfreudig ist. Reize werden leicht beantwortet, der Drang zur Reaktion und zur Aktivität ist anwesend.

Tabelle 4

Syndrom der Stimulierung

	Norm	Paragnosten
Rot	17.6	12.8
Gelb	12.6	13.8
Orange	10.0	9.8
	40.2	36.4

c) Das Norm-Syndrom :

Die Farben Blau, Grün und Rot bilden zusammen das Norm-Syndrom. Es zeigt das Streben, um sich psychisch im Gleichgewicht zu halten, sich « normal » zu verhalten.

Tabelle 5

Das Norm-Syndrom

	Norm	Paragnosten
Blau	20.2	19.1
Rot	17.6	12.8
Grün	16.4	17.6
	54.2	49.5

Ein niedriges Norm-Syndrom ist symptomatisch für die Desintegration der Persönlichkeit im Sinne von Jeansch. Die Tendenz zur Flukturierung psychischer Prozesse und gleichzeitig die Bereitschaft zum normwidrigen Verhalten tritt in den Vordergrund.

Vermindertes Rot weist auf vermindertes Vermögen um Reize adaequat abzureagieren und zu entladen. Im selben Sinne weist auch das erhöhte Grün auf Stauung und Cumulierung und nicht-verarbeiten von Reizen.

d) Die Syndromatik der sekundären Farben :

In den so genannten sekundären Farben verdient vor allem das Verhältnis gelb : orange und violett : braun Aufmerksamkeit.

Erhöhtes Gelb bei vermindertem Orange weist auf erhöhte Extraversion im Sinne des Strebens, um sich gelten zu lassen, das jedoch nicht befriedigt ist.

Violett ist die « unruhige » Farbe. Sie ist symptomatisch für endogene Beunruhigung, für Störung und Gefahr für das psychische Gleichgewicht.

Braun hat ziemlich die gegenteilige Funktion. Es zeigt psychische Widerstandskraft und nach aussen gerichtete Renitenmeinz, die oft den Charakter von Eigensinn annimmt. Es weist auf eine sáhe innere Selbsthandhabung und auf die Kraft um störende Einflüsse zu inkassieren, ohne aus dem psychischen Gleichgewicht zu geraten. Braun hat eine stabilisierende Funktion.

	<i>Norm</i>	<i>Paragnosten</i>
Violett	7.3	9.6
Braun	6.9	4.8

Die Verlaufs-Formel

Während bisher die Farben nach dem Kriterium der Intensität besehen wurden, bringt die s.g. Verlaufs-

mel eine Verteilung nach dem Grad der Continuität.

Farben, die in den 3 Pyramiden stets erscheinen, zeigen die Gleichmässigkeit ihrer funktionellen Bedeutung.

Relativ constant nennt man Farben, die in zwei von den drei Pyramiden eines Probanden erscheinen. Die Funktionen, die sie repräsentieren, sind nicht permanent sichtbar. Sie sind so zu sagen parat und erscheinen eventuel unter gewissen Umständen und in bestimmten Zusammenhängen.

Farben, die nur in einer der drei Pyramiden vorkommen, werden « Unruhige » genannt. Sie bilden das wechselnde Element in der Haltung des Probanden. Die Spannung, die sie im Hintergrund der Persönlichkeit verursachen können Anleitung zu aktivierender Dynamik werden.

Farben, die in keiner der drei Pyramiden eines Probanden benützt werden, die also überhaupt nicht gewählt werden, zeigen verdrängte Facetten, die sich im Hintergrund der Persönlichkeit verborgen halten. Die hierdurch entstehenden Spannungen werden nicht abregiert.

Der Grad der im Hintergrund der Persönlichkeit anwesenden Spannungen hängt vom Verhältnis der verdrängten und unruhigen gegen die constanten und relativ constanten Farben.

Bei den 40 untersuchten Paragnosten fanden wir :

constante Farben	1,775
relativ constante Farben	2,075
unruhige Farben	2,825
vermieden Farben	3,325
	10,000

Es waren also 6,150 verdrängte und unruhige gegen 3,850 constante und relativ constante Farben. Die Verteilung über die 10 Gruppen war :

Tabelle 6

Die Verteilung war :

	<i>Blau</i>	<i>Rot</i>	<i>Grün</i>	<i>Gelb</i>	<i>Orange</i>	<i>Violett</i>	<i>Braun</i>	<i>Schwarz</i>	<i>Weiss</i>	<i>Grau</i>
Konstant	15	9	12	14	8	8	1	0	2	2
Relativ	10	14	7	11	9	10	4	6	7	5
Beweglich	9	7	16	9	11	14	10	10	11	16
Vermieden	6	10	5	6	12	8	25	24	20	17
	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

	<i>Enge Farbwahl</i>	<i>Weite Farbwahl</i>	<i>Total</i>
Stabil	10	5	15
Wechselnd	8	17	25
Total	18	22	40

Auch das Criterium der weiten oder engen, der kontinuierlichen und der wechselnden Farbwahl hat diagnostischen Wert.

Steht der Proband offen für viele Reize der Aussenwelt? Hat er vielleicht gar nicht die Kraft, um diese Reize zu selectieren? Acceptiert er nur einige, während er andere abweist? Wie ist des Verhältnis der empfangenen und der abgewiesenen Reize? Hält der Proband fest an seiner Wahl, perseveriert er vielleicht sogar oder folgt er wechselnden Reizen?

Die Paragnosten zeigten:

	<i>Enge Farbwahl</i>	<i>Weite Farbwahl</i>	<i>Total</i>
Stabil	10	5	15
Wechselnd	8	17	25
Total	18	22	40

Hierzu muss noch bemerkt werden, dass die kontinuierte Wahl in 10 der 15 Mal eine negative Continuität war, das heisst, dass die Continuität nicht durch eine permanente Wahl, sondern durch einen permanenten Ausfall von den selben Farben zustande kam.

Diese Verlaufsformel wird noch feiner differenziert durch das zweidimensionale Verhältnis der constanten gegen die vermiedenen Farben und der stabilen gegen die labilen Wahlen. Wenn die Zahl der vermiedenen Farben grösser ist als die Zahl der Farben, die in allen drei

Pyramiden benützt werden, dann zeigt dies, dass die Hemmung grösser ist als der Antrieb. Im anderen Fall darf man von kräftigen Impulsen und grösserer Durchsetzungskraft sprechen.

Für den Fall, dass die Zahl der permanent abgewiesenen und der permanent gewählten Farben gleich gross ist, muss von einer Spannung gesprochen werden, die ihre Ursache findet in der gleichen Kraft, die Triebfedern und Hemmungen gegen einander aufbringen, sodass es nur sehr schwierig zu psychischer Beweglichkeit kommt.

Die stabilen Wahlen betreffen alle permanent gewählten oder permanent abgewiesenen Farben. Die labilen Wahlen betreffen dann Farben, die nur in einer oder in zwei der drei Pyramiden durch den Probanden gewählt werden.

Wenn nun die Summe der stabilen grösser ist als die Summe der labilen, darf man von einer ruhigen, aber auch weniger begeglichen Haltung sprechen. Eine günstige Beweglichkeit kann entstehen, wenn Stabilität und Labilität einander im Gleichgewicht halten, sodass quasi eine Selbstregulierung stattfindet.

Ein Ueberherrschen der Labilität über die Stabilität bringt wohl Beweglichkeit, aber auch Unruhe in der Haltung zum Ausdruck.

Die Resultate der Paragnosten waren:

Tabelle 7

	<i>Mehr Konstant als vermieden</i>	<i>Konstant gleich an vermieden</i>	<i>Konstant kleiner als vermieden</i>	<i>Total</i>
Mehr stabil als labil	3	2	10	15
Stabil gleich an labil	1	0	6	7
Weniger stabil als labil	4	4	10	18
Total	8	6	26	40

Tabelle 8

Die Verlaufsformel

Konstant verwendete Farben	1.775
Relativ konstant verw. Farben	2.075
Beweglich verwendete Farben	2.825
Vermiedene Farben	3.325
	10.000

	In 5 Pyramiden verwendet	In 2 Pyramiden verwendet	In 1 Pyramide verwendet	In keiner Pyramiden verwendet
10 Farben	0	0	0	0
9 Farben	0	0	0	0
8 Farben	1	0	0	0
7 Farben	0	0	0	1
6 Farben	2	0	3	5
5 Farben	0	2	1	4
4 Farben	1	6	8	8
3 Farben	7	7	12	8
2 Farben	11	11	10	8
1 Farbe	4	6	2	4
Keine Farbe	14	8	4	2
Total	40	40	40	40
Durchschnitt	1.775	2.075	2.825	3.325

Diese Tabelle zeigt an, wie oft die theoretischen Möglichkeiten jeder Frequenz auf den vier Plätzen der Verlaufsformel auch tatsächlich vorkamen.

Die Formungs-elemente.

Es ist ohneweiters verständlich, dass des Farbelement im Farbpyramiden-Test verbunden ist mit Formelementen. Denn es ist ja nicht nur die Aufgabe, um Farben zu wählen, sondern auch einen kreativen Gebrauch dieser Wahl zu machen dadurch, dass quasi ein Inhalt an eine vorgezeichnete Figur gegeben werden muss, die trotz ihrer Vorzeichnung viel Freiheiten lässt.

Die Figur selbst darf wohl ohneweiters ein genialer Fund Max Pfisters genannt werden. Es ist ihm geglückt in einer zweidimensionalen, an ein Dreieck erinnernden Figur eine dreidimensionale Pyramide wenigstens assoziativ zu suggerieren. Die Anordnung der Reihen übereinander lässt an den Seiten zwei Treppen entstehen, die unwillkürlich nach oben leiten und gleichzeitig auch aus der Peripherie nach dem Zentrum z.B. der Existenz.

In Raum-symbolischen Sinn haben wir es also mit den Dimensionen « oben-unten », « Peripherie-Zentrum », « Links-Rechts », aber auch « aussen-innen » zu tun, da die e-Reihe und die Seiten zusammen eine Umhüllung formen für das innenfeld c3-d2-d3, das selbst wieder die ganze Figur in verkleintem Masstab wiedergibt. Man kann also von einem Mantel und einem Kern sprechen.

In anderer Basis findet man an der Basis eine Dualität im Gegensatz der Punkte e-1 und e-5, die wohl ein verborgenes Zentrum in e-3 haben, aber diese Zentrum kristallisiert erst deutlich in der Spitze « a ». Da kommen die Gegensätze zur Einheit.

Er herrscht also eine sichere Dynamik, ein « gehen-nach » in dieser Figur. Der räumliche Verlaufsprozess assoziiert sich mit dem zeitlichen Verlaufsprozess, das « wo » kommt in Verbindung mit dem « wann » und so kann man in dieser Figur eine Basis unterscheiden gebildet durch die e-Reihe, die mit dem « woher » mit dem unbewussten Vergangenen zu tun hat.

In der Mitte, ungefähr durch die c-Reihe anzugeben, ist dann die Gegenwart, worin sich auch oft der momentane psychische Zustand abspiegelt, während die Spitze nach dem « wohin », der Zukunft, weist und dem entsprechend Wünsche und Verlangen widerspiegelt.

Man kann also die Pyramide von der Basis über die Mitte zur Spitze aufbauen, aus der Vergangenheit über die Gegenwart zur Zukunft, aus der ursprünglichen Anlage über die momentane Entwicklungsphase nach dem gestellten Ziel.

Der umgekehrte Weg von der Spitze zur Basis ist einem logischen Aufbau viel weniger entsprechend und greift so zu sagen in den Raum, um von einem losen Punkt die Orientierung zu suchen. Die Intuition ist hiermit mehr in Übereinstimmung als das logische Denken.

Es darf wohl als sehr kennzeichnend vermeldet werden, dass die Paragnosten 41 Pyramiden von der Basis zur Spitze und nicht weniger als 79 Pyramiden von der Spitze zur Basis geformt haben. Sie haben sie also so zu sagen irgendwo im Raum aufgehängt.

* * *

Von grosser Wichtigkeit ist auch, auf welche Weise der Proband die vorgezeichnete Figur erlebt. Richtet sich seine Aufmerksamkeit nur auf ein kleines Element, ein Quadrat, und wird die Wahl eines Papierchens für

ein apartes Quadrat als selbstständige Aufgabe angesehen, sodass dann unabhängig von der ersten Wahl ein Papierchen für das nächste Quadrat gewählt wird, sodass kein Zusammenhang zwischen den beiden Wahlen besteht. Werdem grössere Einheiten erlebt oder wird sogar die ganze Figur als Totalität erlebt. Es ist deutlich, dass diese Möglichkeiten gestalts-psychologisch essentiell verschieden sind.

Wo nur Quadrat nach Quadrat erlebt wird, entsteht ein bunter Teppich, der einen mehr oder weniger harmonischen Eindruck machen kann, abhängig von der « zufälligen » Combination der färbigen Papierchen. Psychologisch gesehen, nähert sich diese Wahl den Dd-Antworten aus dem Rorschach-Test und dem Buchstaben-Impuls aus der Graphologie. Bei 7 % der von den Paragnosten gelegten Pyramiden kamen Teppiche zustande.

Wo die grössere Einheit der Reihe als ein Ganzes erlebt wird, sind mehrere Möglichkeiten. Die Reihe kann einfärbig sein (28 %), sie kann wohl in einer Farbe, aber nuanciert sein (3 %) oder sie kann aus mehreren Farben bestehen, die symmetrisch angeordnet sind (16 %). Diese Lösungen stimmen ungefähr überein mit den D-Antworten aus dem Rorschach-Test und den Wort-Impulsen aus der Graphologie. In Total kamen sie bei den Paragnosten in 47 % ihrer Pyramiden vor.

Für das Erleben der ganzen Figur als Totalität, G-Antworten respectiv Satz-Impuls, sind viele Variationen. Die meist vorkommende ist die symmetrische Struktur, wobei die beiden Hälften links und rechts gleich an einander sind, (18 %).

Auch findet man eine Struktur, wobei die Farben asymmetrisch, aber in einem sicheren Rhythmus um die Achse gelegt sind (6 %).

Eine weitere Variation sind die Strukturen, wobei ein Unterschied gemacht wird zwischen den Feldern c-3, d-2, d-3 und dem Rest der Figur. Die so entstehenden « Mantel-Kern-Strukturen » kamen bei den Paragnosten in 12 % ihrer Pyramiden vor.

Wenn nicht die horizontalen, sondern die diagonalen Reihen erlebt werden, entstehen Treppen. Meistens stehen dann zwei Treppen in je einer Farbe gegenüber einander, was sich stets wiederholt, sodass im Ganzen nur zwei Farben verwendet werden. Solche Treppen fanden wir bei 5 % der durch die Paragnosten gelegten Pyramiden.

Schliesslich kann auch die ganze Pyramide in einer einzigen Farbe gelegt werden, eventuel in mehreren Nuancen dieser einen Farbe. Wir fanden 5 % bei den Paragnosten, sodass im Ganzen 46 % aller durch sie gelegten Pyramiden als Strukturen geformt wurden.

Ein Paragnost fand eine Lösung, die nur äusserst selten vorkommt. Er machte aus den drei Pyramiden eine

Einheit, was natürlich auf ein aussergewöhnliches Combinations-Vermögen hinweist.

Heiss rechnet die einfärbigen Pyramiden zu den Reihen und nicht zu den Strukturen. Wir geben zum Vergleich die Normen, die er meldete in seinem Buch :

Tabelle 9

Formungen	Heiss-Hiltmann	Paragnosten
Teppiche	19.0 %	7 %
Einfärbige Pyramiden	2.0 %	5 %
Horizontale Reihen	27.0 %	47 %
Symmetrische Strukturen	24.3 %	18 %
Mantel-Kern Pyramiden	16.4 %	12 %
Asymmetrische Strukturen	5.6 %	6 %
Treppen	5.7 %	5 %
Total	100.0 %	100 %

Die Bedeutung, die den verschiedenen Lösungen zugekannt darf werden, ist ungefähr :

Teppiche :

strukturelle Labilität.

Einfärbige Pyramiden :

Verdeckungs-Tendenzen.

Reihen :

Undifferenziertheit, Labilität, Störbarkeit.

Symmetrischen Strukturen :

rational-geistiges Ordnen auf psychischem Gebiet, affective Harmonie und psychisches Gleichgewicht.

Mantel-Kern :

Verdeckungs-Tendenzen, Verlangen nach Schutz.

Asymmetrisch :

bewegliche und lebhaft strukturierte Persönlichkeit, überrnormale Begabung, sensibel, artistike Begabung, Kreativität.

Treppen :

aktueller Conflict in der Persönlichkeits-Struktur.

Ueber die gestalts-psychologische Bedeutung der einzelnen Plätze der 15 Pyramiden-Felder ist noch wenig bekannt. Nichts desto weniger ist es besonders interessant, zu untersuchen wie die Bevorzugung der Farben in den einzelnen Pyramiden-Feldern bei den Paragnosten ist, verglichen mit der Bevorzugung, der Farben, die sie in allen 15 Feldern der Pyramide zusammen als ganze Gruppe gezeigt haben.

Wir vergleichen die Ergebnisse der Paragnosten (69 Pyramiden von 23 Männern und 51 Pyramiden von 17 Frauen) mit dem Durchschnitt von 300 Pyramiden von 100 Männern und 300 Pyramiden von 100 Frauen aus Holland und auch mit dem Durchschnitt von 300 Pyramiden, die Heiss-Hiltmann in ihrem Buche vermelden.

Tabelle 10

	(*)	(**)	(***)
Blau	20 ½	25	18 %
Gelb	14	16	25 %
Rot	21	15	16 %
Viol	4	15	
Wss	5 ½	14	
Oran	7	13	
Grün	13	12	
Grau	5 ½	6	
Brn	2 ½	4	
Schw	8	2	

Blau	23 ½	25	Blau	21	26
Grün	21	25	Grün	20 ½	24
Gelb	14 ½	22	Gelb	15 ½	19
Rot	17 ½	13	Rot	16 ½	16
Oran	4 ½	11	Viol	3	10
Viol	4	9	Oran	5	9
Grau	2	6	Schw	5 ½	6
Schw	5	4	Grau	3	5
Wss	2	3	Wss	3 ½	4
Brn	6	2	Brn	6 ½	1

Blau	20	29	Grün	17	25	11 %	Blau	24 ½	27
Grün	22 ½	19	Blau	32 ½	20	17 %	Rot	21 ½	23
Rot	25	18	Viol	4 ½	19		Gelb	13 ½	17
Gelb	15	17	Rot	23 ½	14	22 %	Grün	23	16
Viol	4 ½	14	Gelb	17	14	15 %	Oran	4	12
Oran	3 ½	12	Oran	3	10		Viol	2 ½	12
Grau	1	5	Grau	2 ½	9		Brn	3 ½	5
Brn	3	3	Wss	9	5		Grau	1	5
Schw	6 ½	2	Schw	3 ½	3		Schw	5	2
Wss	1	1	Brn	3 ½	3		Wss	1 ½	1

Blau	24	24	Blau	17	25	Grün	18	23	Grün	21	23
Grün	22 ½	22	Grün	19	23	Blau	16	22	Gelb	12 ½	22
Gelb	12	21	Oran	5	17	Gelb	20	17	Blau	26 ½	21
Rot	14 ½	12	Gelb	19	15	Oran	4	14	Oran	4 ½	15
Oran	5	12	Viol	2 ½	12	Viol	5	12	Rot	15	12
Viol	4 ½	10	Rot	18	9	Rot	17 ½	10	Viol	4 ½	10
Grau	1 ½	8	Brn	4 ½	9	Grau	3 ½	9	Brn	8	7
Brn	7 ½	7	Schw	4	5	Brn	5 ½	8	Grau	1 ½	6
Schw	5	3	Grau	3 ½	5	Schw	3	5	Schw	4 ½	3
Wss	3 ½	1	Wss	7 ½	2	Wss	7 ½	0	Wss	4	4

Grün	17	26	Blau	22 ½	21	Blau	27 ½	21	24 %	Grün	15 ½	22	Grün	18 ½	22
Blau	29 ½	20	Grün	17	20	Rot	11 ½	21	20 %	Blau	23 ½	21	Blau	29 ½	21
Rot	12 ½	15	Gelb	9 ½	16	Grün	17	17	15 %	Rot	12	20	Rot	12	20
Oran	5	13	Rot	14	12	Gelb	7 ½	15	9 %	Gelb	13	15	Oran	5	13
Viol	9 ½	11	Viol	8	12	Oran	3 ½	10		Viol	7	9	Gelb	6	12
Schw	10	11	Brn	7 ½	10	Viol	11 ½	9		Brn	9 ½	8	Schw	11 ½	10
Gelb	5 ½	10	Oran	4	9	Brn	9	8		Oran	3 ½	7	Viol	8 ½	9
Brn	9 ½	6	Wss	5 ½	8	Schw	7 ½	7		Grau	2 ½	7	Brn	7 ½	9
Grau	0	5	Grau	2 ½	7	Wss	4	6		Wss	5	6	Grau	½	4
Wss	1 ½	3	Schw	9 ½	5	Grau	1	6		Schw	8 ½	5	Wss	1	3

Rangorde der Frequenz in der ganzen Pyramide :

1) Blau; 2) Grün; 3) Gelb; 4) Rot; 5) Orange; 6) Violett; 7) Grau; 8) Braun; 9) Schwarz; 10) Weiss.

(*) Durchschnitt von 300 Pyramiden von 100 Männern und 300 Pyramiden von 100 Frauen (Holland). (**) Durchschnitt von 60 Pyramiden von 23 Männern und 51 Pyramiden von 17 Frauen (Paragnosten). (***) Durchschnitt von 300 Pyramiden (Heiss-Hiltmann).

Hierbei fallen einige Besonderheiten auf:

In der Spitze (a) fällt der hohe Platz des Weiss und das nach einem niedrigeren Platz zurückgedrungene Grün auf. Dies ist psychologisch verständlich.

In den Reihen b-, c-, und d ist nur eine Merkwürdigkeit. Im Felde c-2 nimmt Violett mit 19 % (16 %) den dritten Platz ein, während Heiss diese Farbe nicht einmal unter den ersten vier Farben dieses Platz erwähnt.

Grün als erste Farbe auf diesem Platze ist ebenfalls merkwürdig, bei Heiss erscheint er erst am vierten Platz. Die affectiv kompensierende Funktion dieser beiden Farben ist hier scheinbar von grosser Wichtigkeit. Violett weist auf affektive Störungen und Grün weist auf das Stauen und Cummulieren der Affekte.

In der e-Reihe können e-1 und e-5 gemeinsam und e-2 und e-4 ebenfalls gemeinsam betrachtet werden. In den Randfeldern fällt nur der niedrige Platz von Gelb auf. Auf den Feldern e-2 und e-4 hat Braun eine höhere Rangordnung als in allen übrigen Feldern der Pyramide. Dagegen ist da Orange besonders niedrig.

Im Achsenpunkt e-3 erreicht Grau den niedrigsten Rangplatz der ganzen Pyramide. Die 4 Hauptfarben sind hier gänzlich in Uebereinstimmung mit der Reihenfolge, die Heiss-Hiltmann fanden.

Wenn man die Farben als Ausgangspunkt der Betrachtung nimmt, dann findet man Blau nur einmal auf den dritten Platz. Ferner nimmt es überall den ersten oder zweiten Platz ein.

Auch Grün steht überall auf den ersten Plätzen ausser im Felde « a », wo es erst an siebenter Stelle kommt.

Gelb steht an der Spitze besonders hoch (2. Platz) und nirgends niedriger als am 7. Platz.

Rot steht meistens am 3. oder 4. Platz, nur auf den charakteristischen Feldern der Mitte d-2 und d-3 steht es besonders niedrig, während Heiss im Mittenfeld c-2

Platz ein. In den beiden unteren Reihen d und e erreicht es aber höhere Rangplätze.

Violett, dem ungefähr der sechste Platz zukommt, erreicht auffallender Weise an der Spitze « a » den 4. und im « Herzen » : c-2 sogar den 3. Platz.

Grau fanden wir bei den Paragnosten stets auf den niedrigsten Plätzen der Rangordnung. Vorallem im Achsenpunkt e-3 fällten sogar auf den allerletzten Platz zurück.

Schwarz kommt nirgends zu einem höheren Rangordnungsplatz als dem sechsten. An der Spitze « a » und in der Basisreihe e-2 und e-4 steht es sogar am letzten Platz der Rangordnung.

Weiss kommt nur an der Spitze « a » auf den 5. Platz. In der ganzen d-Reihe und auf den Aussenquadraten der c- und e-Reihe steht es aber als letzte Farbe der Rangordnung.

Braun, schliesslich, steht überall sehr niedrig, vorallem in der b-Reihe und im « Herz-Quadrat » c-2. Dagegen steigt es auf der Basislinie e-2 und e-4 bis zum 6. Platz, die es nirgends anders erreicht.

Vergleich mit einer Gruppe von Konflikts-Neurotikern

Man könnte die durch Heiss-Hiltmann gemachten Untersuchungen als Kontrolle-Gruppe auffassen. Sie haben auch eine Gruppe von Konflikts-neurotikern untersucht und signifikante Unterschiede gegen die « gut angepassten » gefunden. Diese Unterschiede beziehen sich vorallem auf vier cardinale Kriterien. Zum Vergleich haben wir die Resultate der 40 durch uns untersuchten Paragnosten daneben vermeldet. Die Ziffern überzeugen selbst.

Eine « Verlaufs-Analyse ».

Schliesslich haben wir den psychischen Prozess während der Arbeit des Legens der drei Pyramiden analysiert. Gerade auf die psychische Dynamik, den « Ver-

Tabelle 11

	Normale Anpassung	Konflikts- Neurotiker	Paragnosten
1) Das Unbunten-Syndrom ist erhöht	9.0 %	21.6 %	12.5 %
2) Erhöhtes Violett	7.3 %	9.5 %	9.6 %
3) Niedrigeres Nörm-Syndrom	54.2 %	49.3 %	49.5 %
4) Mehr Nicht-Spektral-Farben	15.9 %	28.3 %	17.3 %
5) Erhöhtes Violett bei vermindertem Orange	10.0 %	4.4 %	9.8 %
6) Höhere Verschattung	7.0 %	18.0 %	9.3 %

rot sogar am ersten Platz fand. Die hohen Ränge, die Grün bei den Paragnosten gerade im Mittenfelde hat, weist nochmals auf die Kumulierung der Affekte.

Orange nimmt meistens den fünften oder zechsten

lauf », legt die Freiburger Schule unter Heiss sehr hohen Wert für die Möglichkeit des verstehenden Einfühlens in die psychischen Prozesse des Probanden.

Die drei Arbeitsphasen geben der psychischen Dy-

namik mehrere Möglichkeiten. Wir haben in dieser Hinsicht das Stimulierungs-syndrom, das so genannte « negative Stimulierungs-Syndrom » (Blau-Grün-Violett) und auch das Norm-Syndrom (Blau-Rot-Grün) :

wendung wird zunehmend intensiv und auch unmittelbarer bei einem länger dauernden affektiven Bezug ».

Man kann hier auch noch eine andere Einteilung anwenden, wobei man das Verhältnis zwischen dem Sti-

Tabelle 12

Verlauf	Stimulierungs-Syndrom	Blau/Grün/Violett Syndrom	Normal-Syndrom
Gleichbleibend	3	3	2
Steigende Tendenz	4	7	9
Fallende Tendenz	5	8	7
Convex	5	4	4
Concav	23	18	18
Total	40	40	40

Der Dynamik, die in der ersten und dritten Pyramide ein höheres Stimulierungs-Syndrom aufweist als in der zweiten, entspricht die Bedeutung der Affekt-Kumulierung bei grosser Sensibilität. Die grüne Farbe entspricht dieser Bedeutung am meisten, was wir auch bei dieser Gruppe wieder bestätigt fanden.

Heiss erläutert diese Dynamik : « Zuwendungsbereitschaft, aber keine Situationsabhängigkeit, die auch am Schlusse anwesend ist. Die Funktion der Reizverdichtung und Reizverhaltung erlaubt ein Distanzieren von der Situation, ohne schon den Kontakt abzubrechen. Er prägt der Situation seine Form auf. Seine Aussenzu-

mulierungs-Syndrom in der ersten und in der dritten Pyramide zur Richtschnur nimmt.

Das Stimulierungs-Syndrom kann am Schluss gleich hoch sein wie am Beginn. Das ist der Fall bei der Dynamik des Rhythmus 1-1-1, 3-1-3, 1-3-1.

Das Stimulierungs-Syndrom kann am Schluss kleiner sein als am Beginn. Das ist der Fall bei der Dynamik des Rhythmus 3-2-1, 3-1-2, 2-3-1, 3-1-1, 3-3-1.

Das Stimulierungs-Syndrom kann am Schluss grösser sein als am Beginn. Das ist der Fall bei der Dynamik des Rhythmus 1-2-3, 2-1-3, 1-3-2, 1-1-3, 1-3-3.

Nach diesem Kriterium kann man die Gruppe der 40 Paragnosten verteilen :

Tabelle 13

	Stimulierungs-Syndrom	Blau/Grün/Violett Syndrom	Normal-Syndrom
Die Höhe ist in der 1. und 3. Pyramide gleich	10	7	4
Die Höhe in der Pyramide N. 1 ist grösser als in der Pyramide N. 3.	14	17	16
Die Höhe ist in der 1. Pyramide kleiner als in der 3. Pyramide	16	16	20
Total	40	40	40

Für die einzelnen Rhythmen ergibt dies :

Rhythmus	Stimulierungs-Syndrom	Bl/Gr/P-Syndrom	Norm-Syndrom
1-1-1	3	3	2
3-1-3	3	3	1
1-3-1	4	1	1
3-2-1	3	6	3
3-1-2	2	1	3

2-3-1	7	8	6
3-1-1	2	1	3
3-3-1	0	1	1
1-2-3	3	3	2
2-1-3	6	4	6
1-3-2	6	5	5
1-1-3	1	2	5
1-3-3	0	2	2
- -	-	-	-
- -	40	40	40

ZUSAMMENFASSUNG

Die Gruppe von 40 Paragnosten formt anamnestisch gesehen natürlich eine heterogene Gruppe. Das Gemeinsame ist nur die paragnostische Begabung, die aber wiederum graduell verschieden ist.

Auch im Farbpyramiden-Test sind die Resultate nicht einheitlich, ist die Streuung sehr gross. Was wir constatieren, darf dann auch nur für die Gruppe, so wie sie hier vorliegt, und nicht für den individuellen Paragnosten geltend geachtet werden.

Gegenüber geringerer Triebmässigkeit (rot) und geringerer rational-geistiger Regulierung der Affekte (blau) zeigen sie mehr Sensibilität für die Aussenwelt mit der sie aber nur zu oberflächlichem Kontakt kommen. Die gute Anpassung in diesem Kontakt bleibt aus (grün 3). Die Störungen im affektiven Sektor (violett), wogegen sie weniger psychische Widerstandskraft aufbringen (braun), leiten einerseits zur inneren Stauung unverarbeiteter Affekte (grau), andererseits zu extraverteter Aktivität (gelb), obwohl die Stimulierungs hierzu aus dem Inneren selbst gering ist (Stimulierungssyndrom).

Das psychische Gleichgewicht ist durch endogene Beunruhigung gestört (violett). Bei der geringen Eigenkraft, um störende Einflüsse zu inkassieren (braun), können Aussenreize nicht adaequat beantwortet werden, sondern werden zur Kumulation im Innern gebracht.

Die Persönlichkeits-Struktur ist desintegriert, die psychischen Prozesse flukturieren, die affektive Stabilität ist geringer. Dagegen zeigen sich mehr oberflächliche und Verdeckungs-Tendenzen und neurotische Verdrängungen (Verhältnis der hellen zu den dunklen Nuancen).

Die untersuchte Gruppe schwingt mit dem Erleben aus der Aussenwelt mit und kann sich veränderten Einflüssen nicht entziehen (Farbweite usw.). Die funktionelle Gleichmässigkeit hat hierunter natürlich zu leiden. Es entsteht eine wechselnde Haltung mit viel Spannungen im Hintergrund der Persönlichkeit, die einen hemmenden Einfluss haben (Verlaufsformel), sodass der ganze Habitus weniger normativ ist (Normsyndrom).

Die geringe Differenzierung, Labilität und Störungsempfindlichkeit (Reihen) verbindet sich mit sensibler Begabung (asymetrische Strukturen). Dies leitet zu mehr intuitivem Erleben und weniger zu logischem Denken (Spitze nach Basis) und deshalb liegt die Kraft dieser Menschen nicht in der Exaktheit, nicht in der Gleichmässigkeit und im logischen Aufbau der Gedanken. Auf diesem Gebiet muss ihr Geltungsstreben unbefriedigt bleiben (gelb : orange) und so ist es naheliegend, dass man viel Uebereinstimmung mit der Heisschen Gruppe der Konflikts-Neurotiker findet.

Bezüglich ihrer Haltung haben wir constatieren können, dass die Extraversion nur oberflächlich ist und ein wirkliches Aufgeben in der Situation ausbleibt.

Die Kumulierung der Reize ohne abzureagieren macht Distanzierung von der Situation möglich, ohne dass der Kontakt dadurch unterbrochen wird. Die Situation bekommt dann Formung und Inhalt durch den Mechanismus der Projektion (« Verlauf » und Dynamik).

Abschliessend meinen wir konstatieren zu müssen, dass die Farben sich als essentieller Bestandteil einer psychodiagnostischen Methodik zum Zwecke eines Beitrags zur Kenntnis der Persönlichkeitsstruktur von Paragnosten bewährt haben.