



**TROISIEMES  
JOURNEES  
INTERNATIONALES  
DE LA  
COULEUR**

**BRUXELLES  
25-27 JUIN 1959**

**EDITION DE SYNTHESE**

**3<sup>MES</sup> 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<sup>m<sup>es</sup></sup> 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.

II<sup>e</sup> Partie

**TEXTES DES COMMUNICATIONS**

---

SECTION 3

**Esthétique de la Couleur**



# Psychologie de la Couleur

par E. SAFFRE,

Ingénieur à la Société DUCO.

Sujet particulier : *Dynamisme des polychromies dans les locaux publics.*

Signification du terme - développement de l'idée.

Qu'y-a-t'il de fondé et qu'y-a-t'il d'excessif dans l'opinion répandue que les couleurs d'ambiance peuvent être psychologiquement stimulantes ou sédatives ?

Quelles sont les expériences qui ont été réalisées à ce propos ? Celles-ci ont-elles une valeur générale et indiscutable ou se rapportent-elles à des cas particuliers ?

*Quelles conclusions pratiques peut-on en tirer ?*

Le but de cette intervention n'est pas seulement d'apporter certaines informations précises au sujet du

rôle psychologique des couleurs, mais c'est surtout de mettre à profit une réunion internationale de Coloristes-Conseils pour faire naître un débat sur un sujet controversé qui a donné lieu, jusqu'ici, à des malentendus provenant peut-être de certaines exagérations d'un caractère publicitaire.

Une mise au point est nécessaire qui pourrait être faite :

- *soit dans le présent* : par l'apport d'observations sérieuses de la part des Congressistes;
  - *soit dans le futur* : en les invitant à provoquer des expériences pratiques dans leurs différents secteurs et dans des conditions suffisamment bien établies pour pouvoir, à l'occasion d'un prochain congrès, en tirer des conclusions définitives.
-





# Le dynamisme psychologique des couleurs

par E. SAFFRE

Ingénieur à la Sté DUCO Française.

Les communications qui sont faites aujourd'hui sur la psychologie des couleurs nous font sentir, plus que jamais j'imagine, combien le sujet est vaste et complexe, car la psychologie est liée à la physiologie, et celle-ci est liée à la physique.

Certes, la couleur ne manque pas de nous intéresser par son côté affectif, son côté sentimental. Sous cet aspect elle nous paraît indépendante des lois scientifiques, et c'est peut-être lorsqu'elle est ainsi libérée de toute servitude doctrinale qu'elle devient surtout séduisante.

Cependant, étant donné le réalisme dont nous devons faire preuve dans une réunion comme la nôtre, j'ai choisi dans le domaine de la psychologie des couleurs, de traiter ici une question qui semble particulièrement attachée à des faits objectifs et qui constitue un point de jonction des plus évidents entre la physique, la physiologie et la psychologie.

Il s'agit du dynamisme des couleurs.

A l'époque moderne très imprégnée de conceptions déterministes, où les rapports de force semblent être à la base de la plupart des événements, ce mot dynamisme est devenu très expressif. On en use et on en abuse. Du domaine matériel, il s'est insinué peu à peu dans le domaine spirituel. Il y paraît parfois quelque peu équivoque et on se demande, si à propos des couleurs, — et de leurs effets psychologiques, — il est bien à sa place.

Nous allons voir exactement ce qu'il signifie. Après cela, libre à chacun de proposer, si besoin est, une expression plus juste.

L'idée de dynamisme contient celle de mouvement et d'action. Un homme dynamique est un homme d'action. C'est fort troublant puisque les couleurs, tout au moins les couleurs des surfaces immobiles qui nous environnent, nous apparaissent comme des éléments statiques.

Il faut donc s'expliquer.

Tout le monde admet, tout d'abord, que l'homme lorsqu'il est plongé dans la monotonie, dans la grisaille, ne se sent pas bien à l'aise. Il croit subir ainsi une sorte d'asphyxie morale. Certaines expériences ont même prouvé qu'un silence absolu, qu'une ambiance informe

et totalement incolore, pouvait devenir rapidement insupportable jusqu'à provoquer des troubles mentaux.

Colorer le cadre de notre vie et de nos activités fait donc partie d'un programme d'hygiène élémentaire.

En effet, lorsque la rétine est périodiquement balayée par des rayons lumineux directs ou réfléchis de différentes couleurs (donc de différentes longueurs d'ondes), les récepteurs chromatiques qui lui sont incorporés sont soumis à une certaine gymnastique, sont contraints à un certain mouvement auquel le corps et l'esprit finissent par participer et dont ils éprouvent une satisfaction si ce mouvement n'est pas brutal et désordonné, s'il est au contraire modéré, équilibré et harmonieux.

Voilà, en premier lieu, dans quel sens la couleur, ou plus exactement la polychromie, peut être considérée comme dynamique, c'est-à-dire, comme facteur de stimulation physiologique et par conséquent psychologique.

Mais ce n'est pas seulement de cela qu'il s'agit. Outre ce dynamisme qu'on pourrait appeler « polychromatique », il est aussi souvent question de dynamisme « monochromatique », l'un n'excluant d'ailleurs pas l'autre, et leurs effets pouvant se compléter et se renforcer.

A vrai dire, c'est depuis toujours qu'on attribue aux différentes couleurs des propriétés spécifiques, soit stimulantes, soit équilibrantes, soit même sédatives et soporifiques, auxquelles les uns croient « dur comme fer », que les autres tournent en plaisanterie et devant lesquelles la plupart des gens restent fort intrigués.

De là naissent parfois des polémiques sur l'intérêt qu'il y a à traiter les locaux où vivent les hommes en couleurs adaptées à leurs fonctions particulières : travail, plaisir, repos, diversement caractérisés. De là aussi, des démonstrations quelquefois tendancieuses des effets spécifiques des couleurs d'ambiance, démonstrations basées par exemple, sur des accroissements de rendement dans les usines ou sur les bienfaits ressentis par les malades dans les hôpitaux. De là même, des arguments commerciaux pour développer la vente des matériaux colorés.

Faisons table rase de tout cela et voyons ce qu'il y a de fondé et ce qu'il y a d'excessif, autant dans le principe du dynamisme des couleurs que dans ses applications.

Pour ma part, je le dis tout de suite, bien que depuis plus de 10 ans je m'intéresse aux problèmes de toutes les espèces que pose la couleur dans le bâtiment, les présomptions que j'ai pu formuler au sujet du pouvoir dynamogène ou euphorique des couleurs n'ont jamais été transformés en certitude par les observations que j'ai pu faire dans la pratique.

C'eût été trop simple. Pour acquérir une certitude il faut être plus exigeant.

Sur le plan du travail, par exemple, il eût été nécessaire qu'un chef d'entreprise se prêtât à l'exercice gênant et même très coûteux d'une étude comparative entre le rendement d'un atelier sans couleurs et celui d'ateliers diversement colorés.

En réfléchissant bien, on conviendra qu'il est pratiquement impossible de réaliser à répétition dans la vie industrielle telle qu'elle se présente, et pendant un temps suffisamment long, une identité absolue de tous les facteurs de productivité, à l'exception du facteur couleur. A elle seule, d'ailleurs, l'attitude de suspicion du personnel soumis à une telle enquête viendrait fausser les résultats.

Ce n'est donc pas ainsi qu'on peut prouver quoi que ce soit et toute discussion sur cette base reste nécessairement stérile. Seules des expériences d'un caractère artificiel, des expériences de laboratoires où les conditions peuvent être réglées à volonté, seraient susceptibles de nous apporter quelques lumières, d'attirer notre attention sur des faits qui deviendraient probants et de nous inviter à en tenir compte une fois pour toutes.

Or, il y a des années qu'on entend parler d'expériences de ce genre, mais jusqu'ici bien des questions se posaient encore au sujet des conclusions qu'on pouvait en tirer.

Si j'aborde, à l'occasion de ce Congrès, le problème du dynamisme des couleurs, c'est que j'ai justement en mains ici, depuis peu de temps, un document tout à fait concluant qui est encore inédit en Europe.

Il faut dire, tout d'abord, qu'il y a plus de 50 ans, des expériences basées sur les mesures de la pression artérielle avaient déjà indiqué qu'il existait, selon toutes probabilités, une relation entre le pouvoir dynamogène des couleurs et les longueurs d'onde dominantes auxquelles elles correspondent.

Le document le plus ancien et le plus sérieux à ce sujet est l'ouvrage du Docteur Charles FERÉ, un des psychiatres français les plus réputés du siècle dernier, qui est intitulé « Sensation et Mouvement ». On peut consulter cet ouvrage à Paris à la Bibliothèque Natio-

nale, où il n'y a d'ailleurs qu'un petit chapitre consacré à la couleur, dont j'ai publié des extraits dans plusieurs revues.

Je m'étais d'autant plus intéressé aux conclusions du Docteur FERÉ, qu'il y a quelques années, j'avais pu, en liaison avec le Docteur REQUET de l'Hôpital Psychiatrique de Bron près de Lyon, faire certaines observations sur les hospitalisés qui semblaient confirmer ces conclusions. Mais ceci restait malgré tout fort empirique.

Or, dans un Congrès médical à New York auquel assistait le Docteur REQUET, un psychiatre de Los-Angeles, le Docteur GERARD, américain d'origine française, en entendit parler et s'y intéressa. J'eus l'occasion de le rencontrer en France peu de temps après et de compléter sa documentation.

Pour tirer les choses au clair, le Docteur GERARD poursuivit les laborieuses recherches dans lesquelles il s'était déjà engagé avec une abondance de temps et de moyens dont nous pouvons difficilement disposer en Europe.

Je me suis, depuis lors, toujours tenu en relations avec lui et j'ai eu l'occasion de le voir la semaine dernière à la veille de ce Congrès auquel il regrette de ne pouvoir participer.

Avec son assentiment et grâce aux documents non encore traduits qu'il m'a remis, je vais pouvoir en son nom communiquer l'essentiel de ses recherches et de ses conclusions.

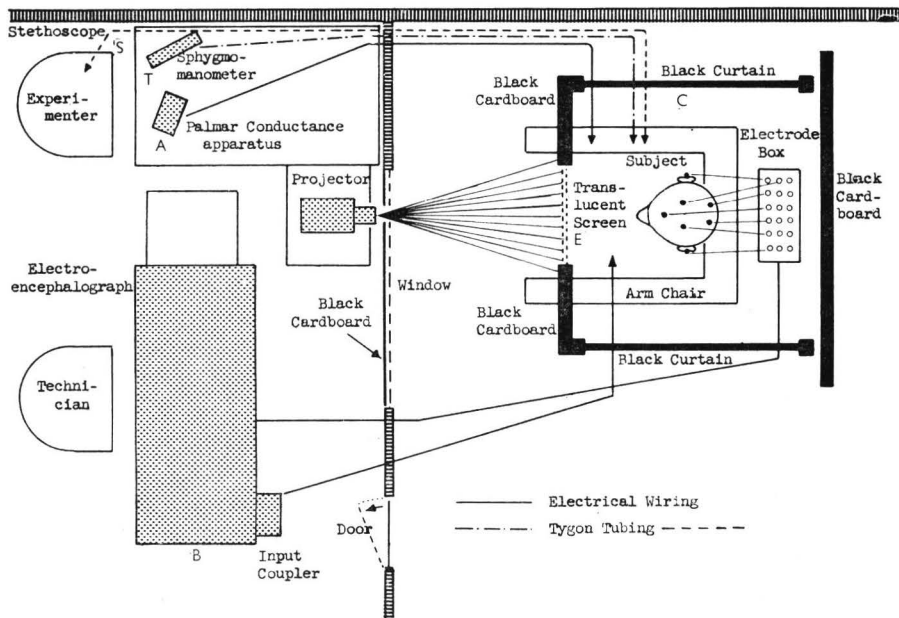
Tout d'abord, le Docteur GERARD précise bien qu'il n'a rien découvert. Même avant que le Docteur FERÉ ait énoncé avec précision la loi du dynamisme des couleurs, les coloristes, les artistes de tous les temps, en avaient, sinon la connaissance, tout au moins l'intuition et ils ne négligeaient pas d'en exploiter le principe. Cependant, pour pouvoir conclure d'une manière vraiment scientifique, aux effets différentiels des couleurs, le Docteur GERARD estima qu'il fallait par les méthodes et les appareils les plus modernes, noter sur des sujets bien choisis, les réflexes provoqués par les couleurs, tant au point de vue physiologique que psychologique.

*Au point de vue physiologique*, tout ce qui était enregistrable et mesurable fut enregistré et mesuré : pression artérielle, vitesse des battements de cœur, fréquence des clignements des yeux, conductibilité électrique de la paume de la main, mouvements respiratoires, et enfin et surtout, tracés encéphalographiques.

Voici le schéma de l'installation qui a permis de procéder aux mesures physiologiques :

*Appareil* (voir schéma n° 1).

— Le sujet est isolé dans une chambre noire (C), il a devant lui un écran (E) qui diffuse sous l'effet



Fif. 1. — Installation de laboratoire.

d'un projecteur, une lumière colorée déterminée dont l'intensité est réglable et mesurable. Des conducteurs relient le sujet aux différents appareils de mesure :

- au stéthoscope (S)
- à l'enregistreur de tension artérielle (T)
- au détecteur de conductibilité électrique (A)
- et enfin à l'électro-encéphalographe (B).

*Au point de vue psychologique*, les constatations sont évidemment plus difficiles à faire, si on veut se maintenir dans une certaine rigueur scientifique, mais c'est là précisément le métier du Psychiatre.

*Sujets.* — Les sujets doivent être évidemment bien choisis en qualité et en nombre.

*En qualité :* Les psychiatres classent les individus sur une échelle qu'ils appellent « échelle d'anxiété manifeste », c'est-à-dire, suivant la sensibilité émotionnelle dans ce qu'elle a de détectable par un certain nombre de tests normalisés. En deçà et surtout au delà de certains échelons, les individus ne sont plus considérés comme normaux; ce sont des cas pathologiques.

Pour ses expériences, le Docteur GERARD ne retint que des sujets normaux, adultes et masculins. Les sujets féminins furent exclus, leur état d'anxiété manifeste présentant des écarts plus importants et étant en moyenne plus élevés. Il eut soin également de s'assurer de leur vision normale des couleurs.

Il divisa ses sujets en deux groupes : anxiété manifeste inférieure et supérieure, les anxieux supérieurs devant être considérés dans la masse humaine masculine et féminine, comme des anxieux modérés.

*Nombre :* Quant au nombre il fut de 24 sujets. En tenant compte des différents types humains choisis et du nombre d'essais qu'il se proposait de faire, le Docteur GERARD se livra à un calcul des probabilités qui lui permit d'assurer que ses résultats auraient une valeur générale.

#### *Conditions d'expérimentation.*

Les sujets furent soumis successivement à la projection sur l'écran translucide, de trois lumières : bleue, rouge et blanche (l'ultraviolet et l'infra-rouge étant exclus) pendant une période de 10 minutes chacune, avec des périodes d'interruption en lumière blanche de faible intensité :  $1/4$  des précédentes environ.

Bien entendu, les lumières bleue, rouge et blanche d'expérimentation avaient rigoureusement la même intensité. Les couleurs bleue et rouge furent choisies pour cette première étude afin d'accroître les chances d'un résultat nettement différentiel avant de poursuivre d'autres investigations avec des couleurs intermédiaires.

En effet, le bleu et le rouge peuvent être considérés comme étant aux deux extrémités du spectre, en excluant le violet pour toutes sortes de raisons, en particulier à cause des difficultés d'obtenir un violet monochromatique exempt de rouge car un violet contenant du rouge fausserait naturellement les résultats. De plus, suivant la théorie de YOUNG et HELMHOLTZ, le bleu et le rouge sont des couleurs primaires qui ne prêtent à aucune confusion, comme il se pourrait avec le violet considéré, *au point de vue physiologique*, comme couleur binaire, même à l'état monochromatique.

Les mouvements respiratoires, les battements du cœur, le clignement des paupières et les ondes émanant du cortex cérébral enregistrées par l'encéphalogramme, furent l'objet d'une notation ininterrompue, tandis que la pression sanguine et la conductibilité électrique de la paume de la main furent notées périodiquement.

Je ferai une remarque sur le tracé encéphalographique. On m'a précédemment objecté que celui-ci pouvait être d'une interprétation difficile. Le Docteur GERARD que j'ai interrogé sur ce point récemment, m'a donné toute garantie sur la valeur de cette interprétation.

L'émission des ondes  $\alpha$  par le cortex est connue depuis longtemps. Elles sont émises par des sujets en état normal et sont de l'ordre de 12 cycles par seconde. Elles peuvent se lire commodément sur le graphique. Mais sous une influence quelconque, la fréquence est modifiée. Elles ne s'appellent plus alors des ondes  $\alpha$ . Elles reçoivent diverses appellations. Comme les ondes  $\alpha$  sont les plus lisibles, c'est d'elles seulement qu'il est tenu compte dans les relevés du Docteur GERARD.

Par conséquent, une baisse du nombre des ondes  $\alpha$  par unité de temps correspond à une élévation du niveau d'excitation car les ondes de fréquence inférieures n'interviennent pas. Elles ne s'enregistrent que dans l'assoupissement ou même le sommeil.

Le Docteur GERARD donne toute garantie sur la technique des relevés et sur l'interprétation des tracés encéphalographiques. Ces relevés ont fait l'objet d'un immense travail. Environ 19 km de tracés ont été étudiés par toute une équipe de spécialistes sous la direction du Professeur Donald LINDSLEY de l'Université de Californie, qui est le premier spécialiste de l'encéphalographie en Amérique.

Enfin, pour ce qui est du sondage psychologique, disons qu'il avait lieu à la suite de chaque expérience et non pendant les expériences.

#### *Voyons maintenant les résultats.*

Tout d'abord, les résultats *physiologiques*.

- a) Quelque soit l'ordre dans lequel les couleurs étaient présentées, toutes les mesures, à l'exception des battements du cœur, indiquèrent en moyenne un accroissement très net des fonctions physiologiques par rapport au niveau antérieur sous l'influence du rouge et une détente, un ralentissement des mêmes fonctions sous l'influence du bleu, tandis que sous l'influence du blanc on atteignit des niveaux intermédiaires.
- b) J'ai dit que les sujets se classaient en deux groupes :
  - anxiété manifeste inférieure
  - anxiété manifeste supérieure (modérée par rapport à toute l'humanité).

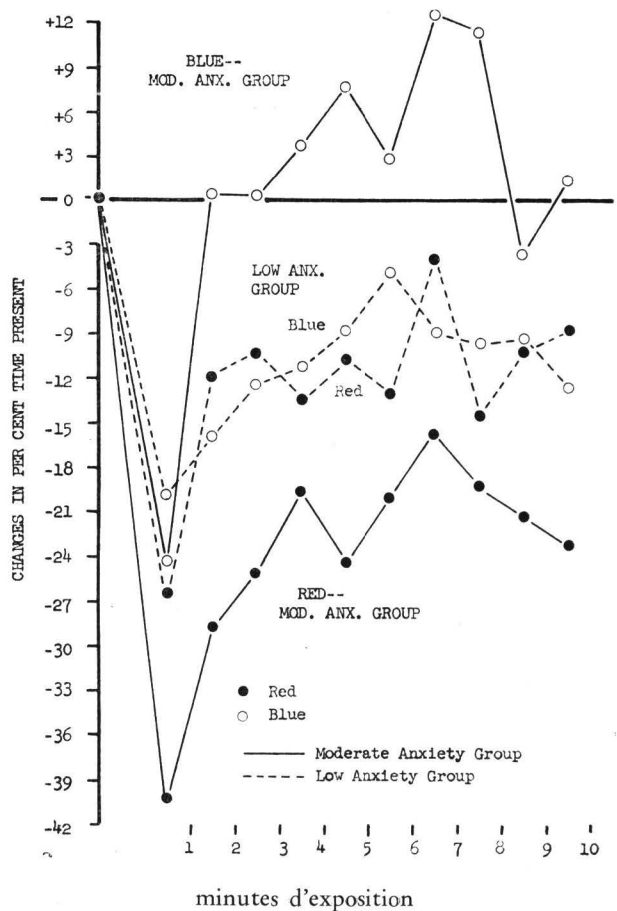


Fig. 2. — Réponse différentielle des groupes d'anxiété basse et modérée : Alpha pour cent. (Variation moyenne par rapport au niveau de repos).

Les effets différentiels sont assez peu caractérisés dans le premier groupe. Ils le sont nettement dans le second (voir graphique n° 2).

Le Docteur GERARD s'est rendu compte que ces effets étaient plus différentiels encore dans certains cas d'anxiété manifeste d'un niveau plus élevé, mais qu'on pouvait cependant considérer comme moral, par exemple chez la femme.

Dans le cas d'anomalie pathologique, la sensibilité différentielle devient énorme et se constate sans avoir recours aux mesures physiologiques. C'est sans doute ce qui avait attiré notre attention à l'Hôpital Psychiatrique de Bron.

Voyons maintenant les résultats *psychologiques*.

Les sujets interrogés immédiatement après chaque expérience exprimèrent des sentiments et des idées à tendance opposée sous l'influence du bleu et du rouge.

Sans entrer dans les subtilités des interrogatoires psychanalytiques, disons en gros que du côté du bleu les tendances étaient nettement marquées vers l'idéalisation,

vers l'euphorie et du côté du rouge, la tendance était aux sentiments plus agressifs, à travers lesquels se faisait jour une sexualité plus obsédante. En lumière blanche, les attitudes étaient intermédiaires.

### Conclusion.

- 1) La première conclusion est que le principe du dynamisme des couleurs est ainsi confirmé.
- 2) La deuxième c'est que, dans ce cas particulier du dynamisme des couleurs, les réflexes à la couleur (et cela c'est la première fois qu'on le démontre si bien) sont des réflexes de l'organisme tout entier, c'est-à-dire, qui intéressent les fonctions autonomes, l'activité physique du cerveau, et les sentiments subjectifs.
- 3) Le pouvoir dynamogène des couleurs dépend à la fois de l'intensité de la lumière et de sa longueur d'onde, car les expériences furent faites également en faisant varier les intensités.

Le Docteur GERARD en arriva même à proposer une théorie quantique. Il suppose que le pouvoir dynamogène de la lumière serait proportionnel au nombre de quanta lumineux (au nombre de photons), plutôt qu'à l'énergie radiante totale. C'est ce qui expliquerait qu'à plus faible énergie lumineuse, le pouvoir dynamogène peut être plus grand dans les longueurs d'onde élevées (1).

- 4) Le caractère différentiel des réflexes à la couleur s'accroît avec l'état d'anxiété manifeste du sujet, sans pour cela jamais changer de sens.

Cette deuxième conclusion est très importante car elle tranche, en même temps qu'elle explique, les divergences d'opinion qu'on peut rencontrer au sujet de l'influence des couleurs.

Faiblement ou fortement, consciemment ou inconsciemment, nous sommes soumis aux effets énergétiques des couleurs suivant la même loi de progressivité.

Quelques mots, sur les applications pratiques.

#### 1) en Psychiatrie

- A) La chromothérapie pratiquée sur des sujets atteints d'un état chronique d'anxiété pathologique peut, sans aucun doute, être utilisée comme thérapeutique de complément, car malgré cer-

(1) Nota : On sait que l'énergie d'un photon, suivant la loi de PLANK, s'exprime par la formule :  $\varepsilon = h \nu$  où  $h$  est une constante et  $\nu$  la fréquence — ou encore  $\varepsilon = h/\lambda$  où  $\lambda$  est la longueur d'onde.

Il s'en suit que pour des faisceaux de lumière de même intensité, les photons de la lumière rouge qui ont une énergie plus faible, seront en nombre plus élevé que dans la lumière bleue.

taines assertions, il faut considérer comme peu probable que cette thérapeutique puisse agir d'une manière durable à elle seule.

Les méthodes peuvent être fort diverses :

— lumière colorée surtout, mais aussi couleurs des surfaces, couleurs d'ambiance, couleurs des objets, couleurs des vêtements, etc... On peut même, dans certains cas, inviter le patient à imaginer des couleurs, ou on peut les lui suggérer au cours du traitement de base.

- B) Pour situer une personne dans l'échelle de l'anxiété manifeste, on peut la soumettre aux tests de la couleur, mesurer ses réflexes physiologiques. L'expérience prouve que cette méthode présenterait moins de causes d'erreurs que celles qui sont utilisées jusqu'ici.

#### 2) En hygiène sociale

Posons-nous maintenant la question finale :

En dehors des cas pathologiques de sensibilité extrême au dynamisme des couleurs, peut-on en justifier les applications ?

A-t-on intérêt, par exemple, dans l'organisation du travail à prévoir une coloration différenciée entre ateliers, bureaux, lieux de circulation, salles de loisir, infirmeries, réfectoires, etc... ?

A-t-on intérêt à colorer selon le même principe les hôpitaux, les écoles et tous les bâtiments publics ? C'est au bon sens qu'il appartient de répondre à cette question d'actualité. Les expériences du Docteur GERARD ont été faites, ne l'oublions pas, avec des lumières colorées, à l'exclusion de toute autre influence.

Dans quelle mesure, les couleurs des surfaces, les couleurs d'ambiance d'un local, où d'autres facteurs interviennent, exercent-elles leurs effets ?

Nous ne savons à ce sujet rien de précis et nous n'en saurons peut-être jamais davantage. Selon toute probabilité ces effets doivent être inférieurs à ceux des rayonnements directs, mais selon toute probabilité aussi ils ne doivent pas être négligeables.

Puisqu'il existe un sentiment universel du dynamisme des couleurs et que des investigations scientifiques en ont reconnu le bien fondé, ce serait une erreur, je pense, de n'en point tirer parti, surtout dans la coloration des locaux collectifs.

Sans doute, la loi du dynamisme des couleurs n'est-elle pas exclusive. Des associations d'idées, d'un caractère plus subjectif, peuvent venir en contrarier ou en renforcer les effets, car la couleur comme la musique est profondément évocatrice.

Cependant, face à des problèmes de couleurs d'ambiance qui concernent des collectivités de compositions

instables et complexes, des directives fondamentales sont nécessaires. Le principe du dynamisme des couleurs nous les apporte. Il est applicable à tous les types humains, aux plus sensibles surtout, et c'est sur les réflexes de ces derniers, même s'ils sont en minorité, que socialement il convient de se baser pour couvrir tous les cas, les sujets indifférents à la couleur étant, pour ainsi dire, hors de cause.

En dernière conclusion, il reste un gros problème, celui de la qualité du praticien, du coloriste-conseil chargé de l'application.

Il y a une erreur plus grave que celle de la méconnaissance théorique du principe fondamental que nous venons d'exposer. Cette erreur est de considérer le dynamisme des couleurs comme une formule simpliste enfermée dans un dogmatisme étroit et de le transformer ainsi en un système d'une apparence pseudo-scientifique, en reléguant au dernier plan des questions primordiales comme celles de l'harmonie des couleurs, de leur adaptation aux formes et pour tout dire de l'esthétique.

Le psychologue et le psychophysicien ont un rôle limité. En fait, c'est à l'artiste, s'il est muni des connais-

sances nécessaires, qu'il appartient de prendre en mains le problème des réalisations. C'est à lui de mettre en pratique avec toutes les interprétations nécessaires, avec toute la souplesse désirable, le dynamisme des couleurs. C'est à lui de faire jouer sa sensibilité, de trouver les doses qui conviennent, d'établir les rapports entre ces doses, de créer les harmonies qui les rendront assimilables, de rechercher en tous lieux les niveaux de coloration appropriés, qu'ils soient en agrément ou qu'ils soient en opposition fonctionnelle avec les niveaux lumineux ou les niveaux sonores. C'est à lui, en fin de compte, de faire du dynamisme des couleurs une technique subtile dépassant des données trop élémentaires.

L'amateurisme qui sévit trop souvent est, par conséquent, inadmissible. S'il est prouvé que la couleur a un rôle à jouer dans la vie, que son influence est un fait, il faut admettre « ipso facto » que celle-ci peut être bonne ou mauvaise et que l'arme, si l'on peut dire, est à double tranchant.

Faute de bien la connaître et de bien la comprendre, la couleur risque, à force de maladresses et d'extravagances, de devenir un véritable danger social.

# Couleur et forme linéaire

par S. DUMAREST,

Attachée au Centre National de la Recherche Scientifique (Paris).

## SOMMAIRE

*Une première tentative de test de l'influence réciproque de la forme linéaire et de la couleur a été effectuée à l'aide de schémas linéaires de tendance abstraite ou figurative revêtus de couleurs primaires assez saturées. Les résultats montrent une préférence généralement nette pour les dessins colorés où les différents niveaux de luminosité et de saturation mettent en évidence soit des symbolismes linéaires fondamentaux, soit l'objet conceptuel suggéré. Le rôle formel de la tonalité, variable beaucoup plus subjective et plus conceptualisée, semble de moindre importance.*

## SUMMARY

*The interrelations of Line and Colour are concerned in this paper. The results of a first experimental approach achieved on abstract and realistic schemes coloured with primary, rather saturated hues show the favour encountered by the colour patterns which emphasize either lineal symbolisms or conceptual forms throw gradual or opposite levels of lightness and saturation. The formal role assumed by tonality, a much more subjective and conceptualized, variable, does not seem so efficient.*

Les commentaires présentés ici le sont à propos d'un test sur dessins colorés dont les grandes lignes sont indiquées ci-dessous ainsi que les résultats généraux et l'interprétation qu'ils suggèrent. Ce test a été entrepris sur le conseil du Professeur Etienne Souriau avec la participation d'un public composite de près de 100 personnes.

L'observation quotidienne, fortuite ou systématique, et l'expérience méthodique montrent à l'évidence l'existence de symbolismes élémentaires d'origine perceptive, traduits dans le langage courant sous forme d'images verbales empruntées à l'un ou l'autre des divers domaines sensoriels (elles se réfèrent plus généralement au sens tactile).

Or les mêmes significations symboliques apparaissent non seulement dans des domaines sensoriels distincts mais, au sein d'un même domaine, entre des facteurs stimuliques intéressant des niveaux psychologiques supposés très différents. Il en est ainsi de la ligne et de la couleur qui structurent la perception visuelle. On parle par exemple de la *douceur* d'une ligne courbe ou d'une figure engendrée par des courbes, comme de celle d'une tonalité donnée désaturée peu ou prou (selon la tonalité) ou d'un ensemble de tonalités réalisant de faibles contrastes; on dénonce au contraire la *dureté* de lignes droites se coupant à angles aigus pour donner

une figure d'une netteté « coupantes », ou celle d'une couleur très saturée mais notablement lumineuse ou d'associations colorées très contrastées. On se déclare sensible à la *stabilité*, au pouvoir calmant ou même dépressif de lignes ou associations de lignes horizontales ou incurvées vers le bas, d'une couleur ou d'une association de couleurs « froides » ou très désaturées, qu'on oppose au *dynamisme* ou à la tonicité parfois excessive de lignes obliques ou incurvées vers le haut, d'une couleur ou d'une association de couleurs « chaudes » suffisamment saturées.

On pourrait donner bien d'autres exemples. Ceux-ci comptent parmi les plus typiques et les plus généralement admis. La plupart de ces transpositions symboliques semblent directement dérivées des propriétés psycho-physiques des stimuli évoqués, en d'autres termes de la réponse rétinienne et corticale au donné physique. Mais il est permis de penser que certains procéderaient plutôt d'associations archétypiques: les effets psychologiques opposés d'une même courbe selon que sa concavité est tournée vers le haut ou vers le bas ne paraît explicable que référée à des expériences ancestrales dont le schéma formel, associé indissolublement à une signification déterminée, subsiste dans le psychisme humain sous forme d'une donnée innée, immédiate et implicite.

Mais que se passera-t-il si des ensembles formels plus complexes associent des lignes et des couleurs revêtues de significations symboliques analogues, différentes ou même opposées ?

C'est ce que l'on a cherché à savoir à l'aide des dessins colorés qui vont être décrits.

Il s'agit de trois séries de dessins diversement colorés. Deux des schémas linéaires sont abstraits; ils ont été conçus en fonction des symbolismes élémentaires dont on a fait état plus haut et se situent à des pôles sémantiques diamétralement opposés.

L'un (A) est formé de courbes concentriques symétriques autour d'un axe vertical, l'autre (B) de droites non parallèles se coupant à angles aigus ou obtus. Le troisième (C) dérive du premier par des inflexions des courbes génératrices réalisées de manière à évoquer un motif figuratif naturaliste (fleur stylisée).

Ils ont été dessinés sur papier millimétré. Sur chacun d'eux, les lignes de composition délimitent trois surfaces égales entre elles : les surfaces totales des trois schémas ayant été calculées égales, l'égalité de toutes les plages à colorer s'ensuit nécessairement. Cela était indispensable pour éviter dans toute la mesure possible qu'un rôle prioritaire soit donné à la couleur dans la détermination des préférences : on sait l'importance des surfaces relatives dans la réalisation des équilibres chromatiques.

Pour la même raison, les couleurs ont dû être choisies telles que toutes leurs associations soient plaisantes à l'œil : elles étaient destinées en effet à être réparties sur les trois plages des différents dessins selon toutes les juxtapositions possibles. Au nombre de quatre, elles sont vives pour revêtir des significations extrêmes et groupées en deux triades : Bleu/Vert/Jaune et Bleu/Jaune/Rouge en fonction de l'opposition présumée des symbolismes attachés à la proximité ou à l'écart des tonalités.

On a donc en définitive six exemplaires de chacune des combinaisons de couleurs, soit douze au total pour chaque schéma linéaire.

Pratiquement ce sont des papiers colorés découpés selon tous les segments de surfaces prévus et juxtaposés sur carton de manière à remplacer les lignes de composition par de purs contrastes chromatiques.

Les propriétés optiques de ces couleurs ont été déterminées approximativement par comparaison visuelle avec des couleurs étalonnées.

Les tonalités du rouge et du bleu se trouvent être voisines de celles du rouge et du bleu étalonnés. Mais le Jaune est nettement plus citron. Quant au Vert, c'est un vert moyen à peu près équidistant du Vert-bleu et du Vert-jaune étalonnés.

Le Jaune est naturellement (et de beaucoup) la couleur la plus lumineuse. Le Vert vient ensuite, avec une luminosité environ deux fois moindre. Enfin le rouge et le bleu sont sensiblement aussi lumineux l'un que l'autre.

Le rouge est nettement plus saturé que les autres couleurs. Le vert paraît l'être nettement moins.

L'examen des échantillons (projetés en séance) qui ont fait l'objet d'une faveur ou d'une défaveur significatives, confronté avec les commentaires recueillis au cours du test, donne lieu aux remarques suivantes.

Si le schéma linéaire est abstrait, la préférence oscille entre deux pôles opposés selon que domine la préoccupation intellectuelle d'explicitier la forme globale et chacun des éléments de surfaces qui la composent ou la quête intuitive de significations communes aux différentes données formelles en présence.

Dans le premier cas, l'échantillon préféré est celui où la figure, bien cernée par une plage de couleur saturée mais assez peu lumineuse fortement contrastée avec la teinte ivoire du support cartonné, est nettement découpée dans tous ses détails grâce aux oppositions chromatiques violentes qui distinguent les deux plages extrêmes de la plage intermédiaire. Le motif du choix est alors clairement explicité par le sujet : ainsi, déclare-t-il, la figure est « bien dessinée ».

Dans le second cas, le plus fréquent si l'on en croit les résultats du classement général des échantillons, l'élu est celui où les contrastes chromatiques répondent aux caractéristiques dominantes du régime de lignes donné. On suppose dans ce cas qu'il y a une recherche d'accord des symbolismes formelles. Cette recherche n'est pas raisonnée, elle n'est même jamais consciente; la preuve en est que le sujet est généralement incapable d'indiquer le motif de son choix, l'avoue spontanément et s'en irrite parfois : tant est impérieux chez l'homme le besoin de motiver rationnellement ses démarches les plus affectives.

Si maintenant le schéma abstrait comporte des fragments de surfaces très conceptualisés (par exemple des figures régulières et bien connues comme le triangle ou le trapèze) que l'orientation du dessin met en vedette par surcroît, les préoccupations d'ordre cognitif peuvent devenir prédominantes et inciter le sujet à souligner à l'aide de la couleur les surfaces qui ont acquis pour lui une signification intellectuelle, au détriment des surfaces irrégulières sans définition théorique précise qui jouent alors le rôle de fond.

Il en est de même, et d'une façon beaucoup plus nette encore, si le schéma linéaire suggère un objet réel. Alors domine la référence figurative et le sujet recherche l'échantillon où les contrastes chromatiques soulignent au maximum la forme de l'objet suggéré, quel-



que flagrant que puisse être le désaccord des symboliques formelles; désaccord qui semble être implicitement ressenti par le sujet lorsqu'il ajoute par exemple : « je préfère quand même ça parce que le dessin est plus net, mais ce n'est pas beau ».

Ceci dit, il faut reconnaître qu'à l'exception des enfants (et surtout des enfants de 5 à 6 ans) qui se sont montrés par ailleurs également sensibles aux deux ordres de motivations, les adultes dans leur immense majorité ont manifesté une certaine répugnance à l'égard des dessins colorés testés, répugnance qui c'est traduite à la fois par la difficulté du choix et par les commentaires de certains. Les plus défavorisés étaient les schémas construits à l'aide de courbes; les autres, seuls dénommés « géométriques », étaient moins en raison de l'accord reconnu explicitement entre la « dureté » de la couleur et celle du dessin. Les enfants au contraire (et tout particulièrement ceux de 5 à 6 ans) ont constamment préféré les ensembles de courbes en dépit de l'opposition et de la vivacité des couleurs associées.

On ne peut épiloguer sur les aspects psychologiques de ces constatations à l'occasion de considérations qui se veulent limiter aux seuls problèmes formels soulevés par les relations réciproques de la couleur et de la ligne. Il est au contraire intéressant et d'ailleurs indispensable d'approfondir à ce point de vue formel le rôle respectif des variables chromatiques dans les équilibres chromo-linéaires.

A ce propos, il faut le reconnaître tout d'abord, les résultats généraux infirment l'hypothèse qui attribuait à la tonalité une importance formelle de premier plan. Quelles que soient les caractéristiques du dessin linéaire et en dépit du succès auprès de certains sujets d'échantillons présentant la combinaison bleu/vert/jaune (choix et commentaires favorables), c'est la combinaison bleu/jaune/rouge qui dans tous les cas a emporté à une importante majorité l'adhésion des sujets. Ce résultat inattendu recoupe les faits constatés lors du test initial, limité comme on sait à la couleur en soi, où l'on a déjà remarqué la subjectivité des préférences de tonalités : subjectivité liée non à l'arbitraire individuel mais à des variables de groupe psycho-physiologiques.

Le fait est là : la majorité des sujets n'ont pas aimé l'harmonie bleu/vert/jaune et tout particulièrement la juxtaposition bleu/vert qui leur était désagréable et lui ont préféré généralement l'autre, quelle que soit la discordance de celle-ci avec certains régimes de lignes. De nombreux commentaires ont d'ailleurs, dans des cas divers, mis en évidence l'importance prioritaire de la préférence de tonalités en soi, qui passe avant toute autre préoccupation formelle chez de nombreux sujets (enfants, sujets simples, sujets cultivés sensibles à la couleur). Si l'on en croit ces commentaires, qui montrent

en tout cas jusqu'à quel point cette variable de la couleur est conceptualisée, le rejet de certains échantillons a été motivé uniquement parce qu'ils montraient certaine juxtaposition de tonalités déplaisante pour le sujet (bleu/vert, bleu/rouge, vert/jaune et même parfois bleu/jaune).

Mais si les contrastes de tonalités ne jouent qu'un rôle secondaire dans l'harmonisation de la forme linéaire et de la couleur, il n'en va pas de même de la luminosité propre de celle-ci.

On sait la valeur formelle de ce facteur dans les équilibres chromatiques proprement dits (1). Mais il est surprenant de constater que son importance reste la même au niveau nettement plus complexe étudié ici. En fait, les contrastes lumineux semblent être les vrais responsables de toute modification dans l'efficacité visuelle ou symbolique du dessin d'une forme. C'est une suite de contrastes forts qui dessinent une forme linéaire ou accusent son caractère de dureté, d'asymétrie ou de dynamisme. C'est au contraire la progression régulière de la valeur de ces contrastes qui la fondent en un tout unitaire (parfois jusqu'à dissolution complète) ou sanctionne le caractère de douceur, de symétrie ou de stabilité du régime de lignes qui la réalise. Dans le cas particulier de juxtaposition de deux plages colorées de même luminosité (la juxtaposition du bleu et du rouge avoisine ce cas), c'est la saturation relative qui entre en jeu, et le contraste de saturation supplée au contraste lumineux : l'accent est mis alors sur la plage la plus saturée.

Cette réciprocité psychologique de la luminosité et de la saturation a déjà été notée dans le domaine purement chromatique, et les variations concomitantes de l'une et de l'autre pour une même couleur sont bien connues des physiologistes.

Les incidences psycho-physiologiques de la saturation sont également certaines (2).

Mais les expériences décrites ici semblent confirmer par surcroît la réciprocité esthétique de la netteté de la ligne et de la puissance de la couleur, déjà entrevue à la suite de quelques analyses d'œuvres d'art (3); en même temps qu'elles suggèrent une influence mutuelle des saturations relatives de deux plages colorées voisines et de leurs formes linéaires respectives, définies par les lignes de juxtaposition qui les délimitent.

(1) Voir : L'importance esthétique des relations mutuelles des variables psycho-physiques de la couleur. Communication présentée aux Deuxièmes Journées Internationales de la couleur. Toulouse, mars 1958.

(2) Ibid.

(3) Voir : l'Art abstrait, ses enseignements, ses suggestions. II. Les structures formelles et leurs résonances psychologiques. *Couleurs*, 3<sup>e</sup> trimestre 1958, n° 25.

Cette réciprocité semble la seule explication valable du désagrément visuel occasionné aux sujets par la vue des dessins très nets, soulignés par des couleurs très saturées, qui leur ont été soumis. Ce désagrément semble d'ailleurs varier avec la forme des surfaces colorées en présence. C'est ainsi que la juxtaposition de plages bleue et rouge de forte saturations délimitées par des courbes ne paraît pas avoir été désagréable. Au contraire les affirmations péremptoires de certains sujets laissent supposer que les mêmes couleurs vives sont pénibles à l'œil lorsqu'elles sont réparties l'une sur une surface à angles aigus telle qu'un triangle, l'autre sur celle qui lui sert de fond.

Ces interférences psychiques de la forme linéaire précise et de la couleur saturée, si elles se vérifient, peuvent sans doute être considérées comme dûes à un archétype visuel. Dès l'origine et sous toutes les latitudes, la nature s'est toujours présentée à l'humanité sous deux aspects essentiels : le spectacle diurne qui exalte les

couleurs mais dissout les formes ou les estompe dans l'intensité de la lumière diffuse; et le spectacle crépusculaire qui fait virer les couleurs au gris puis au noir, en même temps que les formes se précisent, se découpant durement en masses sombres au profil net sur le ciel encore clair.

Quoi qu'il en soit des résultats relatés ici, de leurs causes et de leurs développements possibles, il est probable que des travaux plus approfondis sur les complexes formels associant la ligne et la couleur permettront dans un avenir prochain des applications multiples dans les différents secteurs de l'Esthétique industrielle. Les commentaires présentés ici n'ont pas d'autre but que de suggérer d'autres recherches du même ordre, avec l'espoir qu'elles permettront la réalisation d'ensembles formels de plus en plus agréables, propres à embellir les spectacles quotidiens de notre vie et à leur conférer un peu de cette beauté aussi indispensable à l'être humain que l'air pur.

---

# Développement de l'esthétique dans les créations humaines

par Jacques FILLACIER,

Coloriste-conseil.

L'esthétique plastique, naguère, touchait le privilégié par le contenu de l'objet privilégié : rareté du matériau, somme considérable du travail mis en œuvre, et souvent le talent.

L'objet était unique, ou tiré à peu d'exemplaires, il atteignait rarement la collectivité, sauf l'art monumental (souvent princier ou religieux).

Il existait bien une bimbeloterie populaire charmante et naïve, mais l'esthétique laissait souvent la place à l'anecdote.

En ce milieu du XX<sup>e</sup> siècle, nous assistons à un transfert révolutionnaire, brutal et impératif de l'esthétique : confiné dans les extrémités des créations de l'homme, l'œuvre unique et le bibelot, de proche en proche, l'esthétique s'étend à toutes ses créations. On peut certifier qu'il n'existe plus de fabrication ne posant pas un problème au moins d'esthétique.

Il est grand temps d'ailleurs de se préoccuper de ce domaine, car l'homme rejetant la nature naturante, n'est plus environné que de ses propres créations. Dans quelle fange risquerait-il de vivre ?...

De plus, il faut le reconnaître, la maîtrise de la matière n'est plus un souci majeur pour l'industriel ou le fabricant; beaucoup de fabrications sont identiques ou d'égale valeur fonctionnelle, c'est l'esthétique alors, qui départagera les concurrents.

Nous rendrons ici hommage à notre ami Jacques Vienot (1), trop tôt disparu, qui a prévu avec une bonne génération d'avance, le magnifique feu d'artifice, que nous devons à l'esthétique industrielle, et plus généralement à l'« esthétique collectif ».

La fabrication ne s'adresse pratiquement plus qu'à la collectivité, il est impensable de supposer qu'un milliardaire se fait fabriquer des aspirateurs spéciaux. Le moteur de sa voiture est un moteur de série, et vraisemblablement sa brosse à dents s'achète chez le pharmacien. L'objet commun du commerce peut dépasser n'importe quelle création artisanale, si l'industriel veut bien s'en donner la peine. Certes, l'esthétique collectif est encore freiné par les problèmes de rentabilité, bien qu'ils ne soient pas toujours connexes : avec un même

métrage de cotonnade on peut créer une jolie robe ou une horreur. Il est aussi dans sa prime enfance, car il est lié aux problèmes psychologiques de l'homme, de son comportement, voire, du comportement de l'espèce.

Il est difficile de donner une définition à ce Janus, à ce Sphinx, avec lesquels, cependant certains êtres peuvent maintenir des contacts, soutenir une conversation : les artistes.

On peut cependant certifier que la science des rapports est fondamentale en esthétique, comme en mathématique, en cuisine ou en chimie.

La tâche principale de l'esthéticien est dans la modulation de ces rapports, et le contrôle de leurs interaction :

dans l'espace,  
dans le temps,  
dans la perception (psychologie) cérébrale - sensible,  
dans la relativité,  
dans la fonction.

Si pour un objet donné les exemples de réussites sont maintenant nombreux, rares sont les groupements d'objets esthétiquement réussis. En effet, dès que l'on aborde un certain nombre d'éléments groupés pour des raisons très valables : raisons fonctionnelles par exemple, on est frappé par le disparâtre de ces ensembles. L'usine en est un exemple typique.

Cet échec n'est imputable, ni à l'architecte, ni à l'ingénieur chargé de coordonner les implantations, ni aux esthéticiens qui ont dessiné les machines. Il vient du fait qu'il n'est pas encore (ou à peine) entré dans les mœurs d'envisager un ensemble comme un problème esthétique.

C'est l'avantage du coloriste-conseil d'avoir une vue d'ensemble assez complète d'un groupe industriel, avantage dû au fait qu'il est appelé à œuvrer le dernier, et que souvent il peut amener facilement une correction optique, sans entraîner trop de frais.

Il n'en reste pas moins vrai qu'un grand effort doit être fait dans le sens d'une coordination générale de l'esthétique des ensembles. C'est d'elle que naissent les « ambiances », les « climats », dans lesquels l'homme vit, bien ou mal.

(1) Jacques VIENOT, Président fondateur de l'Institut d'Esthétique Industrielle en France.

C'est le rôle capital des Congrès : resserrer les liens des praticiens, de métiers ou de disciplines différents leur permettant une meilleure compréhension de ce qu'ils doivent mettre en commun dans la réalisation d'une œuvre. Ce n'est pas chose aisée dans ce domaine, ou chacun à pris (depuis l'impressionnisme) l'habitude de ne parler qu'une langue : la sienne.

Nous portons à l'attention du Congrès une observation de psycho-physiologie relative aux valeurs esthétiques :

Des expériences récentes ont démontré que l'évolution de la fonction cérébrales est favorisée par des chocs physiologiques variés (sons, couleurs, lumières, etc.), à conditions évidemment qu'ils ne soient pas omnubilants.

Le choc rétinien en particulier semble très nécessaire à cette fonction. C'est vraisemblablement pourquoi

l'homme s'entoure d'une certaine quantité d'objets, dans les locaux où il a l'habitude de vivre. On peut admettre comme vraisemblable que la qualité esthétique de l'« objet-choc » qui s'imprime au passage sur la rétine, n'est pas indifférente à la forme même de la pensée de l'observateur.

En d'autres termes, un objet sans valeur esthétique, possédant une valeur sentimentale le poussera vers une forme de pensée sentimentale.

Si cette observation est juste, l'esthétique doit jouer un rôle de premier plan dans les préoccupations des hommes d'Etat dont la charge est de permettre à l'homme l'épanouissement de toutes ses possibilités.

A l'orée de l'*Année mondiale de la Santé mentale*, les esthéticiens méritent une attention très particulière; on la leur accordera certainement.

---

# Nouveauté en fabrication de verre à vitres inactiniques

par M. le Chanoine PINTE,

Vice-Président, Conseiller Technique du Centre de Recherches  
de la Soierie et des Industries textiles (Lyon).

## AVANT-PROPOS

Monsieur Max Terrier, Conservateur des Musées Nationaux à Compiègne, est à l'origine des travaux qui seront exposés dans ce rapport. Signalant le fait d'une excellente tenue des pièces de musée dans les salles éclairées en lumière du jour tamisée au travers des verres rustiques de couleur verdâtre, bien connus, il souhaite connaître le degré de protection des couleurs conférées aux teintures par ces verres.

Monsieur Escher-Desrivières, Ingénieur de Recherche attaché à la Direction Commerciale de la Compagnie St-Gobain, intéressé par ce problème, fit étudier par les verreries de St-Just-sur-Loire, la fabrication de verre inactinique, copie du verre de Compiègne, mais présentant l'avantage d'une transmission spectrale plus équilibrée et d'une absorption moindre de la lumière irradiante.

Des communications de qualité, nombreuses, ont déjà paru, qui traitent de la composition spectrale des sources lumineuses et de l'action de leur rayonnement sur les couleurs ou leurs supports.

Signalons un rapport de Monsieur J.J. Chappat, présenté en 1951 à la Compagnie Internationale de l'Eclairage à Stockholm, au nom du Comité français, sous le titre « Eclairage des Musées ». Il répond aux questions posées par le Sous-Secrétariat de cet organisme, à savoir : l'influence des diverses sources de lumière, solaire ou artificielles, sur les couleurs, et spécialement sur leur rendu et leur résistance à l'action dégradante en atmosphère oxydante ou humide. L'auteur du rapport aboutit aux conclusions suivantes :

Il ne constate pas de différence de dégradation de la couleur par irradiation du support coloré sous lampes à incandescence ou à fluorescence; elle n'est perceptible qu'après une exposition à concurrence de 500.000 lux/heures.

Par ailleurs, d'accord avec Taylor et Pracejus, il constate que l'élimination par filtrage des U.V. inférieurs à 4.000 Å ne modifie guère la cadence de la dégradation.

D'autres auteurs traitant du même sujet, se préoccupent plus spécialement de l'action de la lumière sur la matière support de la couleur.

Le document 68 de l'Institut National d'Essais de Stockholm, édité en 1935, a pour titre :

« De la faculté qu'ont les verres de couleur de protéger le papier contre les effets destructifs de la lumière solaire ».

Il s'agit dans le cas présent de la protection des archives et des livres d'une bibliothèque nationale.

L'auteur de cette publication, Sigurd Kohler, après des recherches qui ont eu pour objet la résistance de papiers de diverses qualités, exposés au rayonnement solaire filtré, ou non, par des vitres présentant des zones d'absorption appropriées, aboutit aux conclusions générales suivantes :

La lumière solaire filtrée par des verres ordinaires produit des effets destructeurs du papier, importants, qui se manifestent par une diminution de sa résistance, et spécialement au pliage.

Suivant cet auteur, la partie du rayonnement spectral agressif se situerait en deçà de 4.600 Å.

Si le verre ancien de tonalité verdâtre, exerce une action protectrice du papier, il le doit au fait que la zone nocive commence à peu près à la limite d'absorption de ce verre.

L'étude plus récente (1) du Dr J.B. Judd du Bureau du « Metropolitan Museum of Art », a trait plus spécialement à l'action du rayonnement des lampes fluorescentes sur les pièces de Musée.

On sait que les U.V. sont les responsables de la dégradation photochimique, tant des substances celluloseuses que protéiques. Les résultats des essais effectués dans les Laboratoires du C.R.S.I.T. (2) ont maintes fois démontré l'action dégradante de ce rayonnement même sur matière placée en tube de verre perméable aux U.V., dont le vide a été poussé jusqu'à  $10^{-5}$  mm de mercure.

(1) Dégradation des pièces de Musée par les Sources de lumière (N.B.S. Tech. News Bulletin, mars 1954, pp. 35-36).

(2) Centre de Recherches de la Soierie et Industries textiles à Lyon.

Ces résultats corroborés par ceux obtenus par le N.B.S. (3) sont les bases de la conclusion de Judd : ils montrent que la lampe fluorescente, blanc froid, n'altérant pas les couleurs fournit un éclairage excellent approchant la lumière du jour, presque sans radiations nocives, lorsqu'elle est employée *avec un filtre absorbant les rayons ultraviolets*.

C'est le même souci de préservation du support qui anime les chercheurs du National Bureau of Standards, chargés de rechercher les conditions optimum de conservation du précieux document original : « Déclaration d'Indépendance et Constitution des Etats-Unis » ;

Elles sont pour eux les suivantes :

- 1) Préservation des documents en atmosphère inerte;
  - 2) Filtre de protection vis-à-vis des radiations agressives;
  - 3) Eclairage suffisant pour la lecture des documents.
- Ils notent à propos du 2<sup>o</sup> : les études du N.B.S. permettent de conclure que la dégradation des documents du genre de celui de la déclaration d'indépendance est surtout imputable au rayonnement ultraviolet, et, dans le visible, aux radiations bleues et violettes.

Le filtre choisi par eux est un mince film d'acétate légèrement jaune, disposé entre deux glaces.

\* \* \*

Nous avons fort insisté, après les auteurs cités ci-avant, sur la dégradation photochimique du support, car il s'agit bien dans le cas qui nous occupe, de la conservation des pièces de Musée, tableaux, tissus, etc... et pas seulement de leur couleur.

En ce qui concerne cette dernière, le phénomène de sa dégradation n'est pas simple, car, à côté de l'action des radiations du spectre visible au maximum absorbées, différentes suivant la couleur de l'objet, il se complique d'actions chimiques d'oxydation, d'oxydoréduction, ou d'hydrolyse en atmosphère humide qui peuvent être catalysées par le rayonnement.

Nous limitons notre étude à la protection éventuelle de tissus teints, éclairés derrière des verres différents de composition chimique, par la lumière du Weather Ometer Atlas, fonctionnant en Fadéomètre, et filtrée par un globe en pyrex qui absorbe une bonne partie du rayonnement actinique de l'arc. Cette lumière serait assimilable à celle d'un soleil de juin, à midi, par ciel pur.

La quantité de flux lumineux, 1.600.000 de lux, reçue par chaque échantillon doit être la même, et c'est pourquoi nous avons été amenés à déterminer d'abord pour chacun des verres en essai leurs valeurs de transmission dans le visible, compte tenu des absorptions sélectives de ces verres différemment colorés.

On envisage comme effets de cette exposition à la lumière des tissus teints :

- l'altération de la couleur évaluée au photocolorimètre T.C.B., colorimètre à six filtres Wratten couvrant tout le spectre visible qui permet d'analyser, comparativement au type non exposé auquel est donnée par définition la valeur 100 dans chacune des colorations du spectre visible, la couleur de l'échantillon irradié;
- la dégradation photochimique du support tissu, appréciée par mesures dynamométriques sur Eclatomètre Lhomme & Argy, travaillant à la fois sur chaîne et trame. Nous avons choisi ce mode de mesure parce que le rayonnement s'attaquant à la fois à des zones non protégées et à des zones protégées par recouvrement des fils du tissu les uns par les autres, il nous est apparu devoir être le plus convenable pour une appréciation adéquate de l'altération physique du support tissu.

On procédera, par ailleurs, à des mesures comparatives du degré de polymérisation des cotons teints, exposés ou non à la lumière et de fluidité Howitt pour les échantillons de soie.

\* \* \*

## ANALYSE PHOTOCOLORIMETRIQUE DES VERRES

### *Principe de la mesure.*

Le flux lumineux de la source est reçu successivement à travers les six filtres du colorimètre sur une plaque de plâtre enfumée à l'oxyde de magnésium, laquelle le réfléchit sur une cellule photoélectrique reliée à un galvanomètre.

La première mesure consiste à recevoir le flux lumineux, sans interposition de verres, dans les conditions dites ci-avant, l'intensité du flux lumineux étant réglée par diaphragme de façon à obtenir la valeur 100 sur galvanomètre. Cette valeur servira d'étalon de comparaison.

On interpose alors, dans les mêmes conditions d'éclairage, chacun des verres à analyser et note les valeurs lues sur galvanomètre.

Elles seront évidemment inférieures à celles de l'étalon, car l'absorption partielle du flux par les verres abaisse les valeurs de transmission, absorption différente d'un filtre à l'autre si le verre est coloré comme c'est le cas des verres anciens.

La clarté moyenne des verres étudiés, c'est-à-dire la valeur moyenne de leur transmission de la lumière se déduit de la somme des six valeurs données par l'ana-

(3) National Bureau of Standards, Washington.

lyse photocolorimétrique. Elle servira de base à la détermination des temps d'exposition des tissus teints, en sorte que soit tenu compte de la transparence de chacun des verres à la lumière.

La durée d'exposition, sans interposition de verres, des échantillons teints au Weather Ometer a été de 40 heures ce qui représente 1.500.000 lux.

La durée d'exposition derrière verres a été augmentée à la proportion de la valeur d'absorption de chacun des verres en essai.

Les verres du type ancien qui nous ont été remis présentant de notables différences d'absorption, on a déterminé à partir de 3 échantillons de ces verres, une absorption moyenne, soit 38 %, et un temps moyen d'irradiation soit 55 heures.

On trouvera réuni dans le tableau suivant les résultats de nos essais, soit pour chaque type de verre étudié, ses valeurs de transmission et d'absorption de la lumière, données qui ont permis d'établir la durée de l'irradiation.

TABLEAU I

Type de verre	Valeur du pouvoir absorbant des U.V. en %	Valeur d'absorption de la lumière en %	Durée de l'irradiation en heures
Sans interposition de verre	0	0	40 heures
Verre ancien de tonalité verdâtre	88 %	38	55 heures
Verre inactinique St-Just	95,5 %	20,5	48 h 15
Verre à vitre ordinaire	12 %	7,5	43 heures

#### TISSUS TEINTS PREPARES POUR L'EXPOSITION A LA LUMIERE

On a fait choix, d'une part, d'un taffetas de soie léger, et d'autre part d'une toile de coton, l'un et l'autre tissu équilibré en chaîne et en trame, et, de ce fait, présentant une surface aussi homogène que possible au rayonnement de la lumière.

Le choix d'un tissu de nature protéique et d'un tissu de nature cellulosique nous permettra de comparer la dégradation photochimique subie par l'un et l'autre tissu sous l'action de l'irradiation.

Les teintures ont été effectuées sur ces tissus suivant les procédés classiques en colorants de bonne solidité, colorants chlorantine lumière pour le coton, benzyles et d'alizarine pour la soie, en 7 nuances couvrant le spectre du Violet au Rouge.

On s'est efforcé d'obtenir, pour ces teintures, par la variation des concentrations en colorant, des clartés moyennes assez voisines et proches du ton dit « critique » dont on sait qu'il représente le maximum de sensibilité à la lumière.

Les valeurs de transmission de la lumière des échantillons teints par comparaison au blanc de magnésium coté 100 dans toutes les radiations du spectre, ont permis d'établir pour chacun d'eux sa clarté moyenne.

*Tissu de soie* : elle est voisine de 30 % pour les nuances Violet, Bleue, Verte et Rouge, et s'élève jusqu'à 50 et 60 % pour le Jaune et l'Orangé.

*Tissu de coton* : elle est comprise entre 15 et 30 % pour les Violet, Bleu, Vert et Rouge, entre 40 et 60 % pour l'Orangé et le Jaune.

Les pourcentages de colorant par rapport à la matière, appliqués pour ces teintures, ont été :

##### Pour la soie

Violet Alizarine solide F R L	7 %
Bleu Alizarine solide R	5 %
Bleu solide pour drap B	2,5 %
Vert Benzyle solide G	2 %
Jaune Benzyle 5 G	2 %
Orange Benzyle solide G	2 %
Rouge Benzyle BN	4 %

##### Pour le coton

Violet Chlorantine Lumière 5 BLL	2,2 %
Bleu Chlorantine lumière 3 RLL	3 %
Bleu Brillant Chlorantine lumière 2 GLL	3,8 %
Vert Chlorantine lumière FGLL	4,6 %
Jaune Chlorantine lumière 5 GLL	1,3 %
Orange Chlorantine lumière TGLL	2,7 %
Ecarlate Chlorantine lumière BNLL	2,7 %

EXPOSITION A LA LUMIERE  
DES ECHANTILLONS TEINTS

Cette exposition a été faite, nous l'avons dit, sur appareil Weather Ometer Atlas, fonctionnant en Fadéomètre dans les conditions suivantes :

— Températures comprises entre 39 et 57° C, suivant la couleur de l'échantillon. Les températures d'échantillons exposés sur Insolamètre par franc soleil de juillet sont comprises entre 32° et 48° C.

— Humidité relative du tissu exposé, ramenée à 20° C = 15 %.

Dans le cas de l'exposition au soleil de juillet, elle oscille entre 10 et 12 %.

\* \* \*

4 échantillons ont été prélevés dans chaque série des 7 tissus teints, les uns de soie, les autres de coton.

Le premier a été irradié sans interposition de verre.

Le deuxième, derrière verre type ancien.

Le troisième, derrière verre inactinique St-Gobain.

Le quatrième, derrière verre à vitre ordinaire.

Les temps d'exposition ont été définis en fonction des valeurs de transmission de la lumière de chacun de ces verres (voir ci-avant : *Analyse colorimétrique des verres*).

\* \* \*

MESURE DE L'ALTERATION  
DE LA COULEUR

On l'effectue au colorimètre T.C.B. équipé de 6 filtres Wratten, couvrant tout le spectre.

On donne par définition à l'échantillon non exposé, pris comme étalon, la valeur 100 dans chaque bande du spectre.

L'altération de la couleur ayant pour conséquence la déformation de la courbe de couleur de l'échantillon exposé, l'aire comprise entre cette courbe et celle de

l'étalon représente la grandeur de l'altération et se chiffre par la somme des écarts à 100.

Un exemple pratique illustre cette proposition.

Soit le tissu de coton, teint en Violet Chlorantine lumière à 2,2 % et exposé au rayonnement du Fadéomètre, sans interposition de verre, pendant 40 heures.

L'analyse photocolorimétrique de cet échantillon par rapport au type étalon, non irradié, a donné :

TABLEAU II

	Violet 410	Bleu 460	Vert 530	Jaune 575	Orange 620	Rouge 680
Violet Chlorantine lumière 5 BLL Etalon non irradié	100	100	100	100	100	100
Echantillon exposé 40 heures au Fadéomètre	109	110	112	112	114,5	113

La somme des différences à 100 = 70,5.  
70,5 représente l'importance de la dégradation.

\* \* \*

Les 56 teintures exposées à la lumière dans les conditions ci-avant décrites, soit 7 × 4 pour la Soie, et

7 × 4 pour le Coton, ont été analysées au photocolorimètre et ont fourni 56 valeurs de dégradation; on les retrouvera ci-après dans un tableau d'ensemble des résultats de nos essais.



TABLEAU III  
Dégradation des teintures

	Dégradation absolue exposition sans interposition de verre	Dégradation après exposition :		
		sous verre ancien	sous verre inactinique	sous verre ordinaire (verre à vitres)
SOIE				
Violet Alizarine solide FRL 7 %	80,5	72,5	69	114,5
Bleu Alizarine solide R 5 %	125,5	73,5	82,5	110,3
Bleu solide pour drap B 2,5 %	80,5	27,7	28,5	70
Vert Benzyle solide G 2 %	109,5	75,5	77,5	120
Jaune Benzyle 5G 2 %	213,5	138	108	137,5
Orange Benzyle solide G 2 %	97,5	82	78,5	82,5
Rouge Benzyle BN 4 %	346	141	135	304
<i>Somme des valeurs de dégradation</i>	1.053	610,2	579	938,8
COTON				
Violet Chlorant. lum. 5 BLL 2,2 %	70,4	42,4	85,8	79,1
Bleu Chlorant. lum. 3 RLL 3 %	43,0	14,5	48,7	15,5
Bleu Brill. Chl. lum. 2 GLL 3,8 %	110	76,6	85	79,7
Vert Chl. lum. FGLL 4,6 %	90,5	58	28	78,5
Jaune Chl. lum. 5 GLL 1,3 %	194	110,3	41,7	138,8
Orange Chl. lum. TGLL 2,7 %	40,5	26	22,3	19,9
Ecarlate Chl. lum. BNLL 2,7 %	127	95	76,8	136,5
<i>Somme des valeurs de dégradation</i>	675,4	422,8	388,3	548

De l'examen de ces valeurs, il ressort que, d'une façon générale, la dégradation des teintures est plus importante sans verre qu'avec interposition de verre à vitre, qu'elle est encore diminuée si le verre à vitre est remplacé par le verre ancien, et enfin, que le verre St-Just a protégé les teintures de façon encore plus efficace que

le verre ancien.

Une seule exception très nette apparaît dans le cas du Rouge sur soie. La teinture rouge est nettement plus dégradée derrière le verre St-Gobain que sous les deux autres verres ou sans interposition de verres.

\* \* \*

#### MESURE DE L'ALTERATION DU SUPPORT DE LA COULEUR

On y a procédé suivant deux méthodes :

- l'essai sur Eclatomètre Lhomme & Argy, permet d'apprécier la résistance mécanique des échantillons exposés à la lumière par rapport à celle du témoin non exposé;
- la détermination du degré de polymérisation pour le coton et de la fluidité Howitt pour la soie, permet de définir l'ordre de grandeur de l'altération photochimique.

L'augmentation de la fluidité pour la soie est significative du nombre des coupures de chaîne protéiques qui la constituent, comme l'abaissement du degré de polymérisation est significatif de l'altération du coton par coupures de ses chaînes macromoléculaires.

Ces différentes mesures ont été effectuées après mise à l'équilibre des tissus en chambre de conditionnement réglée à 20° C, et 65 % d'humidité relative.

On trouvera dans le tableau IV, les résultats de nos mesures de résistance à l'éclatement.

TABLEAU IV

Résistance à l'éclatement

	PERTE DE RESISTANCE % par rapport à la résistance initiale			
	sans interposition de verre	sous verre ancien	sous verre inactinique	sous verre à vitre
<b>SOIE</b>				
Violet Alizarine solide FRL 7 %	53 %	34 %	17 %	35 %
Bleu Alizarine solide R 5 %	50 %	32 %	10 %	18 %
Bleu solide pour drap B 2,5 %	30 %	15 %	14 %	25 %
Vert Benzyle solide G 2 %	34 %	14 %	12 %	26 %
Jaune Benzyle 5 G 2 %	50 %	10 %	14 %	19 %
Orange Benzyle solide G 2 %	33 %	13 %	9 %	16 %
Rouge Benzyle BN 4 %	58 %	15,4 %	11,7 %	44 %
<i>Sommes des pertes de résistance %</i>	308 %	133,0 %	87,0 %	183 %
<i>Perte moyenne %</i>	44 %	19,0 %	12,0 %	26 %
<b>COTON</b>				
Violet Chl. lum. 5 BLL 2,2 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Bleu Chl. lum. 3 RLL 3 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Bleu Brill. Chl. lum. 2 GLL 3,8 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Vert Chl. lum. FGLL 4,6 %	0 %	4,2 %	0 %	2,8 %
Jaune Chl. lum. 5 GLL 1,3 %	0 %	10 %	4,6 %	4,8 %
Orange Chl. lum. TGLL 2,7 %	3,6 %	7,8 %	3,6 %	8,2 %
Ecarlate Chl. lum. BNLL 2,7 %	0 %	5,5 %	0 %	0 %

De l'examen des valeurs de résistance à l'éclatement il ressort :

- compte tenu des irrégularités de contexture de la toile coton, la perte de résistance par dégradation photochimique du coton est pratiquement nulle;
- le tissu de soie accuse, au contraire, des pertes de résistance importantes;
- d'une façon générale, la chute de résistance est plus importante, quand l'exposition est effectuée sans interposition de verre, puis sous verre à vitre, ensuite sous verre ancien, enfin, le verre St-Just apparaît protéger davantage le support soie que tous les autres verres.

On peut donc conclure, que d'une façon générale, la couleur, comme le support textile sont mieux protégés

par le verre inactinique que par le verre ancien, et mieux protégés par le verre ancien que par le verre à vitre. Cette action protectrice semble directement liée à l'absorption plus ou moins grande des U.V. par ces verres, absorptions qui sont, rappelons-le de :

- 12 % pour le verre à vitre;
- 88 % pour le verre ancien;
- 95,5 % pour le verre inactinique.

#### MESURE DE LA FLUIDITE DE LA SOIE

On a procédé, suivant la méthode Howitt, à la détermination de la fluidité de la soie, constituant les fils de chaîne et de trame des tissus, avant et après exposition à la lumière.

On trouvera dans le tableau V, les résultats de nos mesures :

TABLEAU V  
Fluidité de la soie

	Augmentation de la fluidité par rapport initiale			
	sans interposition de verre	sous verre ancien	sous verre inactinique	sous verre à vitre
Violet Alizarine solide FRL 7 %	61,5	47,5	36	59,5
Bleu Alizarine solide R 5 %	83,5	50,5	42,5	62
Bleu sol. pour drap B 2,5 %	52	28	18,5	35
Vert Benzyle sol. G 2 %	69,5	35	20	58
Jaune Benzyle 5G 2 %	51	21	18	32,5
Orange Benzyle solide G 2 %	72,5	27,5	34	36
Rouge Benzyle BN 4 %	73	51	34	71
<i>Valeur moyenne des augmentations des fluidités</i>	66 %	37 %	29 %	50 %

A l'examen des valeurs de fluidités, il ressort que, d'une façon générale, le verre imitation d'ancien a limité la dégradation photochimique de la matière soie. La protection par le verre ancien est presque aussi efficace.

L'interposition du verre ordinaire a conduit à une dégradation photochimique moins importante que par exposition directe des tissus à la lumière.

Ces résultats confirment ceux obtenus par la mesure de la résistance à l'éclatement des tissus exposés à la lumière.

On retrouve même l'anomalie précédemment signalée : dans le cas du tissu teint en rouge : la dégradation est plus importante sous verre imitation d'ancien ou sous verre ancien que sous verre à vitres.

#### DEGRE DE POLYMERISATION DES TISSUS COTON TEINTS

L'excellente résistance à l'éclatement des tissus coton teints après irradiation au W.O. permettait de prévoir un abaissement peu sensible du degré de polymérisation du coton des tissus exposés à la lumière.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons procédé à la détermination comparative de cette valeur pour quelques uns de ces tissus, soit le tissu témoin non exposé à la lumière et le même tissu exposé à la lumière, sans interposition de verre, derrière verre à vitre et derrière verre inactinique St-Gobain.

Les tissus choisis ont été :

Le tissu teint en Bleu chlorantine lumière 3 RLL, pour lequel on n'avait constaté aucune perte de résistance quelles que soient les conditions d'exposition à la lumière.

Ce tissu teint en Jaune chlorantine lumière 5 GLL, dont les pertes de résistance étaient de l'ordre de 0 à 10 % au maximum. On sait, en effet, que certaines teintures jaunes ou oranges sont susceptibles de dégrader le support.

Les valeurs du degré de polymérisation sont consignées dans le tableau suivant :

<i>Degrés de polymérisation des tissus coton teints exposés à la lumière du Weather Ometer.</i>				
		Sans interposition de verre	Derrière verre à vitre	Derrière verre St-Gobain
Bleu chlorantine lumière 3 RL témoin	2.235	1.899	1.917	1.996
Jaune chlorantine lum. 5 GLL témoin	2.216	1.922	1.903	1.834

## INTERPRETATION DES RESULTATS DE CES ESSAIS

Ils confirment le bien fondé de l'hypothèse émise ci-avant, car les abaissements de degré de polymérisation ne permettent pas de conclure à une dégradation sensible du support coton.

### CONCLUSIONS

L'étude dont nous présentons les résultats ne saurait prétendre épuiser le sujet.

L'analyse comparée des valeurs d'altération de la couleur, d'une part, de la dégradation du support d'autre part, suivant que les teintures ont été exposées à la lumière, derrière verres, ou non, devrait faire intervenir pour le commentaire détaillé des résultats, les valeurs de transmission de la lumière visible et invisible de chacun des verres dont l'équilibre est différent d'un verre à l'autre et les courbes colorimétriques de chacun des colorants utilisés pour les teintures, leurs propriétés chimiques et physiques, sensibilité à la chaleur par exemple.

Cependant, les résultats de ces essais sont suffisamment significatifs pour qu'on puisse en tirer les conclusions générales suivantes :

#### *Protection de la teinture.*

La protection de la teinture des tissus de soie par le verre inactinique à peu près égale dans quelques cas à celle du verre ancien, lui est supérieure pour les couleurs violette, jaune et orange.

La teinture des tissus de coton, bleue et violette, apparaît mieux protégée par le verre ancien que par le verre inactinique de St-Gobain, mais un avantage très

net de protection reste à ce dernier pour les autres couleurs.

Il y a lieu de rappeler ici qu'à éclairage égal de l'un et l'autre verre, le verre ancien absorbant 38 % de la lumière reçue et le verre inactinique 20 %, la clarté des objets éclairés sera diminuée dans la proportion de 38 contre 20 %; et, par ailleurs, ce qui est plus grave, la coloration verdâtre de la lumière transmise par le verre ancien altérera la vision des couleurs.

#### *Protection du support textile.*

Une remarque s'impose, dès l'abord, qui confirme des observations souvent déjà faites, la soie est particulièrement sensible à l'action photochimique du rayonnement visible et surtout invisible (U.V.), le coton l'est nettement moins.

Les essais de résistance donnent un avantage de protection très net aux tissus de soie irradiée derrière verre inactinique, par comparaison à ceux exposés derrière verre à vitre ordinaire; l'avantage reste encore au verre inactinique, par comparaison au verre ancien.

Les résultats des essais Howitt de fluidité des soies confirment dans l'ensemble ceux obtenus à l'essai d'éclairement.

En résumé, l'ensemble de nos essais permet d'aboutir à cette conclusion :

— transmission équilibrée de la lumière par le verre inactinique, absorption importante de l'ultraviolet nocif, absorption du visible nettement moins importante que celle du verre ancien, protection plus efficace de la couleur et de son support, caractérisent le verre inactinique de St-Just et affirment sa supériorité sur les autres verres.

# Nouvelles recherches expérimentales sur la protection des archives contre la lumière solaire, par l'emploi de vitrages spéciaux

par J. Escher DESRIVIERES,  
Docteur ès Sciences Physiques

et R. PETERI,  
Ingénieur-Docteur,  
Ingénieurs à la Compagnie de Saint-Gobain

et E. POULLE,  
Conservateur d'Archives à la Direction des Archives de France.

## *Préambule*

L'action nocive de la lumière sur la conservation du papier est un phénomène connu depuis très longtemps. Qui n'a d'ailleurs sa propre expérience en ce domaine?

La constatation d'un mal ne suffit cependant pas à le supprimer et un diagnostic précis est la condition nécessaire de la guérison.

Sans doute est-il indiqué de restreindre l'action possible de la lumière, solaire en particulier, par des solutions de bon sens : réduction des surfaces vitrées notamment (les grandes façades tout en fenêtres qui sont au goût du jour pour les habitations et les immeubles administratifs sont, du point de vue archivistique, une hérésie), utilisation raisonnée des différents types d'éclairage électrique, remplacement même dans certains cas, des rayonnages par des armoires. Mais on se heurte rapidement à d'autres problèmes (ventilation, coût de revient) qui rendent nécessaire l'étude systématique du problème et l'adoption d'un moyen de protection adéquat.

Deux études ont été faites à l'étranger avant la dernière guerre, l'une à Stockholm, l'autre à Washington.

Les essais réalisés dès 1910, mais surtout de 1930 à 1935, à la demande des Archives d'Etat de Stockholm par l'ingénieur SIGURD KOHLER et l'Institut National d'Essais (1), ont abouti à une détermination empirique des radiations les plus nocives pour les papiers, à savoir les rayons ultra-violettes de longueur d'onde inférieure à 3.600 Å, étant entendu que des rayons de longueur d'onde plus grande, ultra-violettes, violets et bleus, sont également, mais à un moindre degré, dangereux.

Une verre jaune-orangé au sélénium-cadmium fût proposé à l'époque comme conclusion de cette recherche.

(1) S. Köhler, Förmågan hos olika färgade Fönsterglas att skydda papper met solljusets förstörande inverkan, dans « Teknisk Tidskrift », juillet 1935 ; réimprimé par le Statens Provning-Sanstalt, publication 68.

Le problème posé au National Bureau of Standards de Washington par le bibliothécaire du Congrès était très précis : trouver une protection définitive de la Déclaration de l'Indépendance et de la Constitution des Etats-Unis qui permit de continuer à exposer ces précieux documents à la vue du public dans une vitrine de la Bibliothèque du Congrès, le recours à des facsimilés étant exclu pour des raisons sentimentales.

La démarche du Bureau of Standards était donc claire : déterminer toutes les causes de détérioration du papier (lumière, variations de température, etc...) et concevoir un type de vitrine qui éliminât chacune d'elles.

Les travaux de laboratoire permirent de mettre au point un type de vitrine idéal, mais dont le prix de revient était prohibitif.

Nous en retiendrons toutefois l'établissement de la courbe optima de transmission lumineuse d'un verre protecteur, ce verre comportant la suppression totale des rayons ultra-violettes, ainsi que les rayons violets du spectre visible (2).

Soucieux de trouver au problème posé par l'action de la lumière solaire une solution de compromis entre les impératifs techniques et un prix de revient raisonnable, les Archives de France entrèrent en relation avec la Chambre Syndicale du Verre Plat et la Compagnie de SAINT-GOBAIN, dont les Services compétents se trouvaient précisément saisis de problèmes analogues par des amateurs d'art, des collectionneurs et des conservateurs de musées, et notamment, M. Max TERRIER, Conservateur du Palais de Compiègne.

Ce dernier avait constaté la meilleure tenue d'estampes du XVIIIème siècle, protégées par des verres de même époque, par rapport à des pièces analogues pour lesquelles des accidents avaient nécessité le remplacement ultérieur des verres de protection par des verres plus modernes et plus blancs.

(2) Preservation of the Declaration of Independence and the Constitution of the United States, circulaire 505 du N.B.S., du 2 juillet 1951.

L'analyse des verres anciens et leur étude spectrophotométrique montrèrent que ces verres fabriqués avec des matières premières impures étaient pratiquement opaques aux rayons ultra-violet. C'était là une indication précieuse. Toutefois, après enquête faite, il apparut que des recherches nouvelles devraient être entreprises afin de trouver, si possible, des solutions verrières, d'ailleurs très variables selon les cas posés, correspondant aux exigences des différents usagers. En tous cas, la fabrication industrielle de vitrages peu colorés opaques aux rayons ultra-violet est parfaitement possible. Telles furent les conclusions de l'exposé sur ce problème qui fût fait par l'un de nous à la 1<sup>re</sup> réunion internationale organisée par le Centre d'Information de la Couleur, à Amiens, en mai 1957.

A la suite de cette réunion, les services compétents de la Direction des Archives de France décidèrent de procéder en ce qui la concernait à des recherches nouvelles en collaboration avec la Compagnie de SAINT-GOBAIN, à charge pour celle-ci de fournir des vitrages spéciaux réalisés à cette fin à titre d'essais.

Dans cette communication nous donnerons un compte rendu de ces recherches qui furent menées à bien au cours de l'année 1958.

#### *Principe des essais*

En principe il fut décidé d'effectuer des essais accélérés dans des conditions aussi conformes que possible

à la pratique courante, par le choix des échantillons testés et de l'illuminant.

Une salle des Archives de l'Oise, sise dans une dépendance de la Préfecture de Beauvais, fut mise à notre disposition. Elle comporte au 1<sup>er</sup> étage une façade orientée au midi, sans obstruction notable, percée de plusieurs fenêtres à la suite les unes des autres. De part et d'autre, des casiers étagés perpendiculairement à la façade ménagent des petites loges qu'il était facile de rendre hermétiques à la lumière latérale.

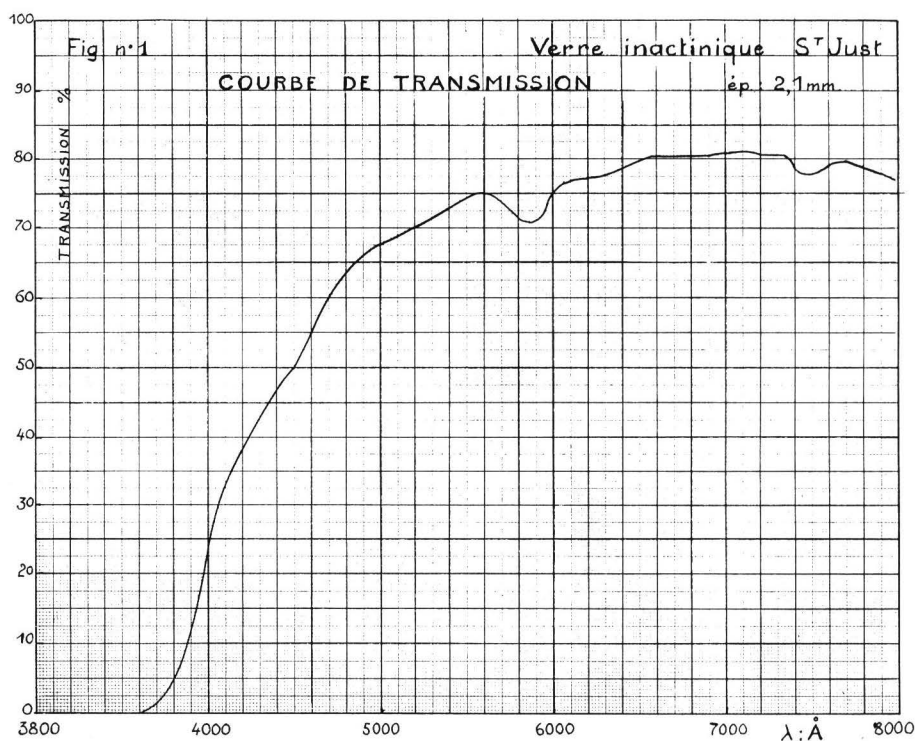
Le principe de la recherche a consisté à équiper deux fenêtres avec des vitrages spéciaux, la 3<sup>me</sup> demeurant telle quelle, vitrée en ordinaire, et à exposer sur des panneaux en bois parallèles aux fenêtres, à 1 m 80 environ de chacune d'elles, des échantillons convenablement choisis durant un temps suffisamment long.

Il a été convenu qu'ensuite les échantillons, ainsi que les témoins maintenus à l'obscurité, seraient adressés à un laboratoire spécialisé pour examen.

Il va de soi que ce mode d'investigation constitue des essais accélérés puisque, étant donné la mise en place particulière des échantillons, ceux-ci étaient soumis à l'action de la lumière naturelle, et notamment du soleil direct, dans des conditions exceptionnellement rigoureuses, jamais observées dans la pratique.

#### *Les verres spéciaux.*

Nous avons tout d'abord porté notre choix sur un verre fabriqué à notre demande par la Verrerie de



SAINT-JUST-sur-LOIRE, verre répondant à certains critères fixés par nous. Ce verre, livré sous 2 à 3 mm d'épaisseur, qualité verre à vitres par conséquent, est très légèrement coloré en vert jaunâtre. Il est à peu près complètement opaque aux rayons ultra-violet solaires pour lesquels le verre à vitres ordinaire de fabrication moderne est, dans un très large domaine, transparent (voir courbe N° 1).

Le verre inactinique de SAINT-JUST par ses propriétés spéciales, comme d'ailleurs par son aspect relativement grossier, s'apparente très nettement au verre à vitres fabriqué au 18<sup>me</sup> siècle, car son mode de fabrication est celui utilisé par la Verrerie de SAINT-JUST pour la fabrication des verres antiques qui sont l'une de ses spécialités.

D'autre part, nous avons tenu compte du fait que les échantillons devaient être irradiés directement par le soleil dans des conditions — nous le répétons — particulièrement sévères et inhabituelles.

En conséquence, nous avons pensé qu'il convenait aussi de mettre à l'épreuve un vitrage qui joindrait aux propriétés absorbantes pour l'ultra-violet du verre inactinique, un pouvoir de diffusion élevé, afin de réduire l'éclairement global des échantillons à un niveau voisin de ce qu'il aurait été si ces échantillons avaient été exposés par exemple au nord.

A cet effet, nous avons réalisé à titre expérimental un vitrage « THERMOLUX » spécial, dont l'un des éléments est fait de verre inactinique.

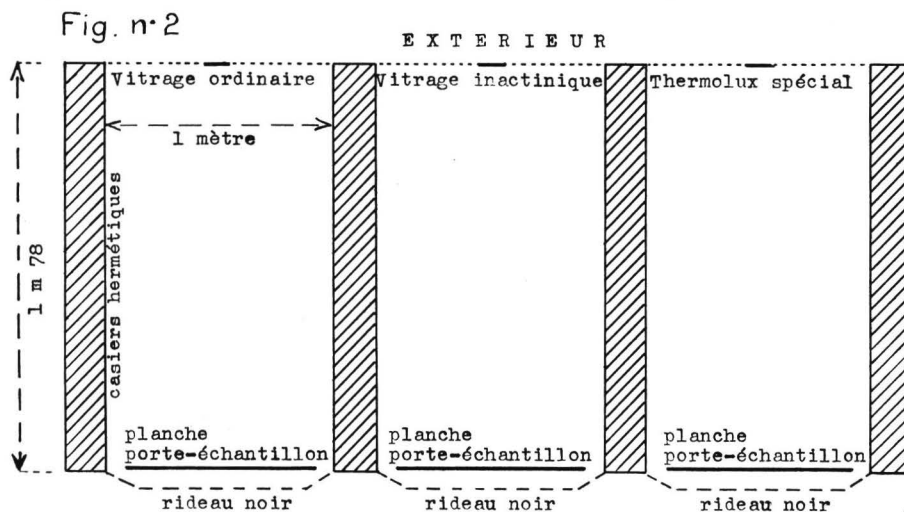
Nous signalons que sous le nom de vitrage « THERMOLUX », on désigne un vitrage translucide, de fabrication courante en France et dans plusieurs pays de l'Europe Continentale, constitué par deux feuilles de verre à vitres entre lesquelles est interposé un feutre de fibre de verre qui lui confère des propriétés diffusantes élevées.

Le facteur de transmission globale de ce vitrage pour l'énergie solaire totale (infra-rouges compris) est de l'ordre de 50%.

#### Nature des échantillons

Les essais ont porté sur différents échantillons de parchemins des XII<sup>e</sup> au XVII<sup>e</sup> siècle, et de papiers des XV<sup>e</sup> au XX<sup>e</sup> siècle, et notamment sur :

- un échantillon de papier journal 1957 (référence L)
- un échantillon de papier registre 1<sup>re</sup> moitié du XIX<sup>e</sup> siècle (référence E)
- un échantillon de papier d'impression 1942 (référence H).



#### Réalisation

Le graphique ci-joint est un schéma du montage. Les cotes sont indiquées sur le dessin.

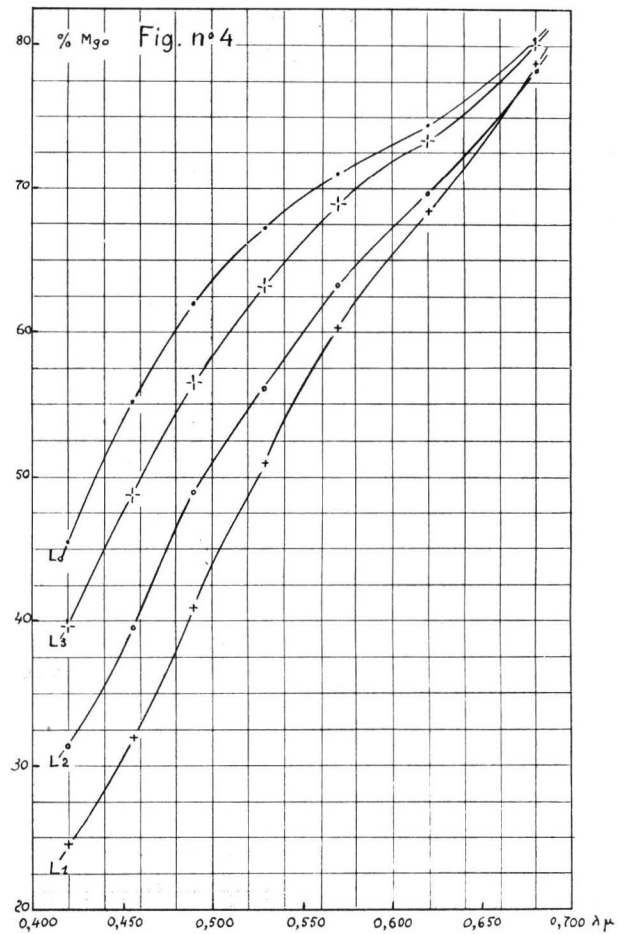
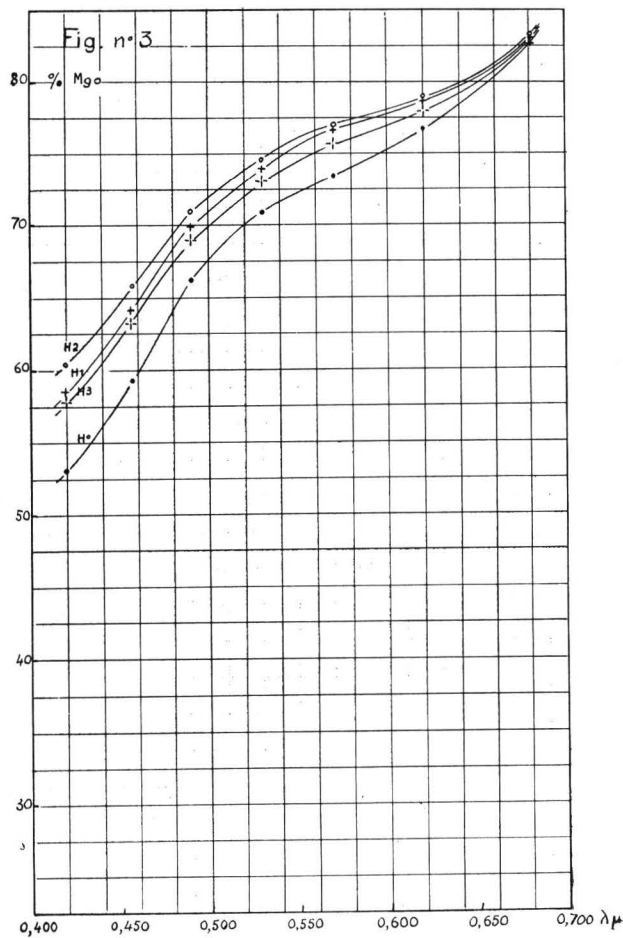
À titre complémentaire, signalons que les fenêtres sont des fenêtres ordinaires de type courant en France.

Ainsi qu'il est indiqué, les échantillons étaient fixés sur des planches à 1 m 78 de la façade. Un rideau noir assurait l'étanchéité de la petite loge en interdisant la pénétration de la lumière marginale.

#### Observation qualitative.

Après un an environ d'exposition à la lumière, nous avons constaté que tous les échantillons avaient blanchi, à l'exception du papier journal (référence L) qui avait jauni.

Pour ce type de produit il était visible que les pièces protégées par des vitrages spéciaux avaient subi une modification de couleur beaucoup moins accentuée que l'échantillon protégé par un verre à vitres ordinaire.



#### Examen de laboratoire.

Les papiers traités ont été adressés pour examen au Laboratoire d'Analyses et d'Essais de l'Ecole Française de Papeterie, à Grenoble, ainsi que les témoins correspondants maintenus dans l'obscurité.

Malheureusement, l'étude n'a pu porter sur l'ensemble des échantillons en raison des dimensions insuffisantes des pièces, les plus anciennes.

Tout compte fait, l'examen a porté, comme il a été dit plus haut, sur le papier journal 1957, le papier registre 1<sup>re</sup> moitié du XIX<sup>e</sup> siècle et le papier d'impression 1942.

Voici les résultats commentés des examens de laboratoire qui ont été exécutés :

#### 1) Courbes de réflexions spectrales (2, 3 et 4).

Elles ont été établies à l'aide de l'appareil ELREPHO de la Maison ZEISS.

Ces courbes expriment en pourcentage les réflexions spectrales rapportées à celles d'un échantillon étalon ZEISS d'oxyde de magnésium (valeur 100).

Nous les publions ci-contre.

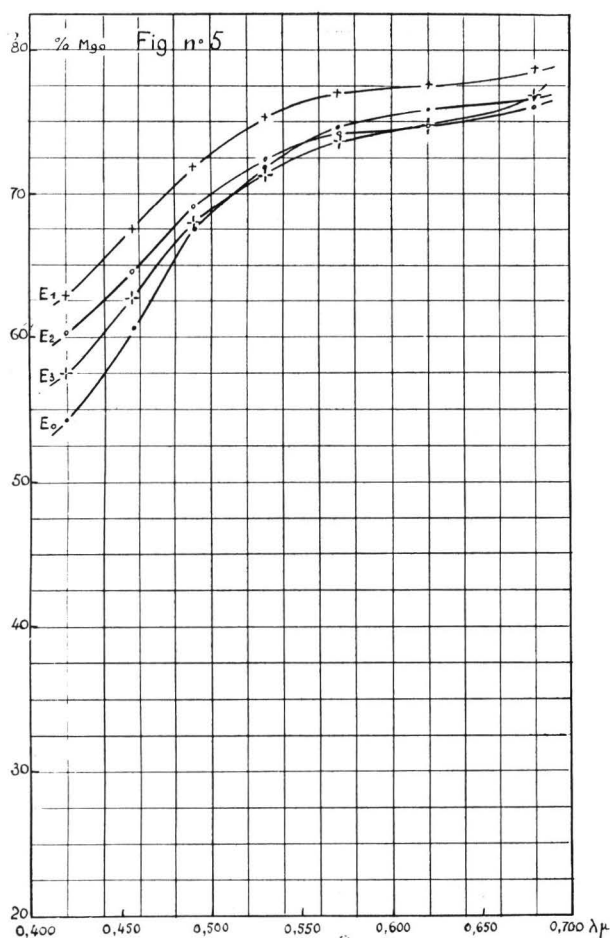
Voici d'autre part à titre de complément les valeurs (moyenne 2 faces) de la réflexion diffuse des échantillons rapportée à celle de l'étalon blanc pour la radiation de longueur d'onde 457 m $\mu$ .

Ces valeurs donnent la mesure de la blancheur AFNOR des échantillons :

TABLEAU 1.

	Témoins	Vitre ordinaire	Verre inactinique	« Thermolux » spécial
Echantillon L	56,0	37,5	44,2	50,5
Echantillon E	59,5	64,3	66,3	63,6
Echantillon H	61,0	67,8	64,7	63,0





On constate que le papier journal, sous l'action de la lumière, jaunit très nettement et que les vitrages spéciaux réduisent fort appréciablement le processus d'altération chromatique.

Les autres papiers blanchissent au contraire. Les modifications de teintes sont relativement peu accusées pour les pièces protégées par un « THERMOLUX » spécial. Pour l'échantillon E les variations de teintes

observées sont très voisines, quel que soit le vitrage qui filtre les rayons lumineux.

## 2) Résistance mécanique.

Parmi les caractéristiques mécaniques des papiers, c'est la résistance au pliage qui reflète le mieux la dégradation subie par la cellulose, matière essentielle de constitution des papiers, sous l'action d'un agent quelconque, et notamment de la lumière.

Cette propriété dépend en effet de la souplesse et de la robustesse des fibres individuelles. Elle est exprimée en principe par le nombre de doubles plis, un pli vers l'intérieur, un pli vers l'extérieur, qu'une bande de papier soumise à une certaine tension supporte sans se casser.

Selon la qualité des fibres, le traitement qu'elles ont subi au cours de la fabrication du papier, ce nombre de doubles plis varie entre des limites très larges : de quelques unités pour un papier journal, il passe pour une même tension à plusieurs milliers pour les papiers KRAFT, et même au million pour les papiers à base de fibres synthétiques.

L'éventail des valeurs est donc très large. Malheureusement la dispersion des résultats l'est aussi.

Toutefois, bien heureusement, l'expérience montre que si l'on compare différents échantillons, ce n'est pas la connaissance du chiffre exact qui est importante, mais celle des ordres de grandeur. On peut alors exprimer les résultats par les logarithmes des nombres de doubles plis. Bien entendu les résultats dépendent dans une large mesure des tensions exercées.

Pour de simples motifs de commodité et de précisions expérimentales, dans le cas qui nous intéresse, le Laboratoire a utilisé pour les 3 sortes de papier des tensions différentes. Ce fait exclut la possibilité, d'ailleurs sans intérêt dans le cas actuel, de comparer les 3 papiers entre eux, abstraction faite de toute exposition à la lumière.

Le Tableau 2 exprime clairement les résultats enregistrés :

TABLEAU 2.

Echantillons	Tension en grammes	Logarithmes nombre de doubles plis			
		Témoin	Vitre ordinaire	Verre inactinique	« Thermolux » spécial
L	180	3,7	3,3	3,6	3,6
E	480	3,1	2,1	2,1	2,6
H	280	2,8	2,7	2,7	2,7

Tout compte fait, dans le cas du papier journal, les deux verres spéciaux apportent une solution satisfaisante. Ils suppriment presque intrégralement l'action néfaste des rayonnements.

Pour le papier registre, le verre inactinique ne semble pas apporter d'amélioration. Le « THERMOLUX », par contre, constitue une protection efficace, sinon complète.

Quant au papier d'édition, l'action d'une exposition sous verre ordinaire est trop faible pour qu'un effet protecteur puisse être mis en évidence.

### 3) Indice chimique.

Sous l'effet des rayonnements nocifs, la cellulose, comme d'autres produits organiques, s'oxyde et, sous l'action conjuguée de ces rayonnements et de l'humidité de l'air, s'hydrolyse ou se dépolymérise.

L'importance de cette dégradation est mise en évi-

dence par la variation de l'indice de cuivre. L'indice de cuivre d'une cellulose, d'une pâte papetière, ou encore d'un papier, est la quantité de sel de cuivre, réduit de l'état cuivrique à l'état cuivreux, exprimée en grammes de cuivre, par 100 grammes de matière fibreuse.

Ce pouvoir de réduction d'une pâte papetière provient de la présence de deux produits de dégradation : l'oxycellulose et l'hydrocellulose, comportant tous les deux des fonctions CHO.

Dans le cas des oxycelluloses, la présence de ces fonctions est due à l'oxydation des fonctions  $\text{CH}^2\text{OH}$ .

Dans celui des hydrocelluloses, c'est la coupure des ponts d'oxygène qui relie les noyaux glucosiques, éléments de base des macromolécules de cellulose, qui donne naissance à la fonction aldéhydique.

Les 3 échantillons soumis à l'examen accusent les indices de cuivre suivants :

TABLEAU 3.

<i>Echantillons</i>	<i>Témoins</i>	<i>Vitre ordinaire</i>	<i>Verre inactinique</i>	<i>« Thermolux » inactinique</i>
Papier journal	1,8	5,0	3,6	2,4
Papier registre	1,2	3,0	1,8	2,0
Papier d'édition	1,5	2,9	2,4	2,0

On constate des différences bien plus importantes dans les indices chimiques que dans les caractéristiques mécaniques.

Si les conclusions générales sur l'effet protecteur des verres ne changent pas pour autant, l'action plus efficace du verre « THERMOLUX » est mise en évidence.

Le résultat obtenu pour le papier registre doit être considéré comme aberrant.

### Conclusion.

La conclusion de ces essais ne peut être que provisoire à défaut d'un nombre suffisant d'échantillons d'origines différentes soumis à l'examen.

En effet, si la matière première essentielle d'un papier est la cellulose, il contient aussi des matières accessoires en général moins stables, dont la nature et la proportion varient selon la variété du papier.

Les traitements que la cellulose a subis au cours de sa purification, la cuisson, le blanchiment, influent également sur la stabilité du produit fini. Bien mieux, dans certains cas, la cause de la fragilité particulière d'un papier est d'origine plus lointaine encore. Une conservation défectueuse de la matière végétale entre sa récolte et sa transformation peut conduire, par exemple, à une amorce de dépolymérisation de la cellulose.

On peut néanmoins affirmer, à s'en tenir aux échantillons de natures différentes soumis à notre examen,

que l'emploi de vitrages spéciaux éliminant les rayons ultra-violetes solaires, apporte une protection très efficace des papiers, dont la dégradation chimique est fortement atténuée, de moitié en moyenne, par rapport à ce qu'elle est lorsque les mêmes papiers sont simplement protégés par un vitrage ordinaire.

Les phénomènes de vieillissement n'étant pas linéaires en fonction du temps, mais leurs courbes représentatives étant asymptotiques, la vie des documents ainsi protégés est non pas doublée, mais au moins quintuplée, ou peut-être décuplée.

L'effet favorable des verres « THERMOLUX » met notamment en évidence la nécessité absolue de supprimer toute insolation directe des documents à conserver. La meilleure illustration de la protection qu'apporte l'emploi d'un vitrage « THERMOLUX » spécial (inactinique), c'est-à-dire l'éclairage par une lumière diffuse très pauvre en rayons ultra-violetes, est le degré de jaunissement à peine appréciable d'un papier journal, dont l'instabilité colorimétrique est notoire.

Les résultats de ces essais qui confirment et précisent les expériences faites en Suède et aux Etats-Unis, apportent dès à présent une aide à ceux dont la tâche est la conservation des documents. Mais cette série d'essais n'est qu'une première phase d'une étude qui se poursuit à l'heure actuelle et dont les conclusions, espérons-le, apporteront de nouveaux éléments favorables au problème de la sauvegarde des documents.

II<sup>e</sup> Partie

**TEXTES DES COMMUNICATIONS**

---

SECTION 4

**Enseignement de la Couleur**



# Les problèmes que pose l'enseignement de la Science de la Couleur

par Mr. l'Abbé Jacques PETERS,

Professeur à l'Université de Louvain.

Messieurs,

Dès l'ouverture de cette section consacrée à l'enseignement de la couleur, je tiens à rendre hommage aux organisateurs de ce Congrès qui ont compris qu'à notre siècle la Science ne reste plus pendant des années un domaine réservé aux seuls initiés.

A partir du moment où des données scientifiques certaines sont acquises les chefs d'industrie les plus clairvoyants tâchent de s'en accaparer dans l'espoir de marquer ainsi une avance sur leurs concurrents. L'histoire industrielle montre comment les plus habiles ont pu traduire les efforts d'avant-garde qu'il faisaient dans les marges bénéficiaires de leurs sociétés.

Le processus s'accéléralant, l'industrie ne peut plus attendre que de jeunes générations sortant des écoles lui apportent les disciplines nouvelles, elle exige que son personnel fasse l'effort d'adaptation nécessaire pour assimiler et confronter avec la pratique journalière les vérités nouvellement acquises.

Le problème de l'enseignement de la Science de la Couleur se pose au niveau des jeunes générations, qu'il faut enseigner, mais aussi à celui des générations en place qu'il faut en outre convaincre.

Aussi je tiens à rendre hommage à l'œuvre accomplie par Messieurs Fleury, Legrand, Wright, Richter et Judd, dont les noms constituent les fondements même de la colorimétrie, et qui n'ont pas cru devoir ériger leur science en tour d'ivoire inaccessible au commun des mortels. A côté de leurs travaux de laboratoire, de leurs monographies et articles scientifiques, en marge de leur enseignement universitaire, ils ont organisé eux-mêmes ou avec la collaboration de leurs anciens élèves un enseignement orienté vers les applications industrielles de la science de la Couleur. Ils ont en outre fourni dans leurs ouvrages de synthèse un point de départ accessible et scientifiquement valable à un enseignement de vulgarisation.

Je les remercie d'avoir bien voulu participer aux travaux de cette section. J'adresse également mes remerciements aux divers orateurs qui veulent bien nous com-

muniquer le fruit de l'expérience acquise dans leurs pays respectifs.

Car deux problèmes se posent :

Que faut-il enseigner ?  
et comment l'enseigner ?

Si l'enseignement en soi est chose difficile, celui de la couleur est particulièrement délicat, car il exige du maître à la fois qu'il parle et qu'il se taise.

Ce que l'enseignement dira, c'est que la couleur se mesure, mais il faut aussi qu'il dise que la mesure n'est pas tout.

Au début du siècle l'industrie pouvait encore sans s'émouvoir laisser Poincaré s'exclamer : « Ce qui ne se mesure pas ne peut être objet de sciences », aujourd'hui c'est Nicolau qui ajoute : « Plus que l'homme instable de naissance et capricieux la mesure est capable d'assurer la stabilité sur laquelle se fonde dans la production mécanisée le maintien de la qualité ». (1).

*Tout processus de mesure s'efforce de rendre le résultat uniquement dépendant de l'objet mesuré* ou mieux encore de la seule qualité considérée. C'est pour cela que la mesure se dit objective. Cela permet de procurer à l'homme un langage commun. Mais pour se faire le processus de mesure isole l'objet de l'ambiance et du milieu, et rend l'opération indépendante du sujet, car la mesure se refuse d'être subjective et par cela même elle devient le terme d'une abstraction.

C'est dans cet esprit que la C.I.E. nous fournit l'observateur normal, l'illuminant normalisé et les trois couleurs fondamentales.

Finalement le processus de mesure d'une couleur réel- le consiste à déterminer les proportions de couleurs primaires inexistantes, qu'il faut mélanger pour qu'un observateur né du calcul statistique éprouve la même sensation colorée sous un éclairage qui ne se retrouve que rarement. C'est la première chose à enseigner.

Faire admettre à celui qui admire un coloris ou qui le compare visuellement à un autre, qu'il lui sera impossible de comprendre ce qu'il voit, de l'exprimer en termes intelligibles et de le communiquer de façon

(1) Notes des Journées d'Etude : « Mesure et Connaissance », Paris 1957, p. 4.

univoque sans passer par la mesure, c'est là que gît la première difficulté.

Cette démarche est cependant caractéristique de la pensée humaine, et se retrouve dans n'importe quel processus de mesure. Lorsqu'on mesure une longueur on sait que les traits mêmes ou les surfaces terminales par lesquels on prétend la définir, ne font que matérialiser très grossièrement un concept purement géométrique insaisissable dans la matière.

C'est la raison pour laquelle qui parle mesure dit erreur et tolérance. Il est frappant de constater que l'on se heurte aujourd'hui à l'égard de la colorimétrie industrielle exactement aux mêmes préjugés et aux mêmes difficultés que ceux qu'on rencontrait, il n'y a pas encore si longtemps lors de l'introduction de la métrologie dans l'atelier de mécanique. Il fut un temps où l'on parlait d'une légère passe, d'un coup de lime, d'un fin rodage..., là aujourd'hui on dit micron ou micro-inch. De même on parle aujourd'hui d'une touche de vert, d'une pincée de rouge, d'un soupçon de bleu. Et devant l'apprenti, qui ne comprend pas, le contremaître de répondre : « Ce sont les secrets du métier, il faut le coup d'œil et le doigté ».

C'est à l'enseignement que revient la tâche de retourner la situation en enseignant la base physique et la mesure objective. Pour qu'on se comprenne il faut pouvoir parler le même langage, libéré du « je » envahissant et il faut pouvoir chiffrer sa réponse.

\* \* \*

Mais l'enseignement doit ajouter que la mesure n'est pas tout. Car l'univers mesuré est un univers abstrait, dans lequel ni l'ambiance, ni l'observateur n'ont part. Tandis que l'univers observé est un univers structuré dans lequel l'ambiance et l'observateur sont intégrés.

Il y a longtemps que la psychologie moderne a montré que l'univers auquel nous avons part ne peut se décrire par la sommation de résultats de mesure. L'ambiance que nous rencontrons, n'est pas la somme des indications d'un thermomètre, d'un luxmètre, d'un colorimètre, d'un hygromètre, etc. Nous savons que le tout imprime à la partie un caractère de *Prégnance*, et que l'intégration de l'individu dans le monde qu'il perçoit assure une certaine *Constance* dans la perception des objets.

C'est à ce niveau que la science de la couleur pose de nombreux problèmes physiologiques — étude du récepteur humain et de la perception de la couleur, — et des problèmes de psychologie, à savoir l'étude de la

sensation colorée et de son influence éventuelle sur le comportement de l'individu isolé ou appartenant à un groupe.

C'est dans le cadre de cette problématique que se situe l'étude des écarts entre couleurs : nous savons maintenant l'influence de facteurs d'ambiance non seulement sur l'égalité des écarts mais sur la notion même de « Développement de couleur » (Vollfarben).

Il faut montrer à l'élève qu'après Newton et Goethe, Oswald, Munsell, Adams, nous livrent des approches à une réalité vécue. Approches toujours valables en un certain sens et toujours inadéquates. Mais on doit faire comprendre à l'élève que dans l'étude du dipôle objet-sujet, il faut admettre des retouches et éventuellement une révolution complète des perspectives à côté des systèmes de Munsell et Adams, il doit comprendre le bien fondé du système DIN avec les Vollfarben de Richter.

Il faut que l'élève comprenne que si l'album peut orienter un choix, la mesure seule fournit un langage univoque. Baser un enseignement uniquement sur un album c'est vouer l'élève au relativisme et à l'empirisme le plus complet. Mais se fier uniquement à la mesure aveugle s'est s'exposer à bien des surprises. Toutefois au cours d'une production c'est la mesure seule qui fournira la base indiscutable au contrôle et le seul point de départ possible à l'application systématique de corrections.

L'enseignement doit respecter la distinction entre la métrique d'une part et la physiologie ou psychologie d'autre part, il doit insister sur la différence des points de vues adoptés et des méthodes mises en œuvre. Il doit enfin montrer le rôle complémentaire qu'elles ont à jouer.

\* \* \*

Après avoir enseigné le langage de la couleur, puis son solfège, on parlera de l'harmonie ainsi que du rôle dynamique de la couleur sur le comportement humain.

Comme en musique l'harmonie des couleurs a ses règles. Il faut les enseigner. La couleur assurément n'a pas livré tous ses secrets. Il est toutefois bon de dire ce qu'on en sait.

Mais un rythme peut plaire sans être harmonieux et l'homme peut rechercher dans l'absence complète de structure raisonnée l'expression de ce qu'il y a de spontané et d'insaisissable en lui.

C'est là que se taira l'enseignement pour laisser faire l'artiste.

# The Teaching of Colour at the Imperial College, London

par W.D. WRIGHT,

Technical Optics Section, Imperial College of Science and Technology,  
London, England.

## *Type of Course*

Instruction in the science of colour has been given in the Technical Optics Section of the Imperial College for many years, but the length and style of course have varied from time to time to suit the changing needs and interests of students and of industry. At one end of the scale, short courses of 6 or 8 lectures have been given on some particular aspect of the subject such as Colour Vision or Colour Reproduction, while at the other extreme, students have taken a one-year course embracing theoretical and experimental work covering the whole field of colour perception, colorimetry, spectrophotometry and applications of colour science. In addition, of course, research students may spend two or three years on a research problem such as defective colour vision, peripheral colour vision, subjective colour measurement, colour discrimination, small field effects, colour rendering, high accuracy colorimetry and spectrophotometry, and the like.

However, for the purpose of this meeting, the contents and structure of courses intermediate in length between these two extremes are probably of more interest, of which a continuous course lasting for four weeks and a 6-day course given on one day a week for a period of six weeks may be taken as typical. The 4-week course is essentially a practical course and accommodation has to be restricted to six students per course, while the one-day-a-week course includes two lectures a day, laboratory work and a discussion period, and attendance is restricted to 20 students per course. In each case the author has been primarily responsible for the instruction, but assistance from other members of the Section is available for the laboratory work.

## *Type of Student*

While post-graduate students at the College are entitled to attend the courses referred to in the previous section, the courses have been designed with the needs of industry very much in mind. Many students have been drawn from industries concerned with colour reproduction - printing, photography and television - and they have included students with an academic background and with university degrees, and also those who

have learnt their craft in the industry itself but have felt the need for studying in more detail the scientific background of their industry. Students also come from other colour industries, such as the paint, dyestuffs, lighting, printing ink and plastics industries, while another important group is drawn from the optical instrument industry. Here the need is to study the principles of colorimetry and the technical requirements of the users of colour measuring equipment. Others taking the course may include the staff of other teaching establishments, standardising laboratories, laboratories concerned with visual and lighting research, the colour specification of materials, foodstuffs and so on. Occasionally, the list of students includes a physiologist or psychologist, but we have so far had little demand from designers, architects and others concerned with the aesthetic and artistic side of colour, although we would welcome them since there is much to be gained from a joint study of the science and art of colour.

## *Syllabus of the Course*

Considerable flexibility is necessary in the syllabus to meet the requirements of such a varied range of students, and the emphasis from one course to another may change depending on whether the course is primarily intended for those interested in vision, or colour measurement, or instrument design, or colour reproduction. The basic syllabus, however, covers colour perception and colour mixture phenomena, the trichromatic system of colour measurement including the 1931 C.I.E. system, colorimeters and spectrophotometers, and applications of colour measurement including colour reproduction.

It may be of interest to reproduce the syllabus for the course being given this Session under the title « Colorimetry and Spectrophotometry, with special reference to Colour Reproduction ». This is the type of course which I give on one day a week for six weeks and the material covered in the lectures is as follows :

Colour mixture and matching. The  $V_\lambda$  curve. Colour discrimination. Effect of field size.

Photopic and scotopic vision. Foveal and peripheral vision. Adaptation and contrast.

Anomalies of colour vision. Colour vision tests.

Trichromatic system of colour measurement. The 1931 C.I.E. system. Applications. New study of standard observer data.

Visual and photo-electric colorimeters. Visual and photo-electric spectrophotometers. Problem of accuracy and precision. Differential measurements.

Colour atlases.

Colour measurement and colour control in industry. Colour tolerances.

Principles of three-colour reproduction. Additive and subtractive systems.

Subjective requirements in reproduced picture. Sources of error. Tests of picture quality.

As two lectures are given each day I usually arrange to give the more visual, introductory, lectures in the mornings and the more technical, colorimetric lectures in the afternoons. This has the advantage of ensuring as far as possible that those with differing tastes have something to interest them each day.

At first sight it might seem difficult to arrange a course at the right level for students with, say, honours degrees in physics or chemistry, and also for students with no formal university training at all. However, this problem has not proved very serious and the explanation must lie in the nature of the subject of colour itself. In the first place, colour is not taught in any detail as part of a regular degree course, although a physics student will naturally know a good deal about light and the spectrum. Further, colour embraces such an unusual combination of physics, physiology and psychology, and involves such curious subjective and psychophysical concepts, that no one type of student has much advantage over another. Added to this, although the concepts of tristimulus values, chromaticity charts, trichromatic units and physically non-realizable stimuli are often regarded as somewhat puzzling, the actual manipulation of colour equations does not make very great demands on the mathematical skill and experience of the student. Hence any superiority which the mathematician might possess on the theoretical side is counterbalanced by the skill of the technically minded student on the practical side.

Although the time available for laboratory work is fairly limited in the one-day-a-week course, the opportunity for the student to see and use the equipment we have in our laboratories, and to take typical observations and measurements, is of immense value in bringing the lectures to life and in clarifying the basic principles of the subject. The final discussion period at the end of each day not only provides the occasion

to remove any misunderstandings and misconceptions, but enables the whole class, including the teacher, to benefit from the experience of individual students, which can often be quite extensive when men of mature years come to take the course. I have myself found these discussion periods of the greatest value and interest.

### *Laboratory Work*

Until recently the two main pieces of apparatus available for laboratory experiments were the author's visual colorimeter<sup>1</sup> and his photo-electric spectrophotometer<sup>2</sup>. However, both these instruments can be adapted to a variety of measurements and a comprehensive study of colour perception and measurement is possible with them.

Thus, depending on the time the student is able to spend in the laboratory, he can if he wishes determine his own spectrum locus and white point in the chromaticity chart and also his  $V_\lambda$  curve. From this, he can derive his own spectral mixture curves. Further, he can check the additivity of colour equations, measure his wavelength discrimination curve and the variation of his discrimination steps across the chromaticity chart.

He can also use the visual colorimeter to measure the trichromatic specification of coloured samples, both by normal trichromatic colour matching and by vector colorimetry. If he is interested, he can also use the binocular matching technique to study the effects of adaptation on colour appearance and investigate the possibilities of the technique as a means of subjective colour measurement.

With the spectrophotometer, spectral reflection and transmission measurements are, of course, the standard experiments to be made, from which the chromaticity co-ordinates can be derived and compared with values obtained by direct visual observation. The instrument can, however, also be used as a tristimulus colorimeter on the spectrum-template principle, while variations of angle of incidence and collection permit polar curves of reflection and chromaticity to be measured.

Thus with these two instruments alone, an intimate study of the phenomena of colour vision and the principles of colorimetry and spectrophotometry can be studied on an experimental basis and in so far as the courses have been successful, their success must be attributed in large measure to the flexibility of these instruments. On more recent courses, the experimental work has been

(1) W.D. WRIGHT, *J. Sci. Inst.*, vol. 6, p. 10, 1939.

(2) W.D. WRIGHT, *Optica Acta*, vol. 1, p. 102, 1954.



further broadened by the loan or purchase of other equipment, and we now have in the laboratory a recording Beckman spectrophotometer, a Colormaster Differential Colorimeter, a Donaldson colorimeter, a Tintometer, a three-filter colorimeter of our own design, a visual differential comparator, and a variety of colour atlases including the Munsell and Ostwald atlases, and

various colour vision tests, in addition to the author's colorimeter and spectrophotometer already mentioned.

I cannot, in conclusion, emphasise too strongly the value we place on laboratory work, even though time may only permit the student to gain a general idea of the nature of the experiments and measurements to be made.

---



# Unterricht in Farbenlehre in Deutschland

(ERGEBNIS EINER RUNDFRAGE)

Prof Dr.-Ing. habil. Manfred RICHTER

Oberregierungsrat in der Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin.

DK 371.2

535.6

*Ueber die Ausbildungsmöglichkeiten in Farbenlehre in Deutschland ist eine Rundfrage veranstaltet worden. Je nach dem Arbeitsgebiet der Beantworter sind fast nur Angaben über ein Teilgebiet der Farbenlehre (vom sinnphysiologischen, stofflichen, farbmetrischen oder künstlerischen Standpunkt) gemacht worden. An Hochschulen und Fachschulen ist Farbenlehre nur dort vertreten, wo Lehrpersonen sich für dieses Gebiet persönlich interessieren; in den Lehrplan ist Farbenlehre nirgends fest eingebaut. Man hat deshalb vielfältige Vorschläge für die Verbesserung dieses Zustandes gemacht, der jedoch erst bei Vorhandensein ausreichender Lehrkräfte behoben werden kann.*

*On a organisé une enquête sur les possibilités d'enseignement de la couleur en Allemagne. Presque toutes les réponses ne se rapportent qu'à une partie de la science générale de la couleur suivant les domaines de ceux qui ont répondu (du point de vue physiologique, matériel, de la métrique ou d'artiste). Dans les universités, les académies et les écoles spéciales on trouve les sciences de la couleur seulement à ces lieux où un professeur personnellement est intéressé en faveur de cette science, mais cette science n'est pas ancrée dans le plan d'études en aucun lieu. Pour cette raison on a fait une multiplicité de propositions pour améliorer cet état, qui ne peut être changé que par l'existence d'un nombre suffisant de professeurs.*

*In Germany, an inquiry on the existing possibilities to learn colour science has been made. Almost all answers refer only to a special part of general colour science according to the special field of answering people (from the physiological, material, metrical, or artistic point of view). Colour science is taught only at those places where any teacher is particularly interested in it; at no place colour science is a steady part of the course of instruction. Therefore there are many suggestions to improve this situation, but first the deficiency of skilled teaching personnel must be removed.*

## 1. Der Begriff « Farbenlehre » und der Fragebogen.

Das Wort « Farbenlehre » ist im Deutschen eingebürgert, seit Goethe seine Beiträge dazu veröffentlicht hat. Da Goethe in dieses Wort so ziemlich alles eingeschlossen hatte, was mit der Farbe als Gegenstand der Lehre zu tun hat, so ist es nicht verwunderlich, dass man noch heute im deutschen Sprachgebrauch recht heterogene Fragen unter diesem Begriff zusammenfasst oder vielmehr: je nach Standpunkt des Benutzers des Wortes recht verschiedene Dinge darunter versteht. Eine Zusammenfassung, eine Zusammenschau, wie sie Goethe in seinem Werk gebracht hat, dürfte seither wohl nur noch einmal versucht worden sein, nämlich von Wi. Ostwald. Alle anderen aber verwenden das Wort meist nur für jenen Teil der Farbenlehre, der ihrem

eigenen Fachgebiet zugehört; dabei vergessen sie oft, dass die Farbenlehre *mehrere Aspekte* recht unterschiedlicher Natur besitzt.

Aus diesem Grunde sind die Antworten, die der Fachnormenausschuss Farbe auf einen Fragebogen — einer Anregung des Organisations-Komitees dieser Tagung folgend — erhalten hat, von ganz verschiedenen Standpunkten aus gegeben worden. Im wesentlichen werden dem Wort « Farbenlehre » vier verschiedene Bedeutungen untergelegt:

a) Farbenlehre = Lehre von den sinnphysiologischen Zusammenhängen und Erscheinungen, vom Farbsehvermögen, von der Farbenfehlsichtigkeit, vom Kontrast usw.;

b) Farbenlehre = Lehre von den stofflichen Mitteln zur Aenderung des farbigen Aussehens von Gegenständen

den, also den Farbmitteln, z.B. in der Färberei, in der Anstrichtechnik, im Druckgewerbe (Lehre vom richtigen Herstellen und Mischen der Farbmittel);

c) Farbenlehre = Lehre von den Beziehungen der Farben (als optische Erscheinung!) untereinander : Farbvalenzmetrik, höhere Farbmatrik, einschl. Lehre von den Farbreizen (Strahlungen);

d) Farbenlehre = Lehre von den ästhetischen Fragen der Farben, von den Harmoniebeziehungen, psychologischen Wirkungen u. ähnl.

Diese verschiedenen Aspekte — die übrigens bis auf den erstgenannten auch auf diesem Kongress nebeneinander vertreten sind — ergeben natürlich recht verschiedene Antworten auf die sechs Fragen, die wir den Mitarbeitern des Fachnormenausschusses Farbe vorgelegt haben. Die drei ersten Fragen waren die des Brüsseler Komitees :

1) In welchem Umfang sollte man Farbenlehre denen nach Massgabe ihrer Vorbildung nahebringen, die berufen sind, sie anzuwenden (Koloristen, bildenden Künstlern, Dekorateurs usw.)?

2) Was sollte dieser Unterricht auf den verschiedenen Ebenen umfassen?

3) Wie könnten diese Grundbegriffe auf den verschiedenen Ebenen behandelt werden?

Diese Fragen haben wir durch folgende drei weitere ergänzt :

4) Welche Schulen, Technika und Hochschulen sind Ihnen bekannt, an denen Farbenlehre von irgendeinem Standpunkt aus gelehrt wird?

5) Was sollte Ihrer Meinung nach in Deutschland zur Verbreitung der Kenntnisse der Farbenlehre getan werden?

6) Welche Stellen wären dafür berufen?

Im folgenden sei, ohne auf Einzelheiten der verschiedenen, z.T. recht ausführlichen Antworten einzugehen, kurz über das Ergebnis dieser Rundfrage berichtet. Dabei soll zunächst die Beantwortung der Frage nach dem gegenwärtigen Stand der Ausbildungsmöglichkeit (Frage 4) besprochen werden. Es sei dann auf die generellen Ausbildungswünsche und -anregungen eingegangen, auf den für notwendig erachteten Umfang der Ausbildung (Frage 1), auf das zu lehrende Stoffgebiet (Frage 2) und auf die Pädagogik (Frage 3). Schliesslich sei mitgeteilt, was für die Verbreitung einschlägiger Kenntnisse in Deutschland zu tun angeregt wird (Frage 5) und wer für solche Aufgaben für geeignet erachtet wird (Frage 6).

## 2. Ausbildungsmöglichkeiten in Deutschland.

Ueber die sinnesphysiologische Seite der Farbenlehre wird in Deutschland wohl grundsätzlich im Rahmen der allgemeinen Mediziner-Ausbildung an den Universitäten

das Grundlegende gelehrt, natürlich verschieden ausführlich, je nachdem es der Neigung des betreffenden Professors entspricht. Meist wird die Sinnesphysiologie, und davon besonders die des Gesichtssinnes, in einer Nebenvorlesung neben der allgemeinen Physiologie noch in einem Sonderkolleg vorgetragen. Die angehenden Ophthalmologen erhalten natürlich im Rahmen ihrer Ausbildung noch zusätzliche Vorlesungen über die Physiologie des Gesichtssinnes geboten. Ausserhalb der Vorlesungen für Mediziner finden sich aber nur vereinzelt Vorlesungen über Physiologische Optik angekündigt, so von Prof. Schober an der Universität München und von Prof. Richter an der Technischen Universität Berlin. Prof. Matthaei bringt in Erlangen den Stoff in Vorlesungen für Psychologen. Ausserhalb des Hochschulbereiches dürfte diese Seite der Farbenlehre kaum gelehrt werden.

Dagegen finden sich vielfach schon Unterrichtsstunden, vor allem an Ingenieurschulen und Fachschulen, über die « Farben » als stoffliche Gegebenheit und den technischen Umgang mit diesen Farbmitteln. So sind uns genannt worden : Färbereifachschule Krefeld, Textilingenieurschulen Reutlingen, Rheydt, Aachen, Wuppertal, Westdeutsche Gerberschule Reutlingen, O.v. Miller-Polytechnikum München (Papierfärbung), ferner für das graphische Gewerbe die Höhere Graphische Fachschule Stuttgart, die Meisterschule für Graphik und Buchgewerbe Berlin, die Hochschule für Maschinenbau Karl-Marx-Stadt (Chemnitz), schliesslich für Maltechnik die Staatl. Hochschulen für bildende Künste in Stuttgart (Prof. Wehlte) und Berlin (Dozent Wulf). An Technischen Hochschulen scheint dagegen nichts darüber gelehrt zu werden oder wenigstens nur so wenig, dass es keine eigene Vorlesung darüber gibt. Jedenfalls wird in den Antworten auf unserem Fragebogen nirgends etwas davon erwähnt.

Farbmetrik als Lehrgegenstand ist dagegen nicht mehr so selten, wie es vielleicht der Neuheit des Begriffes wegen vermutet werden könnte. In Fortsetzung der Tradition von R. Luther, der schon um 1930 im Photographischen Institut an der TH. Dresden über Farbmetrik gelesen hat, hält Prof. Reuther jetzt dort eine entsprechende Vorlesung ab; auch Prof. Frieser, ebenfalls ein Schüler Luthers, dürfte das gleiche in seinem Institut an der TH. München tun. Dr. Fesefeldt trägt im Rahmen seiner Vorlesungen über Photographie an der TH. Braunschweig darüber vor. Im Rahmen des Optischen Instituts der TU. Berlin hält Prof. Richter mehrsemestrige Vorlesungen und Uebungen über Farbmetrik, und Prof. Schober tut dasselbe an der U. München (Institut für medizinische Optik). Wenn auch nicht als gesonderte Vorlesung, so doch im Rahmen der Vorlesungen über Lichttechnik bzw. Lichtmessung, wird Farbmetrik heute an den deutschen lichttechnischen In-

stituten an der TU. Berlin (Prof. Helwig) und TH. Karlsruhe (Prof. Reeb) sowie in lichttechnischen Vorlesungen an der TH. Hannover (Prof. Arndt) und der TH. Darmstadt (Dr. Jainski) gelehrt. Auch in den lichttechnischen Kursen der Ingenieurschulen (z.B. Gausschule Berlin) wird einiges darüber den Hörern vermittelt.

Die künstlerische Seite der Farbenlehre wird offensichtlich ausschliesslich an den Kunstschulen und Kunstakademien, gelegentlich wohl auch in den Architekturabteilungen der Technischen Hochschulen gelehrt. Besonders genannt worden sind uns hier die Kunsthochschulen München und Düsseldorf, die Landeskunstschule Hamburg, die TH. Stuttgart (Prof. Debus) und die TH. Aachen. Zweifellos wird aber gerade über das « interessante Gebiet der Farbenlehre » noch an vielen anderen Anstalten, Fachschulen und Brufsschulen vortragen, worüber jedoch in den uns zugegangenen Antworten wohl deshalb kaum eine Andeutung zu finden ist, weil sich in unserem Mitarbeiterkreis wenig Angehörige dieser Richtung der Farbenlehre finden.

Offensichtlich wird — das ist der Eindruck, den man aus den Fragebogen-Beantwortungen gewinnt — Farbenlehre immer nur dort gelehrt, wo sich ein Dozent aus eigenem Antrieb und aus Freude an der Sache mit diesen Fragen befasst. Nirgends scheint die immer wichtiger werdende Farbmatrik und gleich gar nicht eine gesamte Farbenlehre im Unterrichtsplan verankert zu sein. Es gibt auch keinen Lehrstuhl an irgendeiner Hochschule in Deutschland speziell für Farbenlehre.

Inwieweit und in welcher Weise etwa an den höheren Schulen, an Berufsschulen oder in der allgemeinen Schule auf das so sinnenfällige, dem jungen Menschen besonders nahe Phänomen Farbe eingegangen wird, konnte mit der durchgeführten Rundfrage nicht ermittelt werden.

Erwähnt sei in diesem Zusammenhang noch, dass in der Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin kürzlich mit Erfolg ein erster Kursus über praktische Farbmessung durchgeführt worden ist. Möglicherweise sind solche Kurse in Zukunft ein Mittel, um den schon im Beruf Stehenden einen Zugang zur Farbenlehre zu eröffnen.

### 3. Die Fragen des Brüsseler Komitees.

Die Fragen, die das Brüsseler Komitee gestellt hat, das mit der Vorbereitung dieses Kongresses befasst war, zielen auf die Ausbildung solcher Personen, die beruflich mit Farben zu tun haben. Aus der Art der in Frage 1 genannten Berufe zu schliessen, hat man dabei offenbar vor allem die Unterweisung in den *ästhetischen* Fragen im Auge gehabt.

Die eingegangenen Antworten zeigen ein ausserordentlich buntes Bild. Einzelne Einsender halten offenbar eine Schulung der genannten Berufskreise (Koloristen, bildende Künstler, Dekorateurs usw.) entweder für überflüssig oder für hoffnungslos. Allerdings ist aus dem Beruf der Einsender zu vermuten, dass diese fast ausschliesslich bei « Farbenlehre » an « Farbmatrik » gedacht haben. Eine ähnliche Beschränkung der Gedankenrichtung ist auch bei anderen Einsendern zu beobachten, die entweder die handwerklich-stoffliche « Farbenlehre » meinen und selbstverständlich für die betreffende Berufe energisch bejahen, oder die nur an die künstlerisch-ästhetische Seite der Farbenlehre denken und von diesem Standpunkt aus natürlich ebenfalls eine spezielle Ausbildung befürworten.

Nur wenige Beantworter empfehlen eine *allgemeine Ausbildung*, die nicht nur die stoffliche Farbenlehre und nicht nur die künstlerische Seite berücksichtigt, sondern eben eine wirkliche Unterweisung in *Farbenlehre* bedeutet. So wird nur in einer einzigen Antwort darauf hingewiesen, dass ein Kolorist oder Dekorateur nicht nur vage Vorstellungen, sondern solide Kenntnisse von der Wechselwirkung zwischen Farbe der Gegenstände und der Beleuchtung haben muss. Zwei Einsender machen darauf aufmerksam, dass die Kenntnis von Art, Verbreitung und praktischer Auswirkung der Farbenfehlsichtigkeit für diese Berufe genau so wichtig ist wie etwa das Wissen um die Echtheitseigenschaften der Färbungen oder um die Harmoniebeziehungen.

Viele Antworten lassen erkennen, dass man heute immer stärker die Bedeutung der Farbmatrik erkennt und dass man es daher für notwendig hält, auch die genannten Berufe damit gründlich vertraut zu machen. Denn die zahlenmässige Kennzeichnung der Farbvalenzen, damit verbunden die Farbmessung, die Frage der Farbtoleranzen (um nur einige Beispiele zu nennen) sind ja Probleme, vor die die industrielle Praxis der Färberei, der Anstrichtechnik, des Druckgewerbes in rasch steigendem Masse gestellt ist. Aber ohne die grundlegenden Kenntnisse der Farbmatrik kann man diesen Fragen nicht mit Verständnis begegnen. In der Lichttechnik ist die Erkenntnis von der Notwendigkeit solcher Kenntnisse schon seit langem verbreitet (das beweist u.a. die Behandlung der Farbmatrik in den lichttechnischen Vorlesungen und die Befassung der Internationalen Beleuchtungs-Kommission, der CIE, mit diesen Fragen); schon zeichnet sich das Bedürfnis ab, Fernmelde-Ingenieure mit diesen Grundlagen vertraut zu machen, die für die Beschäftigung mit dem Buntfernsehen unerlässlich sind.

Es wird also in Zukunft nötig sein, Textilfärber, Drucker, Lacktechniker ebenso im speziellen Umgang mit ihren Farbmitteln zu schulen wie ihnen die erforderlichen Kenntnisse über Farbkennzeichnung und -mes-

sung, Beleuchtungseinflüsse, Farbenfehlsichtigkeit, aber auch über farbenpsychologische Fragen zu vermitteln.

Ueber die *Ausdehnung*, in der diese Ausbildung erforderlich gehalten wird, sowie über die *Pädagogik* dieses Verfahrens sind begreiflicherweise kaum Angaben gemacht worden. Mehrfach wird auf vorhandene oder noch zu schaffende Literatur hingewiesen (so z.B. auf die Bücher von Schultre [6, 7], Bouma [2], Richter [5], Letouzey [4], Arens [1] sowie auf die einschlägigen Normblätter [8-12]), die man als Leitfaden benutzen könnte. Im allgemeinen bekommt man aber aus den eingegangenen Antworten den Eindruck, dass es als notwendig empfunden wird, gerade dieses Thema erst in beruflichem Kreise zu diskutieren und von hier aus Empfehlungen zu schaffen, deren sich dann die Ausbildungsträger, z.B. die Schulbehörden, bedienen sollen.

#### 4. Anregungen für die Verbreitung der Kenntnisse über Farbenlehre in Deutschland.

Die Fragen 5 und 6 unseres Fragebogens wollten Material darüber beschaffen, welche Meinungen über den zweckmässigsten Weg zur Verbreitung exakter Kenntnisse der Farbenlehre bestehen. Dabei sind diese Fragen vornehmlich so aufgefasst worden, dass sie sich auf die Verbreitung der Kenntnisse bei Personen beziehen, die bereits im Beruf stehen und jetzt mit Farben zu tun haben. Die Frage der *Berufsausbildung* war ja praktisch schon bei den Fragen 1-3 des Brüsseler Komitees besprochen, auch wenn diese auf einige beispielsweise genannte Berufe beschränkt waren.

Die Frage nach den zweckmässigsten *Massnahmen* (Frage 5) hat wiederum vielfältige Antworten ergeben. Praktisch sind alle Mittel zur Beeinflussung der öffentlichen Meinung genannt und empfohlen worden: der Unterricht in der Volksschule, an den höheren Schulen (« Etwas Farbenlehre gehört heute zur Allgemeinbildung »), in Volkshochschulkursen, durch Aufsätze in der Fach-, Tages- und Unterhaltungspresse, durch Lehr- und Kulturfilme, durch Vorträge in den verschiedensten Gremien und im Rundfunk. Ein Teil dieser Vorschläge wird ja schon seit Jahren befolgt, wenn auch natürlich nur sehr vereinzelt und daher nicht gerade sehr wirksam. Besonders wird darauf hingewiesen, dass zweckmässige, allgemeinverständliche und doch exakte *Buchliteratur* dringend geschaffen werden müsste, da das Vorhandene für Nichtfachleute zu schwer verständlich oder aber zu wenig exakt in der Darstellung sei. (Ein gutes Vorbild könnte hier das schöne schwedische Buch von Johansson [3] sein.)

Recht widersprechende Ansichten zeigen schliesslich auch die Antworten auf die Frage 6, welche *Stellen* zur Verbreitung von Farbenkenntnissen berufen seien. Hier

steht die Meinung, dass die Hochschulen dafür allein in Betracht kämen, gegen die Ansicht, dass schon die Volksschule mit dieser Aufgabe betraut werden müsste. Aber an welchen Stellen innerhalb dieser Institutionen die Farbenlehre zweckmässig untergebracht wäre, wird nicht näher gesagt; weder wird ein Unterrichtsfach der Volksschule genannt, wo Farbenlehre in einfacher Form behandelt werden könnte, noch wird berücksichtigt, dass in Hochschul-Studium sehr verschiedene Fakultäten und Institute gleicherweise Farbenlehre (in ihrer Gesamtheit, nicht nur Teilgebiete!) bringen müssten.

Für die *höhere Schule* wird die Farbenlehre ziemlich einmütig in den Physik-Unterricht verwiesen. Wenn man sich aber die verschiedenen Aspekte der Farbenlehre daraufhin betrachtet, wird man wohl erkennen müssen, dass das Schwergewicht im Biologie-Unterricht liegen sollte, denn die Farbe als optische Erscheinung steht im Mittelpunkt, nicht ihre physikalische Ursache. Natürlich muss dem Schüler auch darüber das nötige Wissen vermittelt werden, ebenso wie über die stofflichen Mittel (erfahrungsgemäss günstig in Zeichenunterricht) und über ästhetische Fragen im Kunstunterricht.

Die Durchführung von Kursen an Fach- und Ingenieurschulen wird von vielen Seiten in den Fragebögen-Antworten empfohlen. Auch geeignete Institute (z.B. die Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin) oder Organisationen, wie den Fachnormenausschuss Farbe möchte man für diese Aufgabe eingesetzt sehen.

Leider stehen für all diese Aufgaben in Hochschule, Fachschule und Volks- und höherer Schule viel zu wenig *vorgebildete Kräfte* zur Verfügung, als dass in absehbarer Zeit Pläne der beschriebenen Art wirkungsvoll in die Tat umgesetzt werden könnten. Auch für die Durchführung von Kursen, für Vortragsveranstaltungen und Presseberichte fehlt es an geeigneten Fachkräften. Und doch besteht eine zwingende Notwendigkeit zu solchen Massnahmen, denn einerseits erkennt die Industrie immer besser, dass aus der richtigen Anwendung der Farbenlehre vielerlei Vorteile zu erzielen sind; aber diese richtige Anwendung hat das Vorhandensein geschulter Kräfte zur Voraussetzung. Andererseits wissen wir ja, dass eine gewisse « Publicity » heute nötig ist, um Verständnis für Forschungsvorhaben und Ausbildungspläne bei denen zu wecken, die die Mittel dafür aufbringen sollen — und das ist nicht zuletzt die Allgemeinheit.

Deshalb müssen, so hat man zu folgern, die bis jetzt bestehenden wenigen Ausbildungsstätten alles daran setzen, um nicht nur Kenntnisse zur unmittelbaren praktischen Anwendung zu vermitteln, sondern auch möglichst viele geeignete Persönlichkeiten heranzubilden, die neben der praktischen Anwendung auch in den kommenden Jahren die Kenntnisse der Farbenlehre *weitertragen* helfen. Die Schwierigkeit, trotz einer Menge

von Schülern, die eine solche Ausbildungsstätte durchlaufen, dennoch wenigstens einige zu finden, die sich zum Saatgut eignen, liegt weniger in der Materie selbst als darin, dass bis heute in der Farbenlehre nur ein *Nebengebiet* gesehen wird, das man nur im Rahmen eines Hauptgebietes (sei es die Lichttechnik, sei es die Textilveredelung oder die Graphik oder was auch immer) betreiben könne. Erst wenn sich bei den in Ausbildung Begriffenen die Erkenntnis durchsetzt, dass heute schon und noch mehr in Zukunft Menschen gefragt sind, die die Farbenlehre in ihren verschiedenen Zweigen bestens beherrschen, und dass sich solchen Menschen durchaus lohnende Lebensaufgaben bieten, kann sich in dieser Situation ein grundlegender Wandel anbahnen.

Aber freilich : mit Menschen, die sich diesem sich jetzt stürmisch entwickelnden Arbeitsgebiet nur um der günstigen Aussichten auf eine materielle Sicherung willen zuwenden, wäre unserer Sache nicht gedient. Entscheidend wird bleiben, dass sich junge Menschen mit *innerer Begeisterung* für ein so schönes, sinnenfrohes und so vielgestaltiges Wissensgebiet finden und sich ihm aus Lust und Liebe zur Sache verschreiben. Erst von diesen Menschen können wir hoffen, dass sie fähig sein werden, die Entwicklung wirksam voranzutreiben und die Kenntnis von den Eigenarten eines Wissenszweiges zu verbreiten, der die schönste und lieblichste aller Sinnesempfindungen zum Gegenstand hat : die *Farbe*.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] ARENS, H., Farbenmetrik. Berlin : Akademie-Verl. 1951<sup>1</sup>, 1956<sup>2</sup>.
- [2] BOUMA, P.J., Farbe und Farbwahrnehmung. Philips' Techn. Bibl. Eindhoven 1951. (Original holländisch 1954; auch in englischer und französischer Sprache erschienen)
- [3] JOHANSSON, T., Färg (Farbe, Schwed.) 2. Aufl. Stockholm : Natur och Kultur 1952.
- [4] LETOUZEY, V., Les couleurs et leur mesure dans les industries graphiques. Paris : Ed. Etienne 1954. (Auch in engl. Uebersetzung von V.G.W. Harrison).
- [5] RICHTER, M., Grundriss der Farbenlehre der Gegenwart. Dresden : Steinkopff 1940.
- [6] SCHULTZE, W., Farbenphotographie und Farbfilm. Berlin-Göttingen-Heidelberg : Springer 1953.
- [7] SCHULTZE, W., Farbenlehre und Farbmessung. Berlin-Göttingen-Heidelberg : Springer 1957.
- [8] Normblatt DIN 5033 : Farbmessung (April 1954). 8 Blätter und 1 Beiblatt.
- [9] Normblatt DIN 6163 : Farben und Farbgrößen für optische Signale. (Neuausgabe in 8 Blättern erscheint soeben).
- [10] Normblatt DIN 6164 : DIN-Farbenkarte (April 1954). 2 Blätter, 25 Beiblätter (Farbenkarte).
- [11] Normblatt DIN 16 508 : Farbskala für den Hochdruck (Aug. 1958).
- [12] Normblatt DIN 16 509 : Farbskala für den Offsetdruck (Okt. 1955).





# Les méthodes audio-visuelles d'enseignement de la couleur

par M. J. LAMOURET,

Ingénieur à la Société Kodak-Pathé.

## Résumé.

*L'exposé ci-joint sur « Les Méthodes audio-visuelles d'Enseignement de la Couleur » n'est qu'une simple introduction à la démonstration pratique des appareils et systèmes qui sont utilisés dans les méthodes modernes d'enseignement. Il sera illustré par la projection d'extraits de films et de séries sonorisées de diapositives en couleurs.*

*Historique.* — Les premières et timides applications d'enseignement audio-visuel, d'ailleurs limitées au seul plan technique, eurent lieu il y a environ une trentaine d'années.

Le film cinématographique en était le support presque exclusif et, en 1936, plusieurs films d'enseignement proprement dit étaient réalisés sur l'initiative de la Direction de l'Enseignement Technique. La plupart présentaient des faits physiques difficiles à exposer; d'autres étaient de courts métrages relatifs à des opérations professionnelles précises. Ce n'est qu'après guerre cependant que les méthodes audio-visuelles furent très largement et rationnellement utilisées dans des domaines plus vastes et qui vont s'élargissant chaque jour.

*Définition.* — Comme leur nom l'indique clairement, elles font appel à la mobilisation combinée de deux de nos sens : la vue et l'ouïe. Elles s'adressent évidemment à notre intelligence, à notre pouvoir de compréhension mais aussi et surtout à la faculté d'assimilation automatique du subconscient. Par la mobilisation maximum de l'auditeur, elles ont pour but de lui permettre d'assimiler, dans un temps minimum, la totalité des éléments exposés.

Il est bien évident que le pouvoir de suggestion de l'image a été, de tous temps, considérable. A l'origine de l'homme c'était là l'un des moyens les plus efficaces de transmission de la pensée.

Sa primauté par rapport à un langage fruste et élémentaire semble établie; d'ailleurs, même en des temps plus proches des nôtres, Napoléon n'affirmait-il pas cet axiome : « un croquis vaut mieux qu'un long discours ».

*Domaines d'application.* — L'utilisation des méthodes audio-visuelles comprenant l'image, le film, les diapositives, le film en bandes, etc. augmente très rapide-

ment à notre époque. Des millions de mètres de film sont utilisés dans les domaines de l'éducation et de l'apprentissage. De grandes firmes industrielles ont préparé des films afin de présenter leurs usines et leurs activités à leurs nouveaux employés. Il y a des films pour l'apprentissage du personnel sur les machines-outils et pour l'instruction des représentants et des vendeurs en ce qui concerne les méthodes de vente.

Religion, histoire, tactique militaire, affaires civiques, médecine, chirurgie, sans oublier les Arts, ne sont qu'une petite partie des nombreux domaines dans lesquels les méthodes audio-visuelles sont utilisées aujourd'hui. Il est évident que l'image tend à être de plus en plus une image photographique et que cette image photographique elle-même est, la plupart du temps, présentée à l'auditeur avec l'attrait et la force de suggestion supplémentaire qu'apporte la couleur.

## *Cas spécifique de la couleur.*

Pour l'enseignement de la couleur, les méthodes audio-visuelles conviennent parfaitement. En effet, la projection d'une diapositive, d'un film en couleurs ne présentent pas, au point de vue couleur, l'image de la couleur, mais la couleur elle-même. Il y a bien là observation *directe* d'un phénomène; ainsi la projection d'une diapositive comprenant un filtre vert et un filtre rouge nous démontre-t-elle de manière *effective* que la superposition des deux filtres donne naissance à une troisième couleur, en l'occurrence le jaune. Il est donc facile de démontrer d'une manière absolument précise et scientifique, à l'aide de la projection de filtres combinés, la synthèse additive et soustractive des couleurs.

Le rôle et la fonction de la couleur dans la vie moderne seront parfaitement mis en évidence par la projection fixe ou le film. Quant à l'éducation de l'œil et du goût, le développement du sens artistique au point

de vue pictural, est-il besoin d'insister et de souligner l'aide et la contribution immense et parfaite qu'apporte l'image colorée dans ces domaines, image elle-même techniquement au point puisque apte à rendre toutes les nuances, toutes les finesses d'un document original et, dans bien des cas, de voir mieux et plus loin que l'œil humain.

*Les méthodes et les supports utilisés dans l'enseignement de la couleur.*

Les méthodes et les supports utilisés dans l'enseignement de la couleur n'ont rien de spécifique et font largement appel au matériel classiquement employé dans l'application des méthodes audio-visuelles en général.

En voici un répertoire succinct :

*La photographie en couleurs* sur papier dans un format assez grand (au minimum  $18 \times 24$ ) permet une décoration artistique du foyer de la salle où a lieu la projection et crée avant la conférence elle-même un climat favorable à l'étude et à la compréhension de la couleur. Dans le même ordre d'idée

*Les grandes diapositives en couleurs, genre « Colorama »* présentées sur négatoscopes accroissent l'attrait et le prestige de la couleur auprès du public.

*Vues stéréoscopiques.* — Elles sont assez peu employées par le simple fait matériel qu'elles ne peuvent, en l'état actuel des techniques, s'adresser qu'à une seule personne à la fois. Elles peuvent rendre service lorsque la sensation de relief est nécessaire à la compréhension d'un phénomène particulier. Il est d'ailleurs vraisemblable que les progrès de la technique permettront prochainement la projection en relief dans des conditions satisfaisantes.

*Diapositives en couleurs commentées par conférencier.* — C'est là, la meilleure méthode et la plus couramment utilisée. La qualité des diapositives permet facilement l'enseignement technique et artistique de la couleur; de plus elles offrent une grande souplesse de présentation; le conférencier pourra varier, diminuer ou augmenter leur nombre, suivant la qualité de son auditoire et le but recherché. La présence du conférencier apporte d'autre part un élément humain appréciable, ce dernier étant à même, en plus de son exposé, de répondre à des questions précises et particulières.

*Diapositives en couleurs avec texte ou bande magnétique d'accompagnement.* — Montées en séries, elles permettent la présentation des sujets les plus variés, pédagogiques, techniques, artistiques, etc. La synchroni-

sation image-son ne soulevant aucun problème particulier.

*Série de diapositives en couleurs présentées en fondu-enchaîné.* — Cette forme de présentation où une image disparaît lentement tandis que, dans le même temps, l'autre apparaît doucement, convient pour une projection à caractère artistique où la couleur, exaltée et magnifiée par la beauté de l'image, se trouve soutenue par un accompagnement musical intimement associé au sujet traité. De telles séries de diapositives se proposent d'éduquer et d'affiner le goût du spectateur en lui faisant entrevoir les possibilités ignorées de la couleur.

*Le film fixe.* — De format  $18 \times 24$  mm, comprenant titres et sous-titres, textes explicatifs et dessins alternant avec des photographies en couleurs est surtout utilisé dans les écoles, les centres d'enseignement, etc. Il doit traiter un sujet précis et parfois de manière élémentaire; c'est surtout un outil de vulgarisation. Il est évident que ce film se présentant en bande, l'ordre des vues ne peut être modifié, d'où impossibilité d'adapter un cours à un auditoire particulier. Par contre, le prix de revient en est assez bon marché et permet le tirage de nombreuses copies.

*Diapositives en couleurs avec cadence de projection automatique.* — Dans ce procédé, des plus modernes et des plus attrayants, une bande magnétique sur laquelle sont inscrits des « tops sonores » inaudibles (basse ou haute fréquence) déclenche automatiquement, grâce à ces signaux, le passage successif des diapositives. Ce système, malheureusement encore assez peu employé, permet une projection parfaite et toujours rigoureusement semblable et réduit la fonction de projectionniste à celle d'un simple superviseur n'ayant besoin d'aucun entraînement spécial pour remplir son rôle. (La technique du fondu-enchaîné peut également être pratiquée selon ce procédé).

*Le cinéma.* — Le cinéma, outil d'enseignement puissamment attractif, permet la vulgarisation de la couleur et l'éducation du public en s'adressant davantage à ses sens qu'à son intelligence. Le film s'impose lorsque la continuité de l'action est importante ou lorsque l'on désire obtenir le maximum de puissance suggestive ou d'émotion.

Il peut être utilisé sous plusieurs formes :

*Films en couleurs muets avec titres* — ce cas tend à devenir de plus en plus rare, la technique actuelle permettant une sonorisation assez facile, même pour l'amateur.

*Films en couleurs sonorisés* — la sonorisation peut être réalisée, soit à l'aide d'une piste magnétique ou des deux procédés combinés. La piste magnétique, par sa facilité d'effacement, permet une grande souplesse d'utilisation. La sonorisation d'ambiance s'accompagne la plupart du temps d'un commentaire venant en surimpression.

### CONCLUSION

L'enseignement de la couleur est possible par la plupart des moyens audio-visuels mais, pratiquement, la série de diapositives commentées par le conférencier sur

le plan technique et les séries « artistiques » présentées en « fondu-enchaîné » constituent la pierre d'achoppement de notre diffusion, le cinéma apportant plutôt un élément de détente; le mouvement étant sa caractéristique principale peut monopoliser l'intérêt au détriment de la couleur (cf. le mot de Baudelaire : « Je hais le mouvement qui déplace les lignes »).

S'il est juste de dire que l'audio-visuel contribue puissamment à l'étude et à la compréhension de la couleur, corrélativement il est encore plus juste d'affirmer que la couleur apporte aux techniques audio-visuelles un immense appui et qui prend, de plus en plus, une importance grandissante. Dans la conquête du bonheur, la couleur aide à l'harmonie et à la joie de la vie.

---

1912

1. The first part of the report deals with the general principles of the theory of the atom. It is shown that the atom is a system of particles which are bound together by forces of attraction. The forces of attraction are of two kinds: the forces of attraction between the particles themselves, and the forces of attraction between the particles and the nucleus. The forces of attraction between the particles themselves are of the same kind as the forces of attraction between the particles and the nucleus. The forces of attraction between the particles and the nucleus are of the same kind as the forces of attraction between the particles themselves.

2. The second part of the report deals with the application of the theory of the atom to the study of the properties of matter. It is shown that the properties of matter are determined by the arrangement of the particles in the atom. The arrangement of the particles in the atom is determined by the forces of attraction between the particles and the nucleus. The forces of attraction between the particles and the nucleus are of the same kind as the forces of attraction between the particles themselves.

3. The third part of the report deals with the application of the theory of the atom to the study of the properties of light. It is shown that the properties of light are determined by the interaction of the light with the particles in the atom. The interaction of the light with the particles in the atom is determined by the forces of attraction between the particles and the nucleus. The forces of attraction between the particles and the nucleus are of the same kind as the forces of attraction between the particles themselves.

# Le problème de l'enseignement de la Couleur en France

par M. GILLOD,

Docteur es sciences, Professeur agrégé de Physique,  
Chef du Service Optique du Laboratoire National d'Essais - Paris.

Au cours des Journées Internationales de la Couleur, tenues à Toulouse du 19 au 22 mars 1958, j'ai eu l'occasion, dans un court exposé, de montrer la nécessité d'un enseignement général interprofessionnel des phénomènes physiques relatifs à la couleur ainsi que des liens étroits entre ces phénomènes physiques et la perception même des couleurs.

Monsieur Gardellini, représentant le Ministre de l'Education Nationale, présidait la séance. Vivement intéressé, Monsieur Gardellini a bien voulu nous dire qu'il retenait nos suggestions et qu'elles seraient présentées au Ministre afin d'aboutir aux décisions nécessaires.

Les graves événements politiques survenus en France ont provisoirement empêché les réalisations concrètes. Si de graves préoccupations, des remaniements profonds dans les méthodes et les hommes ont retardé les décisions, le problème reste posé dans les mêmes termes et il est permis de penser que dans un ciel devenu plus serein la solution est proche.

Profondément encouragé par l'accueil officiel fait à nos suggestions au Congrès de Toulouse, je reprends donc volontiers aujourd'hui, en les développant, les arguments déjà exposés en faveur d'un enseignement de base, de caractère général, éloigné de toute technique professionnelle particulière, mais valable et indispensable pour tous ceux, professionnels ou usagers, qui ont besoin d'approfondir les problèmes relatifs à la couleur.

Ces problèmes sont très variés, très complexes et l'existence même de ces réunions où s'affirment mille préoccupations et s'affrontent bien des points de vue, parfois, en apparence du moins, contradictoires, en sont la meilleure des preuves.

Dans tout phénomène coloré, il y a deux ou même trois domaines qui interviennent :

1) un domaine essentiellement subjectif d'ordre physiologique faisant intervenir une sensation et un organe sensoriel qui est l'œil. Ces sensations pour un même phénomène peuvent être différentes dans certaines conditions, d'un observateur à l'autre, et cette diversité de sensation, ou encore l'existence de sensations identiques pour des phénomènes différents sont souvent à l'origine de graves malentendus, pour des personnes insuffisamment averties. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle

des définitions précises de la couleur, autrement dit des mesures faites par des méthodes purement visuelles et personnelles ne peuvent être pleinement satisfaisantes. On est alors conduit, et non sans certaines précautions, à définir conventionnellement un œil idéal, l'œil standard, basé sur des statistiques, c'est-à-dire sur la moyenne des jugements portés par un nombre suffisant d'observateurs différents.

2) Il est un domaine purement physique dans lequel tout ce qui se rapporte à la couleur peut se définir par des paramètres tels que longueurs d'onde des radiations, répartition énergétique spectrale de ces radiations, transparence aux radiations ou pouvoir réflecteur, etc... On se trouve ici parfaitement à l'aise pour effectuer des mesures précises, incontestables, sans ambiguïté, puisqu'il s'agit de constantes physiques spécifiques du phénomène coloré et indépendantes de l'organe qui le perçoit et qualifie la sensation colorée. Somme toute dans le premier domaine on considère et on tente de mesurer un effet et dans le domaine physique on mesure directement une cause. Il est évident qu'il existe entre les deux domaines un lien très étroit et qu'il n'y a pas incompatibilité entre des méthodes de mesure qui souvent se complètent.

3) Dans les phénomènes relatifs à la couleur interviennent aussi des considérations d'ordre psychologique, esthétique, éducatif, plus malaisées encore à définir et qui prennent de plus en plus d'importance dans nos congrès.

Tout cela, on le conçoit, ne facilite guère un langage commun, une pleine compréhension entre les divers interlocuteurs qui s'assemblent pour confronter leurs points de vue personnels. Les uns sont rebutés par le langage aride des mathématiciens et des physiciens, d'autres sont préoccupés surtout par les transpositions dans les domaines pratiques particuliers. Le physicien vous dira que la lumière existe même pour les aveugles et ne se prive d'ailleurs pas d'étendre ses raisonnements dans le domaine de l'invisible, ultra-violet ou infra-rouge.

Le peintre paysagiste ne voit souvent que l'harmonie des couleurs, la poésie des couleurs, concevables uniquement pour l'œil, tandis que le fabricant de peinture, le

coloriste aimerait qu'on lui fournisse la formule qui lui permettrait de réaliser automatiquement et sans tâtonnements préalables le contre-typage désiré.

Pour les uns comme pour les autres, il serait infiniment désirable que soient assimilées les connaissances de base que l'on peut considérer comme définitivement acquises dans le domaine physique et dans le domaine physiologique ainsi que les liens étroits entre ces deux domaines. Ceci ne peut être que le fruit d'un enseignement de base commun à tous ceux qu'intéresse la couleur.

Cet enseignement général pourrait ensuite se développer et se compléter d'un enseignement spécialisé orienté vers la technique et les applications de chaque profession : peinture, teinture, éclairagisme, etc...

Un tel enseignement général n'existe pas; même au stade du secondaire où nos élèves ont tout de même dans leur programme quelques notions sur la nature de la lumière, des allègements de programme ont conduit à la suppression de la leçon sur la couleur des corps qui y figurait autrefois et qu'il serait peut-être judicieux de rétablir.

Mais à défaut d'un enseignement général officiel souhaitable, mais qui, de toute façon, ne saurait qu'être très restreint, il semble qu'on puisse s'orienter vers un enseignement de base donné sous la forme d'un cours tel que les nombreux cours spéciaux (et qui connaissent un grand succès) donnés au Conservatoire National des Arts et Métiers à Paris.

Monsieur le Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers consulté l'année dernière avait donné son approbation de principe et Monsieur Gardellini s'était montré très chaud partisan de cette suggestion qui pourrait sans doute s'appliquer à d'autres pays.

Voici à titre indicatif seulement et donné de manière succincte le programme que j'avais déjà proposé l'an dernier :

#### *Première partie*

##### Etude physique de la lumière

*1<sup>er</sup> Chapitre.* — Nature de la lumière — Longueur d'onde — Analyse de la lumière par les prismes et les réseaux — Existence de l'ultra-violet et de l'infra-rouge — Mesure d'une intensité lumineuse — Mesures visuelles et énergétiques.

*2<sup>e</sup> Chapitre.* — Sources de lumière — Lumière du jour — Lumières artificielles.

#### *Deuxième partie*

##### L'œil et la vision des couleurs

*1<sup>er</sup> Chapitre.* — Anatomie de l'œil. — Vision des couleurs — Couleurs complémentaires — Hypothèse

d'Young — Sensibilité relative de l'œil aux diverses radiations — Anomalies — Œil standard moyen.

*2<sup>e</sup> Chapitre.* — Lumière monochromatique — Lumière blanche — Lumière colorée complexe — Synthèse trichromatique — Principe des colorimètres — Propriétés du triangle des couleurs et applications — Avantages et inconvénients des méthodes de mesure purement colorimétriques — Métamérisme.

*3<sup>e</sup> Chapitre.* — Couleurs des corps observés par transparence ou par réflexion — Transmissions et réflexions sélectives.

#### *Troisième partie*

##### Mesure des couleurs par les méthodes spectrophotométriques

*1<sup>er</sup> Chapitre.* — Principe et réalisation des spectrophotomètres.

*2<sup>e</sup> Chapitre.* — Représentation des couleurs par les courbes spectrophotométriques — Applications — Interprétation des courbes — Passage à la représentation trichromatique — Pourquoi la définition spectrophotométrique des couleurs donne la solution la plus complète du problème de la mesure des couleurs.

Cette esquisse de programme montre bien qu'il s'agit d'un enseignement de base, de caractère général, qui laisse délibérément de côté tous les problèmes de technique pure entrant plus spécialement dans le cadre de chaque profession. Ces problèmes de technique pure devraient être traités à part dans des conférences organisées par les intéressés dans le cadre strictement professionnel.

J'ajoute que l'enseignement général préconisé plus haut pourrait et devrait se compléter par des séances de travaux pratiques où l'on pourrait s'initier aux différentes méthodes de mesure et à l'interprétation des courbes spectrophotométriques et du triangle des couleurs.

Enfin un laboratoire de mesures intéressant les principales industries et dont une amorce sérieuse existe déjà pourrait être développé, complété par l'acquisition d'appareils coûteux mis, selon des modalités à prévoir, au service de tous.

La réalisation de ce programme, de la partie laboratoire surtout, exigerait probablement une initiative et un effort financier préalable des grandes industries intéressées mais il n'est pas interdit de penser que l'élan initial étant donné et l'initiative se révélant féconde en résultats, l'Etat ne prenne ensuite un tel enseignement à sa charge.

# Programmes et méthodes de l'enseignement de la Couleur dans les Ecoles professionnelles et techniques

par Henri LEMAIRE,

Directeur de l'Ecole de Peinture et de Carrosserie de la Ville de Liège.

## RESUME

*L'enseignement de la couleur n'est pas rigoureusement organisé dans certaines écoles professionnelles et techniques spécialisées et, en particulier, dans certaines écoles de peinture en bâtiment.*

*Ce problème s'est posé à l'Ecole de Peinture et de Carrosserie de Liège : des solutions ont été cherchées. La communication résume les résultats de l'étude qui en est résultée.*

*Dans cet établissement, l'enseignement de la couleur s'adresse à des élèves qui appartiennent à deux cycles différents : le premier, professionnel ; le second, technique. Dans chacun de ces cycles, deux niveaux d'études existent au cours desquels sont enseignés des métiers et des spécialités parfois très différents mais qui réclament tous, une connaissance approfondie des problèmes de la couleur ou de certains d'entre eux.*

*La communication définit les besoins de chacune de ces sections, les difficultés rencontrées dans l'enseignement de la couleur, les solutions préconisées pour chacun des cas particuliers rencontrés. Ces solutions s'appliquent aux programmes à enseigner et aux méthodes qui seront expérimentées à partir de la prochaine année scolaire.*

On pourrait croire que, dans les écoles techniques et professionnelles qui se vouent à l'enseignement de professions pour lesquelles la couleur constitue l'une des connaissances de base, l'enseignement de cette dernière ne pose plus actuellement de problèmes et qu'il est rigoureusement organisé.

Aussi paradoxal que cela puisse paraître, il est cependant certain que l'enseignement systématique de la couleur a été, pendant longtemps, négligé dans certaines écoles spécialisées et, en particulier dans les écoles de peinture en bâtiment. On peut aisément s'en rendre compte par le fait que les grilles-horaires de l'Ecole de Peinture de Liège, dont les programmes ont été adoptés par plusieurs autres établissements belges similaires, ne comportaient aucune heure spécialement consacrée à l'étude de la couleur et que, jusqu'à présent, ses professeurs de cours pratiques avaient pour mission d'étudier quelques bribes d'harmonie des couleurs au cours de technologie... s'ils en avaient le temps.

Donné d'une façon absolument décousue, suivant les interprétations personnelles des professeurs et sans plan préalablement établi, d'autre part, ne reposant sur aucune base scientifique, il est évident que ce cours — si l'on veut bien considérer ainsi l'ensemble des éléments disparates distribués aux élèves, au gré des circonstances — ne pouvait avoir une importance décisive dans l'enseignement d'une profession qui pose conti-

nuellement à celui que l'exerce, des problèmes se rapportant à l'usage de la couleur.

Cependant, il faut signaler — et ceci doit nous étonner — que les grilles-horaires de 1949 prévoyaient pour les cours du soir qui dispensent cependant un enseignement nécessairement moins complet que les cours du jour, une heure hebdomadaire d'harmonie des couleurs dans les 1<sup>re</sup> et 2<sup>me</sup> années de ces cours.

Notons cependant que des professeurs des cours du jour, consentaient de réels efforts pour se documenter dans ce domaine, particulièrement en ce qui concerne ses bases scientifiques mais que ces tentatives restaient fragmentaires et, malheureusement, sans résultats appréciables.

En raison du développement de l'école au cours de ces dernières années, de l'augmentation considérable du nombre des spécialités et métiers enseignés, de la création de plusieurs niveaux d'enseignement, nous nous sommes trouvés dans l'obligation d'étudier tout particulièrement l'organisation de ce cours aux différents niveaux et pour tous les métiers enseignés.

Les résultats de cette étude feront l'objet de cette communication. Mais, avant que nous puissions les détailler, il est nécessaire pour leur bonne compréhension, que nous envisagions, très rapidement d'ailleurs, l'organisation des cours telle qu'elle se présente ou se présentera lors de la prochaine rentrée scolaire. Ces ren-

seignements vous convaincront mieux encore de la complexité du problème et du fait qu'il réclamait une étude très ardue.

Deux cycles secondaires complets fonctionneront à partir de l'an prochain :

- 1) un cycle professionnel comportant deux sections;
- 2) un cycle technique comportant également deux sections.

Dans le cycle professionnel :

1) l'école professionnelle inférieure destinée à des élèves peu doués pour les études théoriques et dont les ambitions doivent, en raison de leurs possibilités, se limiter à l'apprentissage le plus complet possible, d'une des professions suivantes : la peinture en bâtiment ou la peinture en carrosserie et, éventuellement, en perfectionnement, de l'une des spécialités suivantes : la décoration ou la lettre et l'enseigne ;

2) l'école professionnelle supérieure réservée aux élèves les plus doués ayant fréquenté 3 années d'études de l'inférieure, aux élèves de la section technique inférieure et aux élèves ayant suivi avec fruit, 3 années d'études de l'enseignement secondaire général, professionnel ou technique. L'objet de cette section est l'étude de la décoration et de la publicité et la formation de techniciens et techniciennes dans ces spécialités.

Le cycle technique comporte également deux sections :

1) l'école technique inférieure, parallèle à la professionnelle inférieure mais destinée à des élèves beaucoup plus doués pour les études théoriques et générales et qui désirent acquérir, en plus d'une formation pratique aussi complète que possible, une formation générale et technique qui leur permette d'entreprendre éventuellement des études techniques secondaires supérieures. Les mêmes métiers et, en perfectionnement, les mêmes spécialités, y sont enseignés ;

2) l'école technique secondaire supérieure enfin, destinée aux élèves ayant suivi avec fruit 3 années de l'enseignement secondaire général ou technique et qui désirent étudier la fabrication et l'emploi des peintures.

L'organisation d'un enseignement valable de la couleur au niveau de ces différentes sections, posait toute une série de problèmes auxquels nous nous sommes efforcés de trouver des solutions neuves et efficaces.

Résumons succinctement ces problèmes :

- 1) définir, avec certitude, l'ensemble des notions utiles se rapportant à la couleur, qui devraient être enseignées aux différents niveaux et pour les différentes spécialités ;
- 2) définir également les notions scientifiques de base, indispensables à la bonne compréhension des no-

tions déterminées plus haut, en éliminant celles qui ne présentent aucune utilité pratique afin de ne pas alourdir l'étude de ce cours ;

3) étudier les méthodes qui devraient être utilisées aux différents niveaux afin d'augmenter l'efficacité de cet enseignement, dans toute la mesure du possible.

Nous vous soumettons aujourd'hui les résultats de cette étude particulièrement difficile, qui seront d'ailleurs appliqués dans notre établissement, à partir de la prochaine rentrée scolaire.

Nous envisagerons donc l'étude de l'enseignement de la couleur dans les diverses catégories d'enseignement que comporte notre établissement, en commençant par l'école professionnelle inférieure qui, probablement, posait les problèmes les plus difficiles en raison des possibilités intellectuelles restreintes des élèves qui la fréquentent.

En ce qui concerne cette dernière, un grand principe doit être respecté, valable d'ailleurs pour l'ensemble des cours théoriques : n'y enseigner que les notions théoriques strictement indispensables mais y revenir assez souvent pour que les élèves en soient imprégnés et, surtout les appliquer le plus largement possible, au cours des travaux pratiques.

Nous avons donc, en application de ce principe, suivi quelques règles de base très importantes :

1) rejeter systématiquement l'étude de toutes les notions théoriques dont l'utilité pour l'exercice du métier, serait contestable ;

2) n'enseigner que les notions scientifiques indispensables, particulièrement au cours de physique expérimentale prévu en 2<sup>me</sup> année d'études en les introduisant par la réalisation d'une série d'expériences simples ;

3) l'étude de la couleur devrait se poursuivre parallèlement au cours de technologie dont un chapitre lui serait réservé en dernière année d'études, au cours des exercices de dessin et des exercices pratiques de peinture ;

4) ne prévoir une étude systématique de la couleur et de l'harmonie qu'au programme de la dernière année d'études du cycle d'apprentissage, l'étude de ces notions ne se faisant dans les premières années d'études que d'une façon occasionnelle à l'occasion des travaux de dessin ou des travaux pratiques ; quelques lois simples pourraient être étudiées au cours de ces premières années mais il est bien évident que les professeurs enseignant dans ces années d'études, devraient s'inspirer directement du contenu du cours donné systématiquement en dernière année afin de ne pas créer de confusions dans l'esprit des élèves.



Une certaine prudence s'impose en matière d'enseignement de la couleur pour les raisons suivantes :

1) les élèves, surtout, les plus jeunes, n'ont pas les mêmes conceptions que les adultes en ce qui concerne l'harmonie des couleurs ; ils n'éprouvent ni les mêmes préférences, ni les mêmes aversions. Ce fait constitue une première difficulté en matière d'enseignement d'autant plus que ces conceptions évoluent assez rapidement ;

2) les professeurs ont également, en matière d'emploi de la couleur, leurs propres conceptions ; ils doivent donc absolument n'en pas tenir compte dans leur enseignement et faire preuve d'une grande objectivité : savoir éventuellement reconnaître comme valable une harmonie qu'ils n'apprécient pas. C'est là un véritable écueil et les professeurs ne peuvent l'éviter que s'ils se maintiennent sur le plan des principes qu'ils doivent enseigner.

En vertu de toutes ces considérations, il apparaît que le programme pourrait être conçu comme suit :

1) *dans les premières années d'études :*

étude occasionnelle des lois les plus importantes de l'harmonie des couleurs :

*à l'occasion des travaux pratiques :*

dès les premiers exercices, donner aux élèves des indications générales et corriger les outrances ;

commencer par des harmonies simples : le ton sur ton puis les complémentaires, puis les autres contrastes ;

n'employer au début que deux teintes puis des teintes plus nombreuses ;

après l'exécution des travaux, en prévoir la critique, avec tous les élèves ; ne pas rejeter systématiquement les harmonies trouvées par les élèves mais chercher à les améliorer sans heurter leurs auteurs ;

peu à peu, introduire l'étude de certaines notions simples et indispensables comme : la notion des complémentaires ; l'obligation dans un ensemble, d'éviter la juxtaposition de couleurs vives ; l'obtention des gris par le mélange de complémentaires ; etc.

Toutes ces notions ne seront jamais perdues de vue qu'il s'agisse d'harmoniser en détrempe ou en peinture à l'huile ou d'harmoniser une peinture à un papier-peint déterminé ;

si au début des travaux, on laisse une liberté totale aux élèves quant au choix des harmonies ; il faudra éviter qu'ils emploient toujours les mêmes. Peu à peu, on imposera ces harmonies en commençant par une dominante.

*à l'occasion des travaux de dessin :*

Les mêmes règles seront applicables aux travaux de dessin et l'on pourra employer pour réaliser ceux-ci

aussi bien l'aquarelle que la gouache ou la peinture à l'huile.

Dès le début de l'étude, un cercle chromatique sera réalisé très soigneusement et pourra être employé au cours des exercices qui suivront. Il est évident que les couleurs qui y figureront devront être bien choisies ; éventuellement les autres couleurs de la palette feront l'objet d'un examen et seront situées par rapport aux couleurs du cercle chromatique.

Au cours de ces travaux pratiques et de dessin, certaines notions très importantes devront encore être acquises : par exemple, l'impossibilité de remplacer un bleu déterminé par un autre pour obtenir, par mélange, du vert.

Une série d'exercices très importants devront être également réalisés tant aux cours pratiques qu'au cours de dessin : ce sont des exercices de reproductibilité de teintes données en commençant par des teintes simples jusqu'à des couleurs de plus en plus compliquées obtenues par des mélanges de plus en plus importants ; des dégradations par du blanc et des rabattements par du noir, permettront également de constituer diverses gammes en partant d'une couleur déterminée. Tous ces essais auront pour objet d'exercer l'œil des élèves ainsi que leur sens artistique.

Parallèlement, en 2<sup>me</sup> année d'étude, au cours de physique expérimentale, seront étudiées certaines notions scientifiques indispensables : la réflexion, la diffusion, la réfraction, la décomposition de la lumière, la recomposition, les complémentaires, le spectre solaire y compris ses parties non visibles, la couleur des corps. Des expériences de composition de couleurs à l'aide du disque de Maxwell seront également réalisées.

Lorsqu'ils entreront dans la dernière année d'études, les élèves disposeront d'un ensemble de connaissances peut-être un peu dispersées qui les auront préparés à aborder l'étude systématique de l'harmonie et de l'esthétique des couleurs. Il importera que le professeur rassemble et classe systématiquement ces différentes notions en les illustrant encore par des réalisations pratiques. Ici, l'on peut parler d'un programme bien défini, qui s'établira approximativement comme suit, tout au moins pour la section de peinture en bâtiment. Ce programme se répartira en 3 parties très importantes :

1) Rappel des notions scientifiques de base (étudiées précédemment au cours de physique) que nous avons énumérées plus haut ; composition de lumières colorées par l'addition de lumières de couleurs différentes. A ce sujet, nous éviterons au niveau de l'école professionnelle inférieure, d'étudier systématiquement le mélange additif et le mélange soustractif. Si, en effet, la compréhension de ces notions peut être rendue assez simple par la réalisation de certaines expériences, il

n'en reste pas moins vrai que des confusions regrettables peuvent naître dans l'esprit de ces élèves peu doués pour le raisonnement. En effet, l'étude complète des mélanges additifs, nous oblige à utiliser 3 faisceaux lumineux : rouge, vert et bleu pour obtenir par mélange, des lumières jaune, violette et bleu-vert. Ceci est de nature à compromettre sérieusement la connaissance de la première triade lorsqu'il s'agira plus tard, d'étudier le cercle chromatique harmonique, cette triade se composant cette fois du rouge, du jaune et du bleu. De même, si dans le domaine de la lumière, nous parlons du bleu comme complémentaire du jaune, nous risquons de créer une certaine confusion dans l'esprit des élèves lorsque, étudiant le cercle chromatique harmonique, nous leur dirons que le violet est la complémentaire du jaune et que le bleu est la complémentaire de l'orangé.

Cependant, certaines expériences bien choisies pourront être réalisées par l'addition de faisceaux lumineux colorés à la condition qu'elles servent l'étude des mélanges de matières colorées.

Le rôle de l'œil sera ensuite étudié.

Les matières colorantes seront ensuite développées : après avoir étudié le cercle chromatique harmonique, la place des différents pigments utilisés par le peintre en bâtiment y sera précisée et l'attention des élèves sera parfaitement attirée sur les différences chromatiques qui caractérisent des pigments auxquels le même adjectif peut être attribué : les élèves sauront ainsi ce qu'est, au point de vue couleur, le bleu de Prusse, le bleu de cobalt, le bleu d'Outremer ; le jaune de chrome clair, le jaune de chrome moyen, orangé, etc. Le rôle de ces pigments dans les divers mélanges sera également précisé.

2) Après cette étude, seront envisagées les notions fondamentales se rapportant à l'harmonie des couleurs : le symbolisme des couleurs, les aspects physiques, physiologiques et psychologiques des couleurs ; la loi des complémentaires ; les lois qui régissent les contrastes ; l'étude générale des harmonies et des disharmonies ; l'amélioration de ces dernières ; l'introduction du noir, du blanc et du gris dans l'harmonie. Enfin, des conseils seront donnés aux élèves quant au choix des matières colorantes en les instruisant de la solidité de ces dernières lorsqu'elles sont exposées à la lumière et en leur expliquant les modifications de teinte que peuvent subir certaines couleurs résultant de mélanges de couleurs à solidités différentes.

3) La troisième partie s'occupera de l'emploi de la couleur dans quelques cas particuliers : couleurs de sécurité, couleurs d'ambiance dans les écoles, les ateliers, l'habitation, les bureaux, etc. Enfin, sur des schémas tracés d'avance (perspectives de pièces diverses, en traits noirs), les élèves devront réaliser certaines harmonies

répondant à des données précises telles que l'orientation, la destination de la pièce, la dominante choisie, etc.

Il est bon de répéter que toute cette étude se fera aussi simplement que possible, en utilisant au maximum, l'expérimentation et l'analyse de cas concrets.

Il est évident que ce programme ne vaut cependant pas entièrement pour les élèves qui décident d'étudier la peinture en carrosserie et que, par contre, d'autres problèmes coloristiques se posent à ces derniers : nous citerons, en ordre principal : la reproductibilité des teintes et, surtout l'altération des couleurs à la suite d'une exposition à la lumière, problème surtout important lorsqu'il s'agit de la retouche de véhicules endommagés.

Si la première partie du programme défini ci-dessus — les notions scientifiques — conserve une large place et doit encore être étudiée puisqu'elle joue un grand rôle dans la reproductibilité des couleurs, il est évident qu'une très large place doit être réservée à l'examen et à la connaissance des teintes de base. La solidité des couleurs à la lumière joue, nous l'avons vu, un rôle très important en carrosserie : il importe également qu'elle fasse l'objet d'une étude très approfondie.

Le professeur montrera, par exemple, qu'une même teinte peut être obtenue en partant de teintes de base absolument différentes mais que toutes les compositions ne possèdent pas le même degré de résistance à la lumière par des essais réalisés à l'aide d'une lampe à rayons ultra-violet ou par exposition à la lumière solaire d'échantillons dont une moitié aura préalablement été recouverte. Le professeur pourra en tirer toute une série de conclusions visant à promouvoir l'emploi de certaines teintes de base plutôt que d'autres dans les mélanges.

La retouche ayant une grande importance, il est évident que des exercices systématiques d'analyse visuelle et de reproductibilité d'une couleur donnée devront être prévus en grand nombre soit aux cours pratiques, soit au cours de dessin.

Les lois d'harmonie seront moins intéressantes pour les élèves qui étudient la peinture en carrosserie car, dans ce domaine, nous n'avons sans doute pas fini de nous étonner des associations de couleurs dont sont friands certains automobilistes. Toutefois, le professeur devra mettre en relief l'importance des harmonies employées dans les voitures peintes en 2 ou 3 couleurs et surtout la contribution de la couleur à l'apparence de la carrosserie, à la forme et l'importance des découpes dans l'obtention de ce que l'on appelle la « ligne ».

Quelques notions relatives à la visibilité des couleurs et à leur emploi dans la publicité, seront étudiées également dans la section de peinture en carrosserie, car ces

notions jouent un rôle important lorsqu'il s'agit de peindre certaines inscriptions sur les véhicules utilitaires.

Dans les sections de perfectionnement de décoration et de lettres et enseignes, des notions plus spécialisées seront étudiées. Dans la section de lettres et enseignes, la visibilité des couleurs sera étudiée tout particulièrement alors que cette notion ne figure pas au programme de la peinture en bâtiment.

Le programme de la section technique inférieure ne différera guère de celui que nous avons énoncé pour la section professionnelle inférieure ; la répartition des matières y sera également semblable. Mais, cette fois, s'adressant à des élèves plus doués pour l'étude, les professeurs ne craindront plus autant de s'adresser au raisonnement et, surtout, d'accorder un plus large développement à certaines notions scientifiques. Il est évident, par exemple, que cette fois, les mélanges additifs et soustractifs pourront être étudiés systématiquement. C'est ainsi que le cercle chromatique scientifique construit d'après le diagramme des contrastes, sera étudié avant que ne le soit le cercle chromatique harmonique basé sur les mélanges pigmentaires ; que les lois de l'harmonie seront étudiées d'une manière plus approfondie.

Mais, le schéma de l'étude restera le même dans la section technique secondaire inférieure :

dans les premières années, étude occasionnelle des lois qui régissent le domaine de la couleur et application de ces lois dans les travaux pratiques et au cours de dessin ;

en dernière année, étude systématique de la couleur suivant le plan défini précédemment.

Nous consacrerons quelques instants encore à l'étude de la couleur dans la section professionnelle secondaire supérieure destinée à des élèves d'au moins 15 ans qui ont suivi préalablement 3 années d'études du cycle secondaire inférieur. Ces jeunes filles et jeunes gens se consacreront à la décoration et à la publicité. Il est évident qu'un cours complet d'étude de la couleur devait être prévu : dans chacune des 3 années d'études, une heure hebdomadaire d'étude de la couleur est prévue aux grilles-horaires.

En principe donc, sur l'ensemble des études, 120 heures de cours seront consacrées à l'étude de la couleur mais, en raison de l'importance des notions à étudier, il est évident qu'une sélection des notions scientifiques a dû être faite. C'est ainsi que nous avons dû écarter l'étude des systèmes de coordonnées qui, en fait, ne sont pas encore absolument indispensables. Cependant une étude pratique du diagramme trichromatique, est envisagée.

Le programme se subdivisera comme suit :

1) Etude des notions scientifiques de base : définitions et vocabulaire de la couleur ; étude de la lumière : réflexion et diffusion de la lumière ; décomposition et recomposition ; mélanges additifs et soustractifs ; lumières complémentaires ; la vision des couleurs ; la couleur des corps.

Y seront encore étudiées les notions suivantes : le cercle chromatique (scientifique et harmonique), les diagrammes colorimétriques modernes, la liaison lumière-couleur.

2) Etude des matières colorantes et de leurs propriétés coloristiques : position dans le cercle chromatique, solidité à la lumière ; intervention dans les mélanges ; rabattement des couleurs par le noir et dégradations vers le blanc.

3) Etude des lois de l'harmonie : la couleur utilisée comme moyen d'expression : bases scientifiques, pouvoir expressif des couleurs, préférences et aversions pour les couleurs.

Les complémentaires.

Etude des contrastes : simultané, successif, mixte.

Possibilité d'obtention d'harmonies obtenues en associant, deux à deux, les couleurs franches.

L'harmonie en ton sur ton, l'harmonie des complémentaires, l'harmonie polychrome.

Les désharmonies et leur amélioration.

4) L'utilisation de la couleur :

Les aspects psychologiques, physiologiques et physiques des couleurs.

L'éclairage et la couleur : altération des couleurs suivant l'éclairage utilisé. Etude des courbes spectrales des différents éclairages et conséquences au point de vue de l'altération des couleurs du spectre.

La couleur dans les différentes activités de l'homme : dans les habitations, à l'école, à l'atelier, dans les bureaux, à l'hôpital, etc.

Couleurs de sécurité.

La couleur dans la publicité : dans l'étalage, dans l'affiche, dans le film.

Transformation des radiations : applications : la phosphorescence, la fluorescence.

Les altérations des couleurs dues au vieillissement.

Examen de quelques cas concrets et recherche d'harmonies.

A ce niveau d'études, ce cours sera soutenu, cette fois encore, par des applications pratiques réalisées au cours de dessin et aux cours pratiques.

Il faut remarquer qu'une difficulté rencontrée au niveau de la section professionnelle inférieure, s'atténuera vivement au niveau de la professionnelle supérieure :

les élèves étant âgés d'au moins 15 ans, ont, au point de vue des couleurs, des conceptions qui se rapprochent déjà de celles des adultes.

Dans la section technique secondaire supérieure où seront formés des techniciens de la peinture et de la couleur, une étude scientifique de la couleur sera, cette fois, prévue. La preuve en est qu'elle prend place dans le cours de physique industrielle.

Nous y rencontrons l'étude des divers systèmes de coordonnées, des notions de brillance, des méthodes de la colorimétrie, des sensations chromatiques, des domaines d'application, etc.

L'appareillage scientifique nécessaire sera mis à la disposition du professeur.

Nous ne pousserons pas plus loin, l'étude de ce programme qui tiendra largement compte des études pour-

suivies soit dans des assemblées telles que celles-ci, soit par des commissions spécialisées.

Nous espérons que les programmes ainsi définis seront de nature à donner aux élèves qui fréquentent chacune de nos sections, la formation nécessaire pour réussir dans l'exercice des métiers ou spécialités qu'ils désirent exercer.

Il est évident que l'étude de ces programmes nous posera de nouveaux problèmes et, en particulier, celui du matériel nécessaire à cette étude. Si ce problème ne se pose guère au niveau des sections supérieures pour lesquelles il existe un appareillage scientifique très important, il n'en est pas de même pour les sections inférieures pour lesquelles nous envisageons de mettre au point un matériel didactique assez élémentaire mais particulièrement démonstratif.

---

# Un cas particulier d'enseignement de la couleur

par R. ARZENS

Ingénieur-Conseil.

Il m'a semblé intéressant d'apporter au dossier de la Section « Enseignement » l'exposé d'un cas particulier, vécu récemment, et dont il sera peut-être possible de tirer quelques conclusions utiles.

\* \* \*

L'Institut Supérieur Van der Kelen - Logelain à Bruxelles, forme chaque année des jeunes décorateurs dans des cours intensifs qui s'étendent du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars (soit 6 mois). Les matières enseignées sont : les bois, les marbres, la lettre, la décoration, la publicité, la peinture en carrosserie, la dorure, etc... et, bien entendu, les travaux pratiques ont une importance capitale, épaulés seulement par le minimum de théorie indispensable.

Depuis 6 ans, j'ai été chargé de donner, à cet Institut, un cours de « Technologie des peintures modernes » qui comporte vingt leçons de 2 heures et, devant le succès de ces cours, la Direction m'a demandé, en octobre dernier, d'assurer selon les mêmes principes, l'enseignement de la Couleur. Je disposais de dix leçons.

Les élèves sont au nombre de 60 et leur âge moyen est de 20 ans. Ce sont pour la plupart des fils d'entrepreneurs de peinture et leur formation de base est, à peu près généralement, du niveau primaire.

Malgré le peu de délai qui m'était laissé, j'ai jugé bon d'accepter de donner ce cours pour tâcher d'apporter, dans ce domaine aussi, la bonne parole d'une technologie progressiste. Je vais vous faire part maintenant des difficultés que j'ai rencontrées et des résultats déjà obtenus.

\* \* \*

Etant données les conditions générales indiquées ci-dessus, et dans lesquelles je devais donner le cours, vous comprendrez qu'avec si peu de délai, il ne m'a pas été possible de faire quelque chose de définitif et pourtant je ne regrette pas l'expérience car elle me semble digne d'être vécue.

J'ai dû décider d'abord de l'esprit dans lequel je donnerais mon cours :

Le niveau en est, de toute évidence, primaire, du fait de la formation de base des élèves et ce niveau com-

mandé, à son tour, une prédominance de la pratique sur la théorie.

Par suite du manque de temps, par suite aussi du peu de longueur des cours, j'ai dû également transiger sur l'ampleur des démonstrations pratiques et, finalement je me suis résolu à un compromis.

Tous ces obstacles ne sont pas, en eux-mêmes, très importants et je n'en aurais pas fait le sujet d'une communication s'ils avaient été les seuls que j'ai eus à surmonter.

Ce sur quoi je voudrais surtout insister c'est d'abord que :

1. — Il n'existe encore rien dans la littérature que l'on puisse, de but en blanc, utiliser tel que pour l'enseignement de la Couleur à des primaires. Il m'a donc fallu glaner, ici et là, les éléments d'un cours comme je le concevais, et les arranger suivant un plan qui me semblait répondre au but poursuivi.

2. — Au niveau primaire, l'on ne peut (et surtout, l'on ne doit), à mon avis, enseigner que des notions positives : le doute est exclu, sinon l'élève perd vite confiance et ne digère par l'enseignement.

Or, nous sommes encore loin, dans la Science des Couleurs, d'une doctrine unique, cohérente, et bien assise. Nous travaillons à l'élaboration d'une telle doctrine et, depuis quelques années, nous accumulons incontestablement des résultats. Bien des doutes subsistent encore cependant tant sur la terminologie que sur l'interprétation des différents caractères de la Couleur.

3. — Ce qu'il faut à des élèves décorateurs c'est, en quelque sorte, apprendre à manier le clavier des couleurs; pour cela il faut leur enseigner le solfège de cette musique dont ils sont appelés à produire les effets.

Ce n'est pas que dans le domaine théorique, mais aussi dans le domaine pratique que nous butons sur des difficultés techniques.

Tout ce que l'on a dit jusqu'à ce jour sur les harmonies, les contrastes et autres, diffère grandement selon les auteurs. Ici encore, il n'y a rien de simple, rien de cohérent.

Ces trois problèmes qui se posaient à moi, j'ai essayé de les résoudre.

Voici quel a été mon plan :

Dans une *première partie consacrée à la lumière* j'ai étudié successivement, et aussi simplement que possible :

1. La nature de la lumière : ondes, longueur d'onde.  
2. Ses propriétés : réflexion, réfraction, décomposition, dispersion.

3. Lumière blanche, lumière colorée, lumières monochromatiques, spectre solaire, recombinaison de la lumière blanche.

4. Corps lumineux, corps obscurs, corps opaques, corps transparents, corps translucides.

5. a) L'absorption comparée à la réflexion;
- b) La réflexion diffuse;
- c) Cas d'un corps parfaitement diffusant.
- d) Cas d'un corps imparfaitement diffusant.

6. La couleur des corps. Impression de couleur.

7. Sensibilité de l'œil.

8. Du spectre au cercle : création des pourpres.

Jusqu'ici, pas de difficulté insurmontable, mais j'arrive à une première pierre d'achoppement :

9. Caractérisation de la couleur.

J'ai déjà parlé, plus avant, de *longueur d'onde* et c'est un terme qu'il est relativement aisé de faire comprendre à des jeunes gens à une époque où la radio est devenue partie intégrante de la vie de tous les jours.

L'*intensité lumineuse* est encore une donnée que, sans trop de difficulté, l'on peut assimiler. A cette occasion nous nous servons de l'échelle des gris.

Le troisième caractère indispensable à l'identification de la Couleur est, comme l'on sait, la *pureté*. Mélange avec du blanc, du noir ou un gris intermédiaire. Ceci n'est pas non plus, en soi, trop difficile à assimiler.

Voici donc trois caractères : espèce, intensité et pureté, dont on peut admettre sans trop de peine l'existence et la définition.

Mais en ce qui concerne le troisième caractère, devons-nous parler de *Pureté* (et rester selon nos conventions dans le domaine physique) ou de *Saturation* (et passer dans le domaine psychologique) ? Doit-on soulever le problème ?

N'oublions pas que le domaine intéressé est plutôt psychologique que physique, et je pencherais plutôt pour *Saturation*.

10. Représentation graphique de la couleur. Collections de couleurs.

Jusqu'alors mes élèves avaient seulement entendu parler de « rose chromatique » avec ce que cela com-

porte de vague, d'imprécis, et finalement de peu d'utilité pratique.

Dois-je leur parler des différents systèmes de couleurs (à peu près un système pour chaque auteur qui s'est occupé du problème) ?

Dois-je choisir pour eux un système qui me semble réunir le maximum d'avantages et, en tous cas, celui de la simplicité.

Je me suis arrêté à celui de notre ami F. Braun et son cercle chromatique a servi de base à mon cours.

Quant au triangle chromatique, il m'a semblé utile d'en parler, mais sans trop de détails.

Quant à la confection du cercle chromatique (écarts égaux) il m'a fallu aussi marcher plus ou moins sur la pointe des pieds. (Ici se pose le dilemme chromatique et/ou harmonique — écarts angulaires ?).

11. Mélanges additifs — mélanges soustractifs.

Cette notion qui est extrêmement délicate à enseigner, comme chacun sait, a été, paradoxalement, assez bien comprise de mes élèves.

Mon point de départ a été le tableau résultant de la description des phénomènes qui accompagnent l'effet de la lumière projetée sur un corps.

Voulez-vous me permettre de vous présenter ici cette partie de mon cours :

« Si la surface du corps considéré est parfaitement diffusante, exempte de réflexion spéculaire, la lumière blanche diffusée se comporte de façon différente selon la nature du corps :

» a) le corps peut diffuser la totalité des radiations du spectre de la lumière blanche reçue : l'impression enregistrée par l'œil de l'observateur est blanche : on dit qu'il s'agit d'un *corps blanc* (bâton de craie, par exemple).

» b) le corps peut absorber la totalité des radiations de la lumière blanche reçue : l'impression enregistrée par l'œil de l'observateur est noire : on dit qu'il s'agit d'un *corps noir* (bâton de fusain, par exemple).

» c) le corps peut absorber *partiellement*, mais *également* les différentes radiations et diffuser ce qu'il en reste : l'impression enregistrée par l'œil de l'observateur est grise : on dit qu'il s'agit d'un *corps gris* (plaque d'aluminium non polie, par exemple).

» d) le corps peut absorber *inégalement* une partie des radiations et diffuser ce qu'il reste : l'impression enregistrée par l'œil de l'observateur est une impression de *couleur* : on dit qu'il s'agit d'un *corps coloré* (pétale de géranium, par exemple) ».

En résumé, nous aurons le tableau suivant :

Cas	Absorption	Diffusion	Impression enregistrée par l'œil	Corps
a	nulle	totale	blanche	blanc
b	totale	nulle	noire	noir
c	quantitativement partielle mais égale	le reste	grise	gris
d	quantitativement partielle et inégale	le reste	colorée	coloré

N.B. — Dans ce tableau, les cas visés par a et b ne demandent pas d'autres explications.

« Pour les cas c et d il nous faut préciser ce qui suit :

» c) Absorption égale d'une partie des radiations violettes, bleues, vertes, jaunes, orangées et rouges .

— Diffusion de la partie restante de toutes ces radiations.

— Plus la quantité de radiations absorbées est grande, plus la quantité diffusée en sera faible et plus l'impression grise enregistrée par l'œil se rapproche du noir.

— Inversement, plus la quantité de radiations absorbée est faible, plus la quantité diffusée en sera grande et plus l'impression enregistrée par l'œil se rapproche du blanc.

» d) Absorption totale ou partielle de certaines radiations, diffusion de celles qui restent.

» Par exemple, un corps nous paraîtra *violet* s'il absorbe toutes les radiations (ou une très grande partie de chacune d'entre elles) sauf les *violettes* qu'il diffuse; il nous paraîtra de même :

*bleu*, s'il absorbe toutes les radiations (ou une très grande partie de chacune d'entre elles) sauf les *bleues*;

*vert*, s'il absorbe toutes les radiations (ou une très grande partie de chacune d'entre elles) sauf les *vertes*;

*jaune*, s'il absorbe toutes les radiations (ou une très grande partie de chacune d'entre elles) sauf les *jaunes*;

*orangé*, s'il absorbe toutes les radiations (ou une très grande partie de chacune d'entre elles) sauf les *orangées*;

*rouge*, s'il absorbe toutes les radiations (ou une très grande partie de chacune d'entre elles) sauf les *rouges*;

» Et nous arrivons ainsi à la notion de *couleur propre d'un corps* :

» *La couleur propre d'un corps est donc un phénomène purement physique résultant de l'absorption d'une partie des radiations du spectre de la lumière blanche.*

Les notions de gris neutre et de complémentaires peuvent alors être exposées et nous les avons développées comme suit :

#### « Mélange des couleurs

» Nous avons vu précédemment que nous pouvions décomposer la lumière blanche en lumières colorées et, inversement, recomposer cette lumière blanche en rassemblant les lumières colorées composantes.

» Chacun sait que l'on peut mélanger un pigment coloré à un autre pigment coloré et obtenir une certaine couleur différente des deux premières.

» Comme nous le verrons par la suite, l'on peut aussi mélanger des couleurs en utilisant des lumières colorées.

» La question qui se pose est maintenant de savoir si la couleur de ces mélanges de lumières colorées est la même que celle qui résulterait du mélange de matières pigmentaires ou de peintures.

» En cherchant à résoudre cette question l'on arrive à la conclusion qu'il existe une différence fondamentale entre les deux processus.

» Pour expliquer cette différence, il nous faut exposer la notion de *mélange additif* et de *mélange soustractif*.

#### » Mélange additif :

» Supposons un fond noir. Attribuons lui la valeur 0 en tant que lumière. Nous savons en effet que pour un corps noir la réflexion (diffusion) est nulle, l'absorption étant totale.

» Si, sur ce fond noir, nous projetons la lumière de trois projecteurs colorés différemment, nous aurons par exemple une image violette, une image orangée et une image verte (si telles sont les lumières colorées choisies).

» Notre fond noir apparaît déjà plus éclairé aux endroits où le faisceau de chaque projecteur le frappe.

» Si nous faisons se rapprocher les images orangée et verte nous observons à l'endroit où les deux images se recouvrent, la naissance d'une couleur jaune encore plus lumineuse que le vert et l'orangé originaux.

» De même, en rapprochant les images violette et orangée, nous observons la naissance d'une couleur rouge plus lumineuse que le violet et l'orangé originaux.

» De même encore, en rapprochant les images violette et verte, nous observons la naissance d'une couleur bleue plus lumineuse que le violet et le vert originaux.

» Enfin, si nous faisons chevaucher partiellement les faisceaux des trois projecteurs, nous observons :

» a) aux intersections des images originales, deux à deux, les images naissantes des trois couleurs plus lumineuses

jaune — rouge — bleu

» b) à l'intersection commune des trois images originales, une image nouvelle constituée par du blanc.

» Si, au lieu de partir des lumières violette, orangée et verte, nous partions des lumières jaunes, bleue et rouge et que nous nous répétions la même expérience, nous observerions :

» a) à l'intersection des images bleue et rouge, une zone de recouvrement violet clair;

» b) à l'intersection des images jaune et bleue, une zone de recouvrement vert clair;

» c) à l'intersection des images jaune et rouge, une zone de recouvrement orangé clair;

» d) à l'intersection des trois images originales, une zone de recouvrement blanche.

» Donc, quelle que soit l'expérience (1 ou 2), nous aboutissons à un même résultat final :

» Notre fond noir est devenu blanc.

» Qu'est-ce que cela signifie ?

» 1. — Pour recomposer la lumière blanche, il nous suffit de rassembler les composants colorés, de cette lumière blanche.

» Donc, notre expérience a consisté à ajouter des lumières colorées, à composer un *mélange additif* : du noir (lumière minimum) nous sommes arrivés au blanc (lumière maximum).

» 2. — Les lumières violette, orangée et verte peuvent être qualifiées de *fondamentales*, contenant à elles trois toutes les couleurs du spectre de la lumière blanche.

» 3. — Poussons plus loin et disons que les lumières jaune, bleue et rouge, aussi des couleurs fondamentales, sont, au surplus, des lumières de *couleur primaire* (comme nous l'avons vu, ces couleurs sont indécomposables). De ce fait, les lumières de couleur violette, orangée et verte sont dites *secondaires*.

» *Mélange soustractif* :

» Le mélange soustractif représente le contraire du mélange additif. (Au lieu de lumière, nous allons travailler avec de la matière pigmentaire).

» Alors que pour exposer la théorie de ce dernier, nous avons pris un fond noir, nous partirons d'un fond blanc pour exposer la théorie du premier.

» Sur une feuille de papier de couleur blanche (c'est à dire diffusant entièrement toute la lumière qu'elle reçoit : lumière blanche) posons des cercles de plastique transparent sur lesquels on a appliqué une peinture transparente jaune sur un cercle J, une peinture transparente bleue sur un cercle B et une peinture transparente rouge sur un cercle R.

» Voyons ce que nous pouvons observer :

» De même que nous avons précédemment attribué à notre fond noir la valeur 0 en tant que lumière, attribuons à notre fond blanc actuel la valeur 10.

» En posant le cercle J nous transformons le corps blanc du fond en corps jaune qui absorbe toutes les couleurs du spectre, sauf le jaune qu'il diffuse.

» En posant cote à cote avec J les cercles B et R, nous transformons localement le corps blanc en corps bleu et rouge qui diffusent respectivement seules la couleur bleue et la couleur rouge.

» Chacun de ces cercles a donc marqué déjà l'absorption d'une partie de la lumière blanche. La valeur lumineuse du fond a donc diminué.

» Rapprochons maintenant ces cercles deux à deux, de façon à les faire chevaucher. Nous voyons :

» a) à l'intersection du jaune et du bleu, la naissance d'une couleur verte;

» b) à l'intersection du bleu et du rouge, une couleur violette;

» c) à l'intersection du jaune et du rouge, une couleur orangée;

à chaque fois nous diminuons davantage la quantité de lumière diffusée.

» Ainsi donc, alors que dans notre expérience du mélange additif, nous avons *additionné* des lumières pour passer du noir (0) au blanc (10), nous avons, dans notre expérience du mélange soustractif, *soustrait* par absorption des radiations lumineuses de plus en plus nombreuses pour passer du blanc (valeur 10) au noir (valeur 0).

» En réalité, toutefois, les choses ne sont pas tout à fait aussi absolues : le blanc du mélange additif est plutôt un gris très pâle et le noir du mélange soustractif est plutôt un gris très foncé.



» A cette réserve près, tout ce que nous venons d'exposer est exactement vérifié par l'expérience.

» *Gris neutre.*

» Nous retiendrons de l'expérience du mélange soustractif que si l'on mélange en quantité convenable des pigments jaune, bleu et rouge, ou, pour plus de facilité, des peintures qui les contiennent (et eux seulement), on obtient une peinture de couleur gris foncé (presque noire) qui constituera la base d'un gris neutre idéal. En le dégradant avec une peinture blanche on pourra mieux constater la valeur de ce gris et l'on remarquera que si l'une des couleurs, dans le mélange, est en excès par rapport aux deux autres, le gris en question ne sera plus tout à fait neutre, mais bien bleuté, jaunâtre ou rougeâtre.

» De plus en plus, le décorateur moderne, pour « faire » ses gris, se servira de ce procédé, qui est plus facile à manier et plus fertile en résultats que le processus traditionnel du blanc et du noir.

» *Complémentaires.*

» Revenons encore pour un instant à l'expérience du mélange soustractif :

» La superposition des disques bleu et jaune nous a donné une impression visuelle verte.

» Celle des disques bleu et rouge, une impression visuelle violette et celle des disques rouge et jaune, une impression visuelle orange.

» La superposition des trois disques nous donne à son

tour une impression visuelle noire et nous pouvons noter que cette superposition revient exactement à la superposition de disques : vert et rouge, violet et jaune, orange et bleu.

» Ceci confirme ce que nous avons dit plus avant, à savoir : *chaque couleur primaire a une complémentaire qui est une couleur secondaire (II) composée des deux autres couleurs primaires (I).*

Exemple :

I	→	II	<	Bleu I
Rouge		Vert		Jaune I

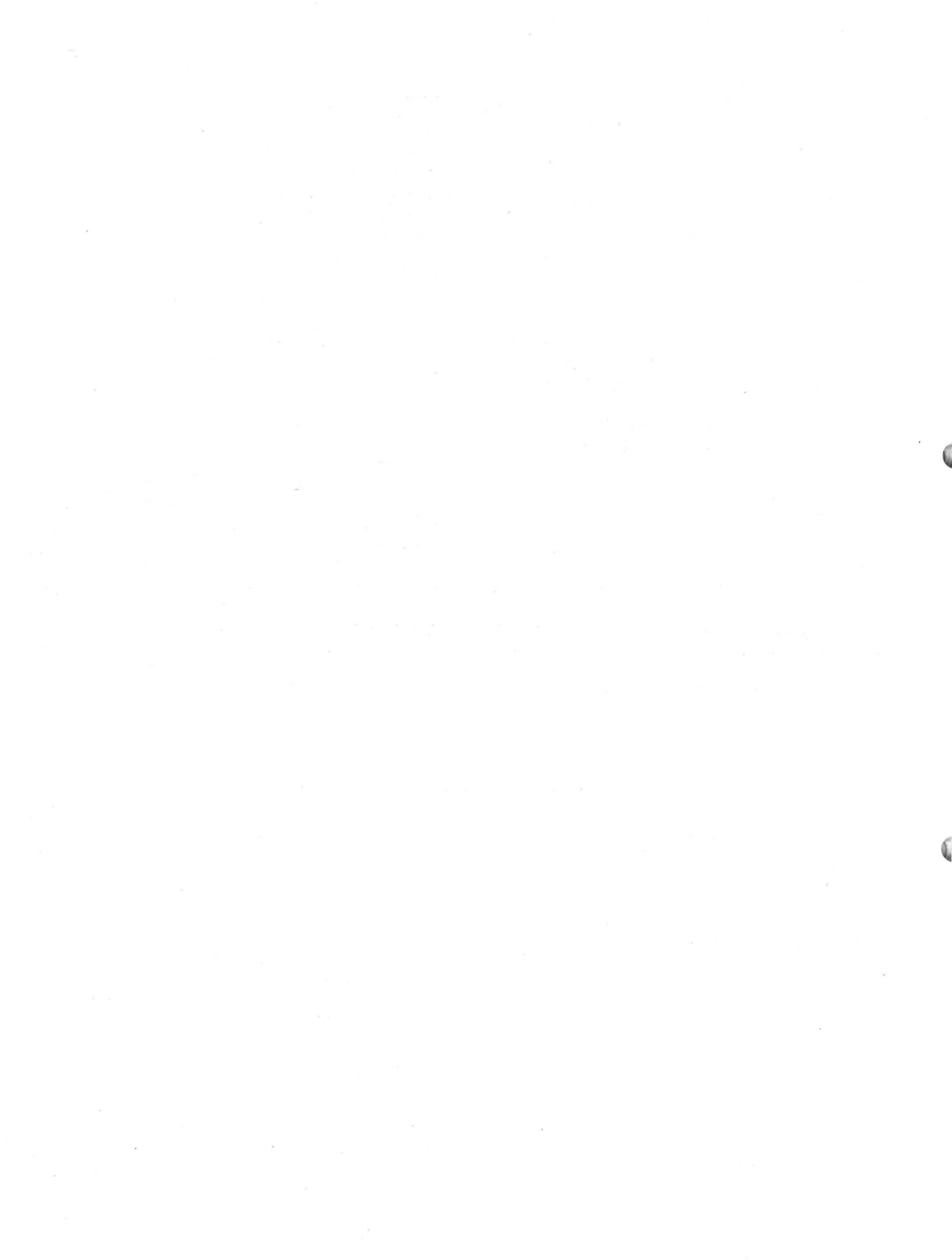
» Ce qui est vrai pour la lumière est donc vrai aussi pour les matières pigmentaires (on le démontre dans le premier cas par le raisonnement du mélange additif, dans le deuxième cas par le raisonnement du mélange soustractif).

» Seul le résultat du mélange final diffère : dans le premier cas : le blanc (recomposition totale de la lumière), dans le deuxième cas (absorption totale) impression visuelle noire. »

D'autres problèmes du même ordre se sont présentés à moi mais je ne voudrais pas retenir plus longtemps votre attention et je me bornerai là pour le moment.

Puis-je espérer de votre part des suggestions qui permettraient de faire un ensemble exempt de reproche et transformer cet essai imparfait en une vraie réussite.

Soyez en remerciés à l'avance.



## III<sup>e</sup> Partie

---

- Séances plénières.
- Séances publiques.
- Discussion des Communications.



# A-t-on besoin d'une notion nouvelle dans la métrique de la couleur ?

Prof. Dr. Ing. habil. Manfred RICHTER,

Oberregierungsrat in der Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin.

DK 001.4(44)

535.64

612.843.313.1

*Die Farbmetrik beschäftigt sich mit dem biologisch bedingten Begriff « Farbe ». Durch die ins Auge eintretende Strahlung werden die Empfänger-elemente der Netzhaut erregt; diese Erregung führt schliesslich zur Farbempfindung. Aber die Zusammenhänge sind keineswegs eindeutig (bedingt-gleiche Farben) und auch nicht immer stabil (Umstimmung). Man kann jedoch aus dem Verhalten der Strahlung in der additiven Mischung den Begriff « Farbvalenz » gewinnen, der der Strahlung eindeutig zugeordnet ist. Es zeigt sich, dass die « Farbvalenz » allein Gegenstand der Farbmessung ist.*

*Color metrics is dealing with the concept of « color » which is biologically defined. The radiation which enters the eye excites there the receptors of the retina and finally produces the color sensation. But the relations between radiation and color are not unequivocal (metamerism) and by no means stable (color adaptation). However, one can derive, from the behavior of the radiation in an additive mixture, the concept of « color valence » which is unequivocally bound to the radiation. It can be seen that the « color valence » is the only subject to color measurement.*

*La métrique des couleurs traite de la notion biologique de « couleur ». Le rayonnement pénétrant dans l'œil excite les récepteurs de la rétine et produit finalement la sensation colorée. Mais les relations entre rayonnement excitateur et sensation colorée ne sont pas bi-univoques (métamérisme) et elles ne sont pas toujours stables (adaptation colorée). On peut cependant déduire du comportement du rayonnement dans un mélange additif, la notion de « valence chromatique » directement reliée au rayonnement. On peut montrer que cette « valence chromatique » est le sujet propre de la colorimétrie.*

Si l'on regarde une surface quelconque, on a en général une impression colorée de cette surface. C'est un fait si commun que personne n'y prête attention et que l'on tend à attribuer cette couleur à la surface elle-même comme si c'était une de ses propriétés physiques. C'est ainsi qu'on s'attend à voir la même couleur, c'est-à-dire à avoir la même impression colorée, si l'on observe cette surface dans des conditions différentes.

Soit une diapositive en couleur (démonstration n° 1). La couleur d'un petit élément de l'image est due au rayonnement émis par la lampe, transmis par la diapositive, réfléchi par l'écran blanc et pénétrant dans l'œil, y formant l'image de l'écran sur la rétine. En modifiant

le rayonnement de la lampe (par exemple en interposant un filtre coloré), la couleur de ce même élément change: on voit que la couleur n'est pas une propriété d'un point donné de la diapositive, mais le résultat du rayonnement qui, venant de ce point, pénètre dans l'œil. Dans la terminologie de la colorimétrie, ce rayonnement est appelé « stimulus chromatique ».

Mais ce résultat ne peut se manifester que s'il y a un être vivant capable d'une sensation colorée. On sait qu'il y a des hommes incapables de sensation chromatique ou lumineuse : les aveugles. La piqûre d'une aiguille ne peut faire de mal à un être insensible ou mort, et le rayonnement ne peut produire de sensation visuelle

si un être vivant ne le reçoit dans son œil. La piqûre de l'aiguille n'est pas la douleur et le rayonnement n'est pas la couleur. Douleur et couleur *n'existent* que grâce à l'excitation d'un nerf approprié de notre organisme vivant.

Pour cette raison, il ne faut jamais confondre le stimulus chromatique (rayonnement : événement *physique*) et la sensation colorée (résultat d'une excitation du nerf optique : événement *biologique* [1]).

Il y a évidemment relation entre le stimulus et la sensation colorée. Cela ressort du fait que la couleur change en général si la nature du rayonnement, du stimulus, change. Soit une seconde démonstration (démonstration n° 2). On voit sur l'écran deux champs adjacents. L'éclairage du champ gauche est simple, celui du champ droit est fait de trois rayonnements : rouge, vert et bleu. On a ajusté les couleurs des deux champs de telle sorte que vous constaterez, je l'espère, leur identité<sup>1</sup>. Mais ces deux couleurs identiques sont *composées différemment*. La couleur de gauche est produite par une lumière qui a traversé un filtre, la couleur de droite est un mélange de trois différentes lumières. Il s'agit d'une paire de « couleurs métamériques ». Cette expression est la traduction verbale du fait expérimental qu'il n'existe pas de relation bi-univoque entre le stimulus et la sensation colorée. En effet, un stimulus, c'est-à-dire une certaine composition de rayonnement, donne une certaine sensation colorée, mais cette sensation peut aussi être obtenue à partir de stimulus différents. Ceci est dû à la nature même de notre sens visuel et c'est pourquoi il ne nous est pas permis de confondre la colorimétrie avec un simple repérage physique.

L'œil possède une autre propriété qui complique le problème. Je vais essayer de vous la montrer (démonstration n° 3). Veuillez cacher votre œil droit avec votre main et regarder avec l'œil gauche l'écran rouge en fixant le point central pendant une minute environ. Regardez alors l'écran avec l'œil droit seul. En comparant les sensations dues à l'œil droit et à l'œil gauche, vous constaterez une *différence*, quoique le rayonnement, le stimulus, qui entre dans chacun des deux yeux soit identique. La couleur n'est pas définie par le stimulus, elle se modifie sous l'influence de « l'adaptation colorée ».

Il est intéressant de combiner les démonstrations 2 et 3. Dans ce but, je vous prie de cacher à nouveau votre œil droit et de regarder l'écran éclairé cette fois en vert. Au bout du temps nécessaire à l'adaptation, je vous montre la paire métamérique. Si vous la regardez d'un seul œil, vous constaterez *toujours* une *égalité* entre les

deux champs, quel que soit l'œil utilisé, quoique la couleur de la paire soit très différente selon qu'elle est vue avec l'œil droit ou avec l'œil gauche. (C'est le physiologiste J. von Kries qui a découvert cette « persistance des équations de couleurs »).

Et maintenant une dernière démonstration. A la paire de couleurs métamériques on ajoute par projection un rayonnement identique dans les deux champs. Vous voyez que l'identité des deux champs n'est pas modifiée quel que soit le rayonnement ajouté. Malgré leur composition extrêmement différente, les deux couleurs métamériques se comportent de la même manière dans un mélange additif. C'est une des lois de Grassmann [2].

A la suite de ces démonstrations, une question se pose : si d'une part il y a des couleurs identiques quoique leurs compositions spectrales diffèrent, si d'autre part il y a des sensations colorées différentes quoique le stimulus soit invariant, peut-on trouver une loi pour gouverner le monde des couleurs? Ni le stimulus, le rayonnement, ni la sensation, la couleur, ne sont propres à l'établissement d'une telle loi. Cependant, il existe des lois dans le domaine des couleurs : les trois célèbres lois de Grassmann [2] qui concernent le mélange additif des couleurs.

A proprement parler, elles ne concernent pas les couleurs elles-mêmes, mais *l'effet* des rayonnements sur l'appareil récepteur de l'œil. Et c'est justement cet effet primaire qui n'est plus un rayonnement et qui n'est pas encore une sensation, c'est cet effet intermédiaire qui n'a pas encore de nom (sauf dans la terminologie allemande). Voilà la *notion nouvelle* que nous avons mentionnée dans le titre de notre exposé. Nous autres allemands l'avons appelé « Farbvalenz » [3; 4]. Ce n'est pas à moi, étranger, à vous proposer un terme français pour cette notion, mais seulement pour mieux me faire comprendre, je me permets d'employer ici la traduction littérale du terme allemand, à savoir l'expression de « *valence chromatique* »<sup>2</sup>.

Mais quelle que soit l'expression adoptée en français, je crois que la *notion* elle-même est indispensable à la métrique des couleurs. Dès qu'on l'emploie, les difficultés dont nous avons parlé ci-dessus disparaissent : Chaque rayonnement possède, pour un œil donné, une valence chromatique. Beaucoup de rayonnements ont la même valence chromatique : métamérisme. La valence chromatique ne subit pas l'influence de l'état d'adaptation colorée. Enfin, c'est elle qui caractérise le comportement d'un rayonnement dans les mélanges additifs.

Les lois de Grassmann concernent la valence chromatique et non la couleur en tant que sensation. Et de ce

<sup>1</sup> Il y aura certainement quelques personnes dans l'auditoire qui ne constateront pas l'identité des deux champs. Néanmoins, je les prie, pour le moment, d'accepter l'avis de la majorité.

<sup>2</sup> Le terme de « valence chromatique » est d'ailleurs utilisé dans votre langue, du moins par quelques auteurs (Piéron), avec le sens de « saturation ». Je vous prie de ne pas penser ici à cette utilisation particulière.

fait, la colorimétrie n'a pas d'autre sujet que la valence chromatique. Les trois composantes trichromatiques et tous les autres systèmes de coordonnées ne sont que de mesure de la valence chromatique. Représentez-vous la méthode de mesure d'une couleur dans un colorimètre trichromatique et vous comprendrez l'exactitude de ma thèse, à savoir que nous ne pouvons mesurer que des valences chromatiques, mais jamais des couleurs.

En généralisant, nous avons le droit de dire que toute la « métrique inférieure des couleurs » (comme le physicien Schrödinger [5] avait appelé cette part de la métrique des couleurs qui est basée sur l'égalité de deux couleurs) n'est que la « métrique des valences chromatiques » (« Valenzmetrik »).

Puisque la notion de valence chromatique dérive de la nature même du système visuel, nous avons le droit de formuler comme suit le fonctionnement de l'œil vivant :

« L'ensemble des cônes de l'œil photopique et trichromatique évalue linéairement et sans solution de continuité le rayonnement pénétrant dans l'œil, sur la base de trois fonctions spectrales indépendantes en combinant additivement les trois effets partiels à un effet total unique et indissoluble qui est la valence chromatique de ce rayonnement. »

Cette loi fondamentale de la métrique des couleurs ne contient pas d'éléments nouveaux, elle est la *concentration* des trois lois de Grassmann [6]. Elle ne présume pas d'une hypothèse physiologique sur le mécanisme de la vision des couleurs, elle contient seulement le fait expérimental de la *trivariance* visuelle.

La valence chromatique est alors décrite par un jeu de *trois coordonnées* qui peuvent être calculées comme les trois intégrales :

$$\begin{aligned} A &= \int \varphi(\lambda) a(\lambda) d\lambda \\ B &= \int \varphi(\lambda) b(\lambda) d\lambda \\ C &= \int \varphi(\lambda) c(\lambda) d\lambda \end{aligned}$$

dans lesquelles  $\varphi(\lambda)$  est la répartition spectrale du stimulus et  $a(\lambda)$ ,  $b(\lambda)$ ,  $c(\lambda)$  sont les coefficients de distribution, c'est-à-dire les valeurs des composantes trichromatiques des radiations monochromatiques dans un système quelconque des trois primaires  $\mathfrak{A}$ ,  $\mathfrak{B}$ ,  $\mathfrak{C}$ <sup>3</sup>. La représentation d'une valence chromatique est un vecteur dans l'espace tridimensionnel et l'on peut décrire une valence chromatique  $\mathfrak{V}$  par une équation de couleurs [7] :

$$\mathfrak{V} = A \mathfrak{A} + B \mathfrak{B} + C \mathfrak{C}$$

ou suivant la forme également acceptée par la C.I.E. :

$$(V) = A(A) + B(B) + C(C)$$

<sup>3</sup> Les caractères gothiques sont des symboles vectoriels dans la littérature allemande.

Permettez-moi d'ajouter quelques remarques sur la nature de la valence chromatique. A proprement parler, un rayonnement donné possède une valence chromatique *propre* à chaque œil *individuel*. Celà est facile à comprendre si l'on pense aux trichromates anormaux qui ne réalisent pas les mêmes égalisations trichromatiques comme les voyants normaux. Les mêmes rayonnements ont donc des valences chromatiques différentes selon qu'il s'agit de trichromates anormaux ou normaux. Pour les dichromates, les rayonnements ont aussi des valences chromatiques; elles ne sont plus trivariantes, mais seulement divariantes. Même pour les achromates subsiste la notion de valence d'un rayonnement, mais ce n'est plus qu'une valence lumineuse puisque, pour eux, la couleur n'existe pas<sup>4</sup>.

De ce point de vue, on pourrait penser que la notion de valence chromatique est peu convenable parce que trop *subjective*. Mais il en est ainsi de toutes les autres notions de la métrique des couleurs, et c'est pourquoi la Commission Internationale de l'Eclairage a créé en 1931 « l'observateur de référence ». On peut alors définir une valence chromatique « normale » pour l'observateur de référence, et c'est en effet l'usage en Allemagne depuis 1954, de telle sorte que la valence chromatique est toujours rapportée à l'observateur de référence, sauf si l'on fait spécifiquement mention d'un observateur individuel<sup>5</sup>. Cette valence chromatique « normale »  $\mathfrak{E}$  est donc représentée par un vecteur dans l'espace  $\mathfrak{X}$ ,  $\mathfrak{Y}$ ,  $\mathfrak{Z}$ , et par l'équation de couleurs :

$$\mathfrak{E} = X \mathfrak{X} + Y \mathfrak{Y} + Z \mathfrak{Z}$$

L'intention de mon exposé était de vous montrer l'utilité, ou plutôt la *nécessité* d'une notion nouvelle et d'un terme nouveau pour décrire la phase intermédiaire entre le rayonnement en tant que stimulus chromatique et la sensation colorée que nous appelons « la couleur ». La valence chromatique est le produit direct du rayonnement dans l'œil, nous la mesurons en la comparant avec d'autres valences chromatiques car les mêmes valences produisent les mêmes couleurs sous des conditions identiques et notre œil est seulement capable de constater l'égalité ou l'inégalité de deux couleurs.

En *métrique supérieure* des couleurs, où l'on regarde les différences, estime la grandeur de ces différences, constate l'équidistance d'une suite de couleurs, juge

<sup>4</sup> Je veux dire que la luminance peut être considérée comme la « valence lumineuse » d'un observateur quelconque. Car les définitions de la luminance et de la valence chromatique sont identiques si ce n'est que la valence chromatique est décrite par trois fonctions colorimétriques, et la luminance par une seule fonction  $V(\lambda)$ .

<sup>5</sup> A proprement parler, on ne peut définir pour l'observateur de référence que des valences chromatiques, car cet observateur en tant qu'être fictif n'est pas capable de sensation colorée.

l'acceptabilité de différences... on a d'ordinaire affaire aux *couleurs elles-mêmes* et non aux valences chromatiques. Je ne vois pas là une difficulté mais un *avantage*, car beaucoup d'erreurs dans ce domaine viennent de ce qu'on oublie que les questions d'adaptation colorée, de champ environnant, de niveau d'éclairement... sont très importantes en métrique supérieure, mais sont tout-à-fait sans importance en métrique inférieure dès que l'on raisonne sur les valences chromatiques.

Je suis sûr que la notion de valence chromatique (quel que soit le terme choisi dans les différentes langues) sera adoptée par la terminologie internationale<sup>6</sup>. Je sais, par expérience, que la notion une fois comprise présente un grand avantage scientifique, pratique et didactique. Elle contribue à la clarté de la terminologie. C'est pourquoi je serais très heureux si vous vouliez

---

<sup>6</sup> La notion se trouve déjà dans le Vocabulaire International de l'Éclairage (deuxième édition) sous le N° 15-045, mais malheureusement elle est interprétée d'une manière totalement erronée dans les textes français et anglais.

répondre affirmativement à la question posée par le titre de cet exposé.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] RICHTER, M. — Ueber das Verhältnis zwischen Physik und Farbenlehre. Physikal. Bl. 8 (1952), S. 2-8, N° 1.
- [2] FRIESER, H. — Die Grassmannschen Gesetze. Farbe 2 (1953), S. 91-108, N° 3/4.
- [3] Normblatt DIN 5035 Blatt 1 : Begriffe der Farbmetrik (Ausgabe 1954, 1958).
- [4] RICHTER, M. — Wesen und Bedeutung des Farbvalenz-Begriffes. Farbe 3 (1954), S. 49-60, N° 1/2.
- [5] SCHROEDINGER, E. — Grundlinien einer Theorie der Farbenmetrik im Tagessehen. Ann. Physik (IV) 63 (1920), S. 397-456, 481-520.
- [6] RICHTER, M. — Das farbreizmetrische Grundgesetz. Z. wiss. Photogr. 45 (1948), S. 246-251, N° 11/12.
- [7] RICHTER, M. — Fragen der Farbmessung und Farbwiedergabe auf der Tagung der C.I.E. 1955 in Zürich. Farbe 5 (1956) S. 189-200, N° 3/6, 6 (1957), S. 48.



# L'Association Lumière et Couleur comme élément architectural

par Maurice DERIBERE,

Les architectes et les décorateurs n'ignorent pas le rôle de la lumière et de la couleur dans l'aspect des monuments et des bâtiments. Ils portent avec eux une lourde tradition et des antériorités comme la polychromie interne du Parthénon ou celle, externe, de grandes cathédrales sont des exemples qui leur furent souvent donnés. Mais ce sont là plutôt des exceptions spectaculaires alors que des règles précises existent par ailleurs.

Que le bleu donne une impression d'espace et les couleurs chaudes une impression d'intimité est un fait classique mais que les lumières adaptées à ces couleurs amplifieront tout naturellement.

Le rôle des formes et du décor est aussi une importante donnée que les décorateurs ont à manier.

Des dessins rétrécissent l'espace. Les papiers tentures à motif pouvaient être adaptés aux vastes demeures de jadis. Celles, plus restreintes d'aujourd'hui, demandent une sobriété qui agrandit l'espace et au besoin des lignes horizontales qui élargissent ou des verticales qui rehaussent.

L'époque gothique a utilisé largement ces projections verticales, ces hautes voûtes croisées sur de longues colonnes ajourées. Tout y était conçu pour donner un sentiment de déplacement vers le haut, d'élévation, d'élan mystique. La sobriété des murs gris, nus, venait y concourir et ajoutait la nuance aux lignes. Quant à la couleur, c'est celle, filtrée par les verrières, tombant en pluie polychrome vers le sol et concourant aussi à l'effet final.

Auparavant, le roman avait recherché de tous autres effets. Des voûtes basses, ramassées en étaient la base. Une polychromie complexe s'attachait aux colonnes, aux voûtes, aux parois, en dessins compliqués malgré leur simplicité naïve. Cela donnait cette impression de recueillement intime, d'association de l'esprit à l'enclos ainsi limité, au mystère des sombres cryptes percées de faibles lumières ajoutant à l'irréalité d'un espace resserré.

En fait, chaque religion, chaque concept, aura ainsi formé peu à peu, sa tendance et sa tradition.

En Islam, et on le sait pleinement par exemple à Courdoue, c'est une fuite des colonnes, une suite d'arcades... qui créent le sentiment d'une forêt touffue, mais sans chaos, avec au contraire l'observance d'un ordre strict conduisant impérativement à un sentiment d'espace illimité, à une profondeur étrange.

Dans l'art byzantin, l'association des formes, des couleurs et des lumières atteint à une sublimité irréaliste, mais due à l'observance de lois décoratives étroites et dont l'analyse est captivante.

Dans les mosquées bleues de l'Orient, la couleur domine et inspire l'introspection, le rêve, la prière immatérielle dans l'oubli des contingences extérieures, la spiritualité abandonnée.

Le fatras des ornements dans un temple Bouddhique, s'associe au contraire aux coloris chauds et intimes qui y sont de règle.

Tout cela est fort ancien. Déjà, dans l'ancienne Egypte, l'on établissait avec des règles sûres les équilibres entre masses et décors. A l'intérieur même des tombeaux, c'est par des jeux d'ombres et de lumière venant du haut que l'on créait ces impressions d'immensité et de mystère qui ont frappé bien des chercheurs.

Les lois de l'association architecturale de la lumière et de la couleur ne sont pas choses naturelles. C'est dans l'observation de résultats concrets dispersés au cours des âges et au hasard des lieux que l'on peut en retrouver les règles et les bases majeures. Mais la versatilité de l'homme qui passe vite d'une tendance à une autre les montre sous un premier aspect général assez décousu et dispersé. C'est en les regroupant, en les analysant, que l'on pourra retrouver ces vérités de toujours que l'homme recherche constamment alors même qu'il les a sous la main.

---



## Table des Matières

### I. Les Journées (35 p.)

### II. Textes des Communications

#### Section 1: Mesure de la Couleur

- G. Bertrand : Enquête sur les appareils de mesure de couleurs (13 p.)
- F. Braun : La relation de Neugebauer et l'impression en couleur (4 p.)
- L. F. de Kerf : L'application des calculatrices automatiques dans le domaine de la colorimétrie (17 p.)
- G. Leblanc : Un contrôle des nuances de la lumière et ses applications dans les équipements hospitaliers (1 p.)
- A. Pêtre et  
d'Hondt : Le système Octochrome de contretypage automatique (4 p.)
- J. Péters : Le photolorimètre différentiel à écran cathodique Lv<sup>30</sup> (6 p.)
- B. Jamart : Tolérances colorimétriques pratiques dans le domaine de la peinture (18 p.)
- H. Weise : Die Farbabstände im Farbsystem der DIN-Farbenkarte (7 S.)
- M. Gambioli, G. Calabro  
et A. D'Aprano : Étude de la variation des coordonnées tristimulus en fonction des quantités d'encre et de la couleur du support (8 p.)
- O. Syreeni : The spectral distribution of colours and coloured lights (5 p.)
- K. D. Hofmann u.  
K. Miescher : Experimentelle Bestimmung "farbkraftigster" Optimalfarben in Abhängigkeit vom Umfeld (1 S.)
- P. Vanherck : Comparaison entre les principaux systèmes de représentation des couleurs (9 p.)

#### Section 2: Psychologie de la Couleur

- M. Ibarra : La diapositive d'édition et ses problèmes (1 p.)
- Mme. Henrion : La couleur de l'eau (3 p.)

- M. Adam : Ästhetisch-psychologische Grundlagen der Farbgestaltung (15 S.)
- P. Kowaliski : L'effect colorimétrique des champs environnants sur la reproduction des couleurs (4 p.)
- P. Mouchel : Reproduction of color saturations by practical photographic progress (7 p.)
- E. Barthès : Éclairage, couleur et sécurité (7 p.)
- J. J. Wittenberg : Die Syndomatik der Farbenaffinität und Farbaversion bei 40 Paragnosten (12 S.)

### Section 3: Ésthétique de la Couleur

- E. Saffre : Le dynamisme psychologique des couleurs (6 p.)
- S. Dumarest : Couleur et forme linéaire (4 p.)
- J. Fillacier : Développement de l'esthétique dans les créations humaines (2 p.)
- M. Pinte : Nouveauté en fabrication de verre a vitres inactiniques (8 p.)
- J. Escher-Desrivières, R. Pétri  
et E. Poulle : Nouvelles recherches expérimentales sur la protection des archives contre la lumière solaire, par l'emploi de vitrages spéciaux (6 p.)

### Section 4: Enseignement de la Couleur

- J. Péters : Les problèmes que pose l'enseignement de la science de la couleur (2 p.)
- W. D. Wright : The teaching of colour at the Imperial College, London (3 p.)
- M. Richter : Unterricht in Farbenlehre in Deutschland (5 S.)
- J. Lamouret : Les méthodes audio-visuelles d'enseignement de la couleur (3 p.)
- M. Gillod : Le problème de l'enseignement de la couleur en France (2 p.)
- H. Lemaire : Programmes et méthodes de l'enseignement de la couleur dans les écoles professionnelles et techniques (6 p.)
- R. Arzens : Un cas particulier d'enseignement de la couleur (5 p.)

III. Séances publiques

M. Richter : A-t-on besoin d'une notion nouvelle dans la métrique de la couleur? (4 p.)

M. Déribéré : L'association lumière et couleur comme élément architectural (1 p.)

