

J.-P. BENZÉCRI

Note sur la sensibilité au contraste chromatique

Les cahiers de l'analyse des données, tome 17, n° 3 (1992),
p. 375-378

http://www.numdam.org/item?id=CAD_1992__17_3_375_0

© Les cahiers de l'analyse des données, Dunod, 1992, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Les cahiers de l'analyse des données » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

NOTE SUR LA SENSIBILITÉ AU CONTRASTE CHROMATIQUE

[NOTE CHROM.]

J.-P. BENZÉCRI

L'article "Compression des images polychromes et sensibilité au contraste chromatique", [POLYCHROME], paru dans *CAD*, Vol XVII, n°2, a été soumis au Pr. J.-D. BAGOT, de l'Université de Paris V; dont quelques intéressants commentaires nous ont été aimablement transmis par R. GULLAUME: il nous a donc paru opportun de compléter par une note l'article cité.

Nous considérons successivement trois points.

Au §1, partant d'une remarque de J.-D. BAGOT, on suggère d'utiliser les mires polychromes pour définir statiquement l'égalité de luminance entre couleurs. Au §2, au contraire, on quitte le domaine des stimuli statiques en proposant d'introduire un coefficient de variation temporelle dans les mires polychromes. Au §3, on introduit des stimuli polychromes plus généraux que les mires, mais assez simples, peut-être, pour mériter de faire l'objet d'expériences.

1 Essai de définition statique de la luminance d'après la perception de mires polychromes

Nous avons écrit dans [POLYCHROME]:

Afin de créer les stimuli, il faut d'abord fixer deux couleurs, A et B, d'égale luminance. Cette égalité doit être rigoureuse, car il est essentiel que des différences, même faibles, de luminance ne contaminent pas l'étude de la discrimination chromatique. Une voie nous paraît être de prendre directement le moniteur pour photomètre à papillotement: les couleurs A et B étant présentées alternativement; en demandant au sujet d'ajuster l'intensité de l'une des deux, par exemple B, jusqu'à ce que le papillotement soit minimum.

Sans faire d'objection de principe à la recherche proposée, J.-D. BAGOT nous signale que la notion de luminance n'est pas, elle-même, hors de conteste; dans la mesure où des expériences précises ont révélé que l'égalité de luminance entre couleurs, telle que la définit le photomètre à papillotement, est une notion fluctuante, dépendant de la fréquence du papillotement.

Cette difficulté nous suggère de chercher dans l'expérience elle-même, proposée dans [POLYCHROME], une voie nouvelle pour définir l'égalité de luminance, non par un processus dynamique, tel que le papillotement, mais par un procédé statique, i.e. ne reposant que sur les réponses données par les sujets à des stimuli fixes.

En effet, la *contamination* à laquelle nous faisons allusion peut être appréciée expérimentalement: car toute différence de luminance, entre A et B, doit se manifester par une plus grande aisance, pour le sujet, dans la perception des bandes alternées dont se compose le stimulus.

Supposons qu'on ait déterminé d'abord, par un procédé usuel, des couleurs A et B dont la luminance soit, à peu près, la même. On répétera les expériences que nous proposons avec un couple de couleurs {A, i.B}; où *i* désigne un coefficient d'intensité, certes voisin de 1, mais prenant différentes valeurs; d'où, pour le stimulus la formule (reprise de celle du §3.1 de l'article cité):

$$f(u) = ((1/2) + (k/2) \cos(2\pi u / U)) A + i \cdot ((1/2) - (k/2) \cos(2\pi u / U)) B .$$

Dans [POLYCHROME], §3.2, on propose d'expérimenter avec une valeur donnée du paramètre angulaire *U*, période des bandes de la mire polychrome; et de déterminer un seuil sinusoïdal chromatique, *ssc(U)* qui est, e.g., la distance chromatique entre A et B pour laquelle le sujet reconnaît avec un taux d'erreur 1/4 (la valeur 1/2 correspondant au hasard) si la mire est verticale ou horizontale; (le seuil *ssc(U)* peut être exprimé par son rapport à ce qu'on a appelé *seuil plat*, ou seuil défini d'après la comparaison de champs plats juxtaposés).

Si l'on reprend ce protocole expérimental, en introduisant le coefficient d'intensité *i*, on a une fonction *ssc(U, i)*; mais il faut tenir compte de ce que le seuil plat, *ssp*, peut dépendre lui-même de *i*. Le plus simple, pour explorer la voie que nous proposons, nous paraît être de partir d'un couple de couleurs {A, B}, de luminance quasi égale; et d'un angle *U*, pour lequel, avec ces couleurs, le taux d'erreur soit voisin de (1/4). On étudierait alors, en fonction de *i*, la variation de ce taux, en laissant *U* fixe, mais avec un couple de couleurs {A, i.B}. L'isoluminance, entre A et i.B, correspondrait à la valeur de *i* pour laquelle le taux d'erreur est maximum.

Comme de règle, le maximum ne serait pas déterminé directement, mais en traçant, de la courbe de variation du taux d'erreur en fonction de *i*, la partie croissante (*i*<<1) et la partie décroissante (*i*>>1).

Nous avons dit, en passant, que le seuil plat lui-même peut dépendre de *i*. En effet, en dehors de l'étude des stimuli sinusoïdaux polychromes, à laquelle J.-D.BAGOT a opposé une objection dont nous avons prétendu tirer un argument en faveur de l'expérience que nous proposons, la simple étude de la discrimination entre deux champs plats {A, i.B}, en fonction de *i*, pourrait aider à préciser la notion d'isoluminance.

2 Mires polychromes sinusoidales et images mobiles

Dans [POLYCHROME], nous formulons une restriction: Le cas des images mobiles, $X(u, v, t)$, certes essentiel, ne sera pas abordé... En évoquant les difficultés auxquelles est en butte l'étude du papillotement, J.-D.BAGOT nous incite à proposer des stimuli sinusoidaux variant dans le temps; le plus simple étant d'introduire, à côté du facteur spatial $\cos(2\pi u / U)$, un facteur temporel de même forme: $\cos(2\pi t / T)$, dont la période est T ; soit :

$$f(u) = ((1/2) + (k/2) \mu(u, t)) A + ((1/2) - (k/2) \mu(u, t)) B ;$$

où $\mu(u, t)$ est le produit : $\cos(2\pi u / U) \times \cos(2\pi t / T)$.

Avec un tel stimulus, à l'instant $t = 0$, (ou à un instant $t = n.T$, n entier), la couleur du stimulus oscille entre deux points extrêmes, a et b , définis par:

$$a = (1/2) ((1+k) A + (1-k) B) \quad ; \quad b = (1/2) ((1-k) A + (1+k) B) ;$$

ces extrêmes correspondant, respectivement, à $u = n.U$, et $u = (n+(1/2)).U$, où n est un entier. Mais en une demi-période, i.e. pour $t = (n+(1/2)).T$, n entier, le contraste chromatique spatial s'inverse: la couleur a venant là où était b et réciproquement. En un quart de période, i.e. pour $t = (n+(1/2)).(T/2)$, n entier, le contraste chromatique spatial disparaît totalement.

Un protocole expérimental simple comportant de tels stimuli consisterait à étudier la variation du taux d'erreur dans la reconnaissance de l'orientation de la mire; $\{A, B, U\}$ étant fixés et T variable.

3 Superposition de mires sinusoidales

Dans [POLYCHROME] et jusqu'ici dans cette note, les stimuli proposés ne dépendent que d'une seule dimension spatiale (ou angulaire), notée u . Or on peut créer des stimuli qui, sans être plus complexes, varient en fonction de deux coordonnées spatiales. La formule suivante décrit, par une fonction $f(u, v)$, la superposition de deux mires sinusoidales, de périodes spatiales respectives U et V , perpendiculaires entre elles:

$$\begin{aligned} 2.f(u, v) &= ((1/2) + (k/2) \cos(2\pi u / U)) A + ((1/2) - (k/2) \cos(2\pi u / U)) B \\ &\quad + ((1/2) + (k/2) \cos(2\pi v / V)) A + ((1/2) - (k/2) \cos(2\pi v / V)) B \\ &= ((1/2) + (k/2) (\cos(2\pi u / U) + \cos(2\pi v / V))) A \\ &\quad + ((1/2) - (k/2) (\cos(2\pi u / U) + \cos(2\pi v / V))) B \\ &= ((1/2) + (k/2) \mu(u, v)) A + ((1/2) - (k/2) \mu(u, v)) B ; \end{aligned}$$

où: $\mu(u, v) = 2 \cos(\pi ((u/U)+(v/V))) \times \cos(\pi ((u/U)-(v/V)))$.

Bornons-nous au cas le plus simple où $U = V$. La dernière formule montre que le stimulus résultant est un pavage délimité par des droites, parallèles aux bissectrices des axes, ayant pour équations:

$$u + v = (n + (1/2)) \cdot U \quad ; \quad u - v = (n + (1/2)) \cdot U \quad ; \quad \text{où } n \text{ est un entier ;}$$

le long de ces droites, $\mu(u, v) = 0$, et la couleur n'est autre que le blanc, $\beta = (A+B)/2$; les pavés délimités par ces droites alternent en damier avec, en leur centre, soit la couleur a , soit la couleur b , (couleurs dont la définition est rappelée au §2).

Ces damiers, comme les mires sinusoïdales dont ils dérivent, dépendent seulement de deux paramètres chromatiques qui constituent le couple $\{A, B\}$, et d'un paramètre spatial: $U = V$. Ils peuvent donc rentrer dans des expériences de discrimination simples; notamment si on les présente, aléatoirement, tels quels, ou tournés de 45° , afin d'obtenir des sujets une réponse simple d'orientation d'après laquelle on calculera un taux d'erreur. L'intérêt étant qu'à la différence des mires, le stimulus en damier ne met pas en jeu des détecteurs de lignes.

4 Perspectives

Nous ne croyons pas que nos propositions d'expériences reposent sur des conceptions originales de la vision des couleurs. Si nous nous permettons de les formuler, c'est parce que la facilité avec laquelle on peut présenter des stimuli donne, aujourd'hui, un intérêt réel à des projets, faciles à concevoir, mais qu'il eût été illusoire de considérer dans le passé; et qu'il appartient au mathématicien d'engendrer des images avec une volubilité que l'inertie même de la matière, ou des sens, n'entrave aucunement.

Cependant, la complexité que recèle, d'après J.-D.BAGOT, l'étude du papillotement pourrait dépasser celle qu'on présume dans les seuils de perception de stimuli normalisés. Nous avons rappelé que les réponses sensorielles périphériques constituent *ce que l'œil dit au cerveau*: non une image, mais un ensemble d'informations destiné à être interprété. Dans cette interprétation, l'apprentissage joue un rôle d'autant plus grand que l'on soumet les sujets à des expériences plus minutieuses.

Dès lors, on sort du cadre de la psychophysique: la difficulté majeure pourrait être, ici, de déterminer des lois générales, dans un système de référence commun à tous les sujets normaux; tout en reconnaissant que la perception individuelle n'est pas régie par ces seules lois.