COURBES ROC, AMPLITUDE DE SENSIBILITÉ

AUTEUR

Thomas Salmon: Northeastern State University, États-Unis

RÉVISION PAR LES PAIRS

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, États-Unis

CE CHAPITRE INCLUT UNE RÉVISION DE:

- Courbes ROC
- Exemple de théorie décisionnelle pour le glaucôme
- Amplitude de sensibilité
- Les quatre constances

COURBES ROC

Les réponses subjectives obtenues pour les différents niveaux de critères et les stimuli d'intensités différentes (détectabilité, d') peuvent être tracés sur une courbe ROC (*receiver operating characteristic*). Cette courbe prend en compte le taux de succès (vrais positifs) en fonction du taux des fausses alarmes (faux positifs), et ce pour plusieurs essais (Figure 33-1 ci-dessous, et Schwartz, 2004, Fig. 11-9). Chaque courbe ROC représente un niveau de détectabilité—c'est-à-dire un niveau d'intensité du stimulus qui excède celui du fond. Lorsque la détectabilité est faible, le stimulus est difficile à voir et un grand nombre de faux positifs ainsi que de vrais positifs est obtenu. Un exemple extrême est représenté par la courbe ROC A dans la figure 33-1. La courbe ROC A présente une détectabilité de d'=0.

COURBES ROC (SUITE)

Q. Pourquoi?

A. La détectabilité augmente pour les stimuli de haute intensité, et la cible est plus facile à percevoir. Il y aura moins de faux positifs et plus de vrais positifs, tel que démontré dans la courbe C.

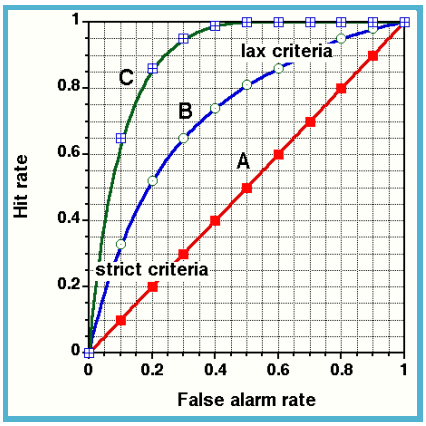


Figure 33-1: *Trois courbes ROC. Légende: Hit rate = Taux de réussite; False alarm rate = Taux de faux positifs; Strict criteria = critère strict; Lax criteria = critère de tolérance*

Dans une courbe ROC, le critère de détection représente un seul point sur la courbe, tel que vu dans les Fig.11-9 A et 33-1 de Schwartz, car ce critère détermine autant la probabilité des bonnes réponses que des faux positifs.

EXEMPLE DE THÉORIE DÉCISIONNELLE POUR LE GLAUCÔME

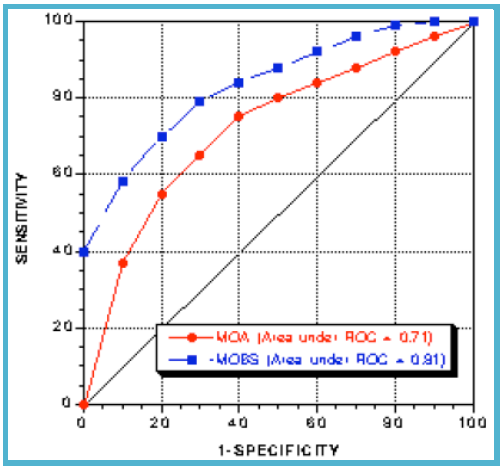
L'utilisation des courbes ROC et de la théorie de la détection n'est pas limitée aux expériences psychophysiques. Les courbes ROC sont fréquemment utilisées afin d'évaluer les tests diagnostiques médicaux qui sont conçus afin de détecter les maladies dans une population (signal+bruit) par rapport à une population normale (bruit). Ces techniques sont également utiles pour évaluer l'efficacité diagnostique de l'instrument GDx. Parfois, on nomme «**sensibilité**» le taux de succès du test diagnostic. La sensibilité du test représente la proportion de personnes vraiment atteintes de la maladie, dans la population ciblée, qui sont identifiées par le test de dépistage comme étant atteintes de la maladie (vrai positif). On nomme «**spécificité**» la probabilité de détecter correctement une condition normale lorsqu'elle est effectivement normale (vrai négatif).

Si, (faux positif) = 1 − (vrai rejet)
Alors, (faux positif) = 1 − (spécificité)

Les courbes ROC qui sont associées avec les tests de dépistage peuvent être tracées en plaçant le taux de succès sur l'ordonnée et les faux positifs sur l'abscisse, ou encore la sensibilité sur l'ordonnée et **1-spécificité** sur l'abscisse. L'exemple ci-dessous (Fig 33-2) provient d'un article de recherche sur le glaucôme (Johnson C, Samuels SJ. Screening for Glaucomatous Visual Field Loss With Frequency-Doubling Perimetry. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1997; 38: 353-425).

Un bon test de dépistage en est un qui détient une bonne habileté de détection; c'est-à-dire une courbe ROC qui s'étend surtout dans le coin supérieur gauche ou supérieur du graphique ROC. Une autre donnée statistique utilisée est l'aire sous la courbe ROC. Une grande aire sous la courbe ROC correspond à un meilleur test de dépistage.

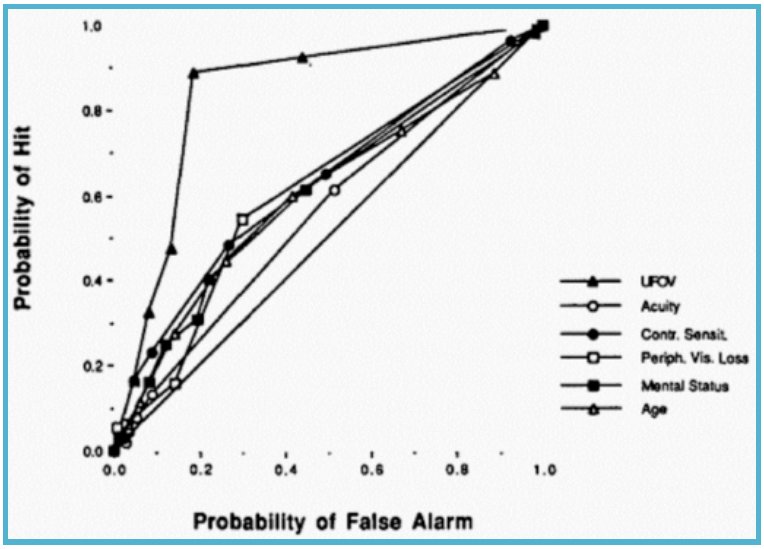
EXEMPLE DE THÉORIE DÉCISIONNELLE POUR LE GLAUCÔME (SUITE)



Légende:
-sensitivity: sensibilité
-specificity: spécificité

-area under ROC = aire sous la courbe

Figure 33-2a: *Usage des courbes ROC afin de comparer deux tests de dépistage du glaucôme, le MOA et le MOBS. Le meilleur test est caractérisé par une plus grande détectabilité ou par une plus grande aire sous la courbe. (Redessiné à partir de: Johnson C, Samuels SJ. Screening for Glaucomatous Visual Field Loss With Frequency-Doubling Perimetry. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1997; 38: 413-425)*



Légende:
Probability of hit = probabilité de succès
Probability of false alarm = probabilité de faux positif

UFOV (useful field of vision) = CVU (champ visuel utile)
Acuity = acuité
Contr. Sensit. = sensibilité aux contrastes
Periph. Vis. Loss = Perte de vision périphérique
Mental status = état mental
Age = âge

Figure 33-2b: *Exemple d'une courbe ROC tirée d'un article portant sur le test de CVU (champ visuel utile). L'objectif de cette étude était de déterminer un test visuel qui pourrait prédire quels conducteurs âgés sont le plus à risque pour des accidents routiers. Le test du CVU était supérieur à celui de l'acuité et des autres tests mentionnés dans la légende ci-haut. Référence: Ball K, Owsley C, Sloane ME, Roenker DL, Bruni JR. Visual Attention Problems as a Predictor of Vehicle Crashes in Older Drivers. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1993; 34: 3110*

AMPLITUDE DE SENSIBILITÉ

Nous discutions de seuils; c'est-à-dire de stimuli qui sont difficiles à détecter. Les expériences de psychophysique peuvent aussi être effectuées afin de tester la réponse aux stimuli supra-seuils. Par exemple, nous pouvons examiner comment l'amplitude de sensibilité augmente lorsque l'intensité du stimulus augmente à un niveau supérieur du seuil. Ou encore, nous pouvons déterminer si une lettre de 6/12 est deux fois plus facile à voir qu'une lettre de 6/6.

En tentant d'établir une «loi de psychophysique», le mathématicien Daniel Bernoulli (1738) a posé l'hypothèse que les individus réagissent à l'argent en fonction de sa valeur perçue et non en fonction de sa valeur réelle. Ainsi, un montant monétaire fixe (ex.: 20$) détient une plus grande valeur pour une personne pauvre, et une valeur moindre pour une personne qui est plus riche, car sa perception de l'argent change avec sa fortune. Bernoulli a donc proposé que la valeur de l'argent augmente selon le log du montant d'argent qu'une personne possède.

AMPLITUDE DE SENSIBILITÉ (SUITE)

LOI DE WEBER

Nous avons étudié la loi de Weber dans la section portant sur l'adaptation à la lumière. La loi de Weber s'applique à la détection du seuil minimum contre un fond (Schwartz, 2004, Fig. 11-9). Weber a développé le concept de la **«différence à peine perceptible» (DPP)**, qui est le seuil minimum pouvant être détecté. Rappelez-vous que la différence à peine perceptible, ou le seuil nécessaire afin de détecter un stimulus contre un fond, est une fraction constante de l'intensité du fond. La figure 11-11 de Schwartz (2004) illustre ceci avec un cas où un sujet essaye de détecter une lettre grise foncée contre un fond de couleur gris pâle. Le sujet peut à peine percevoir la lettre avec un éclairage faible si la luminance du fond est 102 et la luminance de la lettre est 100; ainsi la luminance de la DPP est de 2. La fraction de Weber dans ce cas est égale à:

$$W_1 = \frac{\Delta L_1}{\text{Fond_}L_1} = \frac{2}{102} = 0.196$$

Si l'éclairage de l'échelle entière est augmentée par un facteur de 100, la luminance du fond sera augmentée à 10200 et la lettre sera à peine perceptible si sa luminance est de 10000. Dans ce cas, L (DPP) est égal à 200 et la fraction de Weber est:

$$W_2 = \frac{\Delta L_2}{\text{Fond_}L_2} = \frac{200}{10200} = 0.196$$

La fraction de Weber stipule que, lors de la détection d'un seuil contre un fond, la DPP (L) est une fraction constante du fond, intimement liée au contraste. Ainsi, sur une large étendue de luminances, c'est le contraste plutôt que la luminance absolue d'une cible qui détermine la facilité qu'on aura à la percevoir.

Cela signifie aussi que la luminosité perçue d'un objet est fortement liée au fond devant lequel il se trouve. La figure 11-12 de Schwartz (2004) illustre le phénomène de contraste simultané (Fig.33-3).

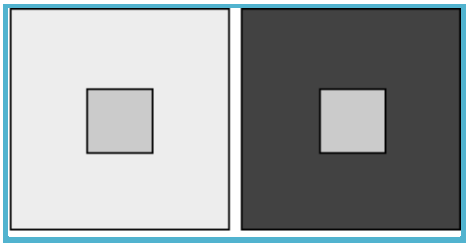


Figure 33-3: *Contraste simultané*

Un phénomène similaire, connu sous le nom de **contraste simultané des couleurs**, est démontré dans la figure 33-4 ci-dessous.

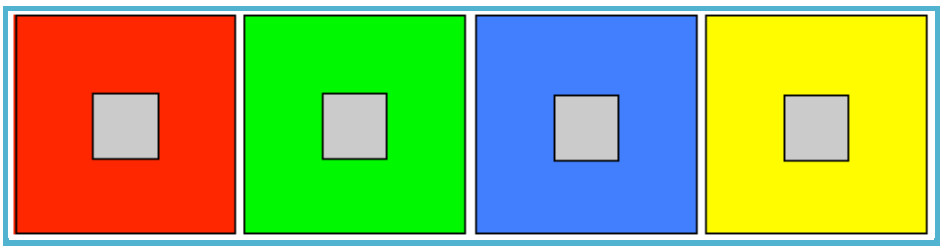


Figure 33-4: *Le contraste simultané des couleurs est un phénomène qui donne à la zone grise entourée d'un champ coloré l'apparence d'une couleur complémentaire à la celle du contour.*

Contraste successif des couleurs – si vous regardez une cible de couleur, et regardez un champ blanc par la suite, vous devriez voir une après-image de couleur complémentaire à celle que vous aviez observée précédemment.

AMPLITUDE DE SENSIBILITÉ (SUITE)

LOI LOGARITHMIQUE DE FECHNER

Fechner s'est basé sur le travail de Weber sur les seuils afin de proposer la théorie de la sensibilité supra-seuil. Fechner (1860) a supposé qu'une telle relation existait. Cela mena à la **loi logarithmique de Fechner** qui énonce que l'amplitude de la sensibilité (S) augmente proportionnellement au log de l'intensité du stimulus (I). La variable c est une constante, qui est reliée à la loi de Weber.

$$S = c \cdot \log(I)$$

Fechner a utilisé la technique d'échelonnage indirecte en supposant que la sensibilité augmente par les mêmes incréments que le seuil de détection; c'est-à-dire comme une fonction directe de la DPP (ou L dans les exemples ci-haut). La loi logarithmique de Fechner est aussi nommée la **loi de la psychophysique**.

La loi de Fechner est largement acceptée et est la raison pour laquelle de nombreux tests sensoriels changent leurs incréments en log. Par exemple, les tests d'audition font usage des décibels. Une augmentation de dix décibels de l'intensité sonore est en réalité une augmentation du niveau de bruit de 10X (1 unité log). Les lettres sur une échelle d'acuité logMAR sont pareillement conçues afin d'augmenter par palliers de 0.1.

LOI EXPONENTIELLE DE STEVEN

La loi log de Fechner était la référence pour environ 100 ans, jusqu'à ce que Steven (1957) étudie le problème de l'augmentation de l'intensité du stimulus. Ceci est nommé **échelonnage direct**. La **loi exponentielle de Steven** affirme que l'amplitude de la sensibilité augmente selon une fonction exponentielle:

$$S = I^a$$

La valeur de l'exposant 'a' varie selon la nature du stimulus. Exemples: bruit (0.67), odeur (0.6), luminosité de patch 5 degrés (0.33), rougeur (1.7). La loi exponentielle de Steven et la loi log de Fechner (Fig.33-5) prédisent de manières légèrement différentes comment l'amplitude de la sensibilité devrait augmenter lorsque l'intensité du stimulus augmente (Schwartz, 2004, Fig. 11-13).

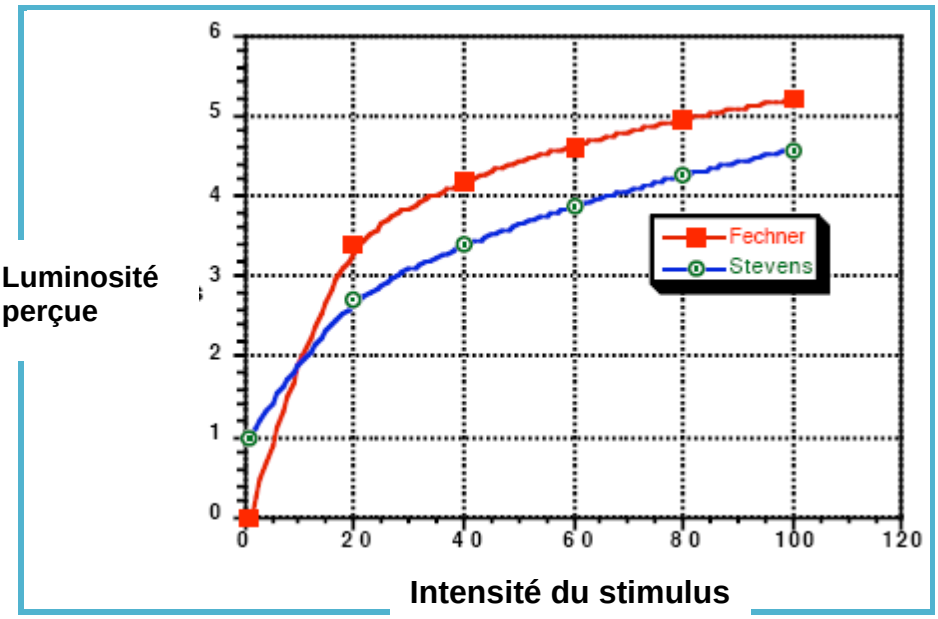


Figure 33-5: *Exemple d'un graphique qui montre les prédictions de Fechner (carrés; c=2.6) et de Steven (cercles; a=.33) pour la luminosité perçue en fonction de l'intensité du stimulus.*

QUATRE CONSTANCES

En guise de complétion, voici des termes que vous devriez connaître à propos de la perception visuelle – les quatre constances:

- Constance de la grandeur
- Constance de la forme
- Constance de la luminosité
- Constance de la couleur

Nous avons discuté de la **constance de la grandeur** plus tôt dans le cadre de ce cours. C'est aussi connu sous le nom de constance des distances, et définit «la stabilité apparente relative ou manque de changement perçu en terme de grandeur d'un objet, malgré une variation de la distance d'observation, de la grandeur réelle, ou d'autres facteurs liés au stimulus» (Tiré du dictionnaire des sciences visuelles – Dictionary of Visual Science, 4th Edition, 1997). Cela signifie que même si la grandeur de l'image rétinienne change, on considère qua sa grandeur ne varie pas. Plusieurs illusions, incluant l'illusion de la lune, sont basées sur le principe de la constance de la grandeur.

La constance de la forme est «la stabilité apparente relative ou manque de changement perçu en terme de forme d'un objet, malgré une variation de la direction ou de l'angle d'observation». Cela signifie que même si la forme de l'image rétinienne change, elle est perçue comme étant la même.

Le dictionnaire des sciences visuelles définit la **constance de la luminosité** comme un «phénomène perceptuel par lequel la luminosité perçue ou subjectivement attribuée à un objet ou à une surface demeure fixe à un niveau de luminosité pré-perçue ou attribuée, plutôt qu'un ratio indirect en lien avec la luminosité actuelle. Par exemple, un morceau de charbon intensément illuminé pourrait continuer à paraître noir même s'il est plus lumineux qu'une feuille blanche faiblement éclairée placée à côté.»

La constance des couleurs a été mentionnée précédemment, et est la «stabilité apparente relative ou le manque de changement perçu de la couleur d'un objet, malgré une variation de la composition spectrale de la lumière incidente ou des surfaces adjacentes, ou encore d'autres facteurs reliés au stimulus.» (Dictionary of Visual Science, 4th Edition, 1997)

LECTURES RECOMMANDÉES/OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004
- Cline D, Hofstetter HW and Griffin JR. **Dictionary of Visual Science. 4th Edition**. Butterworth-Heinemann, Boston. 1997
- Johnson C, Samuels SJ. Screening for Glaucomatous Visual Field Loss With Frequency-Doubling Perimetry. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1997; 38: 353-425
- Ball K, Owsley C, Sloane ME, Roenker DL, Bruni JR. Visual Attention Problems as a Predictor of Vehicle Crashes in Older Drivers. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1993; 34: 3110