



MESURE DES SEUILS PSYCHOPHYSIQUES

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 :

- Méthodologie psychophysique
- Méthode des stimuli constants
- Méthode des limites
- Choix forcé

MÉTHODOLOGIE PSYCHOPHYSIQUE

Pourquoi les étudiants en optométrie doivent-ils étudier et comprendre les principes de base de la méthodologie psychophysique? Considérez les questions suivantes :

- Quelle importance revêt l'évaluation de la vision en optométrie?
- Pour combien de nos patients effectuons-nous des tests de vision?
- Combien de tests exécute-t-on dans un examen de la vue typique?
- Quelle proportion de nos prises de décision est basée sur les résultats des tests de vision?
- Quels tests de la vision avez-vous appris jusqu'ici?
- De tous les tests visuels que nous faisons, combien sont des tests psychophysiques?

La psychophysique réfère à des effets psychologiques, soit les perceptions qui proviennent d'un stimulus physique. La vision est une perception sensorielle – en fait, il s'agit de la perception sensorielle la plus importante – de la lumière (stimulus physique). Donc, la vision est un phénomène psychophysique et tous les tests de la vision sont des tests psychophysiques. Les méthodes psychophysiques qui ont été développées pour étudier la perception sont ce que nous utilisons en optométrie clinique et en recherche pour mesurer la performance visuelle ; ainsi, la méthodologie psychophysique est au cœur de l'optométrie. Plusieurs tests de vision tentent de mesurer une sorte de **seuil**, c'est-à-dire la limite pour être capable de voir quelque chose, par exemple la plus petite lettre, la lumière la plus faible ou le contraste le plus bas. Les seuils peuvent être très difficiles à mesurer de façon *exacte* et *précise*, mais nous avons besoin d'**exactitude** et de **précision** pour prendre les bonnes décisions lors de la prise en charge des patients.

- Exactitude : mesurer correctement la valeur. Par exemple, si la PIO exacte d'un patient est de 12,6 mmHg, une mesure de 12,5 est plus exacte qu'une mesure de 15,0.

MÉTHODOLOGIE PSYCHOPHYSIQUE (SUITE)

- Précision : la répétabilité des mesures. En utilisant l'exemple de la PIO, trois mesures répétées de 15,0, 14,5 et 14,5 sont plus répétables que trois mesures de 9,0, 12,5 et 16,5. Une meilleure répétabilité signifie une meilleure précision. Le Dr Christopher Tyler, chercheur au Smith-Kettlewell Eye Research Institute (<http://www.ski.org/>) a déjà dit « les choses s'embrouillent lorsqu'on approche du seuil ». Des techniques spéciales ont donc été développées pour mesurer les seuils sensoriels. Plusieurs de ces méthodes ont été développées par le scientifique allemand **Gustav Fechner** (1801-1887), qui est reconnu comme étant le père de la psychophysique moderne. Nous nous attarderons ici sur trois méthodes qu'il a développées pour mesurer les seuils :
 - Méthode des stimuli constants
 - Méthode des limites
 - Méthode de l'ajustement

MÉTHODE DES STIMULI CONSTANTS

Ceci consiste en une procédure d'évaluation spécifique ainsi qu'en une méthode d'analyse.

PROCÉDURE

Avant de tester un seuil, tel que le seuil de contraste pour détecter un réseau sinusoïdal, on doit avoir une idée approximative de la valeur de seuil. L'on peut déterminer ceci en effectuant une **étude pilote** avant de mener la véritable expérience en utilisant la méthode des stimuli constants. Par exemple, pour estimer le seuil de contraste, vous pourriez regarder le réseau et ajuster le contraste jusqu'à ce que vous puissiez à peine le détecter.

Ensuite, il vous faut sélectionner 5 à 9 niveaux d'intensité du stimulus (dans ce cas, le contraste) autour du seuil estimé, incluant certaines valeurs au-dessus et certaines valeurs en dessous de ce seuil estimé. Cette série de valeurs pourrait en comprendre une qui serait si faible qu'elle ne serait jamais détectée, et une qui est assez haute pour être toujours détectée. Entre ces extrêmes, l'amplitude des autres paramètres devrait être espacée de façon égale.

Par exemple, si vous croyez que le seuil de contraste est d'environ 2%, vous pourriez sélectionner des niveaux de contraste à tester de 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 et 4,0%.

En ordre aléatoire, vous devez présenter une des intensités et enregistrer si le sujet voit le stimulus ou non (oui ou non). Répétez ceci jusqu'à ce que vous ayez testé chaque niveau plusieurs fois. Par exemple, vous pourriez faire un total de 10 présentations à chaque niveau. Calculez le pourcentage de détection (réponses « oui ») pour chaque paramètre du stimulus. Le tableau 31-1 organise ces réponses hypothétiques pour une telle expérience. Notez que cela vous permet de mesurer un seuil, tel que le seuil de contraste pour un réseau sinusoïdal de 18 cycles par degré. Si vous voulez tracer un graphique de la fonction de la sensibilité au contraste d'une personne pour une gamme de fréquences spatiales, vous devrez répéter la procédure pour mesurer le seuil à d'autres fréquences spatiales.

Tableau 31-1 : Exemple de données recueillies dans une expérience à stimuli constants

CONTRASTE	% DETECTÉ
0	0
0.5	2
1	10
1.5	35
2	60
2.5	75
3	85
3.5	98
4	100

MÉTHODE DES STIMULI CONSTANTS (SUITE)

ANALYSE

Pour chaque niveau, tracez le pourcentage de détection (perception ; ordonnée) en fonction du contraste (intensité du stimulus physique ; abscisse) pour tracer ce que l'on appelle la **fonction psychométrique** (fig. 31-1). Tracez une courbe qui ressemble à la distribution des points. Interpolez la courbe pour déterminer le niveau de stimulus (contraste) qui correspond à **50% de détection**. C'est cette valeur que l'on considère comme étant le seuil.

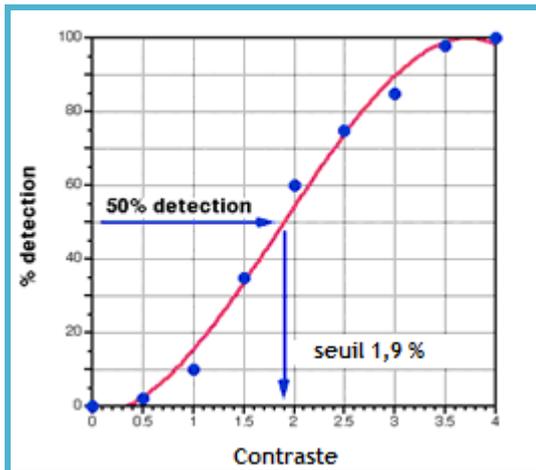


Figure 31-1 : Ce graphique trace les résultats d'une expérience de type stimuli constants. Cette fonction psychométrique (réponse perceptuelle tracée en fonction de l'intensité du stimulus physique) prend la forme d'une courbe ogive.

Notez que, puisque les stimuli sont présentés aléatoirement, le sujet ne peut pas anticiper lorsqu'ils seront vus. Cette méthode est appelée la méthode des stimuli constants, non pas parce que l'intensité des stimuli demeure constante, mais parce que le niveau d'attente du sujet demeure constant.

Dans cet exemple, le seuil mesuré est à 1,9% de contraste. Au-dessus de cette valeur, le sujet devrait être capable de détecter le réseau au moins 50% du temps. Sous ce niveau il peut le détecter moins de 50% du temps. La technique des stimuli constants est une méthode de laboratoire valable, mais elle prend du temps.

Exemple Question tirée du livre *Optometry Examination Review*, 1994 :

498. La méthode psychophysique des stimuli constants est typiquement utilisée pour générer une fonction psychométrique avec une forme décrite comme étant...

- A. En cloche
- B. Gaussienne
- C. Normale cumulative
- D. Hyperbolique
- E. Parabolique

MÉTHODE DES LIMITES

Une façon moins exacte mais plus rapide d'estimer les seuils est d'utiliser la méthode des limites. Il y a trois stratégies de base :

- Limites ascendantes
- Limites descendantes
- Méthode de l'escalier

MÉTHODE DES LIMITES (SUITE)

MÉTHODE DES LIMITES ASCENDANTES

Ajustez l'intensité du stimulus bien en dessous du seuil et augmentez l'intensité jusqu'à ce que le stimulus soit perçu. Enregistrez cette valeur et répétez la procédure plusieurs fois pour obtenir plusieurs estimations du seuil. Calculez finalement la moyenne de ces estimations.

MÉTHODE DES LIMITES DESCENDANTES

Débutez avec une intensité du stimulus au-dessus du seuil et diminuez l'intensité jusqu'à ce que le stimulus ne soit pas perçu. Répétez la procédure et calculez la valeur moyenne du seuil. Nous évaluons souvent l'acuité visuelle avec la méthode des limites descendantes.

Q. Pourquoi la méthode des limites ascendantes est-elle plus appropriée pour une expérience d'adaptation à la noirceur qu'une méthode des limites descendantes?

R. _____

Erreurs d'accoutumance

Alors que les méthodes des limites ascendantes et descendantes ont l'avantage d'être rapides et relativement faciles à administrer, elles comportent quelques désavantages, incluant les **erreurs d'accoutumance** et les **erreurs d'attente**.

Si les mêmes étapes sont utilisées dans la séquence ascendante ou descendante, le sujet peut tomber dans l'habitude de dire « oui » après le même nombre de présentations. Par exemple, dans une série ascendante, le sujet peut dire « oui » vers la 5^e présentation dans les premiers essais. Même s'il ne voit pas aussi bien aux essais subséquents, il peut continuer à dire « oui » parce qu'il pense qu'il le devrait, pour assurer une constance avec ses réponses précédentes.

Q. Avez-vous remarqué à quel point il est facile de garder un certain rythme en pesant sur le bouton lors d'un test de champ visuel seuil?

Il s'agit d'un exemple d'erreur d'accoutumance.

Erreurs d'attente

Le sujet peut commencer à anticiper de « voir » le stimulus et de répondre de façon prématurée. Ceci peut aussi être un problème lors de l'évaluation des champs visuels en clinique. Le patient peut entendre que l'appareil s'ajuste et qu'il s'arrête juste avant de présenter le stimulus. Seulement au son, on peut anticiper quand le projecteur allumera la lumière sur le fond.

MÉTHODE DE L'ESCALIER

La stratégie de l'escalier est une modification des méthodes ascendantes et descendantes. Elle débute avec soit une série ascendante ou une série descendante, et lorsqu'on atteint un certain point, on renverse la direction jusqu'à ce qu'on atteigne un certain point en sens opposé. Il faut continuer à monter et à descendre pour plusieurs inversions. La moyenne de plusieurs inversions est calculée et celle-ci détermine le seuil. (voir Schwartz, 2004, fig. 11-2). Il s'agit d'une façon rapide et populaire de localiser le seuil et est utilisée pour déterminer les seuils de champs visuels avec l'analyseur de champs visuels Humphrey. Pour citer Humphrey dans « The Field analyzer primer », 1986, p. 23 :

L'analyseur de champs visuels Humphrey mesure le seuil à un certain point par un procédé en escalier. Il présente un stimulus initial à une intensité légèrement plus grande que le seuil attendu du patient. Si le patient voit le point de lumière, l'analyseur diminue l'intensité du stimulus en étapes de 4 dB en présentations subséquentes jusqu'à ce que le patient ne le voie plus. Puis, l'intensité est augmentée à nouveau en étapes de 2 dB jusqu'à ce que le patient perçoive le stimulus. Si le patient n'a pas vu le premier stimulus, le même procédé est fait à l'inverse. Dans tous les cas, la dernière valeur perçue est identifiée comme le seuil du patient pour ce point.

MÉTHODE DES LIMITES (SUITE)

MÉTHODE D'AJUSTEMENT

Dans cette méthode, vous permettez au sujet d'ajuster l'intensité des paramètres lui-même jusqu'à ce qu'il trouve son propre seuil. Il s'agit d'une méthode rapide, mais parmi les diverses techniques, elle est la plus susceptible aux variations des critères de seuil propres au patient, à sa motivation, à sa compréhension, etc. C'est une façon utile d'estimer rapidement le seuil avant de faire une évaluation plus formelle. La plupart des chercheurs en sciences de la vision n'utilisent toutefois pas la méthode d'ajustement pour obtenir leurs meilleures données.

CHOIX FORCÉ

La méthode des stimuli constants et la méthode des limites peuvent être raffinées pour améliorer l'exactitude en utilisant le principe du **choix forcé**. Ce principe est conçu pour réduire la variabilité dans les résultats des tests causés par un changement subjectif des critères de ce qui est perçu et non perçu.

La variabilité inter-sujet pour déterminer les critères de seuil est attendue. Les critères intra-sujets peuvent aussi varier. Le même sujet peut appliquer différents critères dépendamment du temps, de la nature de la tâche, des conditions de test, du niveau de fatigue, de la motivation, de la compréhension, de la confiance, etc.

Un **critère strict** est utilisé lorsque le sujet ne dit pas qu'il voit le stimulus à moins qu'il soit absolument certain qu'il voie le stimulus. Ceci peut entraîner une estimation trop élevée du seuil. Si le sujet utilise un **critère souple**, il dira rapidement qu'il voit le stimulus, même s'il n'est pas certain. Ceci donne des seuils bas.

La méthodologie du choix forcé est conçue pour minimiser les fluctuations des critères en encourageant le sujet à toujours donner sa meilleure supposition.

La figure 11-4 de Schwartz, 2004, illustre comment une expérience à stimuli constants peut être modifiée pour inclure un choix forcé. Plutôt que de ne regarder qu'une cible et de dire s'il voit le stimulus ou non (déecté/non déecté), le sujet observe deux cibles (Schwartz, 2004, fig. 11-3A) et doit dire laquelle des deux cibles contient le stimulus. Un des deux côtés contient toujours le stimulus et l'autre non. Le sujet est forcé à donner sa meilleure supposition, peu importe ses critères. Même s'il ne peut pas le voir, il devinera tout simplement. Vous enregistrez alors si sa supposition était la bonne ou non.

Si le sujet est forcé à choisir entre deux alternatives, ce concept est désigné sous le nom d'une expérience à choix forcé à deux alternatives (abréviation : **CF2A**). En utilisant cette procédure, un grand nombre d'essais sont faits pour chaque niveau d'intensité et on enregistre le pourcentage de réponses correctes (et non le pourcentage déecté) à chaque niveau (Schwartz, 2004, fig 11-4A). Notez que l'axe des y est nommé de façon différente qu'auparavant. Dans la figure 11-1 de Schwartz, 2004, l'axe des y était appelé « pourcentage déecté ». Dans une expérience à choix forcé, l'axe des y est alors appelé « pourcentage correct ».

Le seuil est l'intensité associée à mi-chemin entre le hasard et 100% de détection.

Pour deux alternatives, le sujet pourrait obtenir 50% s'il ne faisait que deviner, même s'il ne peut pas voir le stimulus. Une valeur de 100% signifie qu'il identifie correctement le stimulus à chaque fois. À mi-chemin entre les deux (75%), on retrouve le seuil d'une expérience CF2A.

Il est possible de concevoir une expérience avec plus de deux alternatives. La figure 11-4 de Schwartz, 2004, montre un concept **CF4A**. Dans le cas d'une expérience CF4A, même lorsque le stimulus ne peut pas être vu, le sujet devrait obtenir un taux de succès de 25% simplement en devinant. Le seuil est donc associé à un taux de 62,5% (à mi-chemin entre 25 et 100%).

Si on évalue l'acuité visuelle en utilisant l'échelle de Sloan, tel qu'il est fait pour l'échelle ETDRS LogMAR, on utilise alors une technique CF10A.

CHOIX FORCÉ (SUITE)

MÉTHODE DES CHOIX FORCÉS EN ESCALIER

Le concept des choix forcés peut aussi être utilisé avec la méthode en escalier. On présente un stimulus à une de deux positions possibles, ou on peut présenter le stimulus dans un de deux intervalles. Le sujet doit observer et dire si le stimulus était vu dans le premier ou le deuxième intervalle. Ainsi, plutôt que d'enregistrer « oui » ou « non » comme dans une méthode en escalier régulière, l'expérimentateur doit enregistrer « correct » ou « incorrect » et ajuster l'escalier en conséquence (figure 31-2). La plupart des sujets et des patients peuvent mieux voir que ce qu'ils croient, ainsi les expériences à choix forcé donnent des seuils plus bas que si elles n'étaient pas utilisées.

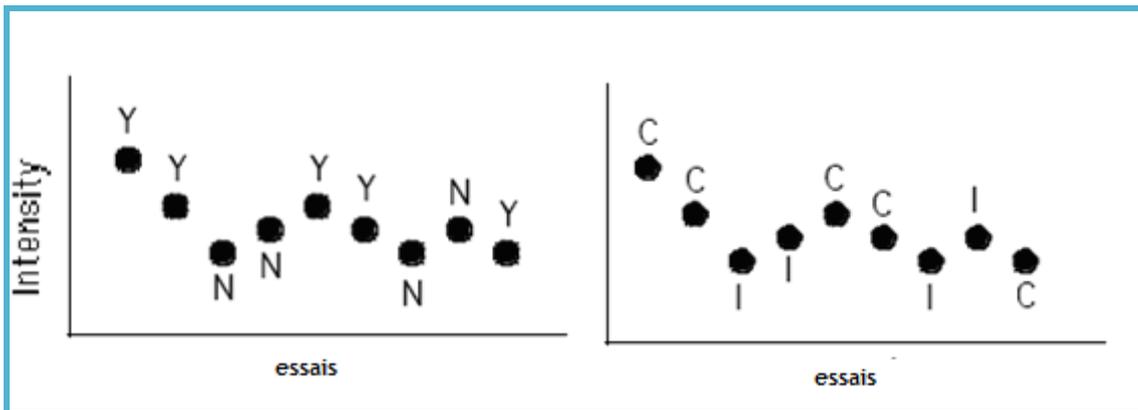


Figure 31-2 : Comparaison des réponses oui/non (gauche) et CF2A (droite) d'une expérience en escalier

* Intensity = intensité ; Y = oui, N = non ; C = correct, I = incorrect

LECTURES RECOMMANDÉES/OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004
- Casser L. **Optometry Examination Review**. Appleton and Lange. 1994
- Humphrey A and Haley MJ. **The Field analyzer primer**. Allergan Humphrey, Chicago. 1986