



Psychologie Cognitive et Psychophysique

Pr. Claude Bonnet
Université Louis Pasteur (Strasbourg 1)
Faculté de Psychologie et des
Sciences de l'Éducation
bonnet@ipb.u-strasbg.fr

1

Connaissances préalables requises

Statistiques
Transformations logarithmiques
Equation du second degré du type $y = ax + b$
Méthode des moindres carrés pour l'ajustement d'une fonction linéaire

Les diapositives du cours sont téléchargeables au format PDF sur le site de la Faculté de Psychologie :

<http://psychologie.u-strasbg.fr/documentation.htm>

2

Plan du cours

Introduction : Psychologie Cognitive et Psychophysique

I Les Seuils Sensoriels

- I.1 Méthode constante procédure Oui – Non
- I.2 Autres méthodes
- I.3 Seuils différentiels
- I.4 Procédure du Choix Forcé

II Théorie de la Détection du Signal

- II.1 Le modèle
- II.2 Courbes ROC

III Temps de Réaction et Chronométrie mentale

- III.1 Temps de Réaction et Traitement de l'Information
- III.2 Temps de Réaction et Intensité : loi de Piéron
- III.3 Modèle de réponse pour les Temps de Réaction

IV Les échelles de sensation

- IV.1 Échelles psychophysiques de discrimination (Weber, Fechner)
- IV.2 Échelles de jugement
 - Échelles de cotation (catégorie)
 - Échelles subjectives directes

Conclusions

3

Bibliographie de base sur la Psychophysique

<http://www.uni-leipzig.de/~isp/isp.htm>

- Baird J.C. (1997) *Sensation and judgment : Complementarity theory of psychophysics*. Mahwah (N.J.), Lawrence Erlbaum Ass.
- Baird J.C., Noma E. (1978) *Fundamentals of scaling and psychophysics*. New York, John Wiley and Sons.
- Bonnet C. (1986) *Manuel Pratique de Psychophysique*, Paris, Editions Armand Colin.
- Bonnet C. (1994) Modèles pour la description des tâches perceptives: l'analyse du signal. In R. Ghiglione et J.F. Richard (Eds) *Cours de Psychologie*, vol. 4, *Mesures et Analyses*. Paris, Dunod, pp.274-284.
- Bonnet C., Dresch B. (2001) Investigations of sensory magnitude and perceptual processing with reaction times *Psychologica*, 28, 63-86.
- Bonnet C., Link S. (1998) Analyzing individual differences in Reaction Times. In S. Gondrin & Y. Lacouture (Eds.) *Fechner Day 98*. ISP Québec.
- Gescheider G.A. (1976) *Psychophysics, theory and methods*. Hillsdale, N.J., Lawrence Erlbaum Assoc.
- Gescheider G.A. (1997) *Psychophysics: The fundamentals*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc
- Green D.M., Swets J.A. (1966) *Signal detection theory and psychophysics*. New York, Wiley. (3 éd. 1988, Los Altos, CA: Peninsula)
- Link S. (1982) *The wave theory of difference and similarity*. Hillsdale (N.J.), Lawrence Erlbaum Ass.
- Luce R.D. (1986) *Response time: Their role in inferring elementary mental organization*. New York, Oxford University Press.
- Macmillan N.A., Creelman C. (1990) *Detection theory: A user's guide*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Stevens, S.S. (1975) *Psychophysics*. New-York: Wiley.
- Swets J.A. (1996) *Signal detection theory and ROC analysis in psychology and diagnostics*. Mahwah (NJ), Lawrence Erlbaum Ass.
- Thurstone L.L. (1955) *The measurement of values*. Chicago, Chicago University Press.
- Torgerson WS (1958) *Theory and method of scaling*. New York, Wiley

4

Introduction

5

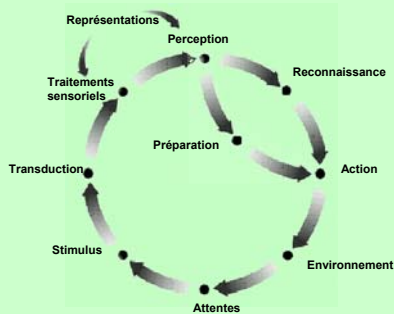
Psychologie cognitive : développée à partir la fin de la seconde guerre mondiale. Elle s'intéresse principalement aux mécanismes d'acquisition, de traitement, de conservation, de récupération et d'utilisation des connaissances par l'homme, et les animaux non-humains.

Utilise des méthodes comportementales (en particulier les méthodes psychophysiques), les données de la neuropsychologie et les méthodes de la neuroimagerie.

Problématique : toute activité 'mentale' et les activités cérébrales qui la soutiennent reposent sur des mécanismes de *traitement de l'information*, i.e. ensemble d'opérations sur les signaux nerveux (en succession, en cascade ou en parallèle).

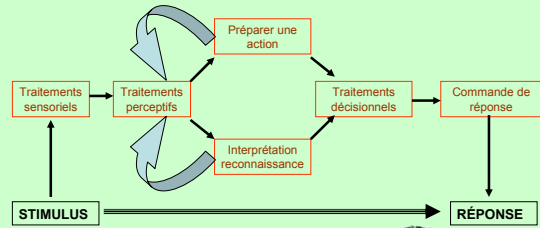
6

Schéma des traitements



7

Séquences de traitements



Tâche 1 : reconnaître un objet
Tâche 2 : saisir un objet



8

La notion de représentation

La **perception** est l'ensemble des mécanismes de traitement des informations sensorielles extéroceptives et proprioceptives qui permet à un organisme vivant d'agir de manière adaptée dans son environnement en contrôlant ses actions de manière à assurer sa survie et son adaptation à cet environnement et d'acquérir des connaissances sur son environnement et sur son activité (ses mouvements).

Les informations sensorielles n'ont pas de sens en elles-mêmes. Ce sont des signaux qui doivent être interprétés. Le rôle de la cognition est d'**interpréter** ces signaux pour reconnaître l'objet et/ou pour y réagir. Les représentations servent de base à ces interprétations.

Les représentations sont des connaissances implicites ou explicites.

Ce sont des **traces mnésiques** de nos expériences antérieures, incarnées dans les structures nerveuses où elles sont localisables.

9

Psychophysique : Classiquement, la psychophysique est la discipline qui étudie **quantitativement** les relations entre stimulations et sensations.

Plus généralement, dans le cadre de la psychologie cognitive, cette discipline cherche à étudier comportementalement les mécanismes de traitement de l'information chez l'homme et chez l'animal.

Toute mesure psychophysique implique un modèle

Chez l'homme la tâche expérimentale est définie par des consignes verbales. Chez l'animal, une phase d'apprentissage (souvent du type conditionnement) précède la phase de mesure psychophysique proprement dite.

10

Toute mesure psychophysique (moyenne) est le résultat d'une chaîne plus ou moins complexe de traitements.

Dans cette chaîne, il existe des **niveaux critiques** dont les traitements sont susceptibles d'expliquer la variation de la mesure.

La mesure réalisée est une mesure de performance qui reste à interpréter.

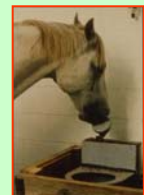
Toute mesure psychophysique résulte du jeu de plusieurs ordres de facteurs. *A minima* on admettra l'existence d'au moins trois ordres de ces facteurs :

les facteurs **sensoriels**, les facteurs cognitifs (**décisionnels**) et les facteurs **aléatoires**.

$$R = S * D \pm \epsilon$$

11

Les méthodes psychophysiques sont principalement utilisées pour étudier les capacités perceptives chez l'homme, le bébé et les animaux.



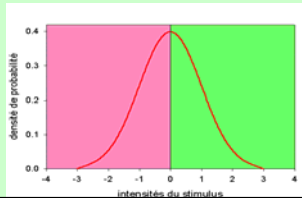
© Dr. John Perrone
Psychology Dept. 12
The University of Waikato

Modèle général

La variabilité est la caractéristique fondamentale de tous les processus vitaux (et mentaux). De ce fait, et dès l'origine, les méthodes psychophysiques sont intimement liées aux concepts et aux méthodes statistiques.

En conséquence, toute mesure psychophysique est une variable aléatoire, c'est-à-dire une **estimation** obtenue sur un **échantillon** extrait d'une population parente.

On est donc amené à faire des hypothèses sur la forme de la distribution dans la population parente et à appliquer ce modèle à l'échantillon.



13

I Les seuils sensoriels

14

Mesures de seuil

Tout système sensoriel, spécialisé dans le traitement de certaines qualités, n'est sensible qu'à une étendue limitée des intensités des stimuli physiques, son **étendue dynamique** :

Seuil inférieur (absolu) ou seuil de détection

Seuil supérieur. Ce dernier est plus difficile à estimer parce qu'il correspond soit à la destruction des récepteurs, soit à leur saturation.

La limite inférieure des intensités qu'un système sensoriel donné peut détecter (présence – absence) est une valeur probable correspondant à la moyenne d'une distribution hypothétique.

Le seuil de détection est **défini** comme la valeur du stimulus juste détectée. Cette valeur limite est définie statistiquement à partir d'une distribution de réponses.

15

Deux classes de procédures : Oui-Non et Choix forcé.

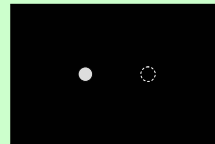
Méthodes de présentation des niveaux du stimulus :

Méthode des limites

Méthode d'ajustement

Méthode constante

Méthodes adaptatives



16

I.1 Méthode constante avec la procédure Oui - Non

Sur la base d'essais préliminaires, on choisit n niveaux d'intensités (lumineuse) du stimulus (de 5 à 7 en pratique) qui seront présentés au cours d'essais successifs dans un ordre au hasard (tirages sans remise) le même nombre de fois (ex. 100). C'est le principe de la **méthode constante**.

A chaque essai, le sujet doit répondre si Oui ou Non, il perçoit la lumière. Pour chaque intensité, la somme des réponses Oui et des réponses Non = 100. Les deux réponses étant complémentaires, on ne traitera que les réponses Oui.

Exemple numérique:

cd/m ²	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
Oui	1	8	22	30	62	88	92
Non	99	92	78	70	38	12	8
$p(\text{Oui})$	0.01	0.08	0.22	0.30	0.62	0.88	0.92

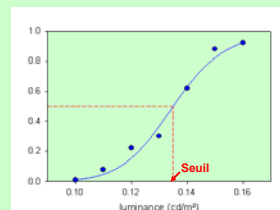
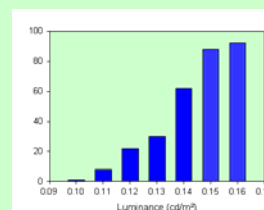
17

Fonction psychométrique méthode « Oui – Non »

Les résultats montrent une croissance de forme sigmoïde de la fréquence des réponses « Oui » avec l'augmentation de l'intensité : représentation sous forme d'histogramme.

On suppose que dans la population parente, la variation de la fréquence est **continue**. La **fonction psychométrique** est cette fonction estimée à partir de l'échantillon de mesures.

Le seuil sera estimé à partir de la fonction.



Quelle est cette fonction ?

Le choix de la fonction dépend d'une axiomatique et de critères empiriques. Les fonctions les plus utilisées sont les suivantes :

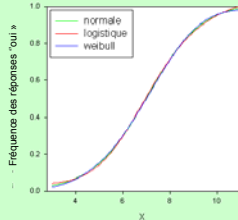
Normale cumulée : $p(x) = \{1 / (\sqrt{2\pi})\} \int \exp[-(x-m)^2 / 2\sigma^2] dx,$

Logistique : $p(x) = \{ 1 / [1 + (x/\alpha)^\beta] \}$ où α est le seuil à 50%

Weibull : $p(x) = 1 - \exp[-(x/\beta)^\alpha]$

On remarque que ces 3 fonctions sont des exponentielles.

Elles conduisent à des estimations comparables du seuil. Empiriquement, on conseille la **fonction logistique** parce que la plus simple à calculer.



SeuilON_JNB

Transformations linéaires

Si on ne dispose pas d'un logiciel adéquat, on estimera les paramètres des fonctions en les transformant en fonctions linéaires puis en calculant par la méthode des moindres carrés la droite de régression du type :

$$y = ax + b$$

Normale $z(p) = a_z x + b_z$ tables de la loi normale réduite

Logistique $\text{logit}(p) = a_l x + b_l$ où $\text{logit}(p) = \ln\{p / (1 - p)\}$

Weibull $w(p) = a_w w(x) + b_w$ où $w(x) = \ln(x), w(p) = \ln\{-\ln(1 - p)\}$

Après transformation, on ajuste une droite aux résultats par la méthode des moindres carrés (cf. régression linéaire).

20

Exemple pour une fonction logistique

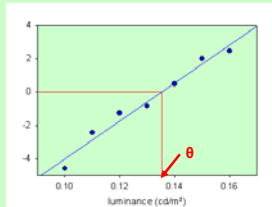
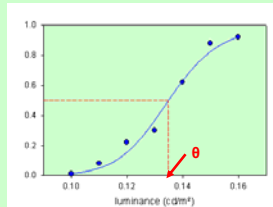
Partons des données déjà présentées.

Transformation des probabilités $p(\text{Oui})$ en logits - $\text{logit}(p) = \ln\{p / (1-p)\}$ -

Calcul de la droite de régression : $\text{logit}(p) = 113.347 x - 15.3388$ ($r^2 = 0.97$)

Calcul du seuil $\theta = -b / a = 0.1353$

L'ajustement direct donne $p(\text{Oui}) = \{ 1 / [1 + (L / 0.1349)^{14.58}] \}$

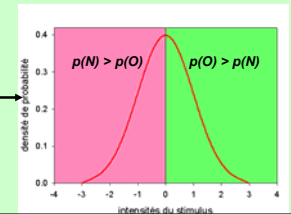
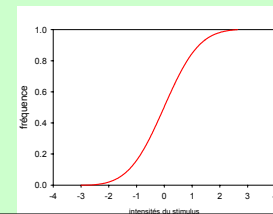


Qu'est-ce que le seuil ?

Avec la méthode Oui-Non, le seuil est la valeur du stimulus correspondant à 50% de réponses Oui.

C'est donc la moyenne de la distribution, ou autrement dit la valeur du stimulus pour laquelle l'incertitude est maximum.

La fonction psychométrique est l'intégrale d'une fonction de répartition. Celle-ci indique la probabilité que le seuil ait une valeur donnée.



Estimation du seuil

Normale $\theta_s = -b_z / a_z$ $\theta_{b/a} = 0.1331$

Logistique $\theta_s = -b_l / a_l$ $\theta_{b/a} = 0.1353$ $\theta_a = 0.1349$

Weibull $\beta = \exp(-b_w / a_w) = \text{seuil } \theta \text{ à } p = 0.6321$

Application numérique

x	p(Oui)	z(p)	logit(p)	w(x)	w(p)
0.10	0.01	-4.5951	-2.330	-2.3026	-4.6001
0.11	0.08	-2.4423	-1.410	-2.2073	-2.4843
0.12	0.22	-1.2657	-0.770	-2.1203	-1.3925
0.13	0.30	-0.8473	-0.525	-2.0402	-1.0309
0.14	0.62	0.4895	0.310	-1.9661	-0.0330
0.15	0.88	1.9924	1.175	-1.8971	0.7515
0.16	0.92	2.4423	2.050	-1.8326	0.9265

Seuil de détection chez l'animal

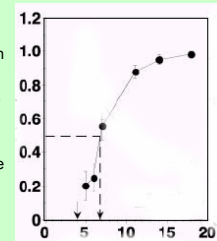
La phase expérimentale de mesure du seuil est précédée d'une phase d'apprentissage. Peu d'exemples dans la littérature de mesure des seuils de détection avec l'équivalent de la méthode Oui/Non.

Exemple:

Détection d'une modulation d'amplitude d'un son de 1 KHz. chez le singe.

Tâche : reculer la tête quand l'amplitude change. Six amplitudes présentées selon la méthode constante.

La probabilité du retrait de la tête (i.e. mesure de la probabilité de détection) augmente selon une fonction sigmoïde de l'intensité du stimulus.



Beitel R.E., Schreiner C.E., Cheung S.W., Wang X., Merzenich M.M. (2003) Reward-dependent plasticity in the primary auditory cortex of adult monkeys trained to discriminate temporally modulated signals. PNAS, 100 (19), 11070-11075

I.2 Autres méthodes de mesure des seuils

Méthode des limites : présentation des intensités en séries alternativement ascendantes (Non → Oui) et descendantes (Oui → Non). Règle d'arrêt = 2 réponses inversées successives.

Utilité : permet de cerner les zones des intensités liminaires

Inconvénients majeurs : hystérésis et impossibilité de reconstruire la fonction psychométrique

Méthode d'ajustement : le sujet manipule l'intensité du stimulus pour l'ajuster à une valeur limite.

Utilité : rapidité

Inconvénients majeurs : surestimation systématique de la valeur du seuil et impossibilité de reconstruire la fonction psychométrique

25

Méthodes adaptatives (adaptive methods)

Principe général : présenter les intensités du stimulus en fonction des réponses des sujets à l'essai (ou aux essais) précédent(s).

D'un essai au suivant, le choix de l'intensité présentée dépend des réponses des sujets selon des règles précises.

Exemple 1 : **Escalier psychophysique** (staircase ou up-down)

D'essai en essai, l'intensité du stimulus augmente d'un pas tant que le sujet répond 'Non' et diminue d'un pas tant qu'il répond 'Oui'.

La règle peut se compliquer en répétant la valeur du stimulus au cours de deux (ou plus) essais successifs jusqu'à ce que ces valeurs oscillent autour d'une même valeur (le seuil).

26

Exemple 2 : PEST (parameter estimation by sequential testing)

Cette méthode repose sur l'utilisation de **statistiques séquentielles** permettant de déterminer pour un niveau donné du stimulus le nombre minimal de réponses nécessaires.

Lors d'un changement de réponse, la valeur du pas diminue de moitié s'il s'agissait d'une bonne réponse et double s'il s'agissait d'une erreur.

Taylor, M. M. & Creelman, C. D. (1967). PEST: Efficient estimates on probability functions. *Journal of the Acoustical Society of America*, 41, 782-787.
Taylor, M. M., Forbes, S. M., & Creelman, C. D. (1983). PEST reduces bias in forced choice psychophysics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 74, 1367-1374.

Exemple 3 : QUEST méthode adaptative utilise des statistiques bayésiennes fondées sur une connaissance *a priori* de la fonction psychométrique de manière à concentrer les niveaux présentés des stimuli dans la région du seuil.

King-Smith, P. E., Grubb, S. S., Vingrys, A. J., Benes, S. C., & Supowl, A. (1994). Comparison of the QUEST and related methods for measuring thresholds: Efficiency, bias and practical considerations. *Vision Research*, 34, 885-912.
Watson, A. B. & Peill, D. G. (1983). QUEST: A Bayesian adaptive psychometric method. *Perception & Psychophysics*, 33, 113-120.

Etc.

27

Variabilité des mesures

Comme toute mesure, la mesure des seuils est variable. selon la méthode utilisée selon le type de sujet utilisés (naïfs ou entraînés)

Le choix de la méthode doit être adapté à l'objectif de recherche :

- caractériser un système sensoriel = sujets normaux entraînés, nombreuses répétitions, méthode constante
- caractériser un sujet = sujet naïf, cas clinique, méthode rapide
- caractériser une population (effet de l'âge par ex.)

Les seuils ne reflètent pas nécessairement la seule sensibilité du sujet. Ils peuvent être affectés par de *biais* décisionnels.

Toute réponse observée (R) n'a pas qu'un seul déterminant. En psychophysique sensorielle, on en distingue trois :

$$R = S * C \pm \epsilon$$

où S désigne les aspects sensoriels, C des aspects cognitifs et en particulier décisionnels et ϵ des fluctuations aléatoires irréductibles.

Higgins, K. E., Jaffe, M. J., Coletta, N. J., Caruso, R. C., & de Monasterio, F. M. (1984). Spatial contrast sensitivity: Importance of controlling the patient's visibility criterion. *Archives of Ophthalmology*, 102, 1035-1041.

Higgins, K. E., Jaffe, M. J., Caruso, R. C., & de Monasterio, F. M. (1988). Spatial contrast sensitivity: Effects of age, test-retest, and psychophysical method. *Journal of the Optical Society of America A*, 5, 2173-2180.

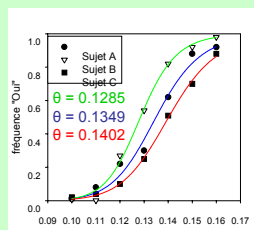
28

Biais de réponse

Les réponses de la méthode Oui – Non sont facilement biaisées par des différences d'attitude des sujets :

- un sujet « audacieux » (en vert) répondra plus souvent Oui que Non
- un sujet « prudent » (en rouge) répondra plus souvent Non

Leurs seuils seront différents. Ont-ils pour cela une sensibilité différente ?



Certaines méthodes sont mieux que d'autres adaptées au contrôle de ces biais.

I.3 Seuils différentiels

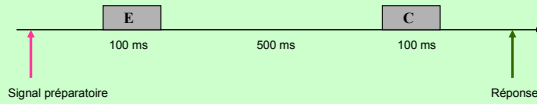
Les seuils de discrimination (ou seuil différentiel ou encore *jnd* pour *just noticeable difference*) correspondent à des tâches dans lesquelles on cherche à déterminer quelle différence entre deux stimuli de même nature permet de juste les différencier. Le seuil différentiel est la mesure de la capacité à discriminer deux niveaux proches d'un stimulus. Il correspond à la différence d'intensités discriminée dans 75% des essais.

On prendra ici l'exemple des sons purs. Un son pur est caractérisé par sa fréquence (qualité grave ou aiguë du son) et par son intensité. Pour ces deux dimensions, on peut mesurer des seuils différentiels.

30

Principe de l'expérience

A chaque essai est présenté en succession (ou simultanément) un couple de stimuli. L'un est constant pour tous les essais : *stimulus étalon*. L'autre prend différentes valeurs, plus petites, égale ou supérieures à l'étalon : *stimulus de comparaison*. Ces différentes valeurs sont présentées dans un ordre au hasard selon la méthode constante (tirages sans remise pour chaque série). L'ordre de présentation étalon-comparaison peut être constant ou contrebalancé. Les consignes demandent au sujet de dire, par exemple, si le second stimulus (C) est plus grand (C>E) ou plus petit (C<E) que le premier (E). Les réponses égales ou « je ne sais pas » sont proscrites. Exemple d'un essai :



31

Seuil différentiel de niveau sonore (intensité)

Soit un son pur étalon de 1000 Hz et d'un niveau de 20 dB. Sept niveaux de comparaison sont choisis (cf. première ligne du Tableau). A chaque essai, l'étalon est présenté suivi du stimulus de comparaison et le sujet doit indiquer si le second stimulus est plus (>) intense ou moins (<) intense que le premier. Chaque couple a été présenté 100 fois dans cet exemple. Le nombre de réponses (>) est indiqué dans la seconde ligne du Tableau et le nombre de réponse (<) dans la troisième ligne.

Tableau

dB	14	16	18	20	22	24	28
C > E	8	15	30	52	70	82	89
C < E	92	85	70	48	30	18	11

32

Sur un graphique portant en abscisse les valeurs du stimulus de comparaison et en ordonnée les probabilités de chaque réponse, on ajustera une fonction psychométrique. Comme les réponses C>E et les réponses C<E sont complémentaires, il n'est pas nécessaire de répéter les calculs. La fonction psychométrique logistique des réponses C>E est :

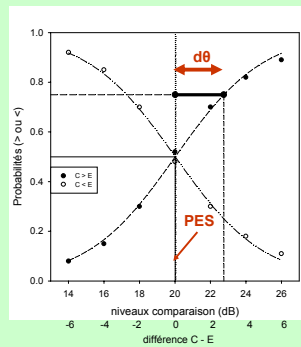
$$p(C>E) = \{ 1 / [1 + (x/\alpha)^\beta] \}$$

$$p(C>E) = \{ 1 / [1 + (x / 20.01)^{2.49}] \}$$

Avec cette formule de la fonction logistique, α est le **Point d'Egalisation Subjective (PES)** de la fonction = valeur de C jugée aussi souvent C>E que C<E.

33

Présentation graphique des résultats de discrimination



En abscisse on porte soit les intensités du stimulus de comparaison (C), soit la différence entre Comparaison et Etalon (C - E). Les fonctions ajustées sont des fonctions logistiques.

Le seuil différentiel ($d\theta$) est souvent appelé *jnd* (*just noticeable difference*) dans la littérature de langue anglaise.

34

Si les probabilités ont été transformées en logits, la fonction psychométrique est une droite : $\text{logit}(p) = ax + b$

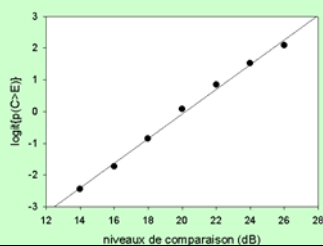
$$\text{logit}(p) = 0.389x - 7.85$$

A partir des paramètres de la fonction linéaire ajustée, on calculera d'abord un **Point d'Egalisation Subjective (PES)** :

$$\text{PES} = -b / a$$

soit

$$7.85 / 0.389 = 20.18 \text{ dB}$$



35

Le PES est la valeur du stimulus de comparaison jugée statistiquement égale à celle de l'étalon ; autrement dit, la valeur du stimulus de comparaison pour laquelle il y a autant de réponses C > E que de réponses C < E.

On calcule ensuite l'**erreur constante (EC)** définie comme la différence entre le PES et la valeur de l'étalon (S) :

$$\text{EC} = \text{PES} - S = 20.18 - 20 = 0.18$$

Elle est ici négligeable.

Enfin, pour calculer le **seuil différentiel**, on détermine d'abord la valeur du stimulus de comparaison qui dans 75% des cas est jugée plus grande que l'étalon :

$$C(.75) = \{ \text{logit}(.75) - b \} / a$$

$$C(.75) = (1.0986 - (-7.85)) / 0.389 = 23.00 \text{ dB}$$

Le seuil différentiel ($d\theta$) est alors :

$$d\theta = C(.75) - \text{PES}$$

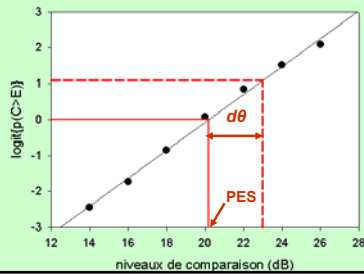
soit

$$d\theta = 2.82 \text{ dB}$$

36

En résumé :

- 1) ajustement de la fonction psychométrique
- 2) estimation du PES
- 3) estimation du seuil différentiel

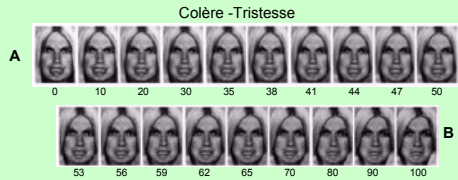


37

Discrimination d'expressions faciales

L'expression faciale des émotions serait universelle et catégorielle.

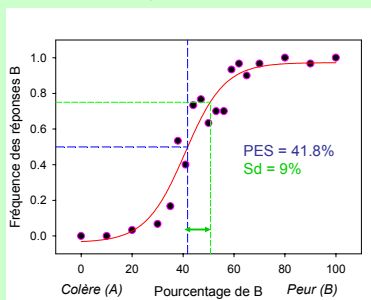
Démonstration par la technique du *morphing* :



Le sujet doit catégoriser chaque image présentée comme étant A ou B.

38

Exemple de résultats



Granato, P., Bruyer, R. (2002). Measurement of the perception of facially expressed emotions by a computerized device. *European Psychiatry*, 17, 339-348

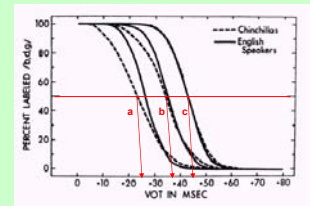
Catégorisation de la parole par le chinchilla

Voice Onset Time :

- bilabiale /ba-pa/ (a)
- alvéolaire /da-ta/ (b)
- vélaire /ga-ka/ (c)



La différence entre discrimination et catégorisation serait essentiellement la pente des fonctions.

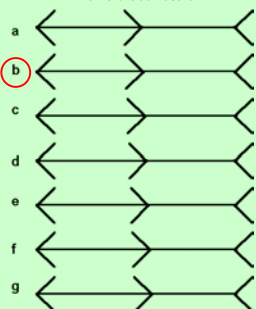


Kuhl and Miller, (1978) Speech perception by the chinchilla: Identification functions for synthetic VOT stimuli. *Journal of the Acoustical Society of America*, 63(3), 905-917.

Mesure d'une illusion

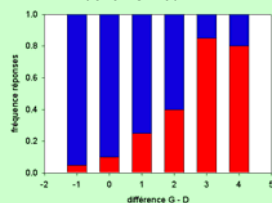
Exemples de stimuli utilisés.

Dans l'expérience, ils seront présentés dans un ordre au hasard.



Müller-Lyer

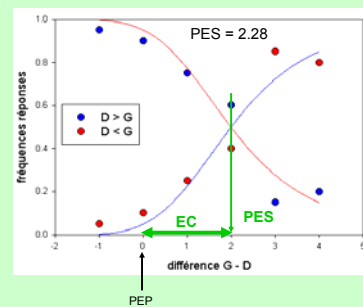
Tâche : G > ou < D ?



Fréquences réponses G > D
Fréquences réponses G < D

41

L'erreur constante (EC) est la mesure de l'illusion

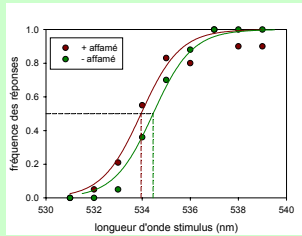


42

Discrimination chez le pigeon

Discrimination longueur d'onde : picorage renforcé pour les longueurs d'onde > 535 nm (Boneau & Cole, 1967).
Deux niveaux de motivation → différence de seuil.

Question : est-ce que la différence de 'motivation' modifie la discriminabilité des stimuli ?



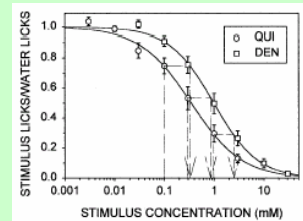
Si les deux fonctions psychométriques sont parallèles, on pourrait conclure à un changement de critère de réponse et non à une modification de la sensibilité.

D'après D.S. Blough (2001) Behavioural Processes, 54, 127-136.

43

Discrimination d'amertume chez le rat

Conditionnement opérant : 2 clés réponses, produits amers (quinine, denatorium) vs. neutre : le nombre de succions diminue parallèlement pour les deux produits quand la concentration augmente.



Spector & Kopka (2002) J. Neuroscience

44

Rapport de Weber

Le seuil différentiel augmente quand l'intensité du stimulus étalon (et le PES) augmente → rapport de Weber (w).

$$w = \Delta d / PES$$

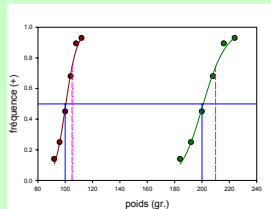
La loi de Weber édicte que cette augmentation est proportionnelle :

$$w = \Delta d_i / PES_i = cste$$

$$5 / 100 = 10 / 200 \rightarrow w = 0.05$$



Étalon = 100 g



Étalon = 200 g

www.psych.uff.edu/~white

45

I.4 Contrôler certains biais de réponse : le choix forcé

Pour pallier certains biais de réponses, on utilise la méthode du choix forcé.

Cette méthode permet en principe d'égaliser la fréquence d'utilisation des réponses (Bonnes réponses ou Erreurs).

Choix forcé à 2, 3 ou plus éventualités.

En choix forcé à deux éventualités, la probabilité des Bonnes Réponses varie de 0.5 à 1, à trois éventualités elle varie de 0.33 à 1, à quatre éventualités de 0.25 à 1.

Le seuil de détection choisi (moyenne de la distribution des réponses) dépend donc du nombre d'éventualités, c'est la valeur du stimulus qui correspond à :

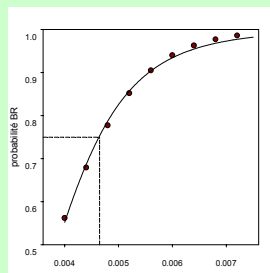
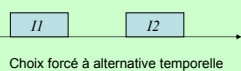
$$p(BR) = 0.75 \text{ pour deux éventualités}$$

$$p(BR) = 0.66 \text{ pour trois éventualités}$$

$$p(BR) = 0.625 \text{ pour quatre éventualités}$$

46

choix forcé à 2 éventualités



La fonction psychométrique est estimée avec les mêmes équations qu'avec la 47 méthode Oui-Non.

Exemple numérique :

Contraste	p(BR)	logit(p)
0.0040	0.5622	0.25
0.0044	0.6792	0.75
0.0048	0.7773	1.25
0.0052	0.8520	1.75
0.0056	0.9047	2.25
0.0060	0.9399	2.75
0.0064	0.9627	3.25
0.0068	0.9770	3.75
0.0072	0.9869	4.25

$$\text{logit}(0.75) = 1.0986$$

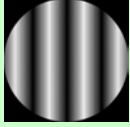
Sur les données transformées en logits, on obtient le seuil :

$$\theta = \{\text{logit}(0.75) - b\} / a$$

48

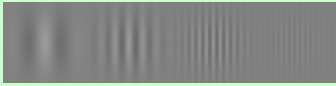
Limites de résolution spatiale

La Fonction de Sensibilité au Contraste (FSC) est la fonction qui relie la sensibilité (inverse du seuil de contraste) à la fréquence spatiale.



La Fréquence Spatiale (FS) est le nombre de cycles par unité d'angle visuel (cpd).

Le contraste est l'amplitude relative de la variation spatiale de luminance.



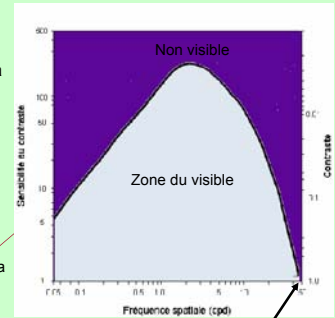
Ces 4 réseaux de fréquence spatiale ont le même contraste physique. Leur contraste apparent diminue quand la fréquence spatiale augmente. Si l'on diminue le contraste, ils ne seront plus perçus pour des contrastes différents.

Fonction de Sensibilité au Contraste

La fonction de sensibilité au contraste mesurée expérimentalement chez un jeune adulte humain normal a la forme suivante

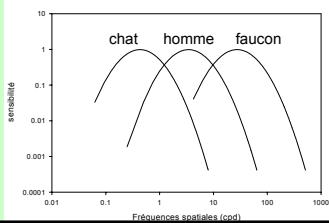
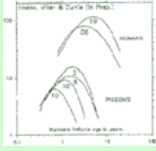
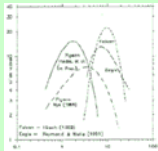
Attention : les coordonnées sont en logarithmes

La sensibilité aux contrastes spatiaux diminue avec la taille des contrastes et du nombre de récepteurs pour chaque taille



Seuil d'acuité 50

Comparaisons interspécies



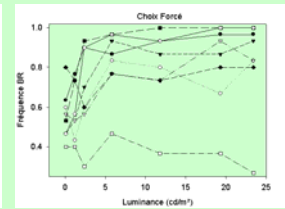
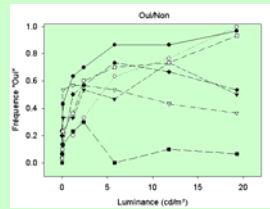
51

“Oui-Non” vs. Choix Forcé

Détection d'un point lumineux en vision latérale avec deux procédures et la méthode constante de présentations des intensités.

Sept à huit sujets naïfs

Plus importante variabilité interindividuelle avec la procédure Oui-Non. Cependant, avec les deux procédures au moins un sujet aberrant, en particulier en Choix Forcé, ses BR sont inférieures au hasard !

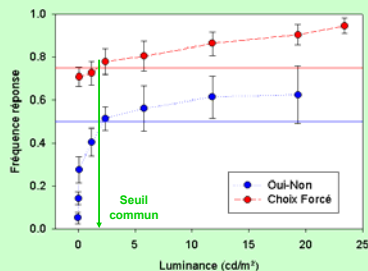


Données communiquées par A. Dufour

Considérons les résultats moyens.

Les fonctions psychométriques sont différentes, trop irrégulières pour ajuster une fonction continue.

Cependant, malgré une définition différente du seuil avec les deux procédures, les seuils apparaissent très voisins.



53

Dans les mesures de seuil, le contrôle des éventuels « biais » de réponse des sujets ne se fait que de manière empirique. Devant une différence interindividuelle, on ne peut avec certitude l'attribuer à une différence de sensibilité ou à une différence de stratégie de réponse.

Les mesures de seuils sont affectées par différents facteurs « décisionnels » qui ne sont contrôlés qu'empiriquement.

Utilisation de sujets entraînés à conseiller

Le modèle de la Théorie de la Détection du Signal (TDS) va permettre une estimation séparée de ces deux composantes de la performance.

54