

Psychologie Cognitive et Psychophysique (4)

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

III.3 Modèle de réponse pour les Temps de Réaction

Dans toute expérience de temps de réaction, on observe d'importantes variabilités aussi bien inter-individuelles qu'intra-individuelles.

Un TR étant une variable aléatoire, pour une part ces fluctuations sont aléatoires. Cependant, si des séances de TRC sont répétées un grand nombre de fois, on observera en moyenne une diminution des TRC en fonction de l'entraînement des sujets.

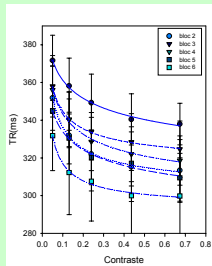
Cette évolution des performances intra-sujets ne change pas systématiquement les différences inter-individuelles moyennes.

La question que l'on doit se poser est alors de savoir si ces variabilités reflètent ou non des variations de la sensibilité, ou bien résultent d'autres facteurs plus tardifs dans les niveaux de traitement comme des critères de réponse.

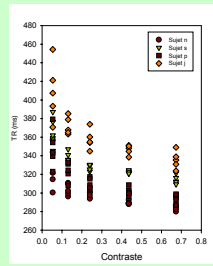
Pour cela il faut un modèle permettant de décomposer l'effet des facteurs de sensibilité et de décision.

Variabilités des temps de réaction

Plus que toute autre variable utilisée en psychophysique, les temps de réaction manifestent d'importantes variabilités intra- et inter-individuelles.



TR moyens en fonction de l'entraînement



TR intra- et inter en fonction de l'entraînement

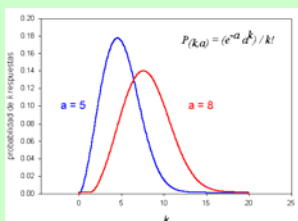
Ces variabilités ont au moins 3 sources :

- variation de sensibilité avec les niveaux du stimulus
- différence de critères de réponse
- fluctuations aléatoires

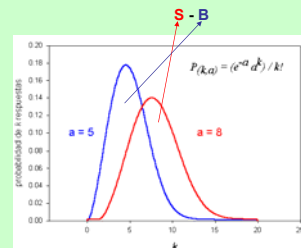
Un modèle a été développé (Link, 1992; Link & Bonnet, 1998; Bonnet & Link, 1998) pour tenter de départager le rôle des deux premiers facteurs (sensibilité et décision)

Le modèle

Le modèle (Link, 1992) suppose que toute stimulation va générer un ensemble de signaux discrets dans l'organisme. Le nombre de ces signaux, pour un même stimulus est distribué comme une fonction de Poisson dans la population parente. Plus l'intensité du stimulus est grande, plus élevé est le paramètre a de la fonction.

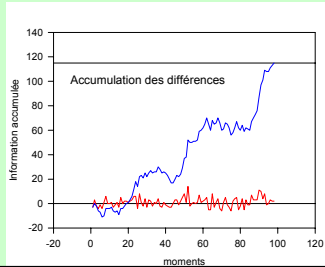


Dans une tâche de TRS, repérer la présence d'un stimulus revient à discriminer les signaux qu'il génère de ceux d'une distribution de signaux dus au bruit interne du système. Autrement dit, cela revient de moment en moment à comparer une paire de signaux, l'un extrait de la distribution du bruit et l'autre du stimulus. Comme ces signaux varient aléatoirement, leur différence (S-B) à chaque moment de tirage peut être négative, nulle ou positive.



De moment en moment la succession des différences (S – B) est peu informative et ne permet pas une décision.

Le modèle stipule donc que de moment en moment, le système calcule la différence de ces deux tirages aléatoires et qu'il les accumule au cours des moments successifs (le déroulement du temps est discret). Cette accumulation forme une *promenade aléatoire*.



7

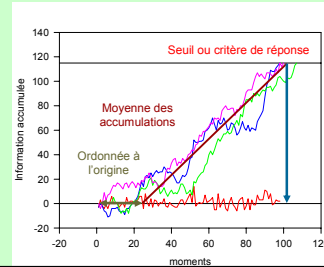
Au cours d'essais successifs, l'accumulation des différences (S-B) engendre des promenades aléatoires différentes.

Le sujet se *choisit* un certain niveau d'accumulation pour décider de répondre (**seuil ou critère de réponse**).

Pour des niveaux supralimaires du stimulus, il a été montré (Link & Bonnet, 1998) que la fonction d'accumulation moyenne était une droite de pente = 1.

L'ordonnée à l'origine (*b*) diminue quand l'intensité du signal augmente. C'est l'indice de sensibilité du modèle.

Temps de Réaction moyen pour cette intensité

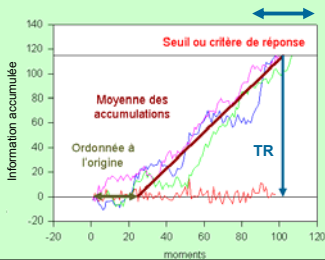


La moyenne des promenades aléatoires est une droite de pente = 1, si et seulement si les intensités sont supralimaires.

8

A sensibilité égale, la variabilité interindividuelle des TR résulte de différences des **critères de réponse**.

A critère constant, la variabilité intraindividuelle résulte des différences des **promenades aléatoires**



9

En résumé

Pour des **niveaux supralimaires du stimulus**, la fonction théorique d'accumulation augmente linéairement avec le temps ; sa pente vaut 1, son ordonnée à l'origine est la mesure de la sensibilité :

L'ordonnée doit varier comme une fonction de Piéron de l'intensité.

Différents sujets, ou le même sujet à différentes séances, se donnent des critères de réponses différents : ce critère de réponse est un certain niveau d'accumulation à partir duquel le sujet décide de répondre.

Par hypothèse, le critère de réponse est constant pour une séance donnée.

10

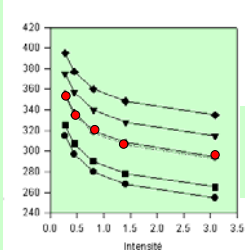
Opérationnalisation du modèle

Opérationnaliser le modèle va consister à reconstruire les fonctions d'accumulation à partir des résultats observés.

Cette opérationnalisation comporte trois étapes :

1) Estimer les paramètres des fonctions de Piéron individuelles et de la fonction moyenne, ici :

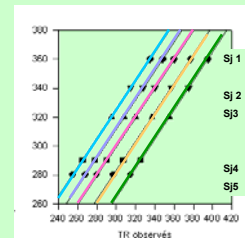
$$TR = (47,8 I^{-0,47}) + 265,2$$



11

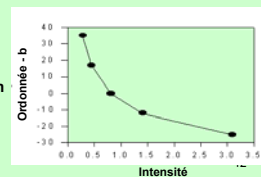
2) Détermination du critère de réponse pour chaque sujet : c'est la moyenne de tous ses TR.

Ensuite, intensité par intensité, estimer la droite de régression reliant les critères de réponse (*A*) et les TR moyens observés pour cette intensité : $A_i = b + a TR_i$ où la pente de chaque droite (*a*) devrait être égale à 1.



3) Etude de la relation entre $-b$ et l'intensité. On devrait ajuster une fonction de Piéron dont l'exposant sera une estimation non biaisée de la fonction moyenne (1).

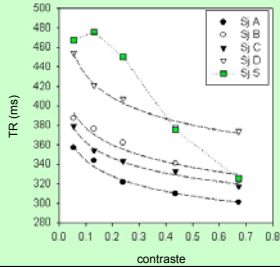
$$-b = (47,8 I^{-0,47}) - 52,8$$



Critère de réponse et sensibilité

Temps de Réaction de choix Gauche- Droite pour réseau de fréquence spatiale en fonction du contraste.

4 sujets ayant une vision normale (D est un sujet âgé emmétrope) et un sujet (S) ayant un grave déficit visuel.

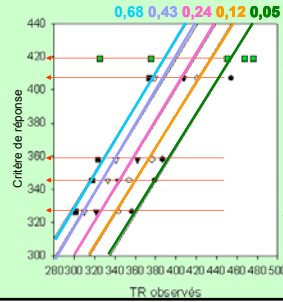


Fonctions de Piéron ajustées aux résultats des 4 sujets emmétropes.

13

Fonctions d'accumulation :

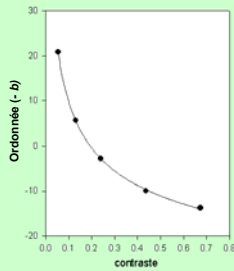
- 1) Estimation du critère de réponse (moyenne des TR individuels)
- 2) Ajustement des droites de régression de pente 1 contraste par contraste.



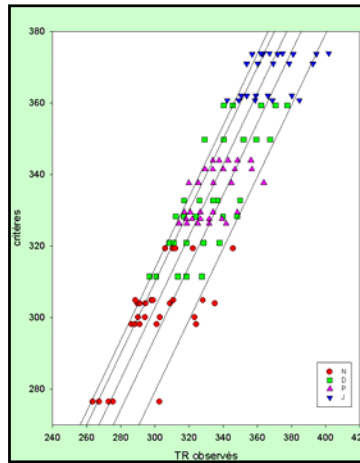
On observe que les résultats du sujet S ne sont pas cohérents avec ceux des autres sujets (= différence de sensibilité). On observe aussi que le sujet D, bien qu'ayant des TR plus longs que les trois autres sujets a la même sensibilité.

14

Enfin, on vérifie que l'ordonnée à l'origine ($-b$) des fonctions d'accumulation varie comme une fonction de Piéron du contraste.



15



Effet de l'entraînement :
Tendance à la diminution des TR, mais mêmes fonctions d'accumulation.

Ici, l'entraînement ne modifie pas la sensibilité, mais abaisse le critère de réponse sujet par sujet.

16

Le modèle pour des intensités liminaires

L'hypothèse d'une fonction théorique d'accumulation de pente égale à l'unité n'est valide que pour des intensités supraliminaires, c'est-à-dire détectées dans 100% des essais.

Le modèle initial de Link a été développé pour des mesures de discrimination. Il est aussi valide pour des mesures de détection.

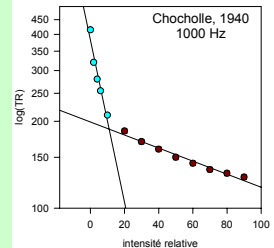
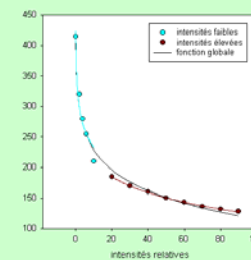
Regardons tout d'abord ce qu'il advient de la fonction de Piéron dans la zone du seuil.

17

Fonctions de Piéron dans la région liminaire

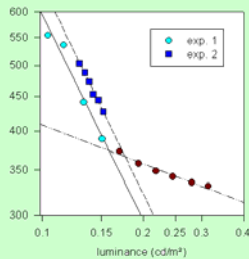
Dans de nombreux cas, on peut observer un relèvement de la fonction de Piéron pour les intensités les plus faibles. Ce relèvement n'est pas toujours apparent si les données sont en coordonnées linéaires (cf. figure à gauche).

Porter les résultats sur des coordonnées logarithmiques fait clairement apparaître le changement de pente de la fonction (Chocholle, 1940).



Fonction de Piéron dans la zone du seuil

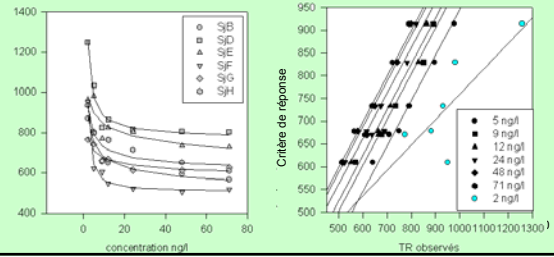
Vérifions qu'une augmentation de l'exposant de la fonction de Piéron se produit dans la zone du seuil. Expérience Pins & Bonnet (2000) TRC (gauche-droite) en fonction de l'intensité lumineuse. A gauche les intensités de l'expérience 1 étaient dans les régions liminaire et supraliminaire, celles de l'expérience 2 seulement dans la région du seuil.



19

TR en fonction de la concentration d'acide citrique (résultats individuels)

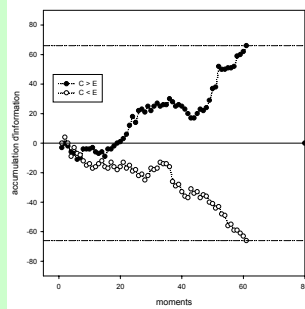
Quelle est la conséquence du relèvement de la fonction de Piéron sur les fonctions d'accumulation ? La pente de la fonction d'accumulation dans la région liminaire sera différente de 1 (généralement inférieure à 1). Exemple Bonnet et al. (1999) Les stimuli sont des concentrations d'acide citrique sur la pointe de la langue. Fonctions de Piéron individuelles à gauche, Fonctions d'Accumulation à droite. Les pentes de ces fonctions valent 1 sauf pour la concentration la plus faible. Ce changement de pente de la fonction pourrait résulter du fait que cette intensité est dans la zone liminaire. L'utilisation d'un temps de réaction simple risque de masquer cet effet. Dans cette expérience, les sujets omettaient parfois de répondre pour ce



TR et discrimination Accumulation dans la discrimination (Link, 1992)

Le modèle initial de Link (Wave theory) a été développé pour les tâches de discrimination. Il est assez complexe à utiliser sur des données expérimentales.

Dans le cas de la discrimination, il existe deux fonctions d'accumulation, l'une pour les réponses C>E et l'autre pour les réponses C<E. Leur reconstruction permet de s'assurer qu'il n'existe pas de biais de réponse (critère symétrique pour les deux types de réponses).



TR et discrimination

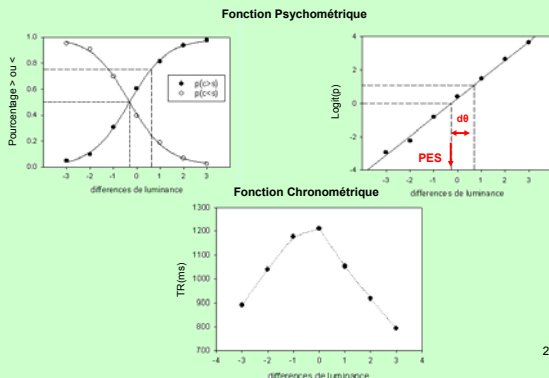
Dans de nombreuses expériences, on recueille les temps de réaction en même temps que les réponses de choix des sujets. C'est d'ailleurs une procédure fortement conseillée. Le modèle de Link (1992) est précisément développé pour ce type d'expériences. Nous en présentons ici une adaptation pour des applications pratiques en reprenant les données de Kellogg (1931) déjà utilisées par Link. L'expérience est une expérience de discrimination d'intensités lumineuses dont les résultats sont présentés ci-dessous.

d(L)	p(>)	logit(p)	TR(ms)
-3	0.050	-2.9444	832.1
-2	0.096	-2.2425	1041.1
-1	0.304	-0.8283	1177.2
0	0.604	0.4222	1210.1
1	0.813	1.4696	1052.9
2	0.933	2.6337	918.4
3	0.975	3.6636	792.5

d(L) est la différence des luminances entre le stimulus de comparaison (c) et le stimulus étalon (s)
p(>) est la fréquence des réponses (c>s) suivie de sa transformation en logit(p). Les TR moyens sont donnés dans la dernière colonne.

22

Résultats de Kellogg (1931)

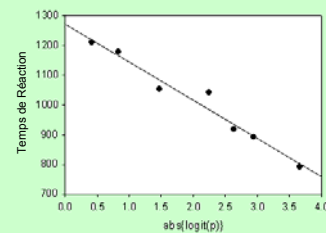


23

Relation entre les deux fonctions

On peut mettre en relation les TR avec la fréquence des réponses. En fait, nous avons montré (Bonnet & Paulos, 2005) qu'il existait une relation linéaire de pente négative entre le TR et la valeur absolue de logit(p) :

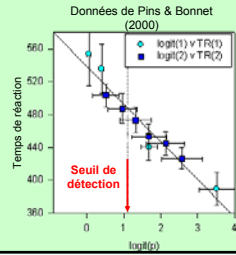
$$TR = \beta - \alpha \text{abs}\{\text{logit}(p)\}$$



24

Cette relation linéaire est aussi valide dans le cas des seuils de détection comme il a été mentionné plus haut à propos de la fonction de Piéron dans la zone du seuil.

Dans la région liminaire, i.e. région où on observe des erreurs, on y montre la relation linéaire entre $\logit(p)$ et TR. **Le relèvement de l'exposant pour les intensités faibles résulte de la combinaison de deux facteurs : l'intensité du stimulus et l'incertitude sur la réponse.** En TRS, la délimitation de la zone du seuil n'est pas évidente. La méthode suggérée ici pallierait ce défaut.



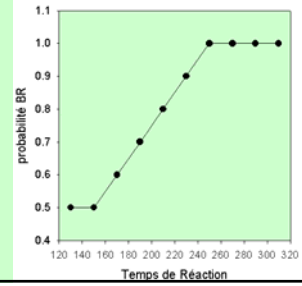
Sujet par sujet, la fonction linéaire $TR = f(\logit(p))$ reste valide, mais ses paramètres diffèrent d'un sujet à l'autre ce qui suggère des différences de critère de réponse. Ici, un choix différent dans le conflit rapidité-précision

25

Relation rapidité - précision

Intuitivement, on attend une relation inverse entre rapidité (TR) et précision (pourcentage de BR ou σ).

Une telle relation se vérifie intraindividuellement et interindividuellement.



26