

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE

PRESENTÉ AU  
COMITÉ DES ÉTUDES AVANCEES

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN PSYCHOLOGIE

PAR

DENIS TRUDEL

L'EFFICACITÉ DU SYSTÈME DE  
PERCEPTION TACTILE

AOUT 1985

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

Table des matières

Introduction .....	1
Chapitre premier - Contexte théorique .....	3
La mesure de l'efficacité .....	6
La mesure de l'information .....	12
Comparaison entre le tactile et le visuel .....	16
L'efficacité du traitement de l'information .....	18
L'efficacité du système tactile .....	20
Chapitre II - Méthodologie .....	25
Sujets .....	26
Sujets choisis .....	26
Stimuli .....	27
Matériel requis .....	27
Construction des stimuli .....	28
Tâche des sujets .....	28
Déroulement de l'expérience .....	29
Chapitre III - Présentation des résultats .....	31
Légende des figures .....	33
Chapitre IV - Discussion générale .....	41
Distance verticale .....	43
Efficacité .....	44
Conclusion .....	53
Annexe A .....	55

Table des matières (suite)

Remerciements .....	57
Bibliographie .....	58

## Introduction

Le présent document se veut une recherche ayant pour but de mesurer l'efficacité du système de perception tactile. Pour ce faire, nous utiliserons la méthode employée lors des recherches portant sur la mesure de l'efficacité du système de perception visuelle.

Nous pensons que l'utilisation privilégiée du système tactile aura une influence sur la mesure de l'efficacité. Nous avons formé trois groupes de sujets soit: des sujets naïfs, ayant une utilisation normale du système tactile, des sujets handicapés visuels, utilisant le système tactile pour compenser leur état et un groupe est constitué de céramistes, sujets utilisant beaucoup leur perception tactile lors de leur création artistique et pouvant corriger s'il y a lieu les erreurs perceptuelles.

De plus, nous pensons que des stimuli différents impliqueront une efficacité différente. Les stimuli seront différents au niveau de leur surface et de leur étendue.

Cette mesure de l'efficacité sera comparée avec celle d'un appareil théorique imaginaire. Cet appareil utilise toute l'information disponible et a, de ce fait, une efficacité de 100%.

Nous devons avertir le lecteur que cette recherche est de type purement exploratoire. Par la suite, nous verrons les applications possibles de cette recherche.

Chapitre premier  
Contexte théorique

Chaque personne entre en contact avec son environnement à l'aide de ses sens, au moyen de la perception. A l'intérieur de ce travail nous nous attarderons surtout à la perception tactile. Ce sujet est abordé au moyen de la psychophysique, domaine qui débute en 1860 lorsque Fechner publia: "Elemente der psychophysik" (traduit en anglais et titré: "Elements of psychophysics", et ce en 1966, in Corso, 1967). Fechner fit alors part d'une toute nouvelle façon de mesurer et d'évaluer les actes mentaux.

Les processus physiques qui accompagnent (ou apparaissent être en interaction avec) les réactions mentales sont appelés processus psychophysiques.

Décrivant les buts de la psychophysique, Fechner (1966), disait de cette science qu'elle doit être comprise comme étant la théorie des relations de fonctionnement entre l'âme et le corps, ou si l'on préfère, entre le mental et le "monde" physique. La psychophysique devait être en partie basée sur la psychologie et devait aussi donner à celle-ci une base mathématique lui permettant d'accéder au rang de science.

C'est en 1879 que fut fondé le premier laboratoire de psychologie à Leipzig par Wilheim Wundt. Ses champs d'études et les buts poursuivis reposèrent sur les recherches de Weber et Fechner; domaine qu'eux avaient appelé psychophysique.

Les recherches menées à l'intérieur de ce champ d'études expérimentales trouvèrent leurs premières applications dans ce que l'on appela la détermination des seuils perceptuels. Un seuil étant soit, la stimulation minimum entraînant une réaction, soit la différence minimale perceptible entre deux stimuli. Ceci permis, alors, de connaître l'étendue des possibilités de chaque sens, ou si l'on préfère, les limites perceptuelles inhérentes à chaque sens.

C'est à Urban 1910, (in von Fieandt et Moustagaard, 1977) que l'on doit l'expression mathématique reproduisant le mieux la probabilité d'un jugement particulier de la part du sujet lors d'une expérience, et ceci en fonction de la modification de l'intensité du stimulus.

Dans une recherche typique de l'époque, le sujet est invité à dire si un poids quelconque est plus lourd ou plus léger qu'un poids étalon. En augmentant le poids du stimulus expérimental, la probabilité que le sujet réponde "plus lourd" augmente non pas de façon linéaire mais plutôt en forme d'une ogive. Urban émis la supposition que cette courbe ogivale était en fait l'intégrale d'une distribution normale ou gaussienne de la forme:

$$p(x) = 1/2 \pi e^{-x^2/\sigma^2}$$

L'histoire de la psychophysique a démontré le bien-fondé de cette conception; ceci s'appliquant aussi bien au toucher, à l'odorat, à la vue, à l'audition qu'au goûter.

## 1. La mesure de l'efficacité

C'est lors de la période des années 1940 et 1950 que l'on s'est interrogé sur la qualité intrinsèque de l'appareil perceptuel ainsi que sur son efficacité. Comme lors des débuts de la psychophysique, à cette époque, c'est le système visuel qui retint surtout l'attention. Revoyons sommairement le développement de cette idée qui origine des recherches effectuées sur le système visuel.

C'est Rose (1942), qui le premier s'interrogea sur la question de la performance de l'oeil en comparaison avec un tube écran d'un appareil de télévision et un film photographique. Il appliqua plus tard (1948) cette mesure en rapport avec l'oeil humain. Il proposa alors l'efficacité quantique comme mesure absolue d'une performance lors d'une tâche d'optique; mesure permettant ici d'établir l'efficacité du système visuel en rapport avec la perception idéale d'un appareil imaginaire, ou théorique. Bien qu'originalement la position de Rose fut plutôt de l'ordre de l'ingénierie, elle fut reprise par la suite par des psychophysiologistes (Baumgart, 1948; Aguilar & Stiles, 1954; Barlow, 1958). On passa alors du concept d'efficacité quantique de détection à celui d'efficacité quantique de réponse. L'efficacité quantique de détection se définissant comme étant un rapport convenablement sélectionné de la capacité réelle de détection de l'oeil à un maximum concevable de capacité de détection. Par capacité maximum concevable de détection on fait référence, ici, à la performance pouvant être atteinte par un appareil idéal utilisant tous les photons entrant dans la pupille de l'oeil. Tandis que l'efficacité quantique de réponse, pour sa part, est le rapport d'une sorte d'évènement comptable

(pouvant se compter) sur une autre série d'évènements comptables (Clark Jones, 1959). De plus, avec un filtre, on arrive à faire égaler l'efficacité quantique de détection avec l'efficacité quantique de réponse.

Lorsque des expériences de ce genre furent faites en regard à l'efficacité quantique de détection Hecht et al. (1942, Baumgardt (1948), Aguilar & Stiles (1954) et d'autres chercheurs utilisèrent une méthode différente pour calculer la plus petite quantité requise pour déclencher une réaction ou réponse de la part du sujet. Cette méthode nous est expliquée par Pirenne (1956) dans son relevé de documentation où il fait une synthèse, une critique et une évaluation des recherches faites jusqu'à ce jour.

Le principe de cette méthode voulant que l'on compare une courbe de fréquence d'un sujet réel avec celle théorique d'un appareil répondant lorsque les stimuli atteignent un nombre critique préalablement déterminé. De telle sorte que, si la valeur choisie est 5, l'appareil répondra de façon positive à 5 ou plus.

L'efficacité quantique est facilement dérivée ici en divisant le nombre critique par la moyenne du nombre de quanta délivrés à l'oeil pour produire une réponse. Cependant, les chercheurs mentionnés ci-dessus n'ont pas utilisé cette méthode.

Puis Barlow (1962a, 1962b) redéfinit à son tour l'efficacité quantique, mais de façon globale, en tenant compte des découvertes récentes de la physiologie et en essayant de standardiser les conditions expérimentales. Barlow, reprenant l'idée de Rose (1942, 1948), compare

lui aussi la performance d'un sujet humain avec celle d'un appareil idéal. Ici, l'appareil idéal de Rose en étant un où toute lumière entrant dans l'oeil est focalisée parfaitement sur la rétine: la lumière étant ainsi toute absorbée par les cellules réceptrices; toutes les absorptions quantiques étant de plus signalées correctement au niveau central. Le mécanisme central analyse alors l'information résultante de façon optimale selon la performance requise.

Un tel appareil, selon Barlow (1962a), accomplit une tâche de façon optimale, mais non pas de façon absolument correcte puisque les fluctuations quantiques conduisent alors à l'éparpillement aléatoire dans le nombre de quanta absorbés par les différentes parties de l'image rétinienne. En procédant au centrage idéal, cet éparpillement peut occasionnellement mener à une performance incorrecte de la tâche. De telles erreurs se produiront plus souvent si l'entrée de la lumière est réduite par un filtre neutre, abaissant ainsi le taux moyen d'absorption quantique, et de ce fait, élevant la magnitude relative de fluctuation quantique. Donc, selon les conditions, on peut modifier la performance de l'appareil pour la rendre comparable à celle de l'humain. La fraction de la lumière transmise par le filtre devient alors égale à l'efficacité quantique globale que l'on peut définir alors comme étant,  $F$ , soit pour accomplir une tâche:

$$F = \frac{\text{minimum requis théoriquement pour exécuter une tâche.}}{\text{minimum requis pratiquement pour exécuter une tâche.}}$$

De plus, si l'on veut éviter la confusion des premières recherches et leurs résultats contradictoires, en particulier sur le taux d'efficacité (Rose, 1942, 1948; Clark Jones 1957, 1959; Aguilar &

Stiles, 1954; Barlow, 1958), nous devons, comme le dit Barlow (1962a), suivre deux règles lors du calcul de la performance idéale.

- 1) Aucune limitation n'est imposée à l'appareil idéal sauf celles inhérentes à l'humain (par exemple: la surface de la pupille).
- 2) La tâche doit être la même pour l'appareil idéal et pour le sujet.

Avant Barlow, en calculant l'efficacité quantique de détection, il fallait trouver ou détecter le stimulus suffisant pour déclencher une réponse, ou sensation.

Depuis Clark Jones (1959), pour calculer le signal minimum théorique pour quelque réponse que ce soit, il faut connaître la probabilité ( $p$ ): que s'il y a signal il y ait réponse et ( $q$ ) la probabilité qu'il y ait réponse en l'absence du signal.

Dérivée de cette méthode, la méthode des deux points facilite la tâche pour déterminer l'efficacité quantique, mais elle ne se limite pas à la présence ou à l'absence de stimuli comme c'est le cas lors du calcul de l'efficacité quantique de détection. Elle permet, ici, de discriminer deux stimuli; en d'autres mots, d'en arriver ainsi à de l'efficacité quantique de discrimination. C'est une méthode provenant des recherches de Clark Jones. Il devient alors possible d'appliquer cette méthode à l'intérieur de plusieurs conditions différentes, permettant ainsi de comparer la performance lors de différentes tâches expérimentales, standardisant ainsi les conditions expérimentales; ce qui n'était pas le cas lors des premières recherches effectuées dans ce

nouveau domaine.

Selon Barlow (1961), la pente de la courbe psychométrique est égale à la réciproque du seuil, ou si l'on préfère, la courbe est inversement proportionnelle à la valeur du seuil. Ceci ramenant la théorie quantique à une approximation ou distorsion de la fonction ogivale. Ramenant ainsi la fonction psychométrique en fonction linéaire, ceci se résume à restreindre la fonction ogivale en son segment médian.

Ceci nous amène à connaître l'efficacité en termes de détection ou de discrimination. Ces méthodes ne sont en fait que des perfectionnements des recherches de seuils et souvent que des évaluations d'habileté différentes ou spécifiques. Cette méthode permit alors à Barlow (1962a) d'entrevoir la possibilité d'appliquer la mesure d'efficacité à différentes tâches en y apportant certaines modifications ou ajustements. C'est Andrews et al. (1983) qui définiront la méthode permettant de faire cheminer cette idée. Revoyons la position de ces auteurs.

Une expérience perceptuelle n'arrive pas par la stimulation d'un seul récepteur. Elle provient plutôt d'un ensemble de stimulations riches, complexes et parfois même de systèmes sensoriels différents. Le plus souvent, des récepteurs logiquement indépendants formant un ensemble seront impliqués dans une expérience perceptuelle.

L'information reçue par un seul récepteur est souvent écartée comme étant un bruit de fond (noise), puisque jugée sans importance. C'est une coordination de récepteurs qui produit une expérience perceptuelle. Donc, les recherches sur l'efficacité quantique de détection et

sur l'efficacité quantique de discrimination deviennent ici du perfectionnement des recherches de seuils. Tandis, qu'au contraire, l'efficacité perceptuelle en termes d'efficacité de l'information permet d'accéder à une connaissance sur le fonctionnement du système perceptuel.

Andrews et al. (1978) préférèrent quant à eux évaluer ces différentes tâches comme étant la capacité ou habileté à relier les positions d'objets, de partie d'objets ou stimuli. Cette proposition est bien plus qu'une simple nuance linguistique; elle est plutôt d'ordre pratique et analytique. C'est pour eux le reflet de la façon dont l'information est reçue par le système perceptuel. Ainsi, percevoir (accomplir une tâche) devient une intégration plus ou moins complexe de signaux perceptuels. Andrews et al. (1973) disent qu'il faut comprendre comment s'organisent les différentes unités lors d'une perception.

La capacité de traduire l'information en termes d'efficacité de perception représente un net avantage. Ici, le nombre de stimuli aura une influence moindre que lors du calcul de l'efficacité quantique; de ce fait, l'important, c'est le rapport de l'information utilisée sur l'information disponible. Ce rapport permettant d'obtenir, dans ce cas-ci, la mesure de l'efficacité. Pour Andrews (1967b), le ratio de la performance observée sur la performance idéale est la mesure de l'efficacité.

D'ailleurs, plus tard, Barlow (1978) se raliera à cette idée en démontrant une méthode qui permet d'exprimer la qualité de la performance en termes d'efficacité absolue. Il s'agit, ici, d'une méthode où de plus l'information statistique disponible, lors du calcul de l'effi-

cacité, est utilisée.

De plus, ce rapport ne s'applique pas seulement à une tâche mais permet également de comparer différentes tâches en termes d'efficacité. Ceci nous laisse entrevoir par le fait même, la possibilité de comparer différentes modalités sensorielles. Nous croyons que grâce à la méthode proposée par Andrews, on peut vraiment parler d'une mesure d'efficacité s'appliquant de façon générale et pouvant englober les autres méthodes proposées.

Pour Andrews et al. (1973) l'acuité visuelle est relativement élevée. L'efficacité est égale à la variance de l'appareil idéal sur la variance réelle du sujet observé. L'efficacité est le carré de la performance idéale sur la performance observée. Ceci parce que l'information est inversement proportionnelle à la variance. C'est vraiment, ici, une mesure de l'efficacité pouvant avantageusement se comparer à celles utilisées à l'intérieur d'autres domaines scientifiques.

C'est pourquoi nous privilégions cette méthode, cette mesure, tout comme le font actuellement plusieurs groupes de chercheurs. De plus, la théorie de l'information est une théorie quantitative.

## 2. La mesure de l'information

Les recherches citées plus haut s'adressent toutes à des aspects ayant un lien avec l'efficacité quantique des récepteurs: ce sont des recherches qui s'intéressent plutôt à la sensation qu'à la perception. La difficulté qui se pose dans ce contexte est celle-ci: de quelle façon peut-on comparer l'efficacité de l'oeil (envisagé comme

étant un appareil photo-sensible) en rapport avec un autre système sensoriel? La réponse à cette question nous est fournie par les travaux d'Andrews (1964) ainsi que d'Andrews et ses collègues (1973) de même que Watt et Andrews (1981) et aussi de Barlow (1978).

En effet, la réponse est la suivante: bien que l'on ne peut comparer directement l'efficacité quantique de l'oeil et l'efficacité quantique de l'appareil de Corti (par exemple), on peut se demander avec quelle efficacité le système visuel traite l'information qui lui est fournie, et comparer cette efficacité avec celle du système auditif. Nous remarquons que la réponse implique, ici, une légère modification de la définition du mot "efficacité"; au lieu de penser en termes de simple détection des stimuli, nous sommes invités à penser en termes de traitement de l'information par des systèmes sensoriels différents.

Pour ce faire, il nous faut une façon de mesurer la quantité d'information fournie par un stimulus. Pour Miller (1956), le montant d'information est un concept se rapprochant du concept de la variance. Les équations sont différentes, mais tout ce qui peut augmenter la variance diminue aussi le montant de l'information. De plus, l'avantage de concevoir en termes de montant d'information réside dans le fait que la variance s'applique toujours en termes d'unité de mesure (mètre, kilo, volt); le montant d'information est quant à lui sans dimension de quantité ou de mesure.

Ainsi, l'information ne dépend pas d'un concept particulier de mesure; elle peut cependant s'étendre à des situations où il n'y a pas de mesure et peut de ce fait s'appliquer là où la variance ne pourrait

l'être. Dès lors, il est possible de comparer des résultats obtenus dans des situations expérimentales différentes; ce qui aurait été impossible en utilisant le concept de la variance basée sur des mesures. Donc, pour nous, il s'agit d'une autre excellente raison de traiter les données en termes d'information.

C'est Miller (1956) qui détermina que le nombre idéal pour les stimuli est de sept en ce qui a trait à la capacité de traiter de l'information. Ceci est en accord avec les expériences de Taves (1941). Plus tard Van Oeffelen et Vos (1982) confirmeront à leur tour cette affirmation.

Selon Attneave (1954), lors d'une tâche de perception, beaucoup d'information est redondante ou superflue; l'observateur utilise, alors, seulement une partie de l'information qui lui est disponible lors de l'accomplissement de la tâche.

Comme nous l'avons constaté grâce aux recherches citées plus haut, la mesure de l'efficacité, comme la plupart des recherches en psychophysique, porte jusqu'à ce jour sur le système visuel; et ce, un peu au dépens d'autres systèmes sensoriels. Mais notre intérêt porte sur la mesure de l'efficacité de l'information et nous voulons, par conséquent, l'appliquer à d'autres modalités sensorielles. Car, selon l'affirmation d'Andrews et al. (1978), cette méthode d'estimation peut s'appliquer à différentes situations et différents systèmes.

Nous allons donc nous intéresser au système tactile. Comme il se doit, nous allons tenter de répéter le même type d'expérience en

utilisant des stimuli comparables. Mais avant de décrire notre façon de procéder, arrêtons-nous à faire le relevé de la documentation concernant la perception tactile ainsi que le type de recherches effectuées dans ce domaine.

Au niveau tactile, les premières expériences portèrent surtout sur la détermination des seuils; elles concernaient la température, la douleur, la pression, etc. On peut donc dire de ce type d'expériences qu'elles se préoccupaient davantage de la sensation cutanée produite par la stimulation, qu'à la mesure de perception.

C'est à Katz (in Zigler, 1926 et Krueger, 1970) que revient l'honneur d'avoir démontré que le toucher n'est pas un sens inférieur mais un sens riche, complexe et de qualité. Il démontra aussi, que selon les situations, un pôle du système tactile prédomine sur l'autre. De plus, c'est lui qui le premier nota l'importance cruciale du mouvement de la main dans la recherche d'information au niveau tactile.

Binns (1934) est l'un des premiers à avoir comparé le système visuel au système tactile; bien que ses recherches portèrent d'abord sur le jugement qualitatif: il mesurait plus l'efficacité du jugement que l'efficacité de la perception.

Par la suite, les expériences en perception portèrent sur la perception de texture, de rugosité (Lederman, 1974, 1976, 1983, Taylor, Lederman et Gibson 1976). Selon Gibson (1962, 1966), la méthode de toucher haptique, ou toucher actif, est la méthode où la qualité de perception est la meilleure; de plus les résultats sont supérieurs à

ceux obtenus lors d'expérimentations utilisant le toucher passif. De même, lorsque le toucher est libre en plus d'être actif, selon la manière que le sujet lui-même choisi, la performance du sujet s'améliore de nouveau.

Les expériences de Withe et al. (1970) démontrent aussi qu'il est préférable d'utiliser la perception libre et active. Il s'agit d'expériences utilisant une caméra de télévision à l'aide de laquelle des sujets aveugles essaient de "voir". Une image télévisée est constituée d'un ensemble de points. Chaque point de cette image est reproduit, par des tacteurs, sur la peau des sujets. Ils démontrent ainsi que lorsque le sujet, plutôt qu'un caméraman, contrôle lui-même la caméra, sa performance s'améliore. Withe et al. arrivèrent donc à la conclusion que le sujet améliore sa performance lorsqu'il peut lui-même contrôler la façon d'aborder une tâche de perception. Tout ceci nous fait donc pencher en faveur du toucher actif et libre, où le sujet explore à sa manière les stimuli qui lui sont présentés.

### 3. Comparaison entre le tactile et le visuel

Il existe plusieurs recherches comparatives des systèmes visuel et tactile. Mais il y a contradiction à différents niveaux sur les données; entre autres, la supériorité d'un sens sur l'autre et sur la qualité du transfert. Examinons donc quelques recherches.

Les recherches d'Hermelin et O'Connor (1961) démontrent une supériorité de la discrimination haptique sur la discrimination visuelle chez des sujets légèrement retardés mentalement.

Rock et Victor (1964), de leur côté, ont essayé de créer un conflit perceptuel entre le visuel et le tactile. Ils arrivèrent à la conclusion que lors d'une tâche perceptuelle où il y a conflit entre les deux perceptions (soit tactile et visuelle) le visuel est alors dominant.

Lobb (1965) pour sa part, s'est intéressé au transfert entre le visuel et le tactile. Il arrive à la conclusion que la vision est supérieure au tactile; mais ses résultats, comme il le souligne, sont en contradiction avec Gaydos (en 1956; in Lobb, 1965).

Cashdan (1968) fait lui aussi une étude comparative entre le visuel et le tactile et récolte également des résultats contradictoires avec ceux de ses prédécesseurs. Mais il s'interroge sur l'équivalence des stimuli lors de ce type d'expériences.

Ce qui retient surtout notre attention, c'est qu'il existe plusieurs contradictions pour ce genre de recherches. Mais il est alors permis de penser que ces résultats contradictoires, et parfois discutables, vu leur opposition, sont sans doute dus au nombre peu élevé de stimuli et de sujets utilisés lors de l'expérimentation.

Loomis (1979) démontre que le système tactile est capable de manifester une hyper acuité similaire au système visuel. A l'intérieur des recherches sur l'hyper acuité, les stimuli sont analysés de façon à extraire des aspects du stimulus. Plusieurs recherches portent, en fait, sur ce qui ressort du stimulus et comment il peut être analysé. Ce qui est important, c'est de savoir quel mécanisme rend possible une

si fine discrimination et ceci dans le but de permettre une meilleure compréhension du sens étudié. Tout ceci beaucoup plus dans le but de comprendre le fonctionnement du système perceptuel que de le quantifier.

De plus, Loomis recrée au niveau tactile des stimuli utilisés traditionnellement au niveau visuel. Ceci rendant possible le transfert d'autres expériences visuelles au niveau tactile. Mais Loomis utilise dans ce cas-ci le toucher statique, ou passif.

#### 4. L'efficacité du traitement de l'information

Comme nous l'avons vu, la quantité d'information fournie par un stimulus est fonction de la variabilité du stimulus. Ce concept a été raffiné à trois occasions soit par Andrews et al. (1978), par Van Meeteren et Barlow (1981) et par Burgess, Barlow et al. (1981). En ce qui concerne cette recherche, l'approche développée par Barlow et ses collègues nous est plus utile.

Imaginons, lors d'une expérience, que le sujet est confronté à un stimulus choisi au hasard parmi un ensemble de stimuli appartenant tous à la même population (acception statistique du terme). La quantité d'information fournie par ce stimulus est donc fonction de la variabilité de la population dont il provient; nous pouvons tout comme Fisher (1951) affirmer que l'information est l'inverse de la variance de la population.

Urban (1910) semble être l'individu ayant introduit la plupart des concepts que nous utilisons lors d'analyses expérimentales en psychophysique et selon lesquels la fonction psychométrique peut être

considérée comme étant l'ogive d'une distribution normale. A partir de cet énoncé, la fonction est complètement définie par les deux paramètres de la distribution normale mentionnée; le premier étant la moyenne, le second étant l'écart-type. La moyenne, c'est le point d'égalité subjective. Tandis que l'écart-type au carré nous donne la variance.

La prochaine étape d'élaboration est attribuable à Fisher (1951) qui s'est intéressé dans sa monographie "The design of experiments" à la question de la quantité d'information fournie par une statistique quelconque. Il est arrivé à la conclusion qu'il existe une relation inverse entre la variance d'échantillonnage de cette statistique (par exemple, l'erreur-type d'un coefficient de corrélation) et la quantité d'information qu'elle fournit. Nous pouvons donc formuler cette étape en écrivant:

$$1) \quad H = 1/\sigma^2 s$$

où  $H$  représente la quantité d'information fournie, et  $s$  représente la statistique dont il est question.

Mais ce qui nous intéresse plus particulièrement, c'est la question de la qualité d'information fournie par un stimulus auquel doit réagir un sujet lors d'une expérience en psychophysique. Barlow traite la question de la façon suivante: Supposons que tous les stimuli concevables, pour une expérience quelconque, forment une population (acception statistique du terme) ou, en d'autres mots, supposons que les stimuli auxquels réagit un sujet proviennent d'un échantillonnage aléatoire d'une population spécifiée par des paramètres statistiques.

Dans le cas le plus simple (e. g. Barlow), il s'agit d'une population se définissant par un seul paramètre: le paramètre d'une distribution de Poisson. Il découle donc de (1) que la quantité d'information fournie par un des stimuli est simplement.

2)  $1/\sigma^2$

et ainsi de suite pour des stimuli se définissent par d'autres paramètres (e. g. Van Meeteren & Barlow, 1981. Il s'agit, ici, de paramètres de modulations sinusoïdales).

La dernière étape consiste à définir la quantité d'information utilisée par le sujet lors de son jugement concernant le stimulus qu'il observe. Donc, Barlow se consacra à la dérivation d'une telle mesure à partir de considérations de la théorie de détection des signaux; Watt et Andrews (1981) arrivèrent à une définition beaucoup plus simple soit que: cette quantité d'information n'est en fait que la réciproque de la variance de la fonction psychométrique du sujet.

Nous avons donc deux mesures de la quantité d'information, ce qui nous permet d'affirmer:

3)  $n = \frac{\text{quantité d'information utilisée}}{\text{quantité d'information disponible}}$

où n représente l'efficacité avec laquelle le sujet traite l'information qui lui est fournie par le stimulus.

## 5. L'efficacité du système tactile

Nous sommes enfin en mesure de nous interroger à savoir si la méthode utilisée pour calculer l'efficacité du système de perception

visuelle peut s'appliquer pour mesurer l'efficacité du système de perception tactile.

Lors des recherches sur le système visuel le sujet doit repérer un point cible et comparer sa position avec d'autres points et dire si le point cible est à gauche ou à droite, en bas ou en haut des autres points.

La recherche que nous avons mener peut se résumer ainsi: Considérons une situation comme étant la suivante. Un sujet explore à l'aide du toucher haptique et libre, un étalage à l'intérieur duquel des épingle sont disposées aléatoirement autour d'un axe. La tâche du sujet consiste à déterminer cet axe et de comparer la position de l'épingle cible en rapport avec cet axe. Découlant des considérations ci-haut mentionnées cette tâche peut se résumer en disant que le sujet doit déterminer le centre de la distribution des épingle. Nous savons, par ailleurs que la mesure du centre d'une distribution quelconque possédant une variance minime est la moyenne (Fisher 1951).

Mais nous savons aussi que l'estimation d'une moyenne est assujettie à une erreur d'estimation. Cette statistique étant la variance d'échantillonnage de la moyenne (ou en d'autres mots, le carré de l'erreur-type de la moyenne). Donc, à partir des propriétés statistiques (s'agit-il d'une distribution normale? est-ce une distribution uniforme?) de la distribution des épingle autour de l'axe, nous obtenons une mesure de la quantité d'information fournie par l'étalage. Si, par exemple, les écarts entre les épingle et l'axe forment une distribution normale, la variance de la moyenne sera:  $\sigma^2/u$

et si les écarts forment une distribution uniforme cette variance sera:

$$d^2/12n$$

où la distribution est "d" unités de large et contient "n" épingle.

Dans les deux cas, la réciproque de cette variance nous indique la quantité d'information fournie par l'étalage.

L'utilisation de l'écart type comme mesure du seuil se justifie dans ce cas-ci étant une mesure de l'information.

L'écart type est le point de courbe où on atteint 83% de bonnes réponses. Selon Fisher, 1 sur la variance est la mesure de l'information. Donc, 1 sur la variance du sujet le tout divisé par 1 sur la variance théorique (ou si l'on préfère de l'appareil idéal) est un rapport de deux quantité d'information. Donc, dans ce cas-ci, une mesure d'efficacité de l'information.

La recherche concernée à l'intérieur de ce document est strictement de type exploratoire. Etant donné l'absence totale d'études précédentes sur l'efficacité du système de perception tactile, nous ne sommes donc pas en position de formuler des hypothèses spécifiques concernant cette question. Néanmoins, il nous paraît possible de s'interroger sur la question suivante: est-ce que l'efficacité du système de perception tactile varie en fonction de la valorisation (ou de l'utilisation privilégiée) de ce système? Nous examinons donc ici trois groupes de sujets;

- (1): les personnes normales ou naïves, choisies au hasard;
- (2): des céramistes professionnels, sujets ayant de "l'expérience" dans le domaine tactile; et

(3): des personnes handicapées au niveau visuel, chez lesquelles on peut supposer que d'autres systèmes sensoriels sont privilégiés pour compenser les difficultés dues à leur handicap visuel. A l'intérieur de ce contexte, nous pouvons donc formuler l'hypothèse que l'efficacité du système de perception tactile varie en fonction de l'utilisation dudit système.

Il nous faut admettre que cette recherche est de type purement exploratoire, de ce fait, nous n'avons pas d'hypothèses vraiment spécifiques. Néanmoins nous pouvons facilement supposer que l'utilisation privilégiée du toucher par deux des trois groupes de sujets se traduira par une hausse de l'efficacité du traitement de l'information. De la même façon, nous pouvons croire que la disposition des stimuli influera sur la performance des sujets.

Cette recherche poursuit, ainsi, un double but soit de vérifier si la méthode utilisée lors d'expériences ayant pour objet la mesure de l'efficacité du traitement de l'information par le système visuel peut s'appliquer pour mesurer l'efficacité d'autres systèmes, en l'occurrence le système tactile; et aussi de comparer des sujets ayant une utilisation différente du système de perception tactile. Nous nous interrogeons aussi au sujet de l'efficacité selon des conditions différentes soit, ici, l'étendue variable des stimuli.

Nous sommes, maintenant, en position de formuler des hypothèses spécifiques concernant ces énoncés.

Hypothèse 1:

Il y aura une différence, au niveau de l'efficacité, entre les trois groupes de sujets.

Hypothèse 2:

L'efficacité du traitement de l'information variera en fonction de la distance verticale entre les épingles.

Chapitre II  
Méthodologie

### Sujets

Nous avons constitué trois groupes de huit individus, sans tenir compte de l'âge, ni du sexe, puisque nous n'avons aucune hypothèse à l'effet que ce sont des variables pouvant influencer les résultats du type de recherche concernée. Car, dans ce cas-ci, ce qui est important, ce sont les résultats du sujet par rapport à lui-même.

En ce qui a trait aux groupes; nous jugeons qu'il y a lieu de s'interroger sur l'efficacité, par rapport à l'utilisation privilégiée ou non de la perception tactile.

Nous pensons qu'il peut y avoir des différences entre l'utilisation faite de la perception tactile par les sujets naïfs ou normaux et les sujets dits expérimentés, soit les sujets handicapés visuels et les sujets céramistes. Nous les considérons expérimentés puisque les sujets handicapés visuels utilisent la perception tactile par obligation, ceci faute de vision. En ce qui concerne les sujets céramistes, l'utilisation du système tactile est nécessaire ou privilégiée lors de leur travail ou de leur création artistique et leur utilisation normale de la perception visuelle permet, s'il y a lieu, de corriger l'information reçue par le système tactile.

### Sujets choisis

Les sujets sont regroupés sous trois catégories, chacune contenant huit sujets.

Sujets naïfs: Les sujets de ce groupe proviennent du baccalauréat en psychologie de l'Université du Québec à Trois-Rivières et sont tous des sujets volontaires.

Sujets : Ces sujets appartiennent à un regroupement régional d'artisans. Soit dans l'un ou l'autre et parfois les deux organismes suivants: Conseil Régional de la Culture et La corporation des Métiers d'Art du Centre du Québec. Ils y sont inscrits en tant que céramistes.

Sujets : Ces sujets proviennent d'une liste fournie par l'Association Régionale de Loisirs pour personne handicapées de la Mauricie, où ils sont admis comme handicapés visuels.

### Stimuli

#### Matériel requis

Nous allons maintenant décrire le matériel nécessaire à la confection des stimuli:

épingles : Il s'agit ici d'épingles de couturières; la tête étant constituée d'une boule de plastique.

planches : Des feuilles quadrillées millimétriquement de dimension 27.6 par 21.3 cm ont été montées sur des planches de mousse plastique (styr-o-foam) de même dimension.

nombres : Les séries de chiffres aléatoires déterminant la position des épingles nous ont été fournies par l'ordinateur du laboratoire de neuro-psychologie. Le programme Randomize fournit les nombres aléatoires.

#### Construction des stimuli

Sur les planches, nous avons disposé les épingles, au nombre de sept, autour d'un axe vertical. Leurs positions aléatoires variant entre -20 et 20, chaque unité représentant un millimètre. Tandis que pour l'épingle cible, soit la quatrième, sa variation allant de -10 à 10 et ce par bond de deux unités ou millimètres. Ceci sans qu'aucune épingle ne soit située à zéro. Ainsi la position pour la quatrième épingle peut-être l'une ou l'autre des positions suivantes: -10, -8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8, 10.

Des distances verticales prédéterminées de 20, 15, 10 et 5 millimètres constituent les quatre groupes différents de stimuli. Pour chaque regroupement, il y a trois séances de 100 stimuli chaque fois. Nous arrivons ainsi à 12 séances de 100 stimuli ou 1200 stimuli différents par sujet.

#### Tâche des sujets

La tâche des sujets consiste à localiser la quatrième épingle d'un ensemble de sept épingles et de dire si l'épingle isolée lui apparaît être à gauche ou à droite de l'ensemble des épingles.

### Déroulement de l'expérience

Nous avons utilisé la méthode des stimuli constants: une des planches est présentée au sujet, qui est invité à juger si l'épingle cible se situe à droite ou à gauche de l'axe vertical central de l'ensemble des épingles. Le déplacement de l'épingle cible varie, aléatoirement, parmi les valeurs possibles pré-mentionnées, et ce d'un essai à l'autre.

Nous remarquons aussi que la limitation des réponses possibles de la part du sujet fournit des données de type A, selon la catégorisation des études perceptuelles de Brindley (1957).

Les stimuli sont présentés aux sujets à l'intérieur d'une boîte de dimension de 51 par 48 par 34 centimètres; à l'une des extrémités, une ouverture de 48 par 18 centimètres a été pratiquée afin de permettre au sujet de tâter la planche (sans la voir) et de dire si pour lui la quatrième épingle lui semble être à gauche ou à droite.

Pour les sujets naïfs, l'expérience s'est déroulée au laboratoire de neuro-psychologie de l'U.Q.T.R. à raison d'une fois par semaine.

Pour les sujets céramistes et les sujets handicapés visuels, l'expérimentation s'est déroulée à la résidence des sujets soumis à l'expérimentation.

La durée de chaque session expérimentale fut d'environ trente minutes. La consigne était répétée au début de chaque session. Par la suite l'expérimentateur débutait la séance.

La consigne étant ceci: Sur chaque planche que je te présente il y a sept épingles, tu dois me dire si la quatrième épingle, l'épingle du centre, te semble être à gauche ou à droite de l'ensemble des épingles.

Chapitre III  
Présentation des résultats

Les données pertinentes, lors d'une étude utilisant la méthode des stimuli constants, sont la probabilité que le sujet donne l'une des deux réponses possibles pour chacune des valeurs du stimulus. Une présentation graphique (figure: 1) des résultats d'un sujet lors d'une séance expérimentale nous démontre cette situation.

A l'intérieur de cette recherche, les réponses des sujets furent consignées selon deux catégories ou possibilités: gauche ou droite. Le pourcentage de réponses: à droite pour chaque position est le critère déterminant ici le taux de réponse pour chaque situation. Ceci permettant d'obtenir une courbe de fonction psychométrique. Par la suite, les réponses furent classifiées selon le nombre de réponses droites en rapport avec la position (-10, -8,... 8, 10) de l'épingle cible, soit la quatrième épingle. Un exemple d'une fonction psychométrique, ainsi obtenue, est présentée à l'intérieur de la figure: 1.

L'analyse de ces résultats se faisait de la façon suivante. Une première analyse visait à estimer les paramètres d'une distribution gaussienne dont nous supposions que la fonction en serait l'intégrale; le lecteur se rappelant que ces fonctions se définissent toutes selon deux paramètres: la moyenne et l'écart-type. La méthode optimale en ce qui a trait à cette estimation est l'analyse Probit (Finney 1942).

Les données ainsi recueillies furent traitées à l'aide de l'analyse de Probit (Finney 1942) selon la méthode utilisée par Rose (1948) et répétée depuis par l'ensemble des chercheurs (Andrews,

Légende de la figure

## Figure 1.

Un exemple d'une fonction psychométrique, indiquant la probabilité de la réponse "à droite" en fonction du déplacement de l'épinglé cible.

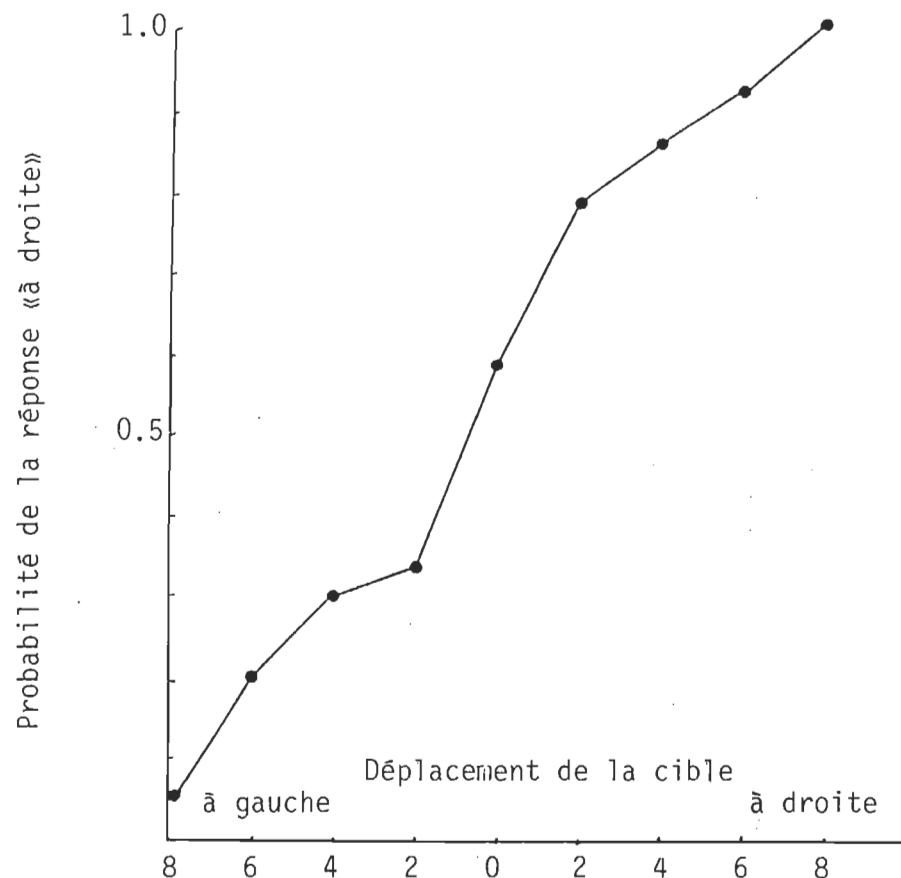


Fig.1 Exemple d'une fonction psychométrique

1964, 1967a, 1967b; Andrews et al. 1973, 1978, 1983; Barlow, 1962a, 1962b, 1978; Barlow et Reeves, 1979; Burgess et al., 1981; Chambers et Courtney Pratt, 1969; Clark Jones, 1959; Duwaer et Van Der Brink, 1982, Green et al. 1956; Pollack, 1971; Van Oeffelen et Vos, 1982; Van Meeteren, 1978; Van Meeteren et Barlow, 1981; Watt et Andrews, 1966, 1981, 1982 ainsi que Westheimer, 1979) intéressés à l'efficacité du système de perception. Nous avons utilisé des logiciels préparés pour ce genre d'analyse (Prob2 selon Daum et Kilcreas, 1966 et Daum, 1970) et les calculs à cette fin ont été fait à l'aide de l'ordinateur de l'U.Q.T.R. (CYBER). Ces analyses permettent de savoir si les écarts entre les données ainsi obtenues et l'intégrale d'une gaussienne sont trop importants pour que ces données puissent être considérées comme étant conformes à l'intégrale d'une gaussienne (ce qui pourrait être le cas lorsqu'un sujet change ou varie son critère de décision à l'intérieur d'une session expérimentale). En ce qui a trait à cette recherche, les analyses n'ont pas indiqué d'écarts importants entre les fonctions psychométriques ainsi obtenues et des courbes normales (gaussiennes) intégrées; ceci correspondant tout à fait à l'énoncé d'Urban (1910).

En utilisant les résultats de l'analyse Probit, nous avons à l'aide de la méthode d'interpolation linéaire déterminé l'écart-type de chacune des fonctions psychométriques (un exemple de la façon d'effectuer ce genre de calcul est démontré à l'intérieur de l'appendice: A). L'écart-type étant l'équivalent du seuil, nous présentons la moyenne des seuils pour chaque groupe à l'intérieur du tableau.

Pour les analyses subséquentes, les seuils des sujets ainsi

obtenus à partir des fonctions psychométriques furent comparés entre eux à l'aide d'une analyse de variance. Le tout en fonction des différents groupes de sujets ainsi que l'espace vertical entre les épingles, selon un schéma  $4 \times 3$  à mesure répétée. Les résultats sont synthétisés au tableau 1, mais l'on peut déjà souligner la non-différence des courbes entre chaque groupe.

Nous étions intéressés à l'estimation de l'écart-type de la fonction psychométrique, c'est-à-dire le point correspondant à un pourcentage de 83% de bonnes réponses, selon le critère défini par Watt et Andrews (1981, 1982). Par la suite nous avons établi à l'aide de la méthode d'interpolation le point de la courbe où on atteint un taux de 83%. Nous avons comparé ces positions avec celle obtenue pour la courbe théorique de l'appareil idéal. Le rapport de la capacité réelle sur la capacité de l'appareil idéal, permet d'établir le taux d'efficacité pour chaque individu dans chacune des situations. Ceci permettant alors d'établir l'efficacité de la perception. La moyenne des seuils par groupe et par condition sont présentées à la figure: 2, ainsi que les efficacités correspondantes. Par la suite une analyse de variance (tableau: 1) entre chaque taux révéla: qu'il n'y a pas de différences significatives entre les groupes, ni un effet de la distance verticale entre les épingles de même qu'il n'y a pas d'interaction entre les deux.

Au départ, on croyait que l'utilisation de la perception tactile pouvait avoir une influence sur la courbe psychométrique des sujets. Cette influence devant se répercuter par des différences au niveau de la courbe traduisant cette fonction. Ceci ne s'est pas avéré exact puisque les différences entre les groupes ne sont pas significa-

Légende de la figure

Figure 2.

a) Les seuils moyens pour les trois groupes de sujets, en fonction de la séparation verticale des épingles de l'étalage. Les lignes verticales indiquent l'erreur-type de chaque moyenne.

La ligne pointillée indique le seuil théorique, calculé selon la variance de la moyenne de la position des épingles.

b) L'efficacité (en pourcentage) de la performance des sujets pour chaque condition expérimentale.

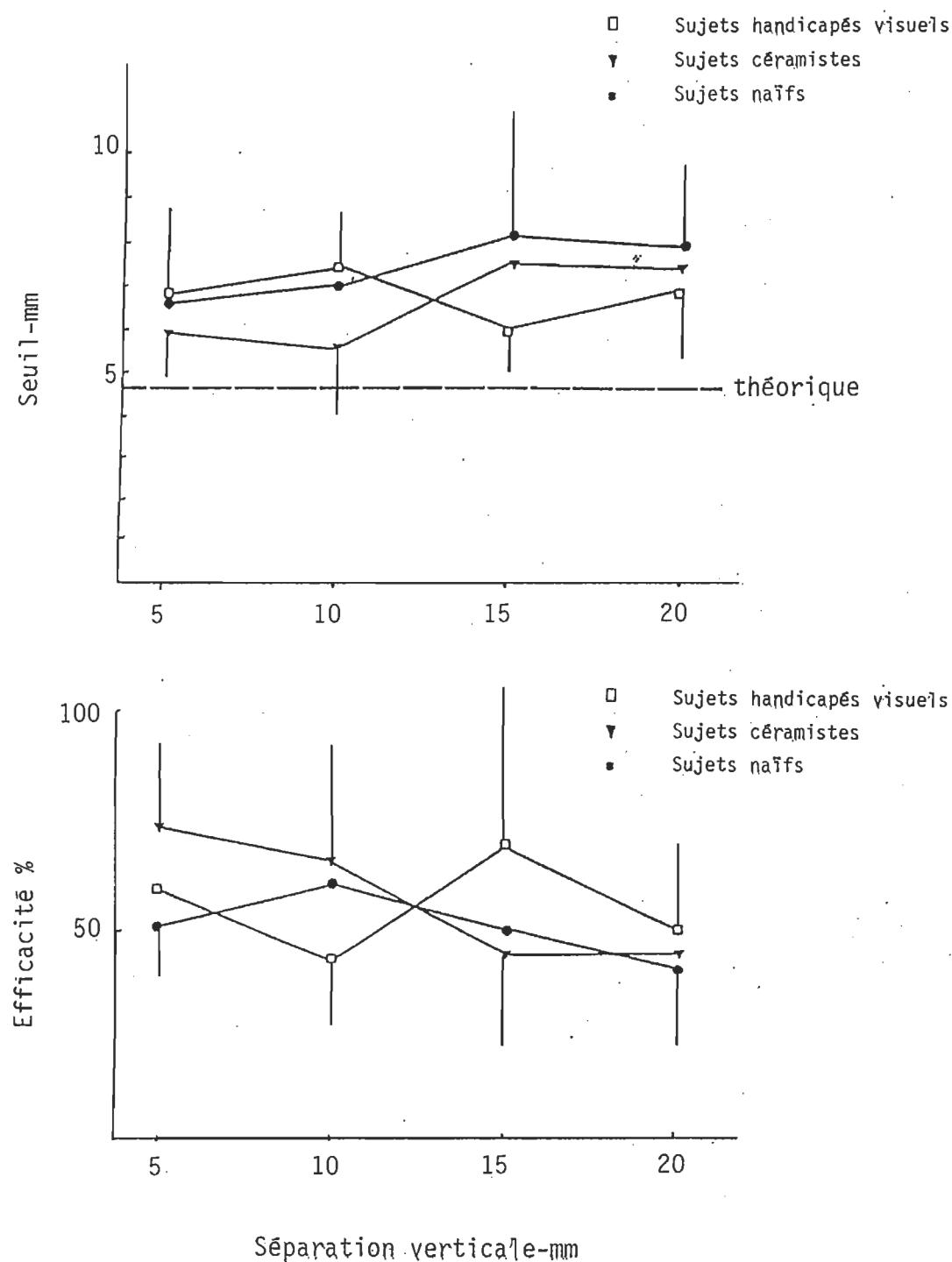


Fig. 2 Moyenne des groupes selon les conditions expérimentales.

Tableau 1  
Analyse de variance des efficacités

---

<u>Source de variation</u>	<u>Carré moyenne</u>	<u>degrés de liberté</u>	<u>F</u>
Entre sujets		23	
Groupes	0.018	2	3.2 N.S.
Sujets entre groupes	0.059	21	
Intrasujet		72	
Distance	0.0005	3	1.0 N.S.
Distance x Groupe	0.0007	6	1.10 N.S.
Residuelle	0.0006	63	

---

tives. En égard à ces résultats nous devons rejeter l'hypothèse 1 voulant que: L'utilisation privilégiée de la perception tactile influence l'efficacité de la perception tactile.

Comme les analyses statistiques l'indiquent cette hypothèse s'avère fausse. Donc, chez les différents groupes, la variabilité de l'efficacité ne dépend pas de l'utilisation normale ou privilégiée de la perception tactile. D'ailleurs, les différences entre les groupes ne sont pas significatives. Ainsi, l'efficacité ne varie que très peu entre les groupes.

Selon l'hypothèse 2: La distance verticale modifiera l'efficacité du traitement de l'information chez tous les sujets.

Les résultats obtenus quant à l'efficacité en rapport avec la distance verticale ne sont pas influencés par cette dernière. Les taux d'efficacité obtenus pour des distances verticales différentes ne sont pas différents de façon significative, donc nous ne pouvons pas conclure que la distance verticale influence ici les résultats.

Chapitre IV  
Discussion générale

Tout comme les résultats l'indiquent, il n'y a aucune différence entre les groupes. Ceci nous surprend un peu, mais cela peut sans doute s'expliquer de la façon suivante: tous les êtres humains sont constitués de façon similaire. La présente étude s'intéresse pour sa part à une mesure de l'efficacité qui évalue ainsi le mode de fonctionnement du système perceptuel de l'être humain. La similitude de constitution fait en quelque sorte que les sujets ont le même type de sensibilité et le même potentiel perceptuel.

L'utilisation privilégiée ou non n'influençant pas la capacité du système perceptuel. Puisqu'elle est sensiblement la même pour tous. Nous n'avons pas au cours de cette recherche de type exploratoire enregistré le temps de réaction (le temps nécessaire pour formuler une réponse). Il se pourrait, et ceci serait à vérifier dans une étude subséquente, que l'utilisation privilégiée du système tactile influence d'une certaine manière le temps nécessaire pour formuler un jugement lors d'une tâche perceptuelle.

Le fait qu'il n'y ait pas de différence significative provient, du fait, que l'objet de cette recherche est une mesure de l'efficacité, et non pas, de la qualité de la perception. S'il avait été question de la qualité de la perception cela aurait pu être influencée par l'utilisation privilégiée. De plus, nous devons tenir compte de la nature des stimuli qui par leur neutralité est de nature inhabituelle pour chacun des groupes en présence, ce qui implique qu'il n'y a pas de référence

perceptuelle. Si les stimuli eussent été de type Braille, les handicaps visuels auraient été possiblement avantagés. S'ils avaient été de type finesse de grains, comme pour les différents types de terre utilisés en poterie, les céramistes auraient possiblement été avantagés. Mais dans la présente étude, les stimuli étant neutres et le type de réponses ne demandant pas d'évaluer la distance à gauche ou à droite mais seulement si le stimulus cible est à gauche ou à droite, ceci n'implique aucunement la qualité de la perception.

Donc, la non-différence significative est due, à notre avis, au fait que les groupes sont constitués de sujets ayant la même capacité tactile, ceci étant donné qu'ils avaient tous une perception tactile non endommagée à la suite de brûlure, paralysie ou de quelques handicaps que ce soit.

#### Distance verticale

Tel que les résultats le démontrent, la distance verticale n'influence pas l'efficacité des sujets. Le tout est conforme à la supposition que la stratégie d'évaluation des sujets est de repérer l'épingle cible et de comparer sa position avec la moyenne des autres épingles. Ceci étant la même stratégie que celle utilisée par l'appareil théorique idéal. Il est à noter que cette moyenne n'est pas influencée par la distance verticale. De plus, nous devons souligner que l'ensemble des stimuli d'une planche pour la plus grande distance verticale (soit 20mm.) est tout de même de l'ordre de l'entendue d'une main normale ce qui ne peut être considéré comme étant une superficie tellement grande.

## Efficacité

L'efficacité du système de perception tactile se situant aux alentours de 50%, ce qui en fait une efficacité se comparant avec celles obtenues lors des recherches mesurant l'efficacité du système de perception visuelle (Barlow, 1958, 1962a, 1962b, 1978; Andrews, 1964; Andrews et al., 1973; Burgess et al., 1981, Duwaer et Van Der Brink, 1982, Van Meeteren, 1978, Westheimer, 1979.). Cette situation en fait un système de perception aussi organisé ou efficace que le visuel.

De plus, n'oublions pas que si un système de perception était efficace à 100% ceci reviendrait à dire que toute l'information serait utilisée. Donc, toute stimulation aussi minime soit-elle serait perçue de façon consciente par le système de perception en question. Ainsi toute stimulation serait considérée. De la manière dont l'être humain réagit les variations de stimulation mineures, voire minimes, sont considérées comme étant un bruit de fond (noise) ce qui fait que le système ne les considère pas et est de ce fait non-activé par ces variations mineures. Pensons à ce que serait notre vie si chaque petite variation était considérée, une variation de température de 0.2 ou 0.1 degré serait considérée, chaque grain du papier que vous lisez, ou tenez, serait perçu comme élément et non comme partie d'un tout, chaque photon entraînerait une stimulation, etc... Si l'efficacité était à ce point élevé, le système serait surstimulé et en excitation constante. Ainsi, lors d'une tentative de sommeil le vent dans les feuilles ou le déclic du thermostat déclenchant l'arrêt ou la mise en marche d'une plynthe électrique nous sortirait de notre sommeil.

Le fait que l'efficacité ne soit pas à 100% est dû à la sensibilité du système de perception, mais aussi à l'avantage de ne considérer que les variations ayant une certaine importance. De plus, il est à souligner que cette fonction est relativement élevée si on la compare avec des inventions créées par l'être humain, un film photographique (Rose, 1942, 1948) est moins sensible à la lumière que l'oeil, par exemple.

N'oublions pas aussi, que le système de perception est multi-fonctionnel et que son efficacité semble se situer aux environs de 50%. Lors de la présente recherche la tâche des sujets consistait à situer et évaluer la position de l'épingle cible, mais le système de perception tactile peut aussi évaluer les formes, nuancer les matériaux (bois, laine, métal, etc.) évaluer la pression la température, etc... Tout ceci nous fait prendre conscience possiblement de la qualité du corps humain.

Puisque nous savons maintenant que le système de perception tactile est comparable au système de perception visuelle en termes d'efficacité nous pouvons nous pencher sur un des aspects de l'utilisation du système de perception tactile, soit la substitution au système de perception visuelle.

Malheureusement certains individus, les handicapés visuels sont privés de l'utilisation de leur système de perception visuelle. La question que nous aimerais aborder est le remplacement du système de perception visuelle par le système de perception tactile. Nous croyons que vu leur efficacité comparable (se situant aux environs de 50%) il y a

moyen de compenser l'handicap visuel par une substitution de l'information visuelle en information tactile. Puisque ce sont des systèmes d'une efficacité sensiblement égale.

Ainsi, il est possible de penser que le système de perception tactile pourrait être substitué au système de perception visuelle chez des gens qui en sont privés, puisque tous les deux ont une efficacité équivalentes en ce qui concerne le traitement de l'information.

Nous allons maintenant traiter de quelques recherches portant sur les prothèses visuelles.

Le système tactile comme substitution à la vision, consistait originalement en une caméra reliée à une matrice de tacteurs située sur le dossier d'une chaise de dentiste. L'image de la caméra étant constituée de 400 points et chacun de ceux-ci correspondant à un tacteur. L'image captée par la caméra est transmise aux tacteurs qui reproduisent l'image dans le dos du sujet. Les formes ainsi reçues par la peau sont transmises par impulsions nerveuses au cerveau, qui apprend à les organiser en signal perceptuel ayant quelques caractéristiques de la vision. Toutefois le cortex visuel n'est pas du tout impliqué dans ce processus.

Il y a eu depuis Grinn 1860, (in Bliss, 1979) divers genres de système substitution au système visuel par le système tactile on compte deux types de chaises, soit la chaise de dentiste et la chaise roulante. Les sites de tacteurs varient parfois, allant du dos à l'abdomen.

Il existe aussi un appareil appelé électrophthalm ce mot signi-

fiant vision ou oeil électronique. Ce système consiste en une caméra montée sur un casque ou une paire de lunette et reliée à des tacteurs imprimant l'image que la caméra lui fournit sur le front des sujets.

De plus Bliss (1979) s'est intéressé pour sa part à l'appareil nommé l'optacon qui est constitué d'une caméra et de 144 stimulateurs reliés à l'index. La caméra peut lire un texte imprimé de façon courante et reproduire l'image aux stimulateurs. Ainsi un handicapé visuel peut lire un texte, tel que le journal quotidien, par exemple.

En ce qui concerne les différents emplacements des stimulateurs tactiles, Scadden (1973) démontre qu'ils sont facilement interchangeables. Mais nous devons tout de même admettre que ces différents systèmes ne permettent pas encore au sujet handicapé visuel de sortir librement à l'extérieur et ce sans inconvénient, mais c'est vers ce but que tendent toutes ces recherches.

Parmi les applications potentiels que la présente recherche sur l'efficacité pourrait concerner, l'une d'elles est la cartographie pour aveugle. Ce domaine consiste à transformer de l'information visuelle en information tactile chez des gens privés de la vision. Avant de discuter de ces cartes, établissons qu'il y a deux grandes catégories de cartes existantes: les physico-spatiales (carte à vol d'oiseau) et les séquentielles.

Nous connaissons tous les cartes physico-spatiales. La difficulté chez les handicapés visuels est de trouver des repères communs capables de décrire les réalités physiques pouvant être reconnues aussi

bien par un usager familier que par un usager non-familier des lieux alors représentés. De plus, les repères choisis doivent être facilement transformables en réalités haptiques ou sonores pouvant être comprises par un handicapé visuel et reliables par celui-ci à la perception qu'il a de l'environnement physique.

Un autre type de carte est la carte séquentielle. Celle-ci comporte une séquence d'actions ou d'instructions conduisant à un point de décision. Là s'ouvrent plusieurs possibilités de directions lorsque le sujet a fait son choix. Il reçoit alors de nouvelles directives. (Le type d'instructions sont tourner à gauche ou à droite, se rendre jusqu'au coin, tourner à droite, etc.) Leonard (1972) compare un promeneur handicapé visuel se préparant à traverser une intersection achalandée à un alpiniste dans une montée abrupte, car ni l'un ni l'autre ne voit le chemin devant lui. Puisque chacun est limité par un choix spécifique d'exécution, leur prochaine série de mouvements doit être représentée dans une séquence appropriée.

L'avantage des cartes séquentielles est que l'information peut être tactile ou sonore. En 1970 Leonard et Newman expérimentèrent une carte séquentielle enregistrée sur cassette et les handicapés visuels avaient à leur disposition une enregistreuse portative et les auteurs rapportent que plus de la moitié des sujets ont effectué un trajet non-familier sans aucune erreur.

Malgré tout, il y a de sérieuses limitations concernant les cartes séquentielles. Les changements de routes ou de chemins deviennent difficiles presque impossibles puisque les connexions spatiales et

les interactions ne peuvent être définies simplement. Ainsi, pour démontrer une autre façon de traverser une intersection cela nécessite cinq instructions additionnelles. Par contre, une carte physio-spatiale contient, déjà, toutes les informations nécessaires pour utiliser un chemin différent.

Actuellement, le défi des chercheurs consiste à développer des techniques tactiles pour communiquer des relations d'organisation de structures physiques comprises de façon visuelle; de manière à ce que des handicapés visuels puissent se mouvoir librement à l'intérieur de ces lieux. Il est vrai que les cartes physico-spatiales exigent un effort plus grand de l'utilisateur qu'une carte séquentielle, mais elles offrent l'avantage de permettre une plus grande liberté que cette dernière.

Ce qu'il y a d'étonnant en répertoriant les cartes physico-spatiales disponibles pour les handicapés visuels c'est l'absence de cartes urbaines. Sherman (1965) n'en dénombre que trois dont l'une d'elle n'est plus à jour. La grande difficulté concernant ce type de carte est de les faire transportables permettant ainsi de se promener librement à travers une ville. Une des difficultés rencontrées est de trouver un matériel durable peu dispendieux pouvant reproduire ces représentations avec un degré élevé de tactilité tout en étant à la fois lisible visuellement. Nous dénombrons actuellement six types de cartes tactiles utilisées couramment.

Il y a la carte de type papier bosselé, peu transportable, écrite en Braille, peu pratique puisqu'elle se détériore et devient

inutilisable lorsque trempée.

Les cartes reliefs et planimétriques sont découpées et taillées elles ressemblent à une espèce de casse-tête. Elles sont utilisées surtout par les instituts de formation pour handicapés visuels. Elles sont onéreuses et n'offrent pas l'avantage d'être transportables.

Une sorte de carte assez inhabituelle et fort imaginative nous provient du Japon. Elle consiste en une sorte de damier de soie en relief. Après une certaine durée d'utilisation le sujet éprouve une certaine fatigue tactile. De plus, à cause de la quantité et la qualité de la main-d'œuvre exigée ces cartes s'avèrent dispendieuses et offrent tout de même certains inconvénients (telle la fatigue tactile).

Une autre sorte de carte est la carte-maison où chacun y va de ses propres codes, points de repères et impressions. Ce type de carte n'est finalement utile qu'à son créateur et sur des lieux où il a déjà été, donc connus de celui-ci.

Les cartes "Virkotyping" ou "thermocraft" sont l'application d'un procédé d'impression en Braille consistant à enduire d'une poudre résineuse une page fraîchement imprimée. La résine se colle à l'encre et lorsque la page est chauffée la résine durcie et le tout correspond à l'imprimé de la page avec une constitution solide donc plus durable. Le problème de ce procédé, lorsqu'utilisé pour les cartes, est que les contours sont plutôt flous et la résine a tendance à produire une poudre qui colle aux doigts et rendant ainsi la lecture difficile.

Une tentative d'utilisation de mousse isolante avec des moules-

maquette à donner quelques bonnes cartes, mais la production en série modifie le moule créant ainsi des erreurs perceptuelles chez les sujets. De plus, la carte est fragile et l'utilisateur éprouve vite une fatigue tactile.

Malheureusement chacune des précédentes cartes possèdent un ou plusieurs inconvénients soit de coûts, de transport ou de durabilité. La carte idéale semble celle créée par Kidwell et Greer (1972) du M.I.T. Ici on utilise du poly vinyl chloré (P.V.C.) pour la fabrication des cartes. Leur carte est en relief tactile utilisant des symboles simples (lignes, points, etc...) elle est lisible tactilement et visuellement par un sujet voyant pouvant ainsi à l'occasion aider un handicapé visuel. De plus, sur l'endos, les instructions sont écrites en Braille permettant à l'handicapé visuel de s'y retrouver. Tous les détails ou repères y sont (tels boîtes aux lettres, arrêt d'autobus, portes etc.). Elle permet à des handicapés visuels nouveaux sur un lieu de se déplacer librement et se familiariser rapidement; à ceux qui connaissent déjà les lieux, elle permet de découvrir de nouveaux endroits ainsi que d'autres trajets et leur permet de se repérer plus facilement.

Donc ceci est un exemple typique de transformation d'information visuelle en information tactile permettant à des handicapés visuels d'améliorer leur condition de vie. Ceci nous démontre de plus, que le système tactile peut s'avérer efficace à traiter de l'information visuelle transposée convenablement et fonctionner adéquatement puisque leurs efficacités sont comparables.

Bien qu'il soit démontré, par la présente étude, que l'effica-

cité du système tactile et du système visuel soit sensiblement équivalente; il ne faudrait pas croire que la simple transposition d'information visuelle en information tactile permet à un handicapé visuel de "voir" à l'aide de la peau. Puisque l'efficacité est équivalente cela ne signifie pas nécessairement que la transposition est obligatoirement appropriée. Comme le démontrent les différentes recherches faites à l'aide d'appareils de substitution (d'information visuelle en information tactile; tel l'optacon et l'électrophthalm) ceci ne permet pas à un handicapé visuel de se déplacer librement à l'extérieur. Il est permis de croire la combinaison de plusieurs sens (le tactile et l'ouïe, par exemple) amélioreraient ces appareils.

## Conclusion

Cette recherche est de type exploratoire et a pour but de mesurer l'efficacité du système de perception tactile. Les résultats obtenus démontrent que le système tactile possède une efficacité sensiblement égale au système visuel (soit environ 50%). La distance verticale entre les épingles n'influence pas, ici, l'efficacité. De même, les trois groupes ont une efficacité relativement égale. Cette similitude entre les groupes s'explique, sans doute, par une constitution semblable.

Nous pensons qu'il serait intéressant de vérifier, dans une étude subséquente, le temps de réaction en rapport avec l'utilisation privilégiée de la perception tactile.

Annexe A

## L'interpolation linéaire.

1) Soit une fonction quelconque, dont la valeur est connue pour certains arguments. Nous cherchons la valeur de cette fonction pour un argument entre les valeurs connues.

2) Notation:

$f(x)_i$  - la valeur de la fonction pour un argument  $i$

3) Exemple:

La fonction est connue pour les arguments  $i$  et  $j$ : nous cherchons sa valeur pour un argument intermédiaire entre  $i$  et  $j$ .

(i) Evaluons d'abord

$$p = (a - i)/(j - i)$$

et par la suite

$$f(x)_a = p \cdot f(x)_j + (1 - p) \cdot f(x)_i$$

4) Illustration:

Supposons que la performance d'un sujet est évaluée ainsi:

Séparation	% "à droite"
15	80
20	90

Nous voulons la séparation qui équivaut à un argument de 83%.

Donc

$$p = (83 - 80)/(90 - 80), \text{ ou simplement } 0.3$$

et  $f(x)_{83}$  est donnée par

$$(0.3 \times 20) + (0.7 \times 15), \text{ ou } 16.5$$

### Remerciements

L'auteur désire exprimer sa gratitude à monsieur Roger M. Ward Ph.D., pour son assistance, à monsieur Claude Leclerc pour ses lectures éclairées et à Jacynthe pour son support moral. Pour leur collaboration nous remercions le Conseil Régional de la Culture, la Corporation des Métiers-d'art du Coeur du Québec et l'Association Régionale des Loisirs des Personnes Handicapées.

## Références

- AGUILAR, M.; STILES, W.S. (1954). Saturation of the rod mechanism at the high levels of stimulation. Optica Acta, 1, 59-65.
- ANDREWS, D.P., (1964). Error-correcting perceptual mechanisms. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 16, 104-127.
- ANDREWS, D.P., (1967a). Perception of contour orientation in the central fovea. Part I: Short lines. Vision Research, 7, 975-997.
- ANDREWS, D.P., (1967b). Perception of contour in the central fovea. Part II: Spatial integration. Vision Research, 7, 999-1013.
- ANDREWS, D.P., BUTCHER, A.K.; BUCKLEY, B.R. (1983). Acuities for spatial arrangement in line figures: human and ideal observers compared. Vision Research, 13, 599-620.
- ANDREWS, D.P., MILLER, D.T. (1978). Acuity for spatial separation as a function of stimulus size. Vision Research, 18, 615-619.
- ATTNEAVE, F., (1954). Some informational aspects of visual perception. Psychological review, 61, 3, 183-193.
- BARLOW, H.B., (1958). Temporal and spatial summation in human vision at different background intensities. Journal of Physiology, 141, 337-350.
- BARLOW, H.B., (1961). Possible principles underlying the transformation of sensory messages. In Sensory Communication (edited by Rosenblith W.) Wiley New York.
- BARLOW, H.B., (1962a). A method of determining the overall quantum efficiency of visual discrimination. Journal of Physiology, 160, 155-168.
- BARLOW, H.B., (1962b). Measurements of the quantum efficiency of discrimination in human scotopic vision. Journal of Physiology, 160, 169-188.
- BARLOW, H.B., (1978). The efficiency of detecting changes of density in random dots patterns. Vision Research, 18, 637-658.
- BARLOW, H.B., (1979). The efficiency of detecting changes of density in random dot patterns. Vision Research, 18, 637-650.

- BARLOW, H.B., REEVES, B.C. (1979). The versatility and absolute efficiency of detecting mirror symmetry in random dot displays. Vision Research, 19, 783-793.
- BAUMGARDT, E.L.M. (1984). The quantic and statistical bases of visual excitation. Journal general Physiology, 31, 269-290.
- BLISS, J.C. (1979). Reading machines for the blind. Sensory Process, 341-352.
- BRINDLEY, G.S. (1957). The physiology of the retina and visual pathway. London: Edward Arnold.
- BURGESS, A.E., WAGNER, R.F., JENNINGS, R.J., BARLOW, H.B. (1981). Efficiency of human visual signal discrimination. Science, 214 (4516), 93-94.
- CASHDAN, S. (1968). Visual and haptic form discrimination under conditions of successive stimulation. Journal of Experimental Psychology, 76 (2) 215-218.
- CHAMBERS, R.P., COURTNEY-PRATT, J.S. (1969). Experiments on detection of visual signals in noise using computer-generated signals. Photographic science and engineer, 13 (6) 286-298.
- CLARK JONES, R. (1957). On the quantum efficiency of scotopic and photopic vision. Journal of Washington Academy Science, 47, 100-108.
- CLARK JONES R. (1959). Quantum efficiency of human vision. Journal optic Society of America, 49, 645-653.
- CORSO, J.F. (1967). The experimental psychology of sensory behavior. Holt, Reinhart and Winston, inc. New York.
- DAUM, R.J.; KILCREAS, W. (1966). Two computer programs for Probit analysis. Bulletin Entomology of America, 12, (4) 365-369.
- DUWAER, A.L., VAN DER BRINK, G. (1982). Detection of vertical disparities. Vision research, 22, 467-478.
- FINNEY, D.J. (1971). Probit Analysis. 3rd edition Cambridge University Press.
- FISHER, R.A. (1951). The design of experiments. Oliver & Boyle, London.
- GIBSON, J.J. (1962). Observation on active touch. Psychological Review, 69, 477-492.
- GIBSON, J.J. (1966). The senses considered as perceptual systems. Boston: Houghton Mifflin.

- GREEN, B.F.; WOLF, A.K.; WHITE, B.W. (1956). The detection of statistically defined patterns in a matrix of dots. American Journal of Psychology, 72, 503-520.
- HECHT, S.; SHLAER, S.; PIRENNE, M.H. (1942). Energy quanta and vision. Journal general of Physiology, 25, 819-840.
- HERMELIN, B., O'CONNOR, N. (1961). Recognition of shapes by normal and abnormal children. British Journal of Psychology, 52, 281-284.
- KIDWELL, A.M., GREER, P.S. (1972). The environnemental perceptions of blind persons and their haptic representation. New Outlook for the Blind, 256-276.
- KRUEGER, L.E. (1970). David Katz's Der Aufbau der Tastwelt (the world of touch): a synopsis. Perception and Psychophysics, 7(6) 337-341.
- LEDERMAN, S.J. (1974). Tactile roughness of grooved surface: The touching process and effects of macro and microsurface structure. Perception and Psychophisics, 16, 385-395.
- LEDERMAN, S.J. (1976). The callus-thenics of touching. Canadian Journal of Psychology, 19(3) 175-187.
- LEDERMAN, S.J. (1983). Tactual Roughness perception spatial and temporal determinants. Canadian Journal of Psychology, (4) 498-511.
- LEONARD, J.A. (1972). Studies in blind mobility. Applied Ergonomics, 3, 37-46.
- LOBB, H. (1965). Vision versus touch in form discrimination. Canadian Journal of Psychology, 19, 56-64.
- LOOMIS, J.M. (1979). An investigation of tactile hyperacuity. Sensory Process, 3, 289-302.
- MILLER, G.A. (1956). The magic number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. Psychological Review, 63, 81-97.
- OWEN, D.H., BROWN, D.R. (1970). Visual and tactual form discrimination: Psychophysical between modalities. Perception and Psychophysics, 7(5) 302-306.
- POLLACK, I. (1971). Perception of two-dimensional Markow constraints within visual displays. Perception and Psychophysics, 9, 461-464.
- ROCK, I.; VICTOR, J. (1964). Vision and touch: An experimentaly created conflict between the two senses. Science, 143, 594-596.

- ROSE, A. (1942). The relative sensitivities of television pick-up tubes, photographic films, and the human eye. Process instrumentation radio engineers, 30, 295-300.
- ROSE, A. (1948). The sensitivity performance of the human eye on an absolute scale. Journal optic Society of America, 38, 196-208.
- SCADDEN, L.A. (1973). Tactile pattern recognition and body loci. Perception, 2, 333-336.
- SUPPES, P., ROTTMAYER, W., Automata. in Caterette & M. Friedman. (eds), Handbook of perception. Vol.3. New York.
- TAVES, E.H. (1941). Two mechanisms for the perception of visual numeros. Archives of Psychology, No 225.
- TAYLOR, M.M., LEDERMAN, S.J. & GIBSON, R.H. Tactual perception of texture. In E. Carterette & M. Friedman (eds.), handbook of perception. Vol.3. New York.
- VAN OEFFELEN, M.P., VOS, P.G. (1982). A probabilis model for the discrimination of visual number. Perception and Psychophysics, 2(2). 163-170.
- VAN MEETEREN, A. (1978). On the detective quantum efficiency of human eye. Vision Research, 18 257-267.
- VAN MEETEREN, A.; BARLOW, H.B. (1981). The statistical efficiency for detecting sinusoidal modulation of average dot density in random figures. Vision Research, 21 765-777.
- VON FIEANDT, K.; MOUSTAGAARD, I.K. (1977). The perceptual world. Academic Press London.
- WATT, R.J., ANDREWS, D.P. (1981). APE: Adaptive Probit Estimation of psychometric functions. Current Psychological Review, 1, 205-214.
- WATT, R.J., ANDREWS, D.P. (1982). Contour curvature analysis: Hyperacuties in the discrimination of detailed shape. Vision Research, 22, 449-460.
- WESTHEIMER, G. (1979). Scaling of visual measurements. Archiva Ophthalmologica, 97, 327-330.
- WITHE, B.W., SAUNDERS, F.A., SCADEN, L.A., BACH-Y-RITA P., COLLINS C.C. (1970). Seeing with the skin. Perception and Psychophsic, 7(6) 23-27.
- ZIGLER, M.J. (1926). Review of Katz "Der Aufbau der Tastwelt". Psychological Bulletin, 23, 326-335.