

Chapitre 12

La coordination visuo-manuelle

Rigal Robert

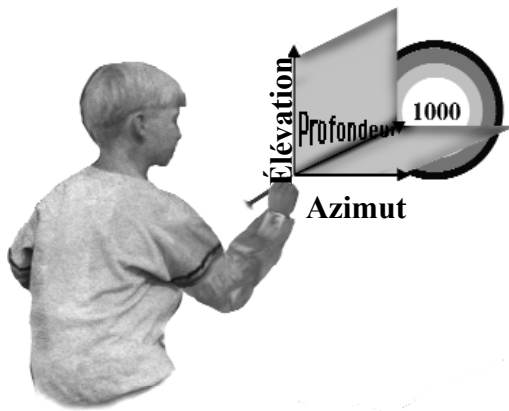
La vision et le mouvement

- **La plupart des activités motrices font appel à la vision:**
 - attraper un objet
 - lancer
 - écrire
 - dessiner
 - travailler
- **L'information visuelle est donc largement utilisée par les voyants pour le contrôle des mouvements.**

La coordination visuo-manuelle

- elle permet de contrôler toutes les activités visuellement guidées;
- après la localisation (direction-distance) et l'identification (caractéristiques) de l'objet, mise en place du programme de transport de la main, de la saisie puis de la manipulation.

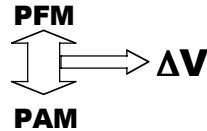
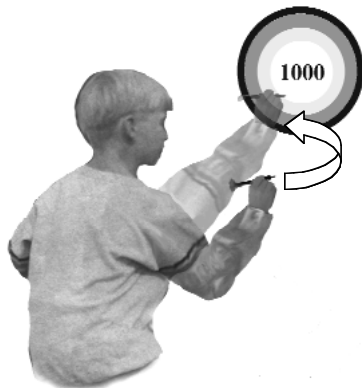
La coordination visuo-manuelle



Toute cible se localise à partir de trois coordonnées:

- L'azimut : écartement latéral main-cible
- L'élévation : écartement vertical main-cible;
- La profondeur : écartement sagittal main-cible.

La coordination visuo-manuelle

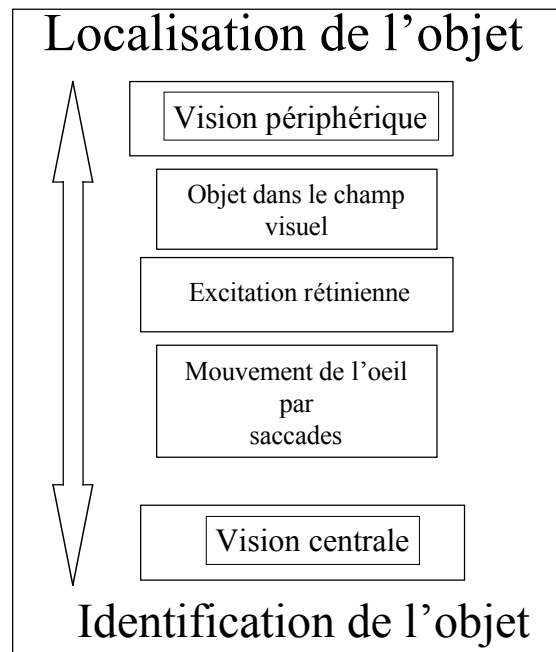


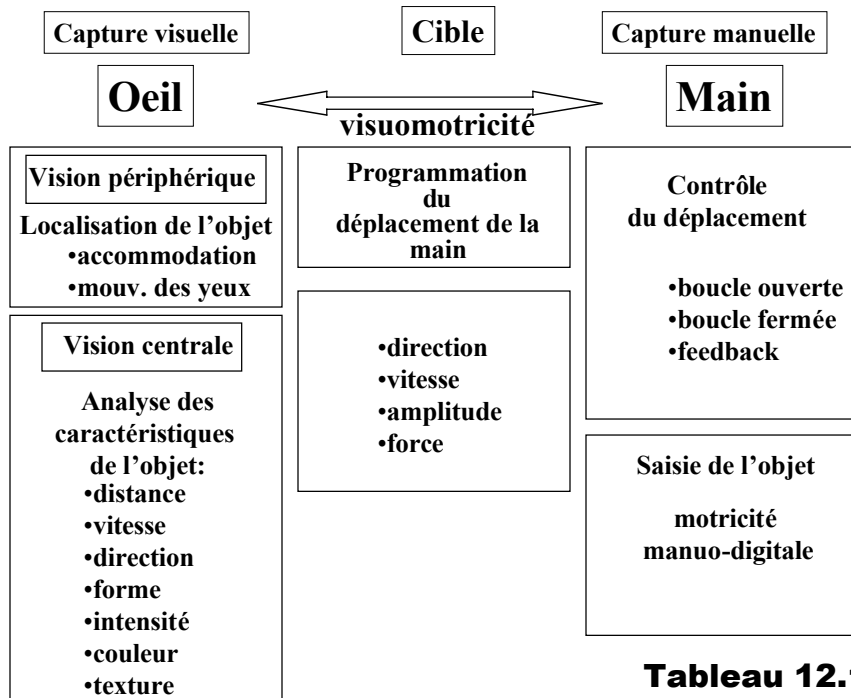
- **Entrée:**
 - système visuel
- **Sortie:**
 - système moteur

Dans ce modèle de coordination visuo-manuelle, le système de contrôle calcule à chaque instant le vecteur de la différence (Δv) entre la position finale de la main (PFM) et la position actuelle de la main (PAM).

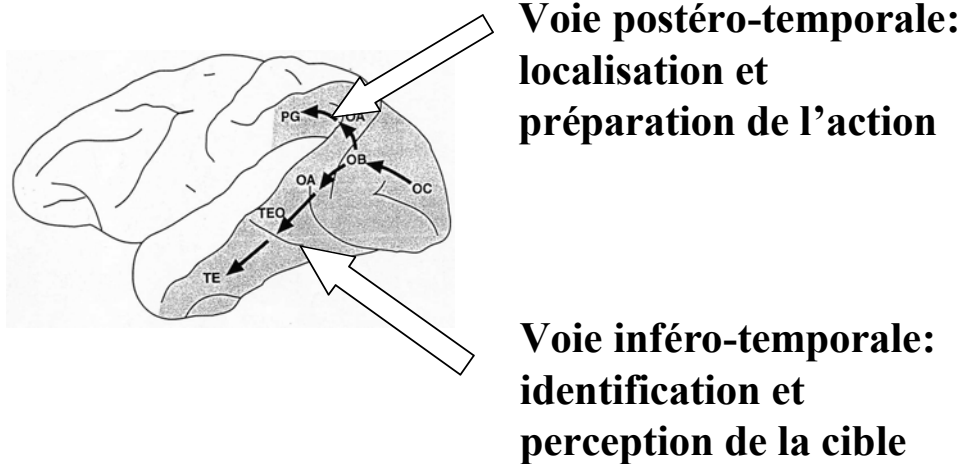
$$\Delta v = \text{PFM} - \text{PAM}; \text{ si } \Delta v > 0 \Rightarrow \text{mouvement}$$

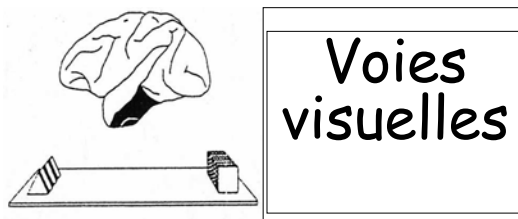
Le repérage visuel





Système visuel

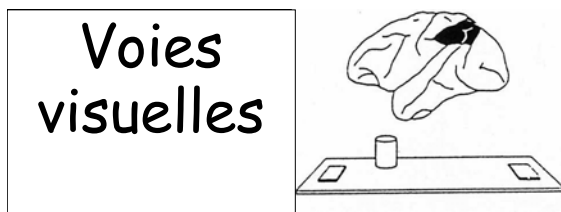




A : Discrimination d'objets.

La lésion bilatérale de l'aire temporale inférieure (noircie sur la figure) provoque un sévère déficit dans l'apprentissage discriminatif des formes. Pour mettre en évidence une telle discrimination on propose à l'animal une tâche de reconnaissance en un essai basée sur le principe du « non-appariement à l'échantillon ».

- Dans cette tâche, les animaux doivent d'abord se familiariser avec une paire d'objets présentés en position centrale (la période de familiarisation n'est pas montrée sur la figure); pendant le test proprement dit, on leur présente deux objets, un familier, c'est-à-dire pris dans la paire d'objets présentés pendant la période de familiarisation et un non-familier; ils seront récompensés s'ils choisissent l'objet non familier.

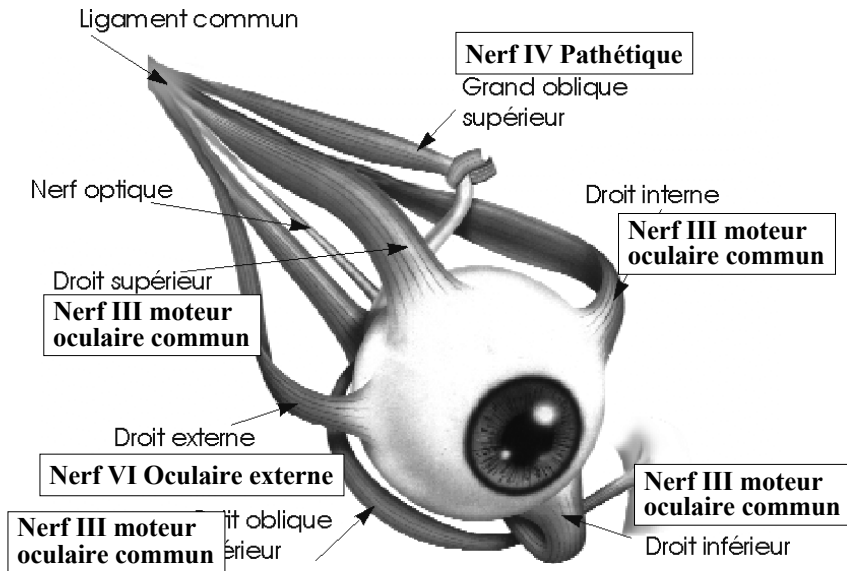


B : Discrimination spatiale.

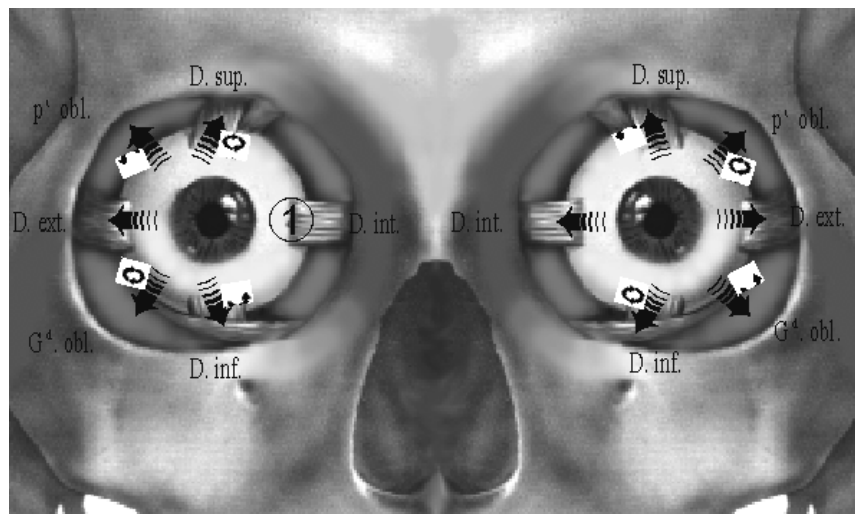
La lésion bilatérale du cortex pariétal postérieur (noircie sur la figure) provoque un sévère déficit dans des tâches visuo-spatiales.

Ici, les animaux sont récompensés s'ils choisissent d'ouvrir la trappe près de laquelle se trouve le cylindre, dont le rôle est celui de repère spatial. À chaque essai, on place ce repère au hasard près de la trappe située à gauche ou près de celle située à droite, les deux trappes étant par ailleurs parfaitement identiques. (D'après Mishkin et al., 1983.)

Muscles oculaires et leur innervation (fig. 12.4)

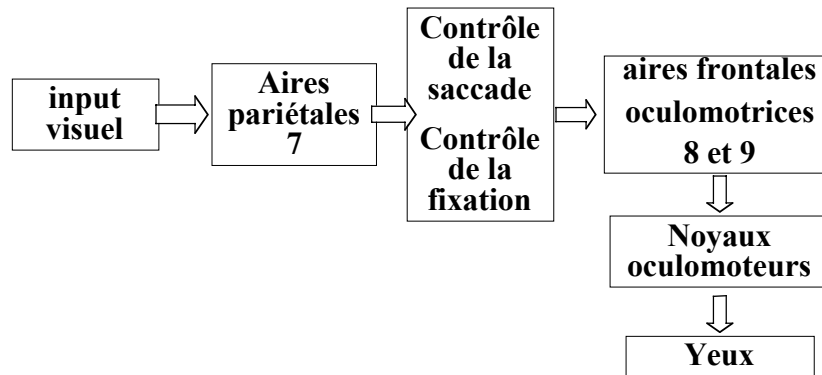


Les mouvements des yeux produits par les muscles oculaires (fig. 12.4)



Mouvements oculaires

- assurent les déplacements des yeux (saccades ou poursuite) puis la centration du regard;
- aires corticales sollicitées:
 - aire pariétale 7;
 - aires frontales 8 et 9;
 - assurent la poursuite volontaire et la fixation du regard.



Mouvements oculaires

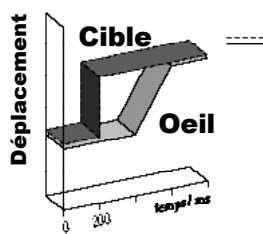
- aires sous-corticales:
- noyaux vestibulaires (assurent le réflexe vestibulo-oculaire);
- formation réticulée pontique para-médiane (saccades oculaires: assurent la coordination des muscles agonistes et antagonistes):
- neurones phasiques provoquent la saccade (déplacement de l'oeil);
- neurones toniques maintiennent l'oeil sur la cible.

Mouvements oculaires

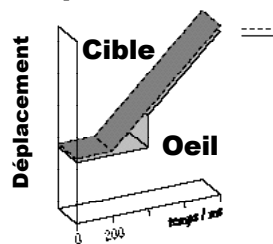
- Les mouvements de poursuite:
- vitesse de déplacement de la cible inférieure à $120^\circ/s$;
- œil ancré sur la cible;
- Les saccades:
- vitesse pouvant atteindre $700^\circ/s$;
- volontaires: déplacement de l'œil pour observer;
- réflexes: recentration de l'œil dans l'orbite.

Mouvements oculaires (fig. 12.5)

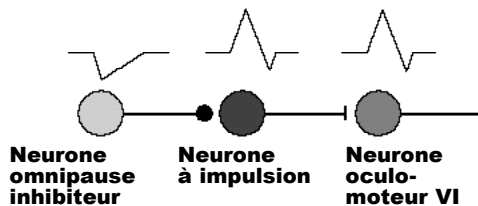
La saccade oculaire



La poursuite oculaire



La cible change brusquement de position



La cible s'écarte progressivement de sa position initiale



muscle extra-oculaire

Le neurone omnipause inhibe tout mouvement oculaire => stabilisation du regard; son inactivation provoque l'activation du neurone à impulsion et génère la saccade oculaire

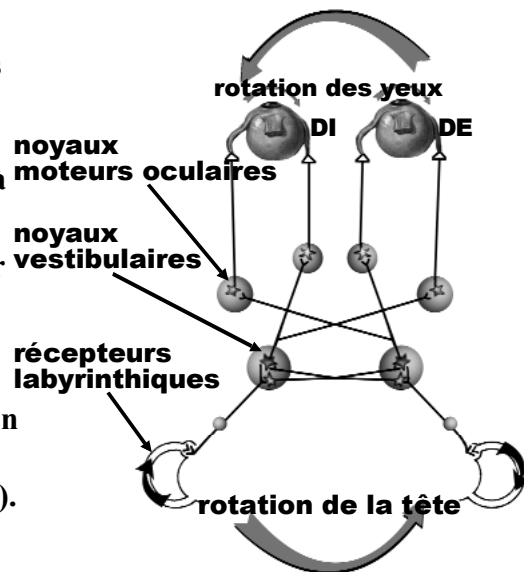
Le réflexe vestibulo-oculaire

- La rotation de la tête autour de son axe doit être accompagnée d'une rotation équivalente des yeux dans le sens inverse:
 - le réflexe consiste donc en une correction de la position de l'œil par rapport à la tête qui permet à l'ancrage fovéal d'être maintenu.
- Structures nerveuses importantes:
 - récepteurs labyrinthiques;
 - noyaux vestibulaires;
 - noyaux moteurs oculaires.

Réflexe vestibulo-oculaire

Tout débute dans les canaux semi-circulaires vestibulaires horizontaux où les cellules ciliées se dépolarisent à gauche et s'hyperpolarisent à droite.

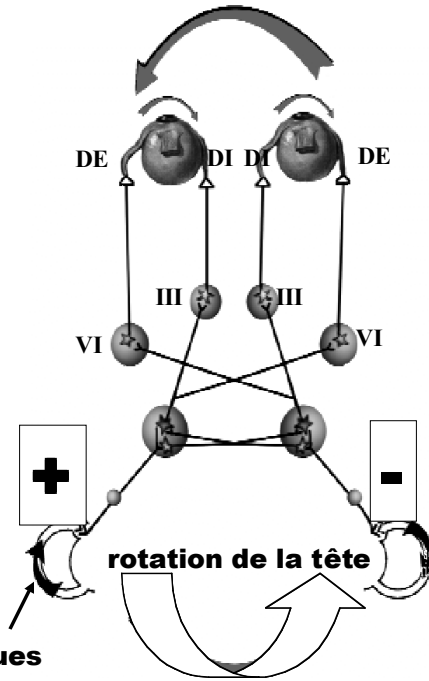
Les noyaux vestibulaires, par des voies excitatrices ou inhibitrices, projettent vers les noyaux oculomoteurs III et VI qui coordonnent l'action opposée des muscles droits internes (DI) et externes (DE).



Le réflexe vestibulo-oculaire: ses étapes

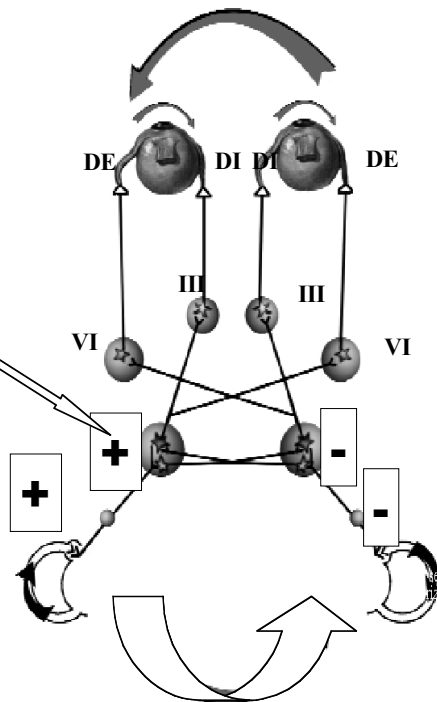
- les canaux vestibulaires horizontaux sont sollicités par le mouvement de rotation de la tête;
- les cellules ciliées de gauche sont excitées, celles de droite inhibées.

récepteurs labyrinthiques



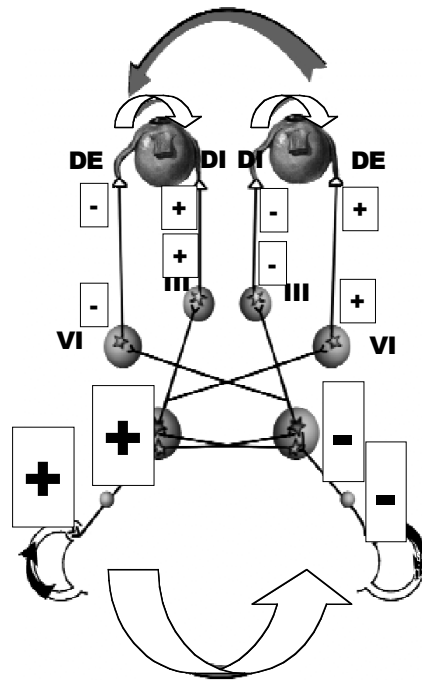
Le réflexe vestibulo-oculaire: ses étapes

- Informations vers les noyaux vestibulaires
 - supérieur
 - et médian
- Excitation des noyaux vestibulaires à gauche et inhibition à droite



Le réflexe vestibulo-oculaire: ses étapes

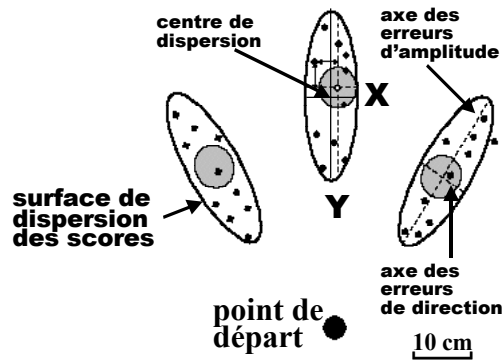
- Les motoneurones du noyau moteur oculaire commun (III) à gauche sont excités:
 - activation du droit interne gauche
- Les motoneurones du noyau moteur oculaire externe à droite (VI) sont excités:
 - activation du droit externe droit



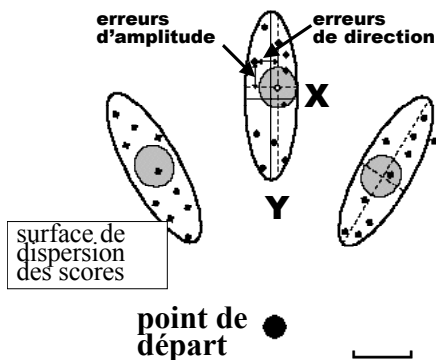
Le transport de la main

- participation de l'aire pariétale 7 à la préparation du déplacement de la main et des aires frontales 6 et 4 pour sa réalisation;
- approche balistique puis ajustements finaux en boucle fermée pour la correction des erreurs.

Les erreurs de pointage



Le sujet place son index sur le point de départ et, au signal, il doit atteindre l'une ou l'autre des cibles, sans voir sa main. Dix essais ont été réalisés pour chaque cible. Pour chaque contact avec l'écran, on détermine les coordonnées du point de contact, par rapport au centre de la cible. Il en résulte deux distributions de valeurs selon les axes X et Y.



Les calculs appropriés permettent d'obtenir les coordonnées du point moyen correspondant aux moyennes respectives des scores X et des scores Y ($\Sigma x/n$; $\Sigma y/n$), de calculer les écarts types sur X et sur Y ainsi que la surface de dispersion des scores (produit des deux écarts types sur X et sur Y, multiplié par π).

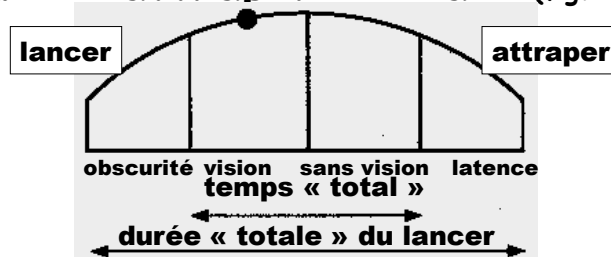
La longueur de chaque axe de l'ellipse équivaut à la variance de la dispersion des scores le long de cet axe. On peut ainsi étudier la dispersion des contacts par rapport au centre de la cible ou par rapport au centre de la dispersion elle-même.

La moyenne des écarts entre le centre d'une cible et chaque point de contact constitue l'erreur constante.

La moyenne des écarts entre le centre de la dispersion des scores (point moyen) pour une cible et chaque point de contact constitue l'erreur variable.

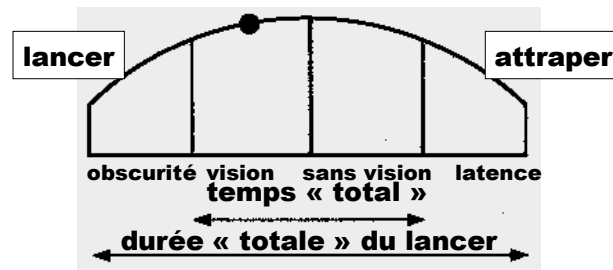
La précision du transport de la main: effets de la vitesse du mouvement et de la période de vision de la main

Vision et déplacement d'une cible: épreuve d'attraper de balle (fig. 12.10)



Le sujet est dans une pièce non éclairée. Une balle est lancée et, pendant sa trajectoire, la salle est brièvement éclairée à des moments variables, ce qui donne plus ou moins d'information au sujet pour essayer d'attraper la balle.

La durée entre le lancer et l'attraper reste fixe ; elle dépend de la distance entre le lancer de balle et le sujet et de la vitesse du lancer. La durée de la période de latence correspond au temps de réaction du sujet (environ 125 ms) complété par le temps de mouvement pour que la main se rende sur la trajectoire de la balle ; elle équivaut à environ 200 ms. Bien qu'elle soit illustrée à la fin de la trajectoire, le lecteur comprendra qu'elle débute au moment où la balle devient visible.



Les durées des périodes de vision (éclairage) peuvent varier et se produire à des moments différents de la trajectoire de la balle, ainsi que celles des périodes sans vision.

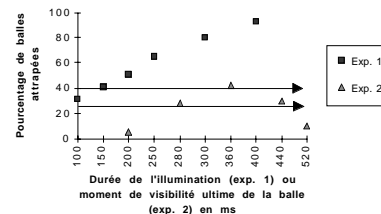
Le « temps total » est la somme des périodes de « vision » et « sans vision » ; la durée de cette dernière varie de 0 à X ms.

L'expérimentateur peut faire varier les durées des périodes d'obscurité (O), de vision (V) et sans vision (SV).

Lorsque la période de vision survient trop tôt et est trop courte, le sujet ne dispose pas de suffisamment d'information pour compléter mentalement la trajectoire de la balle : ses erreurs seront nombreuses. La même chose se produit lorsque la période de vision est trop tardive : le sujet ne dispose pas de suffisamment de temps pour préparer et effectuer le mouvement de transport de la main vers la balle.

VISION ET ATTRAPERS DE BALLE

B- Effets de la visibilité de la balle sur la performance de son attraper (D'après Whiting, 1969, p. 33, exp. 1)

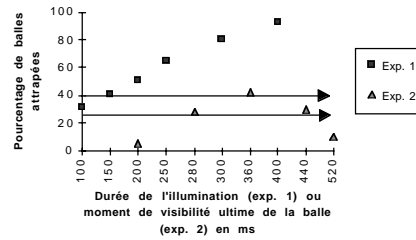


Exp. 1: Le sujet doit attraper une balle éclairée pendant une période plus ou moins longue au cours de sa trajectoire après le début du lancer.

Entre le lancer et l'attraper, il s'écoule dans cette expérience 400 ms. Au fur et à mesure que la durée de la période d'illumination augmente, le pourcentage de balles attrapées d'une main croît pour atteindre 95% lorsque la balle est visible tout au long de la trajectoire qui, d'ailleurs, peut varier d'un essai à l'autre, ce qui évite l'automatisation du geste et oblige le sujet à des ajustements permanents.

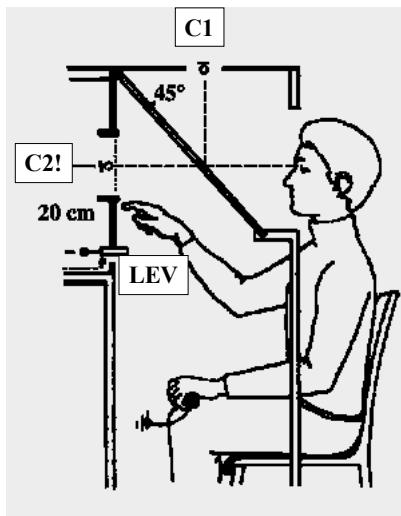
VISION ET ATTRAPERS DE BALLE

B- Effets de la visibilité de la balle sur la performance de son attraper
(D'après Whiting et Sharp, 1974, exp. 2)



Exp. 2: Le sujet doit attraper une balle éclairée pendant une période d'une durée fixe de 80 ms dans sa trajectoire. Entre le lancer et l'attraper, il s'écoule 580 ms. À chaque essai, le moment de la période d'éclairage change et peut commencer dans les 120, 200, 280, 360 ou 440 ms qui suivent le début du lancer et s'arrêter 80 ms plus tard.

Le pourcentage de réussite maximum (inférieur toutefois à 50%!) est atteint lorsque l'illumination survient 280 ms après le lancer (et s'arrête à 360 ms), ce qui donne 220 ms au sujet pour ajuster le mouvement de la main. Après ce délai, la performance baisse à nouveau, le temps de préparation disponible devenant trop court.



La coordination visuo-manuelle

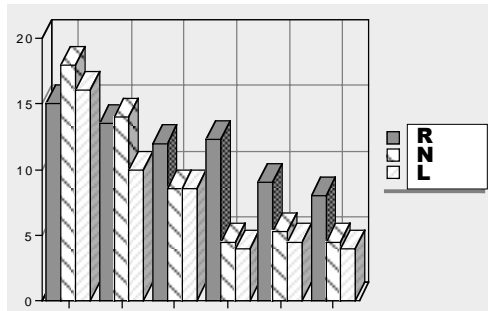
(fig. 12.11)

Le sujet effectue un mouvement de pointage depuis un levier (LEV) jusqu'à une cible lumineuse virtuelle (C2) correspondant à la projection de C1 sur un miroir incliné à 45°.

Ce miroir empêche la vision du mouvement.

Le mouvement est effectué à trois vitesses différentes:

- rapide (R) (durée inférieure à 200 ms),
- normale (N) (entre 200 et 700 ms),
- lente (L) (supérieure à 700 ms).



La coordination visuo-manuelle
(fig. 12.11)

AV VD VI VF AVI V

Ces mouvements peuvent être faits dans des conditions de vision différentes : absence de vision (AV), vision du début du geste (VD), du milieu du geste (VI), de la fin (VF), du début et de la fin mais pas du milieu (AVI), vision totale (V).

La vision de la main en phase finale du mouvement améliore la performance du pointage, en particulier pour les mouvements effectués à vitesse normale ou lente

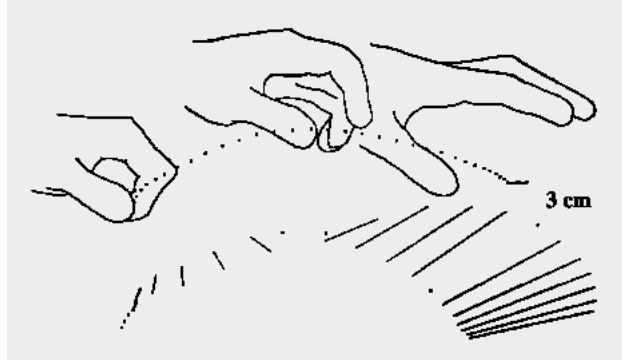
Conséquences et applications

Importance, dans les activités sollicitant la coordination visuo-manuelle, de voir en même temps :

la main,
l'objet,
la cible.

(ex.: tirs au but au basket, frappe avec une raquette).

Saisie: ouverture des doigts



Au cours du déplacement vers la cible, l'ouverture de la main s'effectue en fonction de la taille de l'objet à saisir. Les points représentent les positions successives de la main sur sa trajectoire toutes les 20 ms. Les traits, sous les mains, indiquent l'ouverture de la pince digitale (écartement pouce-index) en vue de la saisie de l'objet.

La saisie manuelle

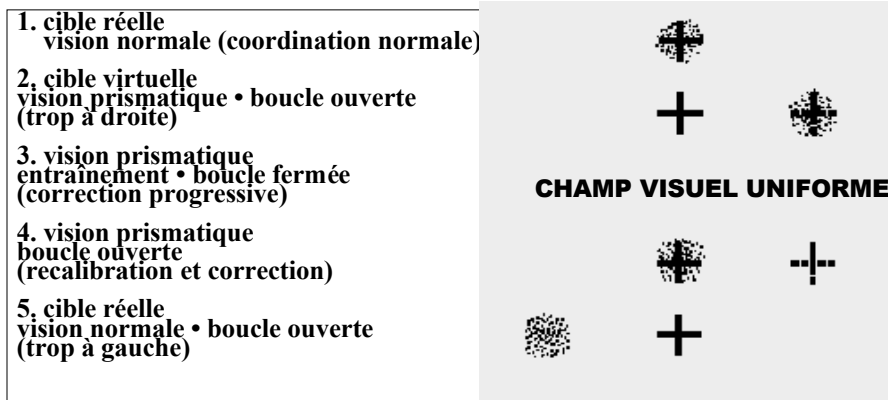
- l'ouverture appropriée des doigts est acquise aux 3/4 du mouvement;
- le mouvement d'approche ralentit afin de s'ajuster à la taille de l'objet;
- le contact avec l'objet complète le processus de saisie:
 - force nécessaire en fonction de la mémoire sensorimotrice
 - le degré de friction détermine la force
- les aires somesthésiques 3, 1, 2 et associatives 5 et 7 sont importantes pour l'orientation des doigts.



Vision prismatique et adaptation (fig. 12.15)

Effets du port de lunettes prismatiques sur la précision de tirs de fléchettes

Cette expérience illustre les possibilités d'adaptation du système nerveux et sa plasticité

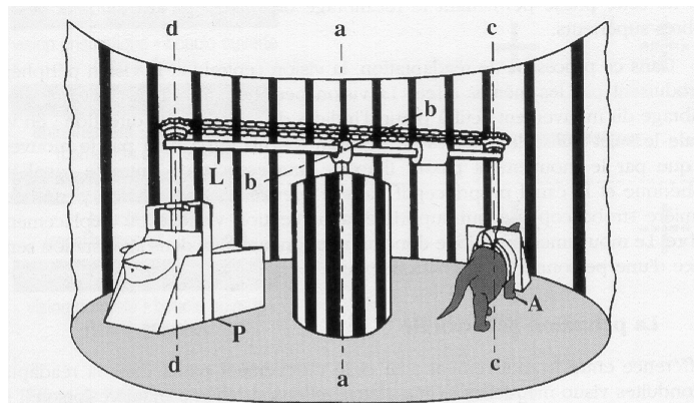


Effets de l'adaptation prismatique sur la précision du pointage.

- 1- Le sujet pointe avec son doigt une cible, sans voir la main.
- 2- Le sujet porte des verres qui dévient vers la droite la position de la cible. Sans voir la main, il pointe la cible virtuelle.
- 3- Le sujet promène sa main dans son champ visuel, touche des objets, se familiarise avec les sensations visuelles et kinesthésiques.
- 4- Dans la même situation que 2, le sujet corrige maintenant le déplacement de la main, sans la voir, et atteint la cible.

**Cette expérience illustre bien
les possibilités d'adaptation
du système nerveux et sa
plasticité**

Vision et déplacement (fig. 12.16)



Le chaton P est soumis aux aléas des déplacements du chaton A.
La privation sensorielle qu'on a provoquée chez lui limite ses possibilités d'ajustements moteurs.

Les mouvements s'exécutent selon les axes a-a, b-b, c-c, d-d.

Le chaton actif acquiert une coordination motrice normale; le chaton passif, au contraire, se heurte aux obstacles, faillissant à l'épreuve de la falaise visuelle.

Vision aveugle

- **observée chez les individus qui ont un scotome(absence de vision dans une partie du champ visuel suite à une lésion du cortex strié);**
- **l'individu peut pointer vers une cible dans le champ visuel atteint, mais ne peut pas identifier qu'il a vu quelque chose;**
- **vision inconsciente;**
- **contrôlée par les voies sous-corticales**
 - **projections directes de la rétine aux collicules supérieurs.**

FIN DU COURS
MERCI