

N° d'ordre : 864

50376
1980
190

50376
1980
190

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE
THÈSE DE TROISIÈME CYCLE
PHYSIOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE
(PSYCHOPHYSIOLOGIE)

présentée par

Jacques HONORE

EFFETS DE LA DIRECTION DE L'ATTENTION SUR
LA TRANSMISSION DES MESSAGES CUTANÉS



Soutenu le 12 décembre 1980

Jury :

MM. E. PERTUZON

Président

J.M. COQUERY

Rapporteur

J. PAILLARD

Examineurs

J.F. RICHARD

Laboratoire de Psychophysiologie et Laboratoire associé au C.N.R.S. n° 308

Monsieur le Professeur J.M. Coquery a dirigé mes recherches et assuré ma formation. Je lui suis redevable de beaucoup et je suis heureux de lui exprimer ici ma gratitude. Sa bienveillance et sa disponibilité m'ont été des plus précieuses.

Une partie des expériences décrites dans ces pages a été réalisée en collaboration avec Madame Demairé qui a amicalement mis à ma disposition son poste de travail et ses compétences. Ce m'est un agréable devoir que de lui dire ma reconnaissance.

Messieurs les Professeurs J. Paillard, E. Pertuzon et J.F. Richard ont accepté d'examiner mon travail et je leur en sais gré.

Je remercie tous les personnels du laboratoire pour la sympathie et le savoir ou le savoir-faire qu'ils m'ont dispensés, en particulier A. Bous, qui a conçu une partie de l'appareillage électronique que j'ai utilisé, C. Coussemaeker et M. Becue qui ont apporté tout leur soin à la frappe et à l'illustration de ce document.

Enfin, pour le soutien qu'ils m'ont toujours manifesté et pour tant d'autres choses, j'ai grand plaisir à dire aux miens toute ma reconnaissance.

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	1
L'hypothèse du canal privilégié	1
Activité motrice et attention	3
<i>Contrôle centrifuge des voies sensorielles</i>	3
<i>Mouvements, postures et comportements attentifs</i>	6
Position du problème	7
METHODES ET TECHNIQUES : CONSIDERATIONS GENERALES.	9
Population étudiée	9
La stimulation cutanée	10
<i>Nature et localisation</i>	10
<i>Techniques</i>	12
Traitement statistique des données	13
Précautions générales	14
POSTURE OCULAIRE ET ATTENTION SOMATIQUE.	15
Méthodes et techniques	15
<i>Fixation de la posture oculaire</i>	15
<i>Stimulation</i>	15
Performance dans une tâche de détection somesthésique en fonction de la posture oculaire (PO)	17
<i>Déroulement de l'expérience</i>	17
<i>Fluctuations du seuil de perception. Essais spéciaux</i>	19
<i>Résultats</i>	22
Temps de réaction somesthésique : effet de la posture oculaire	23
<i>Stimulation et mesure du TR : techniques</i>	25
<i>Déroulement de l'expérience</i>	25
<i>Résultats</i>	25
Discussion	30
<i>Composante horizontale de la posture oculaire</i>	30
<i>Composante verticale de la posture oculaire</i>	32

	Pages
REFLEXES POLYSYNAPTIQUES D'ORIGINE CUTANEE ET ATTENTION.	33
Réflexes polysynaptiques des membres inférieurs	33
Justification de l'utilisation de la réponse RAIII pour étudier l'attention sélective	35
Protocole	37
RAIII et attention sélective	38
<i>Techniques</i>	38
<i>Déroulement de l'expérience</i>	39
<i>Résultats</i>	43
Effets de l'attention sur le RAIII	44
<i>Techniques</i>	44
<i>Déroulement de l'expérience</i>	45
<i>Résultats</i>	45
Discussion	48
<i>Dépression du RAIII au cours de l'attention</i>	48
<i>Effet de la direction de l'attention</i>	49
<i>Apparition de réponses AII</i>	50
 MODULATION DU REFLEXE DE HOFFMANN PAR LES AFFERENCES CUTANÉES :	
EFFET DE LA DIRECTION DE L'ATTENTION.	52
Le réflexe de Hoffmann ou réponse H du soléaire	52
Modulation du réflexe H par les afférences cutanées	54
Intérêt méthodologique du phénomène	55
Expérience	57
<i>Principe</i>	57
<i>Techniques</i>	57
<i>Déroulement de l'expérience</i>	59
<i>Résultats</i>	60
Discussion	67
<i>Le phénomène de facilitation</i>	67
<i>Focalisation spatiale de l'attention : effets non spécifiques ?</i>	68
<i>Effets spécifiques</i>	69
 CONCLUSION	71
Rappel des principaux résultats	71
Manifestations de l'attention au niveau segmentaire	71
Posture oculaire et sélectivité	73
Attention sensorielle et programmes efférents	74

ERRATA

=====

page	ligne	lire
12	9	"...du train est, sauf indication contraire, de 330 Hz".
12	24	"...rendent nécessaire..."
21	8	"4469.35" au lieu de "4475.09"
23	1	"...PO (F 3/72 < 1)..."
23	4	"...(F 3/72 = 3.93, p < .025)."
31	29	"...du regard ou contralatérale".
41	3	"...expérimentale, qui dure une heure..."
49	21	"...la persistance."
64	2	"L'attention est dirigée..."
60	6	"...pages 60 et 66."
65	11	"Un premier examen..."
69	21	"...elle est centrée, l'atténue."
71	23	"...par ischémie, des fibres..."
73	25	"...la copie d'efférence..."
75	1	"Il faut donc..."

II

Ajouter :

CASTAIGNE, P., CATHALA, H.P., PIERROT-DESEILLIGNY, E., BUSSEL, B.,
TRUELLE, J.L. et DELOCHE, G. (1973)
Influence de stimulations cutanées d'intensité variable sur
l'amplitude et la variabilité du réflexe H chez l'Homme normal.
Revue d'Electroencéphalographie et de Neurophysiologie, 3, 193-201.

	Pages
RESUME	76
BIBLIOGRAPHIE	I à VIII
Annexes I, II, III, IV, V (tables de résultats)	(9 pp)

INTRODUCTION

Si le comportement d'un organisme dépend de son patrimoine génétique et de son histoire, il est aussi fortement déterminé par les exigences de la situation actuelle et par celles du futur immédiat (Poulton, 1950). Face aux conditions présentes ou anticipées du milieu, l'activité de l'organisme est limitée à la fois par les schèmes sensori-moteurs dont il est pourvu et par les ressources énergétiques dont il dispose. Ainsi, selon Kahneman (1973), l'homme ne jouit que d'une capacité d'effort limitée et variable et sa performance dépend pour une large part de la répartition de cette capacité entre les différentes fonctions de relation. A cette répartition différentielle de la capacité d'effort peut correspondre ce qui est communément désigné par le terme d'attention. Une partie des moyens disponibles doit être mise à la disposition des systèmes moteurs pour répondre aux sollicitations de l'environnement. Mais l'analyse de cet environnement entraîne elle aussi un prélèvement sur les capacités d'attention. Or la masse des informations que délivre le milieu ne peut être, tant s'en faut, reçue, codée, ni traitée dans sa totalité. La limitation de nos capacités de traitement impose donc une sélectivité de la prise d'information elle-même.

L'HYPOTHESE DU CANAL PRIVILEGIE

L'importance de cette notion de sélectivité est soulignée par Piéron (1963) quand il considère qu'à l'attention correspond *un accroissement d'efficience dans un certain mode d'activité avec inhibition des activités concurrentes*. Cette définition suggère l'intervention de mécanismes actifs de filtrage de l'information et l'on retrouve cette idée dans les hypothèses avancées par Broadbent (1957), puis Treisman (1964, voir Kahneman, 1973) pour rendre compte des observations aujourd'hui classiques de Cherry (1953). Celui-ci part d'un fait

d'expérience commune : dans une assemblée où de nombreuses personnes parlent en même temps, chacun parvient à percevoir ce que lui dit son interlocuteur et, simultanément, ignore le contenu des autres propos. Pour systématiser cette observation, Cherry soumet des sujets à une expérience d'écoute dichotique : des messages différents sont présentés en même temps à chaque oreille et la tâche consiste à répéter sans délai l'un des messages. Interrogés à l'issue du test, les sujets se révèlent incapables de rapporter le moindre élément du discours présenté à l'oreille non pertinente. La plupart d'entre eux ne s'aperçoivent de rien si l'enregistrement est passé à l'envers ou si le discours est tenu dans une langue étrangère. Pour expliquer ces données, Broadbent (1957) propose l'idée suivante : en situation d'attention, le système sensoriel fonctionnerait en canal unique, comme un filtre ne laissant passer que l'information pertinente.

Ainsi formulé, le modèle de Broadbent présente des insuffisances. En effet, dans la situation d'écoute dichotique avec répétition, certaines propriétés statistiques des messages non pertinents sont reconnues. Cherry avait déjà noté que ses sujets pouvaient distinguer entre une voix humaine et un son pur, et qu'ils étaient sensibles à un changement de timbre important (voix de femme ou voix d'homme). En outre, si l'on introduit des éléments à forte signification, comme le nom du sujet, dans le message non pertinent, des bribes de celui-ci peuvent être perçues (Moray, 1959). De même, Corteen et Wood (1972) associent des mots à des chocs électriques et les incluent dans le message non pertinent d'un test dichotique ultérieur : ces mots ne sont pas identifiés par les sujets, ils ne perturbent pas la tâche de répétition, mais ils évoquent des réponses électrodermales. Ces objections ont amené Treisman (1964) à remplacer le modèle du filtre strict par un modèle dans lequel les messages non pertinents sont seulement atténués. D'autres formulations théoriques ont suivi (Treisman, 1969, par exemple) ; reste l'idée qu'au cours de l'attention certains messages, certains canaux, sont privilégiés. Notons d'ailleurs avec Guiard (sous presse) que la notion de canal ne renvoie, dans ces études, à aucun substrat anatomique particulier.

ACTIVITE MOTRICE ET ATTENTION.

Pour le psychophysiologiste préoccupé des bases physiologiques des comportements, le problème est de trouver, dans le cas de l'attention, des mécanismes susceptibles d'expliquer l'*augmentation d'efficacité* et l'*inhibition des activités concurrentes*. Nous avons choisi d'examiner le rôle que les mécanismes moteurs pourraient jouer dans les fonctions de tri de l'information. Pour Ribot déjà (1889), les mouvements ont, dans l'attention, une importance capitale. Cette idée d'une implication des systèmes moteurs dans les comportements attentifs a toujours eu ses défenseurs et, d'après Berlyne (1974), pendant la période sombre qu'est pour la notion d'attention celle où dominent les conceptions behavioristes, les rares auteurs qui s'aventurent à parler de l'attention s'intéressent principalement aux phénomènes moteurs qui l'accompagnent. Berlyne cite par exemple Dashiell (1928) qui envisage l'attention *as a form of posturing*.

Après avoir d'abord rappelé la part importante que prennent des systèmes considérés comme moteurs au contrôle du transit sensoriel, nous aborderons ensuite le niveau comportemental, en mettant l'accent sur le rôle singulier de la posture oculaire.

- Contrôle centrifuge des voies sensorielles

Au cours des années 1950, de nombreux travaux ont révélé l'existence de modulations s'exerçant sur les voies de transmission des messages sensoriels (Hagbarth et Kerr, 1954 ; Hernandez-Péon *et al.*, 1956). Et Lindsley, en 1960, écrivait : *...des décharges centrifuges, dues à une stimulation corticale ou réticulaire produisent une inhibition dans les relais sensoriels périphériques et dans quelques cas entraînent une potentialisation des réponses spécifiques. Quel est le rôle de ces mécanismes ? Fournissent-ils un moyen de contrôle sélectif des entrées sensorielles tel que la restriction de l'attention semblerait l'exiger ?* Le registre des données qui conduisaient Lindsley à faire ces remarques s'est considérablement enrichi au cours des dernières

décennies. En ce qui concerne la somesthésie, modalité sur laquelle porte notre travail, il ressort du bilan que dresse Coquery (1972 a) que la quasi totalité des relais lemniscaux et extralemniscaux est soumise à des influences descendantes. Nous donnons ci-après quelques exemples montrant que la diversité et la richesse de ces contrôles rendent plausible l'hypothèse de leur intervention dans l'attention sélective.

Au niveau des relais thalamiques, Guilbaud *et al.* (1969, 1970, 1972) indiquent que les influences exercées par les cortex primaires sur des structures à convergence telles que les noyaux de relais des voies extralemniscales présentent une spécificité modalitaire : lors du sommeil paradoxal, on observe une dépression des réponses évoquées dans le centre médian du thalamus ou dans le noyau bulbaire gigantocellulaire par des stimulations somatiques, auditives ou visuelles. L'ablation du cortex péricrucié supprime sélectivement la dépression des réponses somatiques ; de même, l'ablation des cortex primaires visuel ou auditif supprime respectivement l'altération des potentiels visuels ou auditifs.

Andersen *et al.* (1972) montrent que le cortex sensorimoteur facilite la transmission dans le complexe ventrobasal du thalamus, relais des voies spécifiques.

Tsumoto *et al.* (1975) stimulent le faisceau pyramidal et recueillent des potentiels dans le même complexe ventrobasal. Les effets sont facilitateurs pour les cellules relayant les messages kinesthésiques, articulaires notamment ; ils sont inhibiteurs, très rarement facilitateurs, pour les cellules relayant les messages issus des poils.

Au niveau des relais bulbaires, Towe (1973) rapporte que la stimulation du cortex sensorimoteur, chez le singe, peut entraîner ou une facilitation, ou une inhibition de l'activité de certaines cellules du noyau cuneatus.

Coquery et Vitton (1972), Coquery (1972 b) ont étudié les modulations du message sensoriel dans les voies lemniscales durant un mouvement conditionné chez le chat : une dépression importante au niveau du

lemnisque médian est quasiment compensée au relais thalamique pour se manifester à nouveau, plus accentuée, au niveau cortical.

Pour ce qui est des voies extralemniscales, Ciancia *et al.* (1980) montrent que les réponses somatiques évoquées au niveau des structures non spécifiques bulbaires, thalamiques et corticales sont nettement déprimées durant le mouvement.

Au niveau spinal, l'activité spontanée et évoquée de deux tiers des cellules de la couche IV de Rexed est réduite par stimulation du faisceau pyramidal chez le chat (Fetz, 1968) ; la dépression serait due à une inhibition présynaptique des fibres cutanées par le cortex postcrucial.

Wall étudie, chez le chat (1967), les cellules de la couche VI et montre qu'elles répondent à la fois aux stimulations proprioceptives articulaires et musculaires engendrées par un déplacement passif des membres et aux stimulations cutanées. Le blocage temporaire des influx descendants du tronc cérébral, obtenu par refroidissement local de la moelle, entraîne, pour la plupart des cellules étudiées, une facilitation des réponses cutanées et une inhibition des réponses proprioceptives : les influx descendants du tronc cérébral contrôlent donc la modalité de réponse de ces cellules.

Wall *et al.* (1967), travaillant sur le rat porteur d'électrodes implantées dans les cellules d'origine du faisceau spinocervical (couche IV de Rexed), constatent que la réponse de ces cellules augmente quand l'animal est tourné vers la région stimulée. Les auteurs avancent une interprétation de ces résultats, interprétation anthropomorphique de leur propre aveu, et suggèrent que la réponse unitaire augmente quand l'attention de l'animal est dirigée vers le champ récepteur.

Ainsi donc, les cellules de relais des voies somatiques peuvent être selon les cas inhibées ou facilitées, ou encore leur modalité de réponse est changée. L'analogie est grande entre ces propriétés et celles que présupposent les modèles de filtre ou de canal privilégié.

- *Mouvements, postures et comportements attentifs*

L'examen du comportement global des organismes montre de façon non moins frappante que les conduites d'attention sont précédées et accompagnées d'activités motrices qui conditionnent la prise d'information dans le milieu.

L'occurrence ou l'anticipation d'un évènement pertinent provoquent l'orientation ou la réorientation de l'attention. Cette phase peut s'accompagner d'une activité motrice, posturale notamment, comme l'ont montré par exemple les observations de l'école de Pavlov (1926) sur le réflexe "*qu'est-ce que c'est*" ? (réflexe d'orientation). Ces mécanismes que l'on pourrait qualifier de pré-attentionnels aboutissent à un positionnement favorable des segments corporels et des récepteurs (pavillons, globes oculaires, surfaces cutanées) et opèrent une pré-sélection de l'information. La phase attentive est caractérisée, notamment en l'absence de l'objet qui la motive, par une activité posturale constante : c'est l'immobilisation attentive (Paillard, 1976). En présence de l'objet, des mouvements d'exploration concernant les doigts ou les globes oculaires surviennent éventuellement : pour Towe (1973) *in interacting with its environment the mammal seeks input and indeed "expects" specific inputs, especially as a consequence of specific output.*

La compréhension de ces activités motrices dans leur relation avec les objectifs du comportement, souvent immédiate, pose parfois des problèmes. Nous nous attarderons sur le cas de la posture oculaire.

Il est admis qu'il existe un lien étroit entre l'axe du regard et la direction de l'attention visuelle. D'après Posner (sous presse) cependant, la fixation oculaire et l'attention visuelle peuvent être dissociées quand aucune analyse du stimulus n'est nécessaire.

Par ailleurs, la posture oculaire est en relation avec l'attention auditive. Gopher (1971, cité par Kahneman, 1973) place ses sujets en situation d'écoute dichotique et leur donne à entendre des listes de paires de mots. La tâche consiste à détecter des mots cibles

définis sémantiquement. Parfois la paire comprend deux cibles. D'ordinaire, dans ce cas, les mots parvenant à l'oreille droite sont, chez les droitiers, plus facilement détectés. Gopher observe que l'avantage s'accroît si les sujets doivent fixer un point à 20° vers la droite et qu'il disparaît pour une déviation vers la gauche. En 1973, dans une expérience utilisant le même paradigme et où les cibles auditives sont des chiffres, Gopher enregistre les mouvements oculaires et constate, au signal indiquant l'oreille pertinente, la survenue de grands mouvements des yeux vers ce côté. Pendant la tâche, le regard peut même rester bloqué dans la direction de la source sélectionnée. Quand la stimulation est monaurale, par contre, les grands mouvements disparaissent, et la motricité oculaire spontanée peut être inhibée.

Il apparaît donc que la posture oculaire n'est pas un simple reflet de la direction de l'attention visuelle. Elle entretiendrait des relations complexes avec la sélectivité directionnelle de l'attention en général (Voir Kinsbourne, 1972) et contribuerait à la créer.

POSITION DU PROBLEME

Les données de la psychologie expérimentale accumulées depuis la parution du modèle de Broadbent le rendent désormais caduc : il est difficile de soutenir aujourd'hui l'idée que la sélectivité de l'attention n'opérerait que par un filtrage périphérique des entrées sensorielles. Des théories plus récentes (Deutsch et Deutsch, 1963 ; Kinsbourne, 1970, 1975) accordent d'ailleurs une place prépondérante à des mécanismes centraux exerçant leurs effets à des niveaux élevés des processus d'intégration sensorielle. Néanmoins, rien ne permet d'exclure a priori que la mise en jeu des degrés les plus hauts de l'activité nerveuse ait des manifestations plus primitives. En d'autres termes, le tri et l'analyse des afférences pourraient s'effectuer en partie aux différentes étapes de leur trajet ascendant. Les programmes moteurs dont l'expression neurophysiologique est autant un contrôle des voies centripètes qu'une modulation des centres moteurs participeraient à ce traitement (Coquery, 1978). Cette idée est à rapprocher des conceptions de

Wall (1970) pour qui le rôle du système lemniscal serait de déclencher des programmes d'analyse des messages centripètes véhiculés par les voies extralemniscales.

C'est sur de telles hypothèses qu'est fondé le travail expérimental que nous allons présenter. Nous nous sommes efforcé de rechercher au niveau spinal les indices d'une modulation des entrées cutanées au cours de tâches requérant une attention focalisée dans l'espace corporel. Nous avons également recherché si au cours de telles tâches, des ajustements posturaux non spécifiques, des yeux en l'occurrence, étaient de nature à altérer la performance.

METHODES ET TECHNIQUES : CONSIDERATIONS GENERALES

Le principe sur lequel est basée l'élaboration des protocoles mis en oeuvre est le suivant : la transmission des afférences issues d'un champ cutané déterminé est comparée dans deux situations identiques à ceci près que l'attention est dirigée sélectivement vers ce champ, ou vers le territoire homologue contralatéral. Ou bien, le foyer de l'attention restant fixe, on fait varier la seule posture oculaire ; l'expérience est alors organisée de manière à éviter que la fonction visuelle ne soit sollicitée.

Des consignes verbales permettent la manipulation de la posture oculaire, et des tâches sont imposées qui facilitent l'ancrage spatial de l'attention.

La qualité de la transmission des afférences cutanées est appréciée à des niveaux d'intégration différents, ce qui exige de recourir à des techniques variées. Tantôt les participants ont à détecter des chocs cutanés faibles et c'est la fréquence de détection (f) qui constitue la variable dépendante, tantôt ces chocs sont plus nets et c'est le temps de réaction (TR) manuel qui est pris comme indice. Enfin, quand ce sont les effets segmentaires des mêmes stimuli que l'on examine pour déceler les influences supraspinales, censées moduler le transit centripète pendant l'attention, on utilise des méthodes réflexologiques.

POPULATION ETUDIEE

Les expériences sont faites sur des adultes des deux sexes, étudiants pour la plupart, volontaires et rémunérés. Afin d'homogénéiser les échantillons, nous ne travaillons qu'avec des droitiers.

Pour les deux études portant sur la réponse polysynaptique RAIII, nous avons retenu les personnes répondant positivement à la simple question : "Etes-vous droitier(e) ?". Dans les autres cas, la

latéralisation est examinée de plus près et le candidat doit dire quel pied il utilise de préférence pour frapper un ballon et quelle jambe il lance d'abord pour franchir un obstacle "en ciseaux" (certaines personnes ne peuvent fournir une réponse à chacune de ces deux questions). Il doit aussi fournir un exemplaire de sa signature et se soumettre au test suivant (Luria, 1966, modifié) : les deux yeux ouverts, le sujet fixe une cible de 40 mm de diamètre distante de 3 m ; en la tenant à bouts de bras il lève d'un mouvement vertical une feuille de papier percée d'un trou de 10 mm de diamètre, jusqu'à voir la cible par le trou ; sans perdre de vue la cible, il amène la feuille contre son visage.

Le candidat n'est retenu que s'il frappe du pied droit, lance la jambe droite, signe de la main droite et s'il regarde la cible avec l'oeil droit à l'issue du test oculaire.

LA STIMULATION CUTANEE

- Nature et localisation

Nous avons, dans nos expériences, stimulé la peau par un courant électrique. Ce type de stimulus est en effet facilement graduable en intensité et en durée et il peut être fidèlement reproduit.

Seule la partie postérieure du territoire sural (Figure 1) et plus précisément la région s'étendant sous la malléole externe jusqu'au bord latéral externe du pied est utilisée. Nous parlerons désormais de stimulation cutanée (Cu), pour une stimulation appliquée dans ce territoire, ou de stimulation "surale" (Su), lorsqu'à la suite d'une exploration, les électrodes sont placées en regard du nerf sural de manière à l'exciter par voie percutanée.

Les raisons de ces choix sont que les afférences véhiculées par le nerf sural, outre qu'elles donnent lieu à perception, sont susceptibles d'évoquer des réponses réflexes polysynaptiques (Hugon et Chanelet, 1964) et d'influencer les réflexes monosynaptiques (Hugon et Bathien, 1967). Un certain nombre d'arguments que nous donnons plus

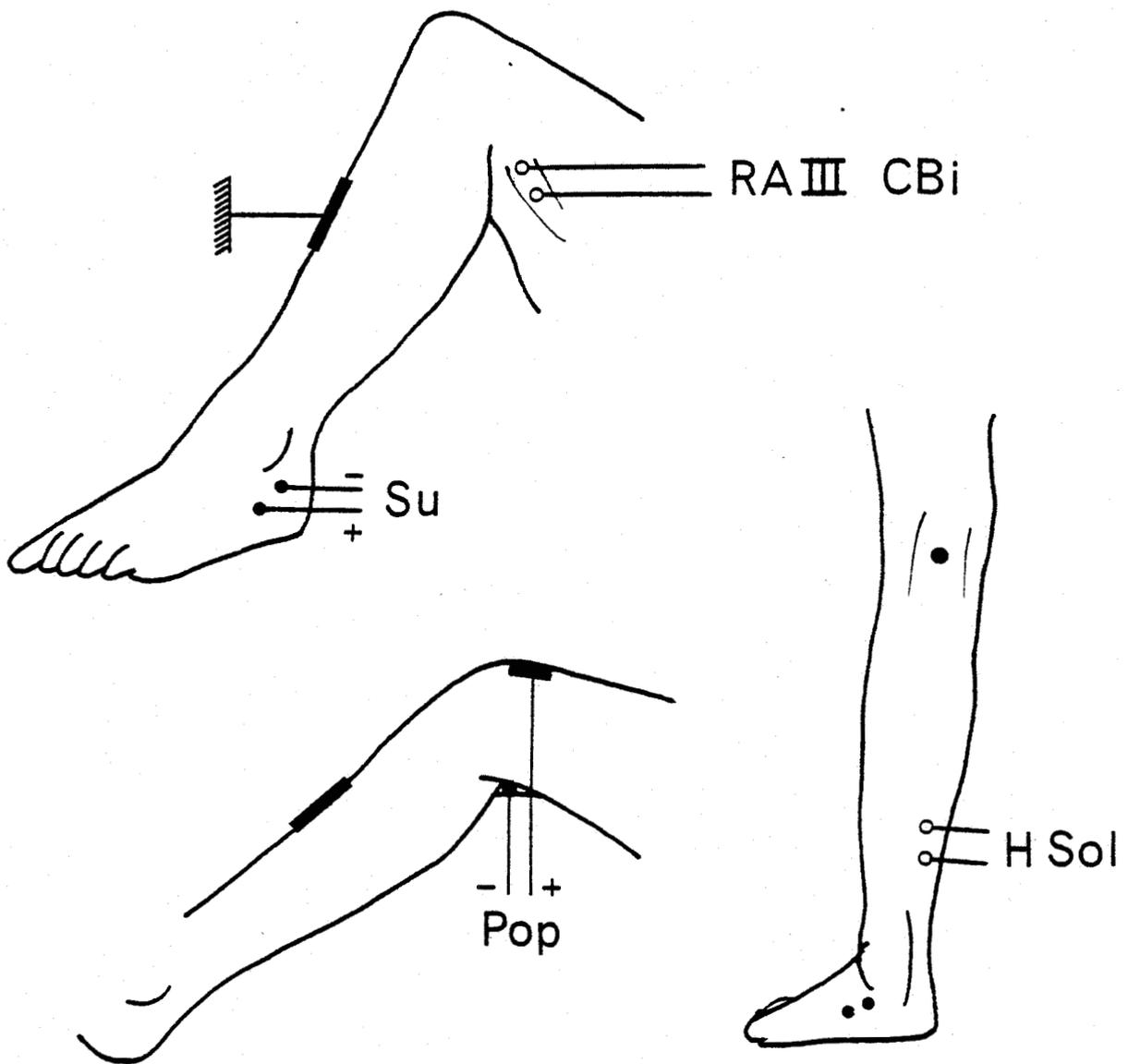


Figure 1 : Emplacement des électrodes utilisées.

Réception

RAIII CBI : réflexe polysynaptique RAI du court biceps

H Sol : réflexe de Hoffmann (muscle soléaire)

Stimulation

Pop : nerf poplité interne

Su : territoire du nerf sural

Dans tous les cas le contact peau-électrode est amélioré par application de pâte conductrice.

bas valident l'utilisation de ces circuits réflexes comme test des influences supraspinales s'exerçant sur les afférences cutanées au niveau segmentaire. De plus, il existe, concernant ces réflexes, une littérature méthodologique consistante (Paillard, 1955 ; Hugon, 1967, 1973a et b ; collectif, 1973 ; Bathien, 1978).

- *Techniques*

Dans tous les cas, le stimulus est une salve d'impulsions rectangulaires durant chacune une milliseconde et la fréquence interne du train est 330 Hz. L'intensité et la durée (i.e. le nombre d'impulsions élémentaires) varient suivant l'expérience.

La stimulation est donnée entre deux électrodes, la cathode étant placée en position proximale. Le contact entre la peau et les électrodes est amélioré par l'emploi de pâte conductrice.

Les dispositifs de stimulation utilisés ont un circuit de sortie isolé de la masse, ce qui garantit la localisation du stimulus. Ils comportent un système de régulation ajustant le voltage en fonction de la résistance de l'ensemble tissu plus électrodes, de façon à produire l'intensité sélectionnée par l'expérimentateur. La résistance inter-électrodes est très souvent supérieure à 100 000 Ohms et un traitement doit être appliqué au revêtement cutané pour ramener cette résistance dans les limites de régulation du stimulateur. On obtient une diminution sensible par dégraissage à l'éther-alcool. Les intensités plus importantes requises pour l'évocation des réflexes polysynaptiques rendent nécessaires une érosion de la peau par ponçage, voire une scarification à l'aide d'un vaccinostyle.

Les intensités délivrées sont exprimées en multiples de l'unité psychophysique qu'est le seuil de perception. Celui-ci est déterminé au début de chaque manipulation par la méthode des limites. La mesure reste cependant relativement grossière en raison du peu de temps qu'on peut lui consacrer.

TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES

Le principal test statistique utilisé est le F de Snédécour dans le cadre d'analyses de la variance. L'analyse de variance consiste à découper la somme des carrés des écarts à la moyenne, qui traduit la dispersion globale de la mesure. On isole dans cette somme ce qui revient aux différentes sources de variation reconnues et notamment aux variables indépendantes. Le reste est considéré comme reflétant les variations aléatoires de la mesure, plus éventuellement les variations interindividuelles de l'effet des variables expérimentales. Les variations provoquées sont comparées aux variations aléatoires en examinant la valeur du rapport des carrés moyens calculés à partir des fractions correspondantes de la somme des carrés. L'étude des effets principaux des facteurs expérimentaux est complétée le cas échéant par des comparaisons partielles pour lesquelles on fait appel à la méthode des contrastes. Nous nous sommes constamment référés aux ouvrages de Faverge (1972) et de Winer (1971).

D'une manière générale, nous accorderons une signification à une différence observée si la valeur du F calculé correspond à une probabilité (p) inférieure ou égale à .05, c'est-à-dire si la probabilité que les seules fluctuations aléatoires puissent rendre compte de cette différence ne dépasse pas ce seuil.

Le choix de l'analyse de variance comme technique de traitement des résultats a quelque incidence sur une partie de l'iconographie : nous avons, en effet, pensé qu'il était plus intéressant d'étalonner les diagrammes en donnant de l'erreur aléatoire (e) caractérisant la mesure, une estimation calculée à partir de la variance résiduelle (V_r) et du nombre de mesures par point (n) :

$$e = (V_r / n)^{1/2}$$

plutôt que de faire figurer, pour chaque point, ses limites de confiance propres. Ce faisant, notre souci a été de conserver une certaine cohérence entre l'analyse statistique des données et leur illustration.

PRECAUTIONS GENERALES

Nous nous sommes constamment efforcé de réduire les fluctuations du niveau de vigilance. Le caractère nouveau d'une situation affecte le comportement de l'individu et sa physiologie : dans toutes nos expériences, les sujets ne sont testés qu'après une période d'habituation à l'excitant électrique, et une phase d'entraînement à la tâche est systématiquement prévue. Eventuellement, surtout si la personne ignore tout des techniques et du matériel électrophysiologiques, une ou deux séances sont consacrées en totalité à ces préliminaires.

Tout évènement sensoriel imprévu relève la vigilance et attire l'attention, nous avons veillé à l'isolation phonique du box expérimental, à la réduction du bruit de l'appareillage ; l'expérimentateur est installé dans une pièce contiguë à celle où se trouve le sujet. La fatigabilité est un autre facteur qui doit être considéré : le respect des consignes, le maintien du niveau de vigilance, la focalisation sur une tâche exigeante ou répétitive, sont incompatibles, dans les conditions ordinaires, avec de longues durées d'expérimentation : les protocoles doivent être "taillés" en conséquence.

Il a toujours été demandé aux participants d'adopter une posture confortable, de la maintenir durant toute la durée d'une même expérience, et d'éviter, autant que possible, les mouvements volontaires : on sait l'importance des interactions entre mouvement et perception. Pour les expériences utilisant des méthodes réflexologiques, les sujets sont confortablement installés dans une chaise spéciale dont les articulations permettent de régler la position des segments corporels. Nous avons respecté dans une large mesure les angulations préconisées par Bathien et Hugelin (1969) : le tronc fait avec la cuisse un angle de 120° , la jambe également. On obtient ainsi une bonne relaxation.

Tous ces facteurs ont une influence parasite qui peut, dans une certaine mesure, être prise en compte lors de la conception du protocole de recueil des données et lors du choix des procédures d'analyse. Ils restent une source de variabilité de la mesure et il convient d'en minimiser l'incidence.

POSTURE OCULAIRE ET ATTENTION SOMATIQUE

Le seul fait de contraindre l'orientation du regard pourrait, nous l'avons vu, affecter la performance dans une activité perceptive même non visuelle requérant l'attention. Aussi bien, avons-nous mis au point deux situations expérimentales voisines permettant d'aborder cette question dans le domaine somesthésique, peu étudié sous cet angle.

METHODES ET TECHNIQUES

- Fixation de la posture oculaire

Les participants sont assis devant une table équipée d'un panneau incliné sur la verticale d'environ 18° et d'un dispositif de contention réglable destiné à prévenir les mouvements de la tête et à aider le sujet à reproduire avec fidélité, après les pauses, la même posture du chef. Le panneau, centré par rapport au dispositif de contention, est mobile et on laisse le participant en ajuster l'éloignement ; la distance entre les yeux et le centre du panneau reste toutefois comprise entre 25 et 30 cm. Cinq pastilles noires de 1 mm de diamètre sont collées sur ce panneau : elles marquent les sommets et le centre d'un rectangle de 17 cm sur 9 cm dont les longueurs sont horizontales. Au début de chaque séance, on procède à des réglages qui ont pour effet d'amener au même niveau le point central et la lèvre supérieure du sujet. Les déviations de l'axe du regard occasionnées par la fixation des différents repères sont de $17^\circ \pm 2^\circ$ vers la gauche ou la droite et de $9^\circ \pm 1,5^\circ$ vers le haut ou le bas, selon l'éloignement du panneau.

- Stimulation

Les stimulations électriques appliquées au niveau de la cheville comportent 4 chocs élémentaires et sont délivrées par un stimulateur JAM. Les électrodes sont des cupules d'argent chloruré fixées au

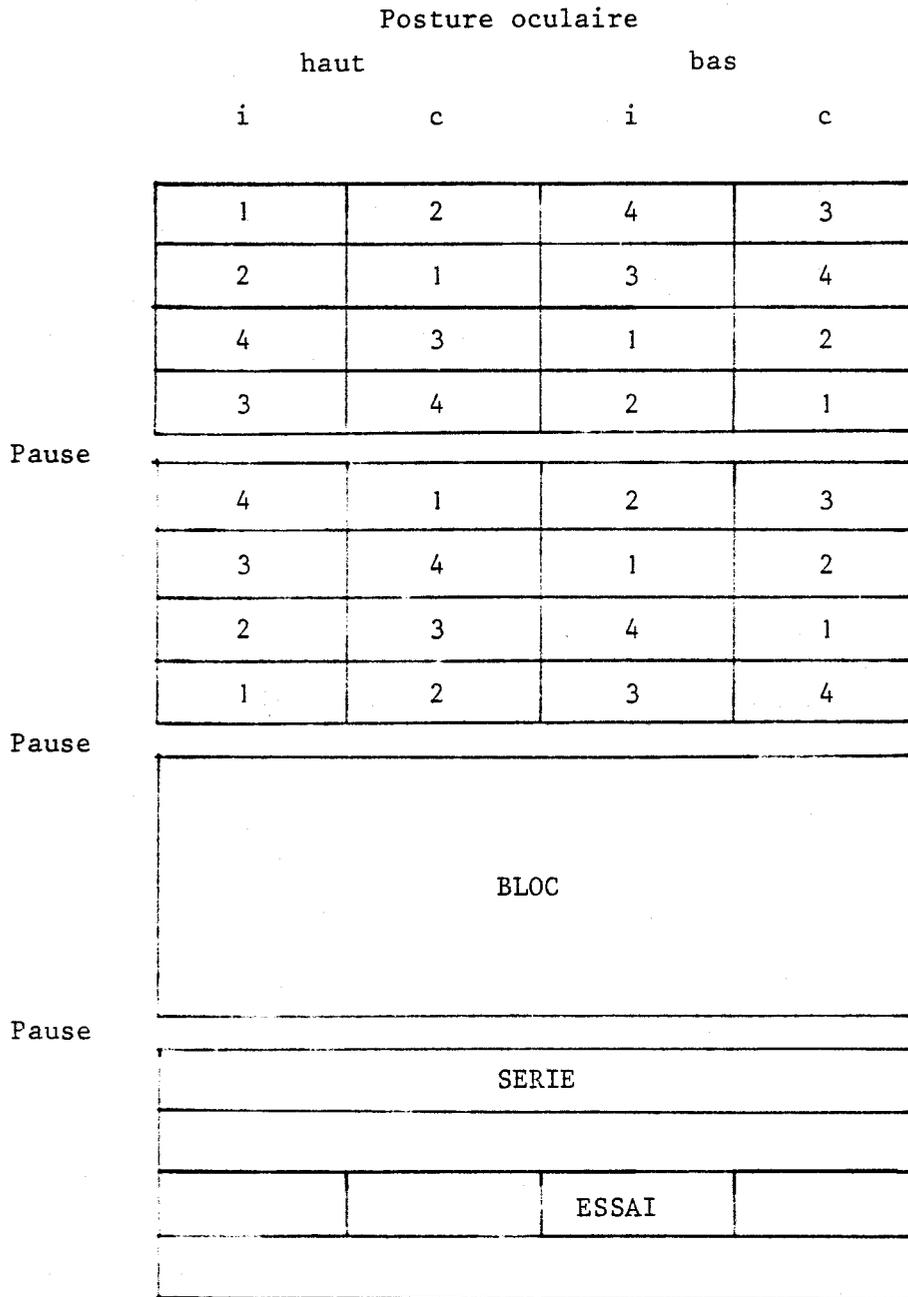


Figure 2

Organisation temporelle de l'expérience : "Performance dans une tâche de détection somesthésique en fonction de la posture oculaire."

Commentaires page 19.



moyen de collerettes adhésives, à 3 à 4 cm l'une de l'autre ; les surfaces de contact avec la peau mesurent 50 mm².

PERFORMANCE DANS UNE TACHE DE DETECTION SOMESTHESIQUE EN FONCTION DE LA POSTURE OCULAIRE (PO).

La tâche consiste ici à détecter et à compter des stimuli d'intensité voisine du seuil de perception ; sa difficulté garantit la focalisation de l'attention sur le territoire impliqué. La variable dépendante est le résultat du comptage. La réponse, verbale, est différée. Pendant l'exécution de la tâche, le participant doit fixer l'une ou l'autre des 4 cibles excentrées auxquelles correspondent les 4 degrés de la variable étudiée : l'axe du regard peut donc être dirigé du côté stimulé (i) ou du côté contralatéral (c) et vers le haut (h) ou le bas (b).

- Déroulement de l'expérience

La séance qui dure une bonne heure débute par la mise en place des électrodes, le repérage de la zone du seuil et le réglage du dispositif de contention. Au cours d'une même séance, un seul champ sural est utilisé, le gauche, dans la moitié des cas, ou le droit. L'expérience proprement dite commence après un bref entraînement au cours duquel le participant est instruit de ce qu'il aura à faire. Voici l'essentiel des consignes qui sont données :

Votre travail consistera à détecter et à compter des stimulations portées sur le pied. Je vous demanderai en outre de fixer l'un des quatre points cibles collés sur la feuille que vous avez devant vous.

L'expérience est découpée en "essais". Un essai se déroule en trois temps. Tout d'abord, un avertissement verbal vous indiquant la cible à fixer signale le début de l'essai (par exemple : "haut droit"). Puis, une seconde environ après l'avertissement, commence la série des stimulations. L'intervalle temporel les séparant est variable, ainsi que leur nombre et leur intensité. La question : "Combien ?" termine l'essai. Vous y répondez en annonçant le nombre des stimuli que vous avez perçus.

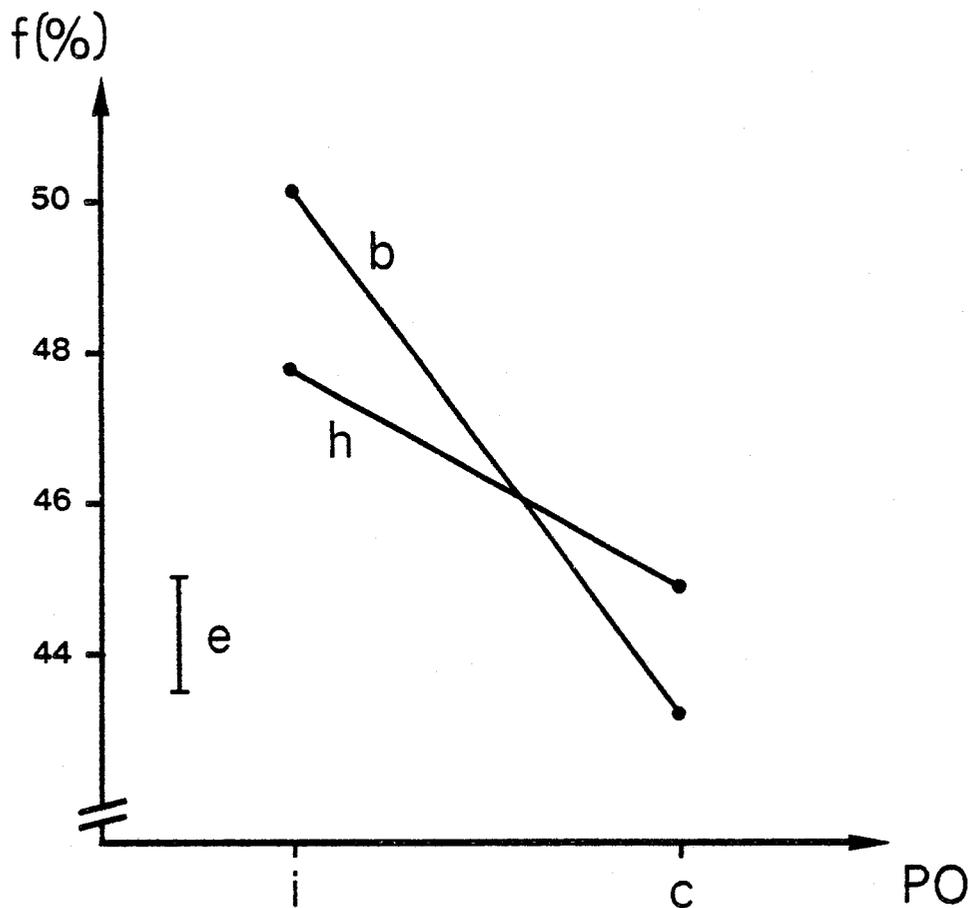


Figure 3

Fréquence de détection (f) de stimulations cutanées en fonction de la posture oculaire (PO).

Les yeux sont tournés vers le haut (h) ou vers le bas (b) et vers le côté contralatéral (c) au territoire stimulé ou vers le côté ipsilatéral (i).

Noter que la performance est meilleure quand les yeux sont tournés vers le côté stimulé.

e : erreur aléatoire

Soyez vigilants : l'intensité de certains chocs peut être très faible. Sachez aussi que certains essais sont vides, ne comportent aucun stimulus.

Installez-vous aussi confortablement que possible. Pendant les essais, tâchez de rester immobile et ne quittez pas des yeux le point indiqué.

Le protocole est découpé (Figure 2) en quatre blocs séparés par des pauses, lesquelles sont rendues nécessaires par le fait que la tâche exige un effort soutenu. Les blocs sont subdivisés en quatre séries, chaque série comprend quatre essais, un par cible. Au cours d'un essai, l'expérimentateur délivre quatre chocs cutanés identiques séparés par des intervalles temporels variables, de l'ordre de la seconde. Dans quelques cas, on a craint que le sujet puisse se rendre compte de la constance du nombre de stimuli par essai et on l'a fait varier (entre 3 et 7) d'une série à l'autre. L'usage de cette variante a vite été abandonné, les essais spéciaux que nous allons bientôt décrire permettant d'introduire une variabilité suffisante.

- Fluctuations du seuil de perception. Essais spéciaux

Le seuil de perception varie au cours du temps, parfois de façon considérable. Outre des variations phasiques liées par exemple à de brèves distractions, des modifications plus lentes se produisent : la tâche est répétitive et, la fatigue survenant, la concentration du sujet est difficilement maintenue constante d'un bout à l'autre de la séance.

Pour pallier l'inconvénient que constituent ces variations, nous avons permuté systématiquement l'ordre des essais d'une série à l'autre. La numérotation des essais des deux premiers blocs à la figure 2 donne un exemple du type de permutations opérées. Les variations du seuil sont parfois telles que l'intensité inconstamment perçue au cours d'une série l'est tout à coup - ou plus du tout - au cours de la série suivante. Il faut alors arrêter la série et la recommencer après ajustement de l'intensité.

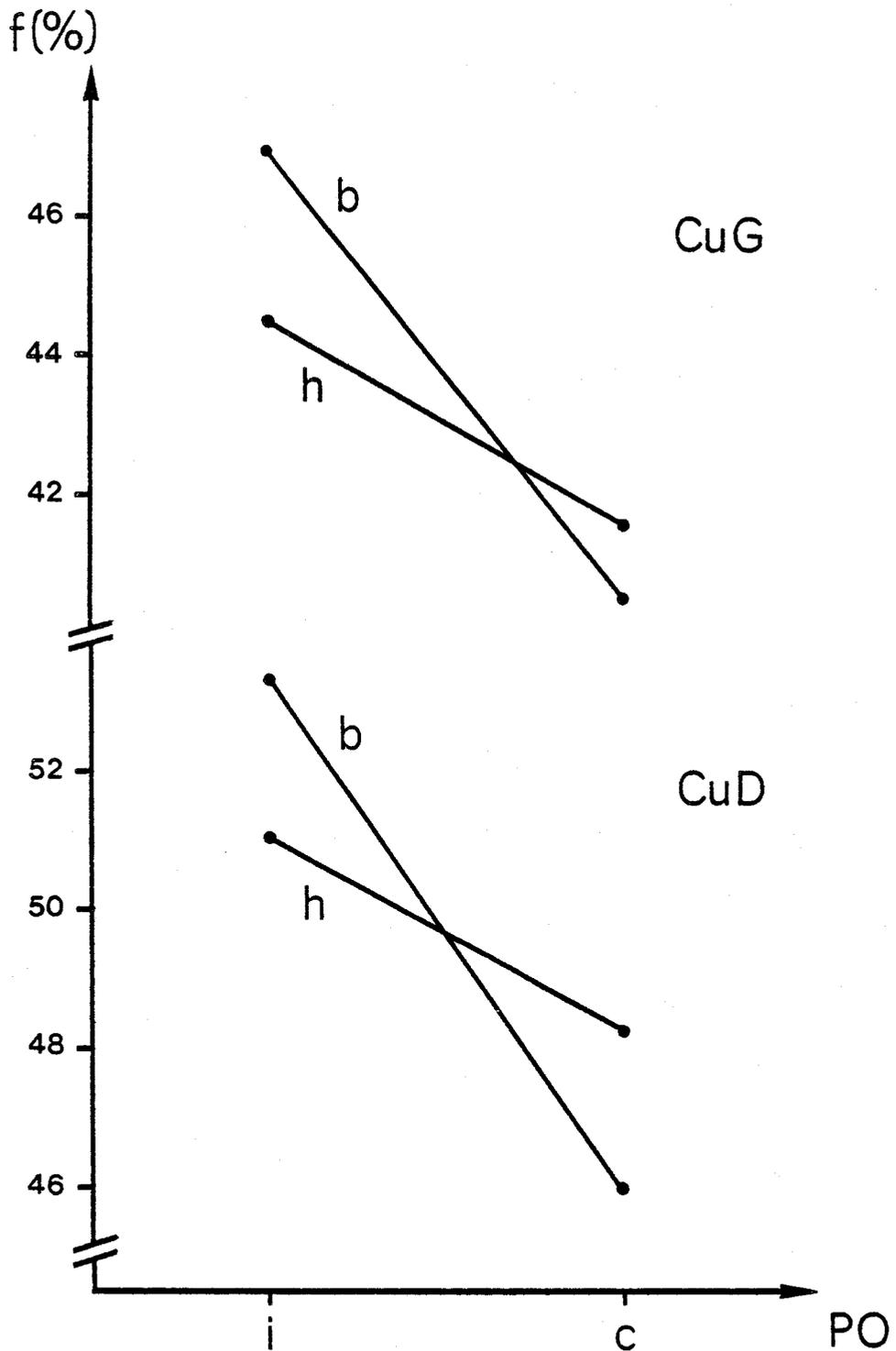


Figure 4

Fréquence de détection de stimulations cutanées en fonction de la posture oculaire et suivant le territoire sural stimulé gauche (CuG) ou droit (CuD).

Noter la similitude des diagrammes.

Mêmes abréviations que pour la figure 3.



Source de variation	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	p
Total	14 244.8	103			
(1) Expériences	9 037.5	25			
(2) Côté stimulé (D/G)		1	1024.39	3.07	NS
(1) - (2)	8 013.12	24	333.88		
Posture oculaire	732.24	3	244.08	3.93	< .025
Interaction PO x Côté	5.75	3	1.92	< 1	NS
Reste	4 475.09	72	62.07		
PO : h/b		1	3.11	< 1	NS
PO : i/c		1	622.30	10.02	< .005
PO, h : i/c		1	106.74	1.72	NS
PO, b : i/c		1	622.38	10.03	< .005
PO, Cu G, b : i/c		1	274.62	4.42	< .05
PO, Cu D, b : i/c		1	350.04	5.64	< .025

Tableau 1



La succession des essais ordinaires est émaillée d'essais spéciaux, caractérisés par un nombre de chocs différent de quatre, mais compris entre zéro et douze, pour lesquels on utilise éventuellement la cible centrale. Ces essais spéciaux permettent :

- . de procéder à l'ajustement de l'intensité entre les séries - l'intensité n'est jamais modifiée en cours de série.
- . d'introduire une variation perceptible du nombre de chocs par essai.
- . de vérifier la rareté des fausses détections (essais vides).

Deux remarques importantes doivent être faites concernant ces essais particuliers : ils ne sont pas comptabilisés et le sujet n'est pas averti de leur occurrence qui renforce simplement son sentiment d'une variabilité des conditions de stimulation d'un essai à l'autre. Cette variabilité réduit par ailleurs la monotonie de la tâche et contribue par là au maintien d'un niveau de vigilance élevé.

- Résultats

L'expérience a été répétée 26 fois. Quatorze personnes, 9 femmes et 5 hommes, y ont participé.

Pour chaque expérience et chaque point de fixation, on calcule le nombre total de détections que l'on exprime en pourcentage du nombre des stimuli effectivement délivrés (64 par conditions). Ces valeurs sont consignées dans l'annexe I. Le tableau 1 résume l'analyse de variance effectuée. Les résultats sont illustrés par les figures 3 et 4.

La moyenne générale des fréquences de détection est proche de 50 % ($\bar{f} = 46.5 \%$), ce qui est normal puisque l'on reste au voisinage du seuil de perception. Les moyennes individuelles s'échelonnent de 32.0 à 64.6 %. Si l'on sépare les sujets suivant le côté stimulé, les performances moyennes sont de 43.4 % de détections à gauche et de 49.6 % à droite. Une telle différence est acceptable compte tenu des variations interindividuelles ($F_{1/24} = 3.07$, NS). On peut considérer que les groupes stimulés à gauche et à droite ont travaillé à des niveaux moyens de détection comparables. De plus, le facteur "côté stimulé"

n'a pas d'incidence décelable sur l'effet de la PO ($F_{1/72} < 1$), ce qu'illustre la similitude des graphes Cu G et Cu D de la figure 4.

La posture oculaire affecte de façon significative la performance ($F_{1/72} = 3.93$, $p < .025$). Si l'on pousse l'analyse, on constate que ce n'est pas le fait de regarder en haut ($f = 46.3\%$) ou en bas (46.7%) qui importe ($F_{1/72} = 0.05$, NS), mais le fait de regarder du côté stimulé ($f = 49.0\%$) ou non ($f = 44.1\%$). La comparaison i/c est significative globalement ($F_{1/72} = 10.02$, $p < .005$) ; réduite aux seules cibles basses, elle l'est encore ($F_{1/72} = 10.03$, $p < .005$), même si l'on sépare les sujets suivant le côté stimulé, gauche ($F_{1/72} = 4.42$, $p < .05$) ou droit ($F_{1/72} = 5.64$, $p < .025$). Elle ne l'est pas pour les cibles hautes.

TEMPS DE REACTION SOMESTHESIQUE : EFFET DE LA POSTURE OCULAIRE.

Si la direction du regard altère la perception de stimulations cutanées, on peut raisonnablement faire l'hypothèse que le temps de réaction somesthésique s'en trouve affecté. C'est ce que nous avons examiné dans une seconde expérience.

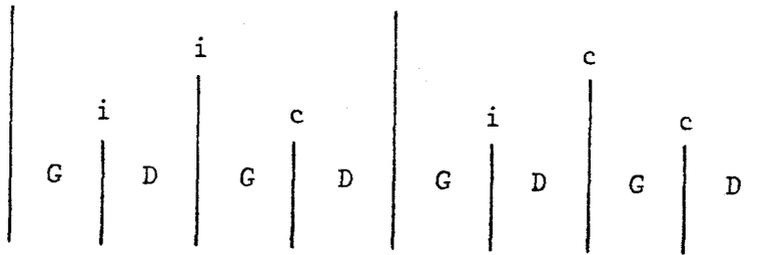
La situation expérimentale présente des différences avec la précédente.

- . On utilise désormais les deux territoires suraux au cours de la même séance.
- . Le nombre des degrés de la variable indépendante étudiée est réduit à deux : on ne garde que les 2 cibles basses.
- . L'adoption d'un nouvel indice, le TR manuel exige l'augmentation de l'intensité des stimuli, lesquels sont maintenant perçus à tout coup.
- . Dans le plan d'expérience, apparaît une nouvelle variable à deux degrés : par rapport au côté stimulé, la main avec laquelle la réponse (appui sur une presselle) est fournie peut être ipsilatérale (Mn i) ou contralatérale (Mn c).

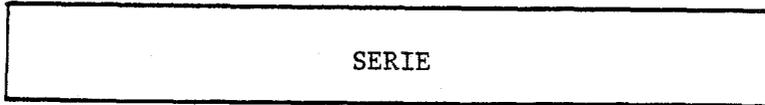
Posture oculaire

Main

Côté stimulé



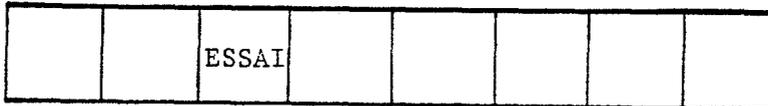
Pause



Pause



Pause



EXEMPLE

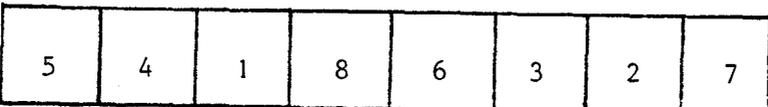
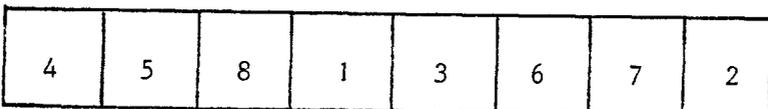
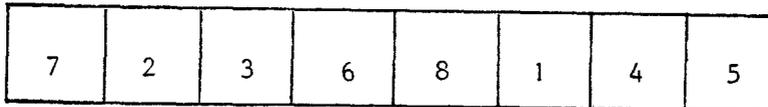
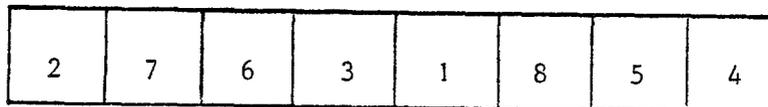


Figure 5

Organisation temporelle de l'expérience : "Temps de réaction somesthésique : effet de la posture oculaire."

Commentaires page 29.

- Stimulation et mesure du TR : techniques

L'intensité des stimuli vaut deux fois et demie le seuil de perception et diffère souvent d'un pied à l'autre. Au cours d'un même essai, un seul territoire est stimulé.

Avec une périodicité de quatre secondes, le stimulateur fait démarrer un compteur Gould TC 311 utilisé avec une base de temps d'une milliseconde. Lors des essais, il délivre en même temps un stimulus : le sujet répond en appuyant sur une presselle, ce qui arrête le compteur. Le TR reste affiché jusqu'à la fin de la période de quatre secondes.

- Déroulement de l'expérience

Avant l'expérience proprement dite, qui dure près de 40 mn pauses comprises, on entraîne le participant au maniement de la presselle et on l'instruit de ce qu'il aura à faire :

Nous allons étudier la rapidité de vos réactions à des stimulations cutanées.

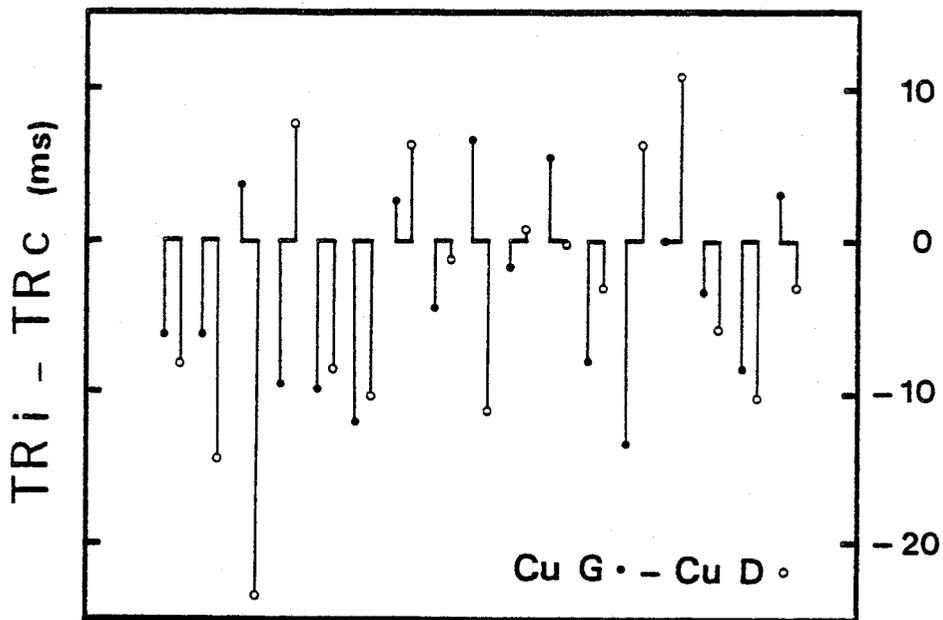
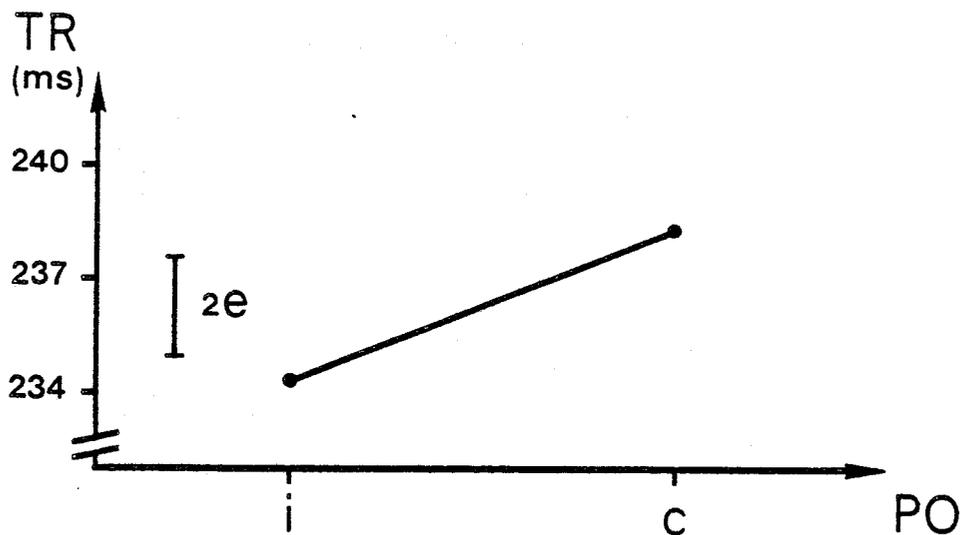
L'expérience est divisée en quatre parties entre lesquelles vous pourrez vous reposer quelques minutes. Chaque partie comporte plusieurs essais. Au cours d'un essai plusieurs stimulations sont données et vous devez répondre à chaque fois en appuyant le plus rapidement possible sur la presselle.

Avant chaque essai, je vous préciserai les "conditions de travail" - quel pied va être stimulé, avec quelle main vous devez répondre et aussi laquelle des deux cibles, collées sur la feuille qui est devant vous, vous aurez à fixer pendant la durée de l'essai.

Le rythme de stimulation est de un toutes les quatre secondes. Attendez de percevoir pour répondre, mais appuyez très vite dès que vous percevez.

En dehors des pauses, bougez le moins possible et, au cours de l'essai, ne quittez pas des yeux la cible indiquée.

N'hésitez pas à me demander de répéter les "conditions de travail" et à me signaler les moments de distraction et les mouvements involontaires qui peuvent survenir.



Sujets

Figure 6

Temps de réaction (TR) à des stimuli cutanés en fonction de la posture oculaire (PO).

Le TR est plus court quand les yeux sont tournés vers le côté stimulé (i) que quand ils sont tournés vers l'autre côté (c).

En haut : résultats moyens (17 sujets)

En bas : résultats individuels suivant le côté stimulé, gauche (CuG) ou droit (CuD)

e : erreur aléatoire



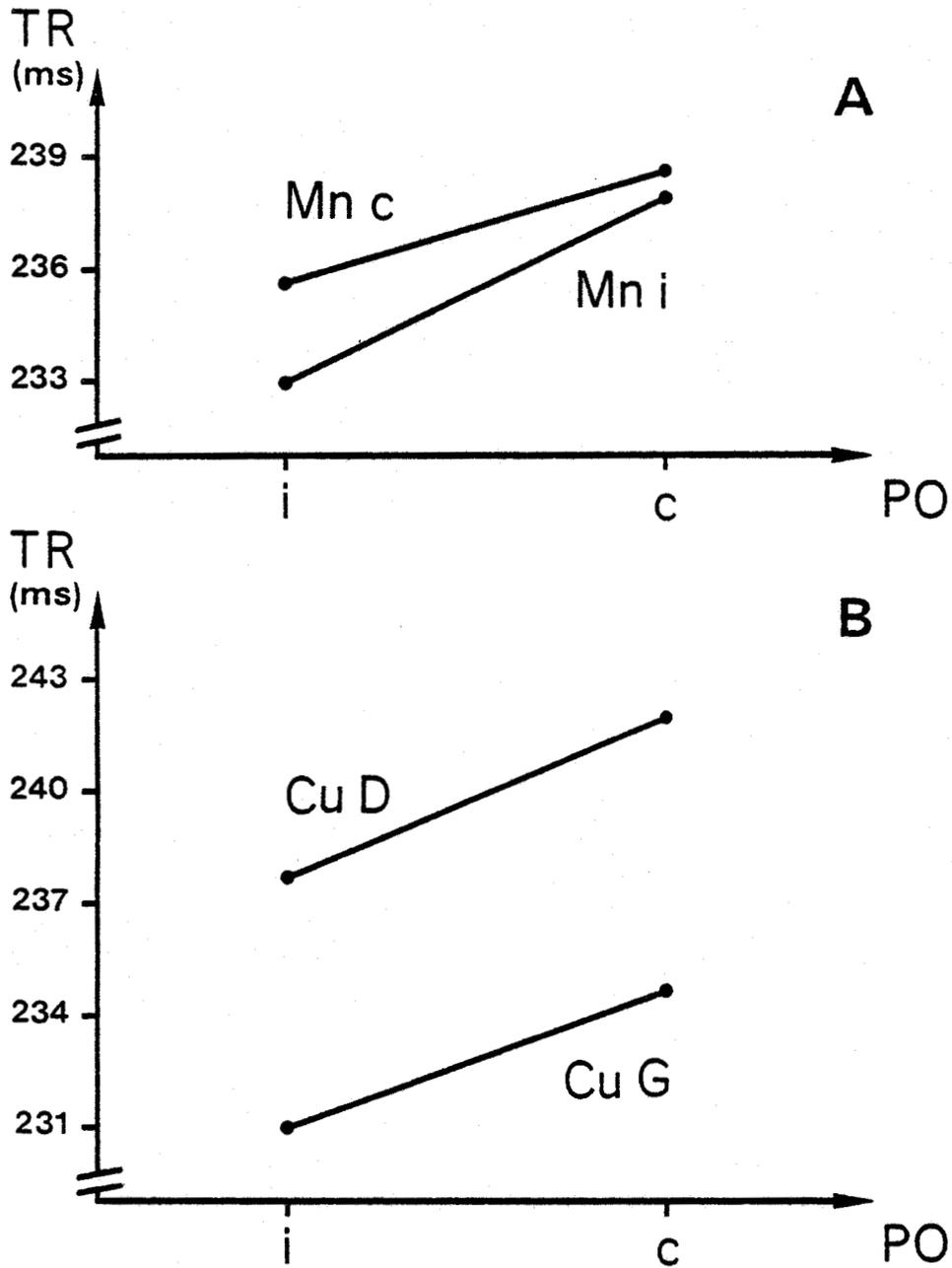


Figure 7

TR cutané en fonction de la posture oculaire (PO)

A : suivant la main (Mn) utilisée pour répondre

B : suivant le côté stimulé

Noter que, dans tous les cas, le TR est meilleur quand les yeux sont tournés vers le côté stimulé.

Mêmes abréviations que pour la figure 6.

Source de Variation	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	P
Total	148 962.5	135			
Sujet	126 508.6	16			
Côté stimulé		1	1 671.6	2.99	NS
Interaction Sujet x Côté	8 954.2	16	559.6		
Entre conditions					
Main, PO, Côté stimulé	2 495.0	7			
PO (i/c)		1	544.8	4.75	< .05
Main (i/c)		1	87.1	< 1	NS
Interactions					
Main, PO, Côté stimulé	191.6	4			NS
Reste	11 004.7	96	114.6		

Tableau 2

Remarque : Avant de procéder à l'analyse, on a diminué tous les TR de 150 ms.

Le découpage temporel et l'organisation séquentielle du protocole de recueil des données sont décrits dans la figure 5. Quatre séries de huit essais se succèdent. Chacun des huit essais correspond à une condition expérimentale, c'est-à-dire à une combinaison "cible - main - pied". Après l'énoncé de la combinaison, l'expérimentateur donne un avertissement verbal précédant d'environ quatre secondes le premier des huit stimuli consécutifs qui constituent l'essai. La constance des délais séparant les huit stimuli (4 secondes) tient lieu de signal préparatoire.

Comme dans l'expérience précédente, pour tenir compte des inévitables fluctuations de la performance au cours du temps, liées notamment à la fatigue, l'ordre de passation dans les différentes conditions est construit selon des règles illustrées par l'exemple de la figure 5, et modifié à chaque série.

- Résultats

Les deux premiers TR de chaque essai sont éliminés et on détermine la médiane des six autres. Pour chaque condition, on calcule la moyenne des quatre médianes correspondant aux quatre séries : c'est ce paramètre qui est soumis à analyse et qu'on a consigné dans la table de l'annexe II.

Six femmes et onze hommes ont subi l'expérience. L'analyse de variance (Tableau 2) porte donc sur les résultats de 17 expériences doubles puisque l'on utilise les deux territoires suraux chaque fois.

Le TR moyen, tous sujets et toutes conditions confondus est de 236.3 ms. Les moyennes individuelles se distribuent autour de cette valeur avec un écart-type de 31.4 ms. La part importante qui revient, dans la somme des carrés au facteur "sujet", témoigne de cette forte dispersion.

A propos du facteur "côté stimulé", rappelons que la stimulation a une intensité valant 2 fois le seuil de perception et que ce dernier ne fait l'objet que d'une détermination rapide en début de

séance : l'égalisation subjective des intensités n'est donc réalisée que de façon grossière. Comparé à ses variations interindividuelles, l'effet de ce facteur n'est pas significatif ($F_{1/16} = 2.99$, NS).

La comparaison principale concerne l'effet de la PO. Cet effet est significatif ($F_{1/96} = 4.75$, $p < .05$) : le TR est plus court quand les yeux sont tournés vers le côté stimulé, 234.3 ms contre 238.3 ms (Figure 6).

Statistiquement, le temps de réaction ne diffère pas, dans notre expérience, suivant que la réponse est donnée avec la main ipsilatérale au côté stimulé ou avec l'autre ($F_{1/96} < 1$, NS).

Après déduction de la part revenant aux facteurs déjà mentionnés, la somme des carrés résiduelle est trop faible pour qu'aucune des interactions doubles et triple entre les facteurs "main", "PO" et "côté stimulé" puisse être significative. On peut donc considérer que l'effet de la PO est le même quel que soit le côté stimulé (Figure 7B). La différence notable entre les pentes des segments de la figure 7A, suggérant une interaction Mn x PO, n'est pas suffisante pour atteindre le seuil de signification.

DISCUSSION

Nos résultats confirment l'importance de la posture oculaire dans les comportements attentifs orientés. Le seul fait d'imposer la direction du regard altère la performance dans une tâche de détection ou de temps de réaction à des événements somesthésiques latéralisés.

- Composante horizontale de la posture oculaire

La performance, dans nos expériences, est meilleure quand le regard est tourné du côté de la source de stimulation. Gopher (1971) parvient aux mêmes conclusions en étudiant l'attention auditive. Il faut noter que dans les deux cas, la fonction visuelle n'est en aucune manière sollicitée.

Kinsbourne (1970, 1974, 1975 ; voir aussi Kinsbourne et Hicks, 1978 et Guiard, sous presse) a émis une théorie de l'attention qu'il

convient de rappeler à propos de nos résultats. Si certains aspects et même certains fondements expérimentaux de cette théorie sont controversés (Boles, 1979), elle rend cependant compte d'un certain nombre de données concernant l'attention partagée et présente, pour nous, l'avantage de prendre en considération la sélectivité spatiale de l'attention et le rôle de la motricité oculaire. Pour Kinsbourne, l'attention sélective correspondrait à une activation différentielle des territoires cérébraux, le niveau d'activation d'un territoire interférant avec celui des territoires fonctionnellement proches. Le gradient global de latéralisation de l'attention résulterait d'une répartition asymétrique de l'activation des hémisphères cérébraux ; la motricité oculaire refléterait cette asymétrie (Kinsbourne, 1972). Il est intéressant de noter à cet égard que Crosby (1953), dans une revue de données anatomophysiologiques et cliniques concernant les mouvements horizontaux des yeux, mettait l'accent sur la multiplicité des centres dont l'activité est susceptible d'influencer ces mouvements ou de les mettre en jeu.

Les données de Gopher (1971, 1973), comme les nôtres, sont compatibles avec les vues de Kinsbourne. Ce dernier, toutefois, n'accorde aux mouvements oculaires qu'un rôle d'indicateur. A notre avis, les résultats des expériences où une contrainte est imposée à la posture des yeux indiquent aussi que la motricité oculaire en tant que telle constitue déjà un élément du comportement attentif. Le cadre théorique de Kinsbourne permet d'ailleurs d'envisager qu'à une commande motrice latéralisée correspond un "biais attentionnel" en faveur de l'hémisphère concerné. On pourrait ainsi faire l'hypothèse d'une utilisation "stratégique" des mouvements oculaires pendant l'attention spatiale.

La latéralisation de la posture oculaire n'a pas d'effet sur le versant moteur : le temps de réaction ne diffère pas suivant que la main utilisée est ipsilatérale à la direction du regard ou contralatérale. Ceci ne nous autorise pas à conclure qu'un tel effet n'existe pas en général. Quoi qu'il en soit, l'effet de la posture oculaire sur le versant perceptif apparaît plus saillant.

- *Composante verticale de la posture oculaire*

Dans l'expérience de détection, la performance est la même en moyenne que le sujet regarde en haut ou en bas. Cependant, l'effet de la latéralisation de la posture oculaire est beaucoup plus marqué pour les cibles basses que pour les autres. Sur ce point, il nous semble important d'apporter la précision suivante : la fixation des cibles hautes met les membres inférieurs à la limite du cône de vision virtuelle (la table empêche le sujet de voir ses pieds) ; par contre, lorsque les points bas sont fixés, les membres inférieurs entrent franchement dans ce cône. L'effet de la posture oculaire se manifesterait mieux quand la source de stimulation reste dans l'espace visuel, même virtuel.

REFLEXES POLYSYNAPTIQUES D'ORIGINE CUTANEE ET ATTENTION.

L'existence d'une expression motrice segmentaire des afférences issues de la peau offre la possibilité de reprendre chez l'homme l'examen d'une question importante et qui n'a reçu, à ce jour, aucune réponse claire : aux aspects sélectifs de l'attention correspond-il des modifications décelables de la transmission sensorielle dans les circuits spinaux ? L'attention sélective met-elle en jeu des commandes centrales à impact médullaire ?

Il convient ici de rappeler l'évidence de contrôles supra-spinaux multiples s'exerçant sur les circuits segmentaires et sur les afférences somatiques à leur entrée dans la moelle (Lundberg, 1964, 1967, 1969). En outre les mêmes propriétés de sélectivité qui motivent l'étude de l'intervention de ces commandes centrales dans la régulation de l'activité motrice fine fondent l'hypothèse de leur intervention au cours de l'attention.

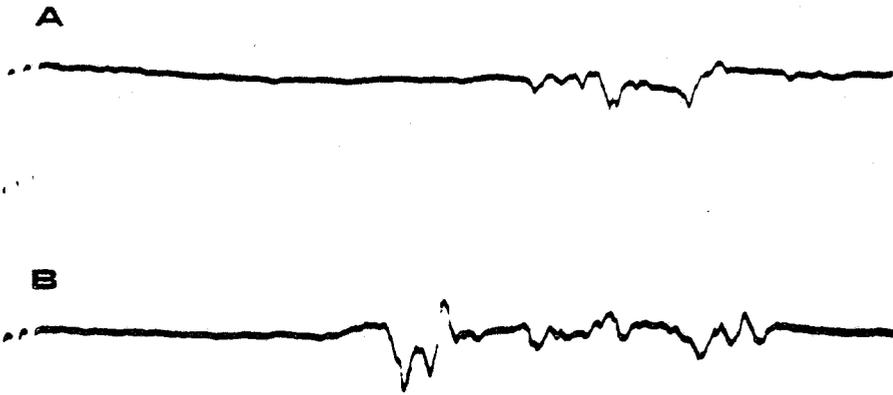
En ce qui concerne les moyens choisis pour tester cette hypothèse, à savoir l'utilisation des réflexes polysynaptiques des membres inférieurs comme indice, de plus amples justifications nous semblent nécessaires et nous les fourniront après avoir présenté les dits réflexes.

REFLEXES POLYSYNAPTIQUES DES MEMBRES INFÉRIEURS.

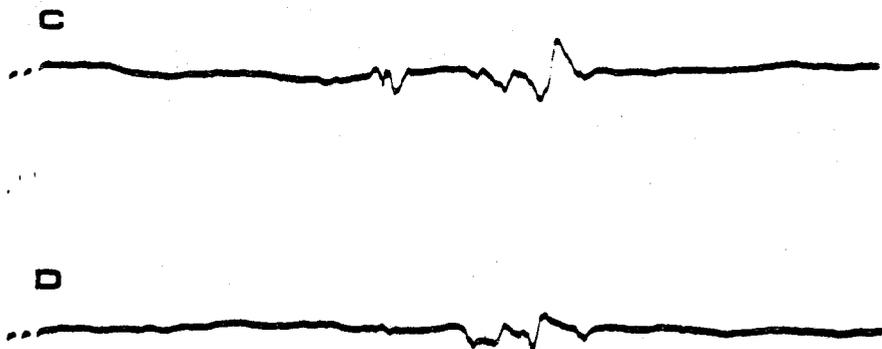
Les réflexes à point de départ cutané sont assez bien connus et l'on peut chez l'homme les évoquer sans trop de difficulté au niveau du membre inférieur (Hagbarth, 1960). Les travaux méthodologiques d'Hugon (1967) ont montré qu'il est possible de les enregistrer et de les mesurer de façon fiable. Ces réponses tendent à s'introduire dans l'arsenal du clinicien (Bathien et Bourdarias, 1972) et sont utilisées pour l'expérimentation psychophysique (Bathien, 1971 ; Willer, 1975).

Hugon et Chanelet (1964) indiquent que la stimulation électrique percutanée du nerf sural à son passage sous la malléole externe

CAP.
B2 G.



TAG.
B3 G.



100 ms

Figure 8

Réponses réflexes polysynaptiques AII et AIII du court biceps.

La même stimulation peut évoquer une réponse RAIII seule (A, D) ou précédée d'une réponse RAII (B, C). Dans ce dernier cas une période de silence sépare les deux réflexes.

Les tracés A et B sont recueillis sur un même muscle (court biceps gauche) dans les mêmes conditions de stimulation. Même chose pour C et D.



permet d'évoquer chez l'homme une réponse complexe dans le muscle court biceps de la loge postérieure de la cuisse, muscle fléchisseur de la jambe et rotateur externe du pied. L'étude électromyographique permet de distinguer deux réponses polyphasiques (Figure 8) qu'on peut obtenir simultanément. Hugon (1967) en a donné une description détaillée.

Une réponse précoce dite RAII correspond au recrutement d'afférents cutanés de gros calibre appartenant au groupe II de Lloyd et à une sensation de type tactile. De latence variable (50 à 80 ms), très inconstante et très difficile à obtenir chez le sujet naïf, cette réponse est brève et de morphologie stable ; d'après Hugon, elle exige une sommation temporelle et disparaît en général si la salve comprend moins de 6 chocs élémentaires.

Quelle que soit la durée de la stimulation, une autre réponse plus tardive apparaît si l'on augmente l'intensité. Elle correspond au recrutement des fibres du groupe III de Lloyd et à une sensation de type nociceptif. Au seuil, la latence est de 120 à 150 ms ; pour des intensités plus fortes, elle diminue jusqu'à atteindre des valeurs de l'ordre de 90 ms. Dans le même temps, l'amplitude et la durée croissent. Cette réponse dite RAIII peut toujours être obtenue si l'on utilise un train assez long de chocs suffisamment forts. Elle n'est obtenue dans des conditions acceptables par le sujet que dans huit cas sur dix.

Lorsque ces réponses apparaissent simultanément, elles sont séparées, pour des intensités acceptables, par un silence électromyographique. Sur la base des indications fournies par Hugon et de nos propres observations montrant sa relative constance, nous avons décidé d'utiliser la réponse RAIII.

JUSTIFICATION DE L'UTILISATION DE LA REPONSE RAIII POUR ETUDIER L'ATTENTION SELECTIVE.

Hugon (1967) avait déjà noté que l'apparition du réflexe RAIII coïncide avec celle de la douleur. Bonnet et Réquin (1972), étudiant l'évolution du même réflexe dans une situation d'attente préparatoire à un temps de réaction, observent une dépression importante des réflexes

polysynaptiques au cours de la période préparatoire et rapportent que, dans le même temps, les participants font état d'une atténuation de la sensation désagréable qu'évoque la stimulation nociceptive. La dépression des réflexes ne peut être imputée à un contrôle post-synaptique des motoneurones, le réflexe monosynaptique tendineux du court biceps ne montrant aucune diminution d'amplitude. L'étude psychophysique quantitative publiée en 1977 par Willer corrobore ces observations. Les sujets donnent, sur une échelle graphique linéaire, une estimation de la sensation subjective provoquée par des chocs électriques d'intensité variable (1 à 18 mA) appliqués au nerf sural. La borne inférieure de l'échelle correspond à une sensation tactile faible, la borne supérieure à une sensation très douloureuse. Dans ces conditions, la sensation se révèle être, en moyenne, une fonction croissante et quasi linéaire de l'intensité de stimulation.

Ces données de la psychophysiologie humaine sont à rapprocher de conclusions que Carpenter *et al.* (1965) tirent d'études électrophysiologiques de la transmission des afférences flexogènes au niveau segmentaire, chez l'animal : le contrôle supraspinal du transit de ces afférences vers les motoneurones d'une part, et vers les voies ascendantes, d'autre part, est parallèle et de même sens. Pour ces auteurs, il est probable que le réseau des interneurones des circuits de transmission constitue le point d'impact des influences descendantes, hypothèse que les investigations plus récentes n'ont aucunement infirmée (Oscarsson, note rapportée par Evarts, 1972).

Enfin rappelons qu'un certain nombre de travaux histologiques montrent que les mêmes fibres somatiques peuvent donner des branches ascendantes longues et être à l'origine de circuits segmentaires (Ramon y Cajal, 1909 ; Rastad *et al.*, 1977 ; Brown *et al.*, 1977).

Ce faisceau d'arguments plaide fortement en faveur :

- . d'une identité d'origine de voies ascendantes convoyant les messages substrats de l'activité perceptive et des voies segmentaires responsables des activités motrices polysynaptiques.

. d'un parallélisme, sinon d'une communauté, des contrôles centraux s'exerçant sur ces voies.

Ce point admis, le réflexe RAIII peut devenir le témoin des éventuels effets de la direction de l'attention sur la transmission des messages cutanés au départ des voies médullaires qui les véhiculent.

PROTOCOLE

La construction du protocole doit tenir compte de deux points importants. Rappelons tout d'abord que nous nous intéressons au versant sensoriel de l'attention, que le test choisi est moteur et que le foyer actuel de l'attention est déterminé par les consignes et surtout par la tâche. Celle-ci ne peut donc mettre en jeu une réponse à caractère moteur dont la latéralité suivrait le foyer de l'attention. Plus généralement, on doit s'efforcer d'exclure l'implication a priori de commandes motrices liées à la variable indépendante étudiée. Par ailleurs, puisque c'est l'effet de la direction de l'attention que nous voulons étudier, il faut prévoir la compensation des inévitables variations non spécifiques de l'indice au cours du temps. Il faut aussi que la nature et le niveau de difficulté de la tâche où se trouve engagé le sujet soient comparables quel que soit le foyer de l'attention.

Pour répondre à ces exigences, nous avons pris les dispositions suivantes : les participants sont munis d'électrodes de stimulation sur les deux pieds et reçoivent des chocs réflexogènes standard soit sur un pied, soit sur l'autre, dans une succession aléatoire. L'introduction d'un certain nombre de stimulations d'intensité différente permet, par le biais d'une tâche d'estimation ou de détection, n'impliquant a priori aucun contrôle moteur préparatoire (la réponse verbale est différée), de maintenir l'attention dirigée sélectivement vers les afférences issues de l'un des pieds, le gauche par exemple. On mesure dans cette condition la réponse évoquée par les stimulations standard au niveau du court biceps gauche. En dirigeant ensuite l'attention vers le pied droit, par le même biais, on peut réaliser, toujours au niveau du court biceps gauche, une autre série de mesures de l'acti-

tivité réflexe dans une deuxième condition où, toutes choses égales par ailleurs, l'attention ne porte plus sélectivement sur les afférences qui déclenchent cette activité. La symétrie de la situation permet d'obtenir au niveau du court biceps droit, dans le même temps et dans l'ordre inverse, deux séries similaires de mesures.

Revenons pour y insister sur le caractère aléatoire de la succession des stimuli : une séquence prévisible conduirait à des variations indésirables de l'attention sur sa dimension intensive (Näätänen, 1975).

Les deux expériences que nous allons décrire maintenant obéissent à ces règles. Elles diffèrent par leur découpage temporel et la nature de la tâche imposée (estimation ou détection). Dans la seconde, on a ajouté une condition "non attention" (sans tâche) pour étudier l'attention sur sa dimension intensive.

RAIII ET ATTENTION SELECTIVE.

Des stimulations sont appliquées au hasard sur le pied gauche ou sur le droit. Au cours d'une série donnée, le participant doit estimer l'intensité des stimuli portés d'un côté par rapport à une référence. Lors de la série suivante, l'attention est dirigée de l'autre côté.

La variable indépendante est la direction de l'attention (DA) qui peut être, par rapport au côté stimulé, ipsilatérale (i) ou contralatérale (c). La variable dépendante est la surface de l'électromyogramme du réflexe RAIII, paramètre représentatif du nombre de motoneurones mis en jeu par la volée réflexogène.

- *Techniques*

La chaîne de stimulation comprend un neurostimulateur Grass S88, deux unités d'isolement Grass SIU 5 et deux unités à courant constant Grass CCU 1A. Les électrodes sont des tiges d'argent entourées de coton et de gaze imbibés de solution saline. Elles sont montées sur

une plaquette de plexiglass : leur écartement centre à centre est ainsi fixé à 3 cm. Pour chacune, la surface de contact avec le revêtement cutané est de l'ordre du cm^2 . La cathode est placée sous la malléole, l'anode vers l'avant et le bas. Le potentiomètre de l'unité à courant constant est remplacé par une boîte de résistances, ce qui permet d'obtenir une meilleure reproductibilité des intensités délivrées. En début de séance, pour chaque pied, on détermine la gamme des intensités à estimer. Elle comprend cinq termes qui suivent une progression géométrique de raison $2/3$ et de premier terme $I_0 + 2 \text{ mA}$, I_0 correspondant au seuil de réponse.

Le stimulus est une salve de fréquence interne 500 Hz et de durée 20 ms, annoncée par un son la précédant de 2 secondes. La séquence son - stimulus est déclenchée manuellement toutes les 10 secondes environ. Un tel intervalle permet d'éviter les effets cumulatifs observés avec des cadences plus élevées (Hugon, 1967).

L'électromyogramme du réflexe RAIII est capté entre deux cupules d'argent placées à 3 cm l'une de l'autre sur la peau recouvrant la partie tendineuse saillante du court biceps, à proximité du creux poplité. Après amplification (préamplificateur Grass P 511G, gain 5000, BP : 0,3 - 3000 Hz), l'EMG est stocké sur bande magnétique (enregistreur Schlumberger MP 5521, BP : 0 - 1250 Hz). Une piste est réservée à des signaux de repérage contemporains des trains de stimulation. Ces signaux permettent l'automatisation du dépouillement des enregistrements, au cours duquel l'électromyogramme du RAIII est intégré après redressement. La fenêtre d'intégration est réglée en fonction des caractéristiques temporelles (latence, durée) des réponses ; elle est maintenue constante pour toutes les opérations concernant un même muscle. L'intégrateur convertit la surface de l'EMG en impulsions normalisées sommées par un analyseur multicanaux Intertechnique Didac 800. La traduction numérique est assurée par une imprimante.

- Déroulement de l'expérience

Chez des sujets non entraînés, le seuil de la réponse polysynaptique peut présenter des variations systématiques et importantes

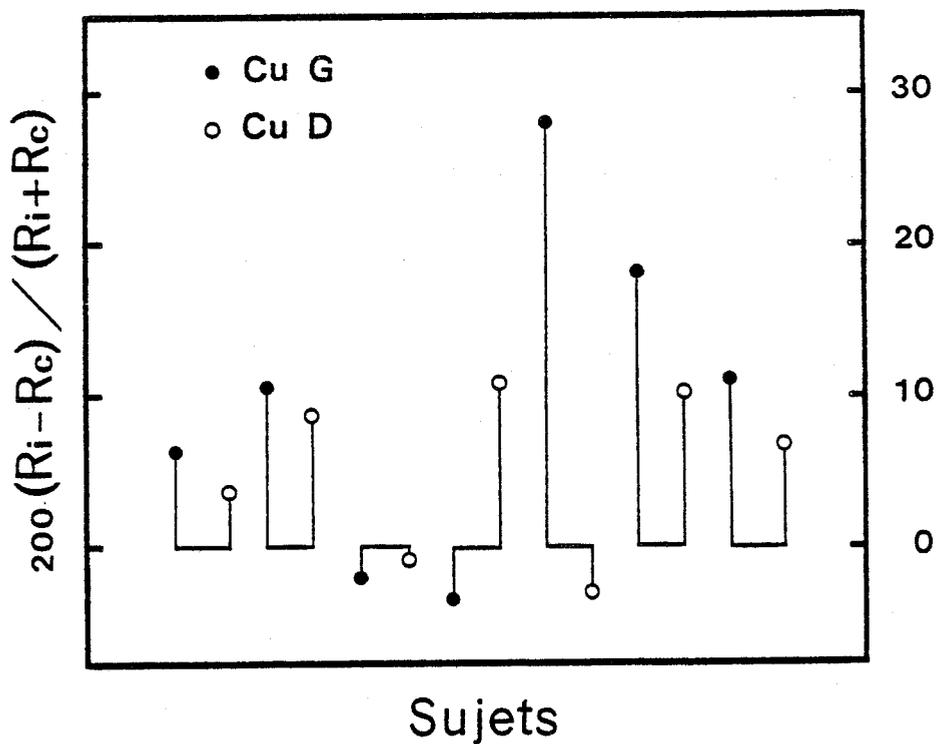
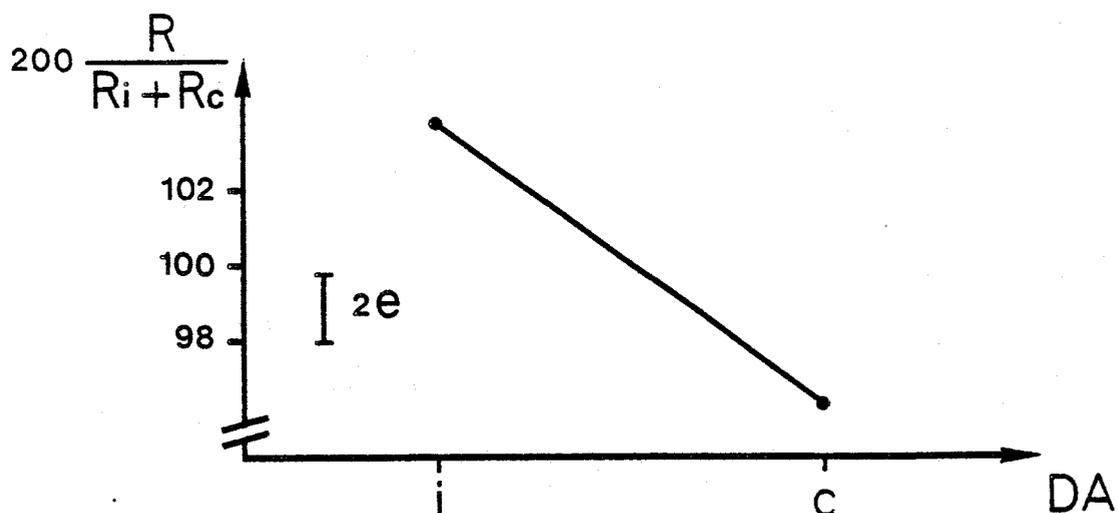


Figure 9

Effet de la direction de l'attention (DA) sur le réflexe RAIII (R).
L'attention est centrée sur le territoire sural stimulé (i) ou sur le territoire contralatéral (c). Noter que le RAIII est plus grand dans le premier cas.

En haut : résultats moyens

En bas : résultats individuels suivant le côté testé, gauche (CuG) ou droit (CuD)

e : erreur aléatoire



(Willer, 1975). En conséquence, nous consacrons deux séances préliminaires à accoutumer le participant à la stimulation nociceptive.

La séance expérimentale dure une heure et demie à deux heures, commence avec l'installation du sujet, la recherche des seuils et la mise au point des gammes. L'expérience proprement dite est précédée par la lecture des consignes :

Vous allez participer à une expérience visant à étudier les modifications des possibilités perceptives dans des situations perturbées.

L'expérience est divisée en séries, au cours desquelles des stimulations électriques vous seront délivrées. Au début de chaque série, j'annoncerai "pied droit" ou "pied gauche". Si j'annonce "pied gauche", cela signifie que vous devez porter votre attention vers ce pied pendant toute la série et que vous devez estimer, le plus précisément possible, toutes les stimulations délivrées sur ce même pied. L'estimation doit être faite par rapport à la référence, de valeur cent, donnée trois fois au début de la série.

Au cours d'une série "pied gauche", des stimulations perturbatrices sont délivrées sur le pied droit : vous n'avez pas à les estimer, essayez de n'y prêter aucune attention et de rester bien focalisé sur le pied gauche. De même, si j'annonce "pied droit", cela signifie que vous avez à estimer les stimulations délivrées sur le pied droit et uniquement celles-ci.

Les séries sont groupées en blocs. Des pauses sont prévues entre les blocs afin que vous puissiez vous détendre.

Le sujet reçoit ensuite dix-huit séries de stimuli. L'attention porte sur le territoire sural droit pour neuf séries (D) et sur le gauche pour les neuf autres (G). L'arrangement séquentiel des séries est le suivant :

G D	D G	D G	G D	G D	D G	D G	G D	G D
Entraînement	Bloc 1		2		3		4	

Après deux séries d'entraînement (non exploitées), viennent quatre blocs comprenant chacun deux paires de séries. Celles-ci comportent toutes 19 stimuli. Les trois premiers, d'intensité moyenne (3e terme



Source de variation	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	p
Total	1.0568	223			
DA (i/c)	.0788	1	.0788	8.75	< .01
Interaction DA x Côté	.0072	1	.0072	< 1	NS
Interaction DA x Côté x Sujet	.1003	13	.0077	< 1	NS
Contrastes					
Cu G : DA	.0668	1	.0668	7.42	< .01
Cu D : DA	.0192	1	.0192	2.13	NS
Reste	.8705	97	.0090		

Tableau 3

de la gamme), servent de référence pour les estimations ultérieures et contribuent à focaliser l'attention. Suivent, dans un ordre aléatoire, quatre chocs réflexogènes (premiers termes des gammes) de chaque côté et huit chocs moins intenses, du côté où porte l'attention. L'ordre de présentation est construit à partir d'une table de nombres au hasard et varie d'une série à l'autre.

- *Résultats*

Sur quatorze volontaires, trois n'ont pas présenté la réponse RAIII pour des intensités de stimulation supportables et n'ont pas été retenus. Les enregistrements de quatre autres n'ont pas pu être exploités pour des raisons techniques. L'analyse porte donc sur les données (Annexe III) de sept sujets, quatre femmes et trois hommes.

Une paire de séries permet d'obtenir quatre mesures de la variable indépendante par muscle et par condition d'attention. Le paramètre retenu est la médiane (R) de ces quatre mesures : on dispose donc pour le traitement de huit couples de valeurs par jambe et par sujet, les éléments d'un couple correspondent aux deux directions de l'attention (i et c). Un examen préliminaire des données révèle une forte corrélation entre la dispersion des différences estimée, pour chaque jambe, par $\sum |R_i - R_c|$ et le niveau de la réponse estimé par $\sum |R_i + R_c|$. Le coefficient de Bravais-Pearson est significatif ($r = .73$; $p < .01$, quatorze paires) et, avant traitement statistique, les médianes sont rapportées à la somme des éléments du couple auquel elles appartiennent :

$$R' = R / (R_i + R_c)$$

L'effet de la direction de l'attention est net ($F_{1/97} = 8.75$, $p < .01$) : le réflexe polysynaptique est plus grand lorsque l'attention porte sur les afférences qui le déclenchent (Figure 9). Les variations de cet effet entre les quatorze muscles testés ne sont pas significatives ($F_{13/97} < 1$). La différence moyenne ($R_i - R_c$) est de même signe quel que soit le côté testé ; elle est significative à gauche ($F_{1/97} = 7.42$, $p < .01$), mais non à droite ($F_{1/97} = 2.13$). L'analyse de variance est résumée dans le tableau 3.

EFFETS DE L'ATTENTION SUR LE RAIII.

Cette expérimentation a beaucoup de points communs avec la précédente. Elle a été entreprise pour en vérifier les résultats. On s'intéresse ici en plus à l'effet global de l'attention.

Le sujet est stimulé sur le pied droit, ou sur le gauche, dans un ordre aléatoire. A certains moments, il n'a rien à faire. A d'autres, il doit reconnaître des stimuli signaux, soit sur un pied, soit sur l'autre. La variable dépendante reste la surface de l'électromyogramme de la réponse RAIII. La variable indépendante a un degré supplémentaire : l'attention peut porter sur les afférences qui déclenchent le réflexe (i), être dirigée vers le territoire contralatéral (c), ou n'être pas fixée.

- *Techniques*

Au début de chaque séance on explore les régions submalléolaires. Les électrodes sont fixées en un site pour lequel le sujet perçoit la stimulation comme provenant du bord latéral externe du pied. Les stimuli sont des salves de trois impulsions. Ils se suivent à une cadence de 0,2 Hz. Pour chaque muscle, on mesure le seuil I_0 et on détermine deux intensités. L'une, réflexogène, vaut $1,3 \times I_0$: c'est l'intensité "standard" ; l'autre vaut $0,9 \times I_0$: c'est l'intensité "signal" que le sujet devra reconnaître. Une étude rapide réalisée lors des séances préliminaires montre qu'avec un tel écart, le signal est reconnu dans 50 à 70 % des cas.

La réponse est captée entre deux électrodes creuses Beckman. Elle est enregistrée et intégrée avec le même matériel que dans l'expérience précédente : préamplificateur Grass (BP : 3 - 3000 Hz), enregistreur Schlumberger (BP : 0 - 2,5 kHz). Deux pistes sont réservées à des marqueurs d'évènements : crêneaux positifs pour les stimuli standard, négatifs pour les signaux.

- *Déroulement de l'expérience*

L'expérience est organisée en quatre blocs séparés par des repos de quelques minutes. A l'intérieur de chaque bloc, la séquence des stimuli est aléatoire et construite à partir d'une table de nombres au hasard.

Avant le premier bloc, qui comporte une trentaine de chocs standard, soit quinze sur chaque pied, le sujet ne reçoit aucune instruction particulière, hormis celles de ne pas bouger et de rester détendu. Avant le second, par contre, l'expérimentateur lit la consigne suivante :

Nous étudions les capacités de détection du signal en présence de stimulations parasites. Vous recevrez, au hasard, des stimulations sur le pied droit, ou sur le gauche. Il vous sera demandé de porter sélectivement votre attention sur le pied que je vous indiquerai, afin de détecter les stimulations plus faibles délivrées sur ce même pied.

Pour chaque détection, vous recevrez une prime d'un franc et il vous sera décompté cinquante centimes pour les fausses détections.

Les blocs 2 et 3 ont la même composition : 80 stimulations, 40 sur chaque pied, dont 30 standard. Ils sont précédés par cinq ou dix chocs standard de référence, du côté où porte l'attention. Le sujet doit repérer les signaux, d'un côté au deuxième bloc et de l'autre au troisième. L'ordre est inversé d'un sujet à l'autre.

Pour le quatrième bloc, on invite le participant à relâcher son attention et on lui indique que ce dernier bloc, qui a la même composition que le premier, ne comporte que des stimulations standard.

- *Résultats*

Des essais ont été effectués sur vingt-deux sujets. Dix-neuf présentaient la réponse AIII pour des intensités supportables et dix-sept d'entre eux ont accepté de revenir. Quatorze ont subi l'expérience complète. Parmi ceux-ci, six seulement ont fourni des données

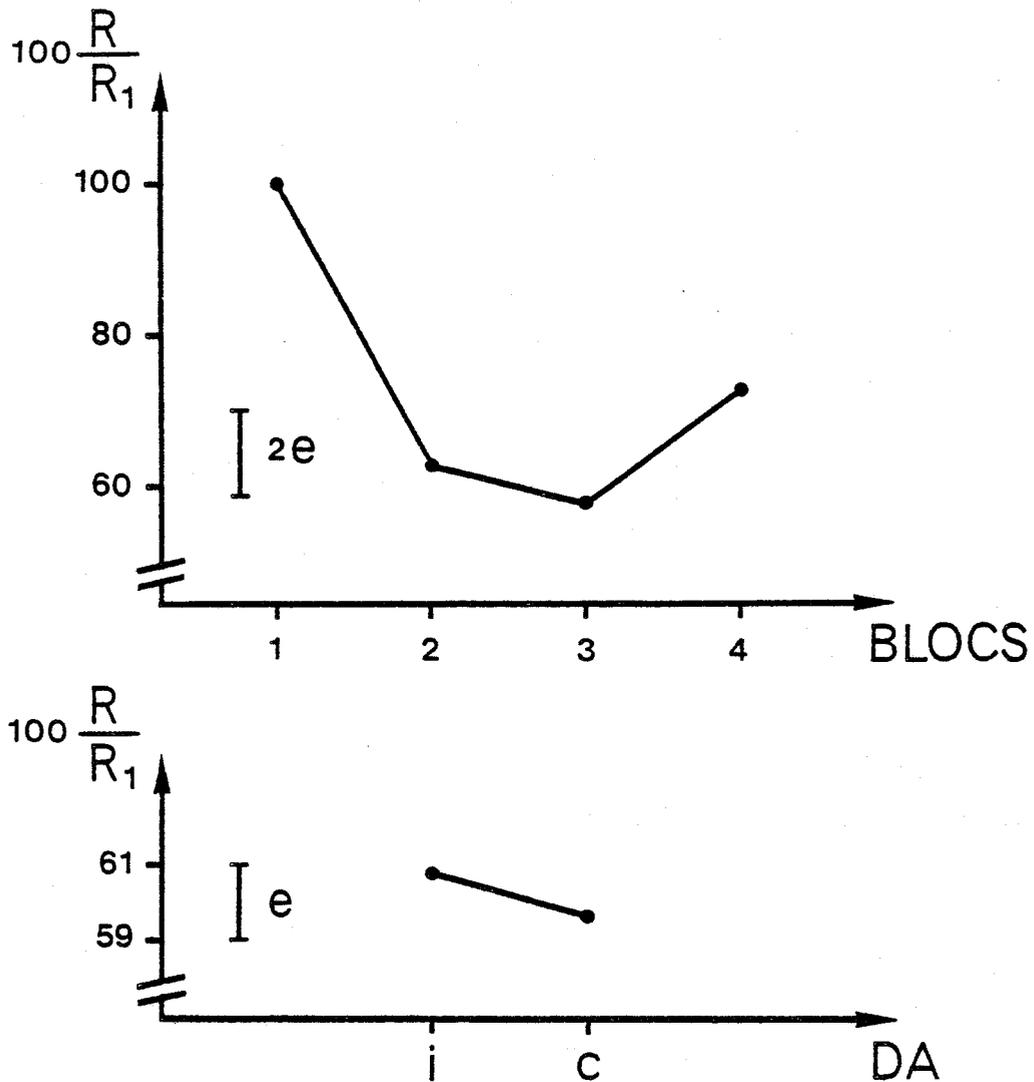


Figure 10

Evolution du réflexe RAI (R) au cours de l'attention.

En haut : effet global de l'attention. Au cours des blocs 2 et 3, l'attention du sujet est centrée sur les territoires suraux ; au cours des blocs 1 et 4, il n'a rien à faire. Noter l'importance de la dépression due à l'attention et sa persistance.

En bas : effet de la direction de l'attention (DA).
Cet effet est ici quasi inexistant.

i : ipsilatéral (par rapport au côté testé)

c : contralatéral

e : erreur aléatoire



Source de variation	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	p
Total	36 114.3	47			
Sujet, côté	10 863.9	11			
Blocs	12 776.0	3	4 258.7	11.27	< .005
Reste	12 474.3	33	378.01		
<i>Comparaisons partielles (contrastes)</i>					
B1/B2		1	8 396.3	22.21	< .005
B1/B3		1	10 626.0	28.11	< .005
B1/B4		1	4 499.1	11.90	< .005
B2/B3		1	131.1	< 1	NS
B2/B4		1	603.0	1.60	NS
B3/B4		1	1 296.5	3.43	NS
<i>Analyses partielles (B2, B3)</i>					
Total	8 775.1	23			
Sujet, côté	8 231.5	11			
DA	7.9	1	7.9	< 1	NS
B2/B3	131.2	1	131.2	3.43	NS
Reste	404.5	9	44.9		

Tableau 4



exploitables. Les autres ont été éliminés du traitement pour diverses raisons :

- . non application de la consigne (un cas)
- . disparition progressive de la réponse (deux cas)
- . apparition de réponses RAI (cinq cas, dont un douteux)

Lorsqu'elle apparaît, dans nos expériences, la réponse AII est inconstante : en outre, on observe plus de RAI au troisième bloc qu'au second et, semble-t-il, plus à gauche qu'à droite. De plus, les RAI précédés de RAI sont plus grands (vérification statistique faite sur trois sujets).

Pour chacun des six sujets restants et pour chaque condition, nous calculons la valeur moyenne de l'amplitude du réflexe (R) et pour chaque sujet, ces valeurs sont rapportées à celle (R₁) obtenue pour le premier bloc :

$$R' = 100 R/R_1$$

Les valeurs de R' sont consignées dans l'annexe IV.

L'analyse de variance porte sur le paramètre R' (Tableau 4). Elle révèle un effet massif de l'attention (Figure 10) : le RAI est déprimé, fortement dès le deuxième bloc (- 37 %, F 1/33 = 22.21, p < .005), encore plus au troisième (- 42 %). La dépression persiste après cessation de la tâche : le réflexe ne retrouve pas son niveau de départ au quatrième bloc (F 1/33 = 11.90, p < .005) et le relèvement d'amplitude de B3 à B4 n'est pas significatif. A noter que chez les sujets écartés du traitement pour disparition du réflexe, celle-ci survient aux blocs 2 et 3.

La direction de l'attention n'a aucun effet significatif.

DISCUSSION

- Dépression du RAI au cours de l'attention

Le résultat le plus saillant de notre étude du réflexe AII est la dépression qu'il subit au cours de l'attention. Les observations (non systématiques) que nous avons pu faire lors de la première expé-

rience ne laissaient pas prévoir un effet si marqué. La cadence de stimulation étant de 0,2 Hz dans la seconde expérience au lieu de une toutes les dix secondes dans la première, nous avons pensé d'abord à un effet cumulatif. Cependant, Hugon (1967) a montré que l'effet cumulatif de stimulations nociceptives consécutives consiste en une facilitation de la réponse AIII. Hugon *et al.* (1965) utilisent la technique du double choc et montrent que le réflexe retrouve son niveau de référence quand le délai séparant le choc nociceptif conditionnant du choc test atteint 0,5 s. La netteté de l'effet que nous obtenons pourrait être liée au niveau de motivation élevé de nos sujets : rappelons que des primes récompensent les bonnes réponses. L'existence d'une dépression du RAIII au cours de l'attention est mentionnée dans la littérature. Bathien (1971) met en évidence le phénomène avec des situations pour lesquelles l'attention est portée dans d'autres modalités que la somesthésie : la dépression ne présenterait donc pas de spécificité modalaire. Il montre que le niveau intensif de l'attention requis par la tâche détermine l'importance des effets mesurés sur les réflexes des membres inférieurs. Bathien et Hugelin (1969) rappellent que la stimulation réticulaire engendre chez le chat des effets similaires.

Outre l'existence de la dépression, nos résultats en montrent la persistance. Il est remarquable que l'effet dure au moins le temps de la pause séparant le troisième bloc du quatrième, soit plusieurs minutes.

- Effet de la direction de l'attention

Dans la première expérience, le RAIII est plus grand lorsque l'attention porte sur les afférences qui le déclenchent. Cet effet n'est pas retrouvé dans la seconde expérience.

La profonde dépression que nous avons enregistrée contribue peut-être à empêcher l'expression de modulations plus fines. L'organisation temporelle de la seconde expérience est, en tout cas, moins favorable que celle de la première à cette expression, si l'on en croit les conclusions que tirent Posner *et al.* (sous presse) d'un travail portant sur l'attention visuelle. Dans cette étude, les sujets ont devant eux quatre



cibles. A chaque essai, l'une d'entre elle peut s'allumer et le sujet doit répondre en pressant un bouton, quelle que soit la cible éclairée. Les probabilités d'allumage des cibles sont différentes et la direction de l'attention est manipulée en communiquant ces probabilités au sujet. L'effet de la direction de l'attention sur le TR, net quand les probabilités sont données à chaque essai, s'estompe fortement quand la direction de l'attention est fixée pour tout un bloc d'essai. Pour Posner *et al.*, la focalisation de l'attention serait difficile à maintenir longtemps et l'usage répandu de longs blocs pourrait expliquer certaines discordances entre les données de la littérature. Or, dans notre deuxième expérience, le foyer de l'attention reste le même pendant 7 à 8 minutes contre à peine 3 minutes la première fois.

Une autre différence entre les deux situations est peut-être à considérer. La probabilité que survienne une stimulation du côté où porte l'attention est de .75 pour la première situation expérimentale et de .50 dans la seconde ; l'inégalité instaurée dans le premier cas contribue à la fixation de l'attention. Toutefois les stimuli portés du côté contralatéral restent relativement fréquents ($p = .25$) et les sujets sont prévenus de leur existence. Il ne nous semble donc pas nécessaire de faire l'hypothèse d'un effet éveillant de ces stimuli.

- Apparition de réponses AII

Dans la seconde expérience, nous explorons le territoire sural et les électrodes sont placées en regard du nerf sural. Aucune exploration n'est faite pour la première expérience et l'on ne stimule vraisemblablement que la peau. En stimulant la peau, on recrute principalement des fibres du groupe III (Willer, 1977), alors qu'un choc appliqué au nerf sural recrute à la fois des fibres du groupe II et des fibres du groupe III. Willer (1977) montre qu'il est plus facile d'évoquer une réponse AIII en stimulant la peau qu'en stimulant le nerf sural et en déduit que les afférences du groupe II inhibent indirectement celles du groupe III. Il existe d'ailleurs, en faveur d'un tel mécanisme, un certain nombre de données qui conduisent Wall (1980) à maintenir la théorie du "gate control" que Melzack et lui-même avaient proposée en 1965.

Il n'est donc pas impossible que l'apparition des RAII soit due à une facilitation non spécifique lors de l'éveil de l'attention, des messages empruntant les fibres cutanées de grand diamètre. Dans la mesure où cette facilitation affecterait les terminaisons présynaptiques, elle aurait pour conséquence, d'après la théorie du "gate control" une réduction du transit dans les fibres de faible calibre et donc une dépression des réponses AIII.

Nos résultats ne concernent qu'un petit nombre de sujets et sont donc à considérer avec prudence. Ils indiquent que l'attention s'accompagne d'une dépression des réflexes RAIII. Sur ce fond d'inhibition, les réflexes évoqués par les afférences sur lesquelles porte l'attention bénéficieraient d'une facilitation relative.

MODULATION DU REFLEXE DE HOFFMANN PAR LES AFFERENCES CUTANÉES : EFFET DE LA DIRECTION DE L'ATTENTION.

La réponse polysynaptique RAIII est labile et d'une extrême variabilité. La stimulation qui la provoque est nécessairement douloureuse. Ces caractéristiques en font un indice peu commode. Le réflexe de Hoffmann ne présente pas ces inconvénients. Il est modulé par les afférences cutanées segmentaires (Hugon, 1967) et il peut être utilisé pour étudier indirectement l'effet des commandes centrales sur ces afférences (Demairé, 1980). De ce fait, nous avons repris l'étude de notre problème avec ce nouvel indice.

LE REFLEXE DE HOFFMANN OU REPOSE H DU SOLEAIRE.

La technique de Hoffmann consiste à appliquer à travers la peau une stimulation électrique à un nerf mixte ; si les paramètres sont convenablement choisis, la stimulation déclenche une contraction musculaire réflexe de latence brève. La réponse de Hoffmann (H) est celle que l'on produit dans le soleus (chef profond du triceps sural), muscle extenseur du pied, en stimulant la branche poplitée interne du nerf sciatique. Magladery *et al.* (1951) et Paillard (1955) ont montré que la réponse H, comme celle que l'on obtient par percussion du tendon d'Achille, est due à la mise en jeu de fibres Ia issues des fuseaux neuromusculaires du soléaire. Ce réflexe est monosynaptique, les fibres Ia se terminant sans relais sur les motoneurones. Parmi les réponses que la technique de Hoffmann permet d'évoquer dans divers muscles des membres inférieurs (Bathien, 1978), celle du soléaire est la plus grande, la plus aisée à obtenir et la plus étudiée.

Chez l'homme au repos, l'évolution de la réponse H en fonction de l'intensité du choc appliqué est bien connue. La réponse n'apparaît qu'à partir d'une certaine intensité dite seuil. En deçà du seuil, le nombre des dendrites Ia recrutées est nul ou trop faible : l'incrément

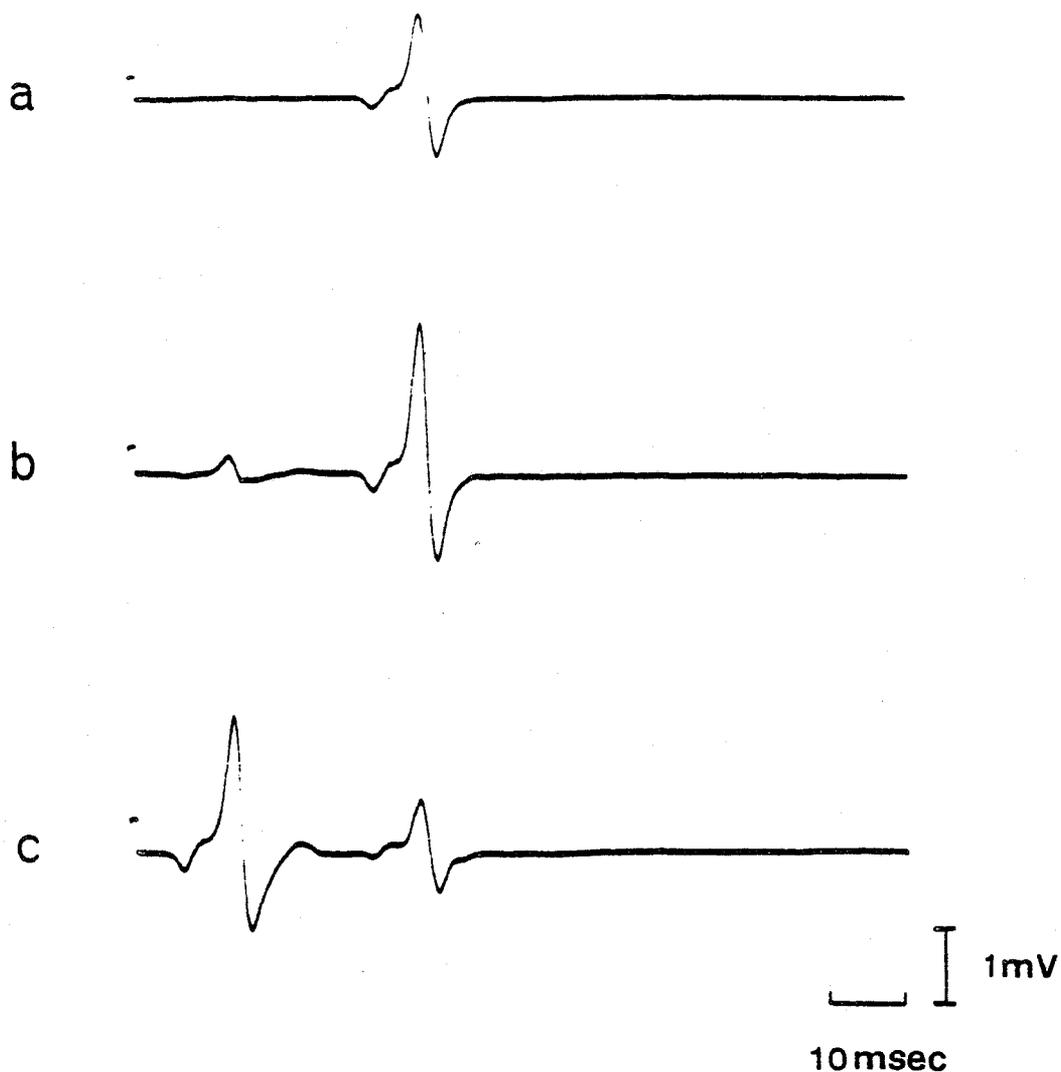


Figure 11

Réponse réflexe H et réponse motrice directe (M) du soléaire.

Pour des intensités croissantes, on obtient d'abord la réponse H seule (a), puis la réponse M apparaît (b) et augmente tandis que la réponse H diminue (c).

d'excitabilité apporté au noyau moteur est insuffisant et aucun motoneurone ne franchit son seuil de décharge. Au-delà, le réflexe croît d'abord avec l'intensité, passe par un maximum vers 1,3 fois le seuil, puis décroît. L'électromyogramme de surface de la réponse H a une morphologie stable ; sa latence est de l'ordre de 30 ms (Figure 11).

Lorsque l'intensité dépasse 1,2 fois le seuil, on excite, en plus des fibres proprioceptives, des axones moteurs : sur l'électromyogramme apparaît alors une autre déflexion, plus précoce, la réponse motrice directe ou réponse M. Pour des courants plus importants, la réponse M augmente, tandis que le réflexe diminue jusqu'à disparaître.

Un choc réflexogène engendre donc une réponse dont l'amplitude est fonction du volume des afférences Ia, c'est-à-dire de l'intensité du choc et de l'état actuel d'excitabilité du noyau moteur. L'utilisation systématique de stimuli tests supraliminaires et d'intensité constante permet de suivre les variations du niveau d'excitabilité du noyau dans les conditions expérimentales les plus diverses. De même on peut envisager d'étudier, par ce moyen, l'effet de facteurs expérimentaux sur des variations contrôlées du niveau d'excitabilité.

MODULATION DU REFLEXE H PAR LES AFFERENCES CUTANÉES.

De nombreux travaux montrent que les afférences cutanées affectent les réflexes monosynaptiques (Gassel et Ott, 1970 ; Castaigne *et al.*, 1973 ; Pierrot-Deseilligny *et al.*, 1973 ; Lebizec, 1979). La technique généralement utilisée consiste à faire précéder le choc réflexogène d'une stimulation conditionnante de la peau ou d'un nerf cutané. Le sens et l'importance des effets observés dépendent principalement de l'intensité du stimulus conditionnant, de sa localisation et du délai le séparant du choc test. On peut notamment mettre en évidence une phase de facilitation du réflexe de Hoffmann culminant vers 80 ms (70 à 120 ms, suivant les auteurs) et consécutive à une stimulation non douloureuse du nerf sural. Une telle stimulation recrute des fibres du groupe II. La facilitation résultante est vraisemblablement d'origine segmentaire. Mis en évidence d'abord par Hugon et Bathien (1967), ce

phénomène a fait l'objet d'une étude méthodologique de la part de Demairé (1980).

Cet auteur stimule le nerf sural avec des salves d'impulsions rectangulaires d'une milliseconde (durée du train : 10 ms ; fréquence interne : 300 Hz) ; l'intensité est fixée à deux fois et demie le seuil de perception. Dans une première expérience, l'intensité du choc test reste constante et provoque une réponse de l'ordre de 50 % du réflexe H maximum (H max) ; la variable étudiée est le délai entre le choc test et le choc réflexogène. Demairé retrouve les accidents décrits dans la littérature et notamment une facilitation significative entre 70 et 90 ms. Cette facilitation vaut environ 7 % de H max. Pour des délais inférieurs, la réponse est légèrement inhibée. Aux délais supérieurs, la facilitation décroît. Dans une seconde expérience, le délai est fixé à 80 ms et c'est l'intensité du choc test et donc le niveau de base de la réponse H qui varie. L'analyse de variance effectuée montre que :

- . l'importance de la facilitation varie considérablement d'un sujet à l'autre.
- . cette facilitation est constante, en moyenne, pour des niveaux allant de 15 à 85 % de H max.
- . cette constance caractérise également les résultats individuels (le carré moyen de l'interaction "Sujet" x "Niveau H" est < 1).

INTERET METHODOLOGIQUE DU PHENOMENE.

On peut résumer ce qui précède en trois points :

- . Une même stimulation non douloureuse du nerf sural recrute un même nombre de fibres tactiles, lesquelles apportent un même surcroît d'excitabilité au noyau moteur du soléaire par l'intermédiaire du réseau internuncial et segmentaire.
- . Une même stimulation appliquée au nerf poplité interne excite un même volume d'afférences Ia lesquelles apportent au noyau moteur du soleus un même surcroît d'excitabilité.

- . A partir des données recueillies par Demairé on peut raisonnablement faire l'hypothèse que, puisqu'ils s'ajoutent, ces phénomènes sont indépendants.

Soit le système complexe constitué :

- . du noyau moteur du soléaire avec les axones proprioceptifs qui s'y épuisent
- . des voies segmentaires transmettant les influx cutanés jusqu'à ce noyau.

Si les influences qui régissent la transmission dans ce système varient en fonction des conditions expérimentales, on peut étudier ces variations en appliquant des chocs réflexogènes au nerf poplité interne, précédés (test "Su + Pop") ou non (test "Pop") d'une stimulation du nerf sural. Plusieurs cas de figure peuvent être envisagés :

- 1) Ces influences ne varient pas d'une condition à l'autre : la réponse H ne varie pas quel que soit le test, la facilitation due aux afférences cutanées (ΔH) reste constante.
- 2) Les influences varient, mais la modulation n'affecte que les motoneurones ou les fibres Ia : la réponse aux deux tests varie de la même manière, ΔH reste constante.
- 3) La modulation n'affecte que les voies segmentaires extéroceptives : la réponse au test "Pop" est la même dans les différentes conditions ; mais ΔH varie et donc la réponse au test "Su + Pop".
- 4) La modulation affecte le système dans son ensemble : la réponse H varie dans les deux tests mais de façon différente selon le test utilisé, la facilitation cutanée se trouvant affectée de façon spécifique.

Remarquons que l'effet des conditions expérimentales sur la transmission des afférences cutanées correspond dans le modèle exposé à une interaction entre la variable "Test" et la variable "Condition".

EXPERIENCE

- Principe

A ce stade, il convient de rappeler que l'objet de notre étude est l'effet de la direction de l'attention sur la transmission des afférences cutanées. Pour expliquer de quelle manière nous abordons ici ce problème, le plus simple est de décrire la situation expérimentale à laquelle nos sujets se trouvent confrontés.

Le sujet est muni d'électrodes permettant de stimuler les deux nerfs suraux et l'un des nerfs poplités internes. L'expérience consiste en une succession d'essais. Chaque essai débute par un avertissement verbal indiquant quel pied va être stimulé. Environ cinq secondes après l'avertissement, un choc est appliqué sur le pied annoncé, puis un second, exactement cinq secondes après le premier. La consigne stipule que la tâche est de comparer le deuxième stimulus au premier, si et seulement si ce second stimulus est porté du même côté que le premier et n'est pas accompagné d'un choc réflexogène. Cinq secondes après le premier stimulus, on peut donc raisonnablement estimer que le sujet attend un second là même où a été porté le premier. Une fois sur deux la deuxième stimulation est remplacée par un choc réflexogène conditionné ou non.

Les variables mises en jeu sont :

- . la direction de l'attention (DA) qui peut être axée sur le côté testé (DAi) ou sur l'autre (DAc).
- . le test utilisé, Su + Pop ou Pop.
- . le côté testé, gauche (G) ou droit (D) suivant les sessions.

La variable dépendante est la surface de l'électromyogramme de la réponse H.

- Techniques

Les étages logiques de deux stimulateurs JAM sont synchronisés et programmés pour fournir à une fréquence de base de 0,2 Hz toutes les combinaisons possibles entre trois évènements :

- . deux salves de 2 à 5 impulsions destinées aux deux nerfs suraux.
- . une impulsion unique, après un délai de 80 ms, destinée au nerf poplité interne.

Un pupitre de commande permet à l'expérimentateur de sélectionner l'une ou l'autre des combinaisons, ainsi que le nombre d'impulsions des salves cutanées. Les contraintes suivantes sont respectées :

- . les nerfs suraux ne sont jamais stimulés simultanément.
- . une salve surale conditionnant un réflexe H comporte toujours quatre impulsions.

L'impulsion réflexogène est rectangulaire et dure une milliseconde, ce que préconisent de nombreux auteurs (collectif, 1973) ; son intensité est fixée en tenant compte des points suivants :

- . la réponse H doit pouvoir révéler des effets tant inhibiteurs que facilitateurs.
- . le réflexe doit rester dans les limites de validité déterminées par l'étude de Demairé (1980), c'est-à-dire ne pas dépasser 85 % de sa valeur maximum ni être inférieur à 15 % de cette même valeur.
- . le réflexe est susceptible de présenter au cours du temps un phénomène de dérive (Hayes et Clark, 1978) qui consiste en une augmentation progressive.
- . l'attention a des effets non spécifiques facilitateurs (Bathien, 1971) sur le réflexe de Hoffmann.
- . le conditionnement par une stimulation surale ipsilatérale antécédante provoque, on l'a vu, une facilitation.

Une intensité produisant, au repos, une réponse de l'ordre de 30 à 40 % de H max nous a paru convenir. Dans quelques cas, nous avons été amené à la modifier légèrement en cours d'expérience. Ces ajustements ne sont faits qu'entre deux séries, jamais en cours de série.

Les intensités des salves surales sont déterminées avant expérience avec des trains de quatre impulsions. Après mesure du seuil de perception du côté testé, on met l'intensité à deux fois et demie ce seuil, puis on délivre des salves en alternance sur les deux territoires

suriaux. Du côté testé, l'intensité reste à 2,5 fois le seuil de perception ; de l'autre côté, on la fait varier jusqu'à ce que le sujet la trouve aussi forte que la première (égalisation subjective). Les intensités restent constantes pendant toute la durée de l'expérience et c'est la variabilité du nombre d'impulsions par salve qui permet la tâche de comparaison. La première salve d'un essai comprend trois ou quatre impulsions, la seconde, quand elle est présentée, deux à cinq.

La stimulation réflexogène est délivrée entre une anode constituée d'une plaque de plomb gainée d'éponge synthétique (surface de contact avec la peau : 45 cm²), posée sur le genou, et une cathode constituée de coton entouré de gaze et imbibée d'eau salée (surface : 1 cm²). La cathode est montée sur un dispositif articulé (Simon, 1962) facilitant la recherche du site optimum dans le creux poplité (Figure 1).

Pour la stimulation des nerfs suriaux, on utilise comme anode soit une cupule d'argent chloruré fixée à 3 ou 4 cm en avant de la cathode, soit une plaque de plomb gainée d'éponge (surface : 23 cm²) posée au milieu de la face interne du pied. La cathode est une cupule d'argent (50 mm²) fixée après exploration de la région submalléolaire, en un site pour lequel la stimulation paraît provenir de la racine des quatrième et cinquième orteils ou du bord latéral externe du pied.

La réponse H est captée entre deux électrodes Beckman posées à 3 cm l'une de l'autre sur la peau couvrant le tiers inférieur du soléaire, dans l'axe du tendon d'Achille. La plus haute est à environ 5 cm sous le point de jonction des jumeaux. L'électromyogramme, après amplification (préamplificateur Grass P 511G, BP : 1 à 10⁴ Hz) est visualisé pour contrôle sur l'écran d'un oscilloscope Tektronix D13, et simultanément intégré. Le résultat de l'intégration est lu immédiatement sur l'afficheur d'un compteur Gould TC 311.

- Déroulement de l'expérience

La séance expérimentale est assez longue, une heure pour l'expérience proprement dite, une heure pour les préparatifs : pose des électrodes, mesure des seuils, du H max, détermination des intensités de stimulation.

L'expérience ne commence qu'après lecture des consignes :

Votre tâche sera de comparer l'intensité de stimulations cutanées délivrées sur le même pied.

L'expérience est divisée en "essais". Un essai "normal" se déroule de la façon suivante :

- 1-Un avertissement verbal : "gauche", ou "droite" vous indique quel pied va être stimulé.*
- 2-Une première stimulation survient du côté indiqué, environ 5 s après l'avertissement verbal.*
- 3-Une seconde stimulation est donnée sur le même pied, 5 s exactement après la première.*

Si l'essai est normal, vous répondez en indiquant si la deuxième stimulation est plus forte, moins forte ou égale. Si non, l'essai est annulé et vous n'avez rien à faire. Un essai annulé comporte généralement une stimulation réflexe.

La tâche n'est pas facile : soyez très attentif - mais sachez qu'il est normal de faire un certain nombre d'erreurs.

Installez vous confortablement. Décontractez vous au maximum. Evitez tout mouvement. Si, pour une raison quelconque, vous désirez bouger en cours d'expérience, demandez une pause.

L'efficacité des stimulations portées sur les pieds peut varier à la longue : si les comparaisons à faire vous semblent devenir plus difficiles d'un côté, signalez-le.

Le protocole est découpé en séries : chaque série comprend huit essais : quatre "normaux", quatre tests (la figure 12 décrit les différents types d'essais) ; l'ordre des essais est permuté d'une série à l'autre. A chaque série, le réflexe H est mesuré une fois dans chaque condition expérimentale. Un essai dure environ dix secondes et l'expérimentateur déclenche un nouvel essai toutes les vingt secondes. L'expérience est arrêtée lorsque l'on a obtenu 24 séries complètes ou lorsque le sujet le demande.

- Résultats

Pour alléger le texte, on désigne par :

- . Hi, la valeur de la réponse au test Pop quand l'attention est dirigée du côté testé, Hc, sa valeur quand l'attention est dirigée de l'autre côté, H la moyenne de Hi et Hc.



Source de variation	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	p
(1) Total	260 016.8	1 484.5			
(2) Série	178 858.4	371.4	481.6		
(3) Session	86 816.3	17	5 106.8		
(4) Côté testé	11 689.5	1	11 689.5	2.49	NS
(3) - (4)	75 126.8	16	4 695.3		
(1) - (2)	81 158.4	1 113.1			
<i>Effets principaux</i>					
DA	772.8	1	772.8	20.56	< .005
Su	12 317.7	1	12 317.7	327.77	< .005
Interaction DA x Su	315.4	1	315.4	8.39	< .005
Autres interactions	27 958.3	51	548.2	14.59	< .005
Reste	39 794.2	1 059.1	37.58		
<i>Effets simples (contrastes)</i>					
DAi : Su		1	4 289.2	114.1	< .005
DAC : Su		1	8 343.8	222.0	< .005
H seul : DA		1	42.1	1.12	NS
Su + H : DA		1	1 046.1	27.83	< .005

..../....

Analyses partielles :

Test côté G

DA	43.1	1	43.1	1.14	NS
Su	2 709.7	1	2 709.7	72.10	< .005
DA x Su	46.6	1	46.6	1.24	NS

Test côté D

DA	1 141.7	1	1 141.7	30.38	< .005
Su	11 015.0	1	11 015.0	293.11	< .005
DA x Su	318.0	1	318.0	8.46	< .005

Variations de la facilitation

(5) Su x Session	7 332.7	17	431.3		
(6) Su x Côté	1 406.9	1	1 406.9		
(5) - (6)	5 925.8	16	370.4		

Comparaisons partielles (contrastes)

Su, session par session : voir figure 14

Analyses partielles : sujets présentant une facilitation nette

Test côté G

DA x Su	178.6	1	178.6	4.75	< .05
---------	-------	---	-------	------	-------

Test côté D

DA x Su	373.9	1	373.9	9.95	< .005
---------	-------	---	-------	------	--------

Tableau 5

Remarque : le facteur Test est désigné ici par Su.



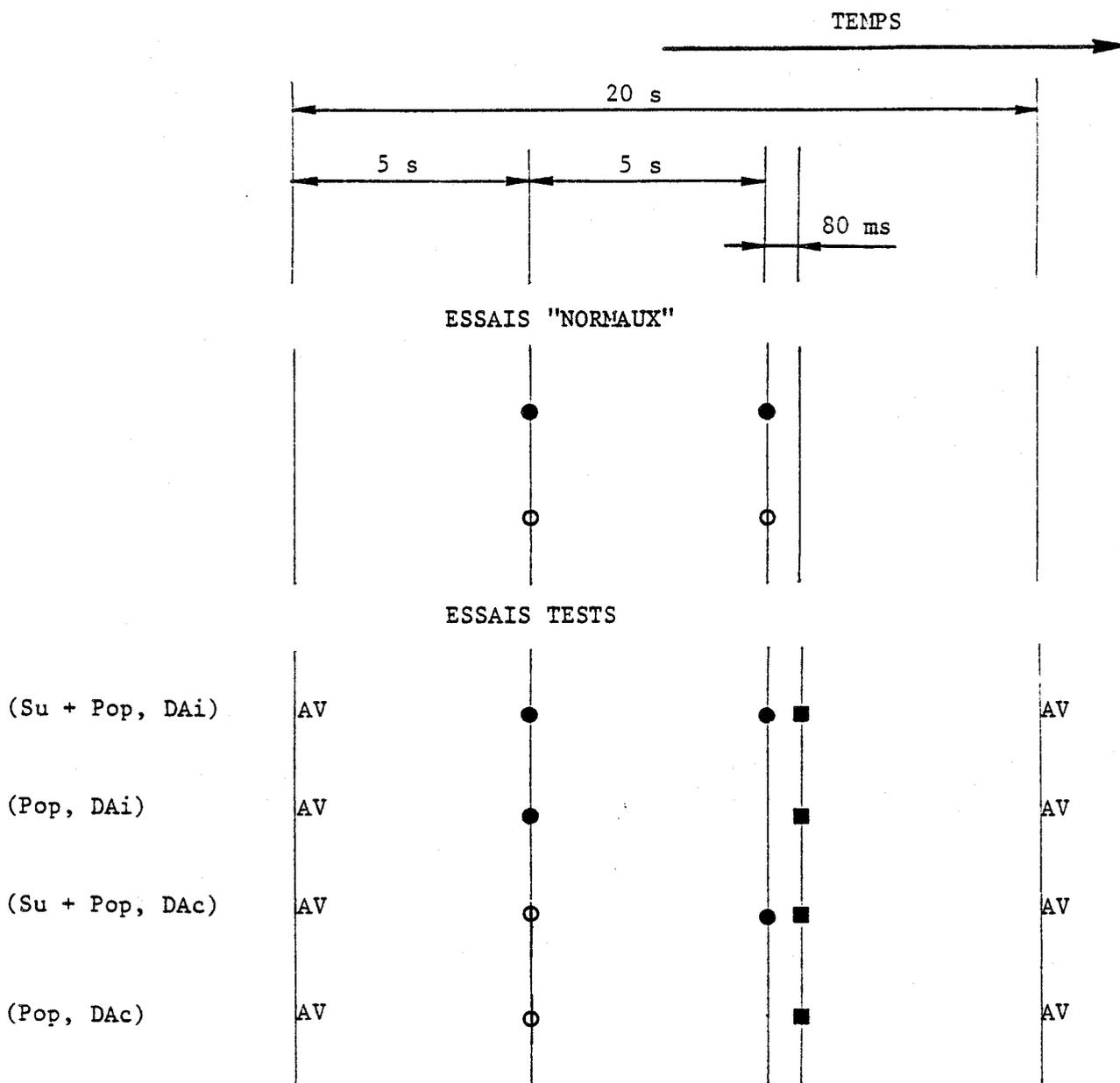


Figure 12

Organisation des six types d'essais utilisés.

Dans ce schéma, les événements concernant une jambe sont figurés par des éléments pleins, ceux concernant l'autre par des éléments vides. Les stimulations surales correspondent aux cercles et les chocs réflexogènes aux carrés.

Un essai débute par un avertissement verbal (AV) indiquant le côté où sera porté le premier stimulus tactile.

Les correspondances avec les points de la figure 13 sont indiquées à gauche entre parenthèses.

Voir le texte pages 57 et 60.

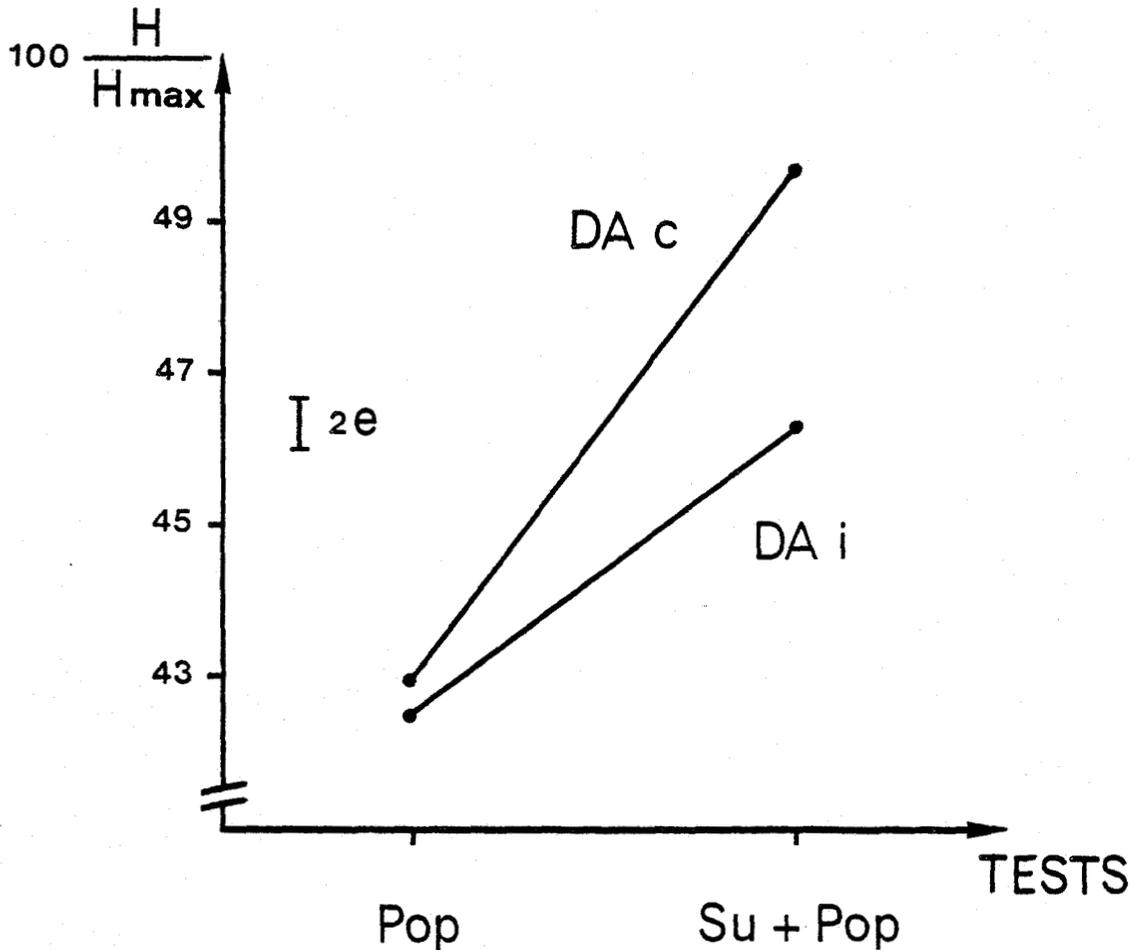


Figure 13

Facilitation cutanée du réflexe H et direction de l'attention (DA).

L'attention est dirigée vers le territoire sural stimulé (i) ou vers l'autre (c).

Pop : choc test appliqué au nerf poplité

Su : stimulation du nerf sural

On voit qu'une stimulation cutanée antécédante facilite la réponse H. La facilitation est cependant moins grande quand l'attention porte sur les afférences qui la provoquent.

e : erreur aléatoire

(Valeurs moyennes sur 18 expériences)

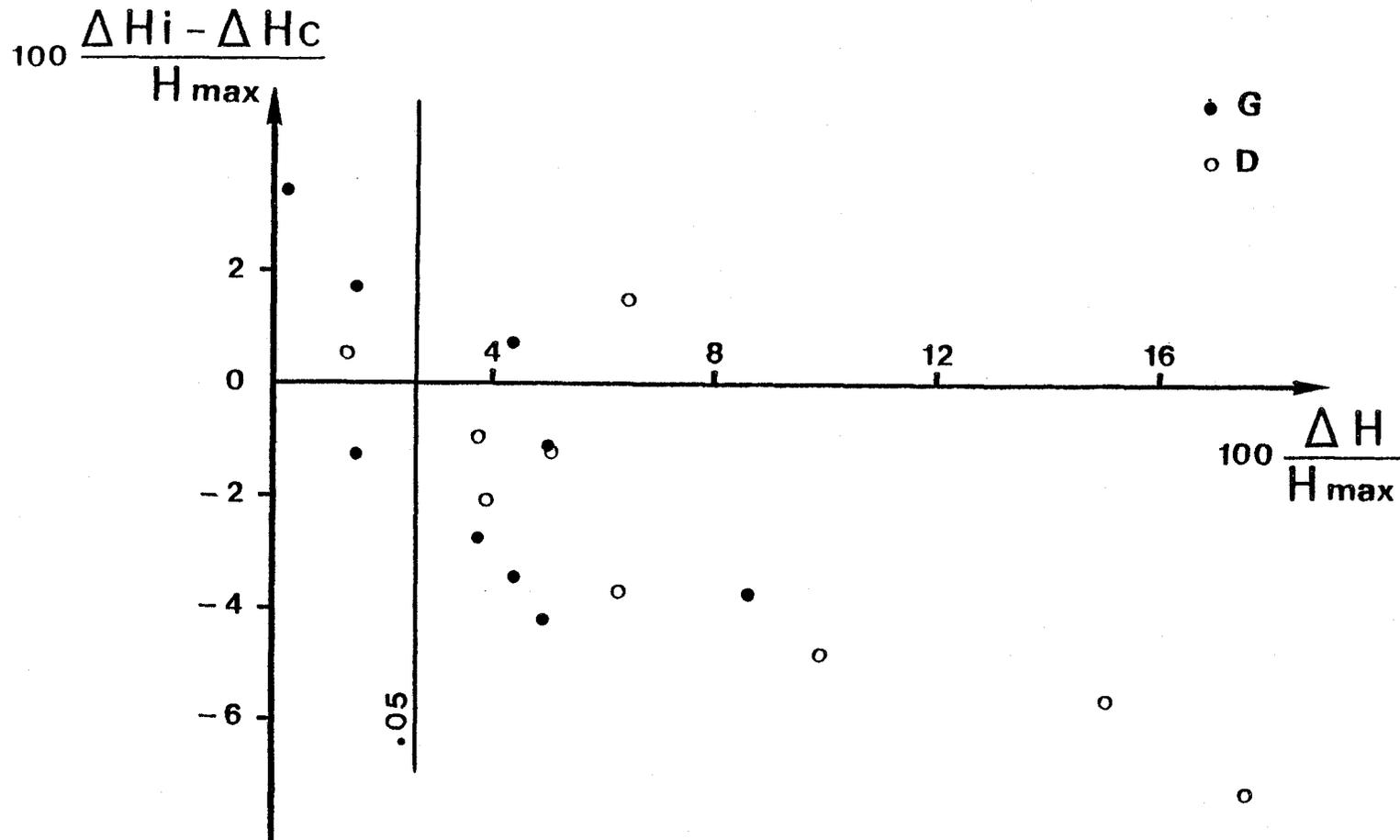


Figure 14

Réduction relative de la facilitation cutanée du réflexe H due à l'attention sélective en fonction du niveau de facilitation.

Chaque point résume une expérience pour laquelle le côté testé est le gauche (G) ou le droit (D). Les points situés à droite de la ligne marquée .05 correspondent à des facilitations de base significatives. Noter que ces points sont en majorité sous l'axe des abscisses et tendent à s'aligner.

Abréviations : voir texte pages 65-66.

- . H' , $H'i$ et $H'c$, les valeurs de la réponse au test Su + Pop.
- . ΔH ($= H' - H$), ΔHi et ΔHc , les valeurs de la facilitation cutanée.

Pour chaque session, les données sont exprimées en pourcentage de la valeur maximale (H max) de la réponse, mesurée au repos, juste avant l'expérience. Les données ne sont prises en compte que si la réponse est plus grande, en moyenne, avec la stimulation réflexogène conditionnée ($\Delta H > 0$). L'expérience a été répétée vingt fois. L'analyse porte sur les données (annexe V) recueillies au cours de dix-huit sessions chez onze personnes (sept hommes, quatre femmes). Le côté gauche est testé neuf fois, comme le droit.

Une premier examen des moyennes individuelles montre que l'importance de la facilitation n'est pas liée au niveau de base de la réponse. Le coefficient de Bravais-Pearson calculé à partir des paramètres ΔH et H est très faible : $r = - .164$ (18 paires, NS). Par contre, l'effet de la direction de l'attention présente une liaison assez étroite avec la valeur de la facilitation (Figure 14) : le coefficient de corrélation entre les paramètres ($\Delta Hi - \Delta Hc$) et ΔH est significatif ($r = - .792$, $p < .01$, 18 paires).

Le nombre de séries obtenues variant d'une session à l'autre (entre 17 et 24), on a harmonisé les effectifs et pondéré en conséquence les sommes de carrés avant de procéder à l'analyse de variance dont les principaux résultats sont consignés dans le tableau 5.

Toutes conditions confondues, la réponse varie suivant la séance entre 34 et 61 % de H max. On peut considérer que l'on a travaillé, en moyenne, à des niveaux de réponse comparables du côté gauche et du côté droit (F 1/16 = 2.49, NS).

Le résultat recherché (Figure 13), à savoir une modulation de la facilitation suivant la direction de l'attention apparaît clairement (F 1/1059.1 = 8.39, $p < .005$). La facilitation est plus petite quand l'attention porte sur les afférences qui la provoquent : 4,8 % contre 6.7 %. Si l'on considère les sessions pour lesquelles la facilitation est nette (significative à .05) et si on les sépare d'après le

côté testé, on retrouve le même résultat, à gauche ($F_{1/1059.1} = 4.75$, $p < .05$) comme à droite ($F_{1/1059.1} = 9.95$, $p < .005$). Ces comparaisons partielles appellent deux commentaires. Premièrement, la facilitation que produisent nos conditions de stimulation est un fait statistique : les dix-huit valeurs de ΔH s'échelonnent entre 0.3 et 17.6 % de H_{\max} ($F_{17/1059.1} = 11.48$, $p < .005$). Or, on l'a vu, l'effet étudié est corrélé avec la grandeur de la facilitation. Le regroupement des sessions à facilitation nette pour tester cet effet est donc justifié. Cela signifie simplement que le phénomène doit être présent pour qu'on puisse en étudier les variations. Deuxièmement, la facilitation est plus faible à gauche qu'à droite ($F_{1/1059.1} = 37.44$, $p < .005$). Cette différence n'a pas de signification en elle-même ($F_{1/16} = 3.80$, NS), mais elle explique que la modulation recherchée apparaisse moindre à gauche qu'à droite.

La direction de l'attention n'affecte pas directement le réflexe de Hoffmann : l'interaction DA x Test suffit à expliquer l'effet global de ce facteur et la réponse au test Pop ne diffère pas suivant que l'attention porte du côté testé ou non ($F_{1/1059.1} = 1.12$, NS).

DISCUSSION

- Le phénomène de facilitation

L'utilisation d'une stimulation non nociceptive du nerf sural précédant de 80 ms un choc poplité réflexogène nous permet de retrouver la facilitation de la réponse monosynaptique du soléaire déjà décrite dans la littérature (Hugon, 1967 ; Demairé, 1980, par exemple). Demairé fait état de variations interindividuelles de ce phénomène. Ces variations sont, dans nos expériences, considérables. Elles peuvent s'expliquer en partie par la difficulté d'obtenir dans chaque cas un placement idéal des électrodes. Or, l'excitation effectivement reçue par le nerf sural dépend de ce placement. Le fait que l'intensité du choc conditionnant soit déterminée à partir du seuil de perception, lui-même mesuré de façon seulement approximative en début de séance, a sans doute aussi son importance.

L'ampleur de la facilitation n'est pas corrélée avec le niveau de la réponse H, ce qui plaide en faveur d'une indépendance entre les effets de la volée cutanée et ceux de la volée proprioceptive sur le pool des motoneurones. Ceci rejoint les conclusions de Demairé (1980) sur l'absence d'interaction entre l'effet de la stimulation surale et l'amplitude de base du réflexe.

- Focalisation spatiale de l'attention : effets non spécifiques ?

Pour l'un de nos quatre types d'essais tests, le choc réflexogène survient 80 ms après une stimulation cutanée appliquée au champ sural contralatéral à celui sur lequel est centrée l'attention. On pourrait craindre qu'une telle stimulation surale, susceptible d'induire une réaction d'orientation, n'évoque des activités non spécifiques capables d'influencer la réponse H qui la suit immédiatement.

Paillard (1955) a montré dans le cas d'une stimulation sonore qu'elle peut déclencher de tels effets. Toutefois, leur expression sur les motoneurones du soléaire ne se manifeste que lorsque le délai séparant le stimulus auditif du choc réflexogène dépasse 75 ms. Or, dans nos conditions d'expérience, les influx cutanés centripètes ont à franchir, de la cheville aux structures supraspinales responsables de ces effets diffus, une distance beaucoup plus grande que dans le cas d'un son. On peut estimer à 1,3 m au minimum la distance supplémentaire et, les fibres mises en jeu (groupe II) conduisant l'influx avec une vitesse maximum de 64 m/s (Hugon, 1967), le temps à ajouter est au moins 20 ms. Ainsi, le délai (80 ms) que nous utilisons est nettement inférieur au minimum (95 ms) requis pour que ces effets non spécifiques puissent s'exprimer au niveau segmentaire et il ne nous semble pas nécessaire d'envisager leur intervention pour expliquer nos résultats. Une expérimentation utilisant des stimulations tactiles sans effet propre sur le réflexe H permettrait d'apprécier plus exactement la latence avec laquelle cette réponse est affectée par les effets non spécifiques qu'elles peuvent déclencher.

- *Effets spécifiques*

Les effets non spécifiques se trouvant exclus, il nous faut donc admettre que les phénomènes observés relèvent de l'attention sélective : la facilitation d'origine cutanée fait l'objet d'une réduction relative quand l'attention porte sur les afférences qui la déclenchent. L'attention sensorielle aurait donc bien des manifestations segmentaires.

La stimulation que nous utilisons évoque une sensation tactile, non douloureuse et l'on doit considérer, compte tenu du fait que les intensités délivrées dépassent rarement 4 mA, que les fibres recrutées appartiennent exclusivement au groupe II. Bathien et Hugelin (1969) ont étudié les modifications du réflexe polysynaptique RAI dans des situations dites d'attention intensive, au cours desquelles l'attention ne porte pas sur la modalité cutanée. Ils observent une facilitation de la réponse RAI du court biceps, mais le réflexe tendineux du même muscle est également augmenté, de sorte qu'on ne peut rien dire des effets non spécifiques de l'attention sur les seules afférences tactiles.

Comme le montrent nos résultats, l'attention sélective, par contre, entraîne une dépression relative de ces afférences. Il peut sembler paradoxal que l'attention, loin d'amplifier le message sur lequel elle est entrée, l'atténue. A ce propos toutefois, Coquery (1972 a) rappelle l'hypothèse qu'une dépression s'exerçant sur les afférences cutanées aurait pour effet d'augmenter le rapport signal/bruit dans la transmission afférente. Une expérience intéressante de Gordon et Cooper (1975) explique comment une telle augmentation pourrait améliorer la performance dans une tâche de perception somesthésique. Les sujets doivent explorer avec les doigts une surface lisse qu'ils ne peuvent voir, pour détecter l'orientation d'une bande faisant une saillie douce. Tantôt les sujets tiennent une feuille de papier mince sous les doigts, tantôt non. Gordon et Cooper notent d'abord que les résultats sont excellents dans les deux situations. Néanmoins, une différence significative apparaît quand la hauteur de la saillie est très faible (0.0127 mm) : l'orientation des bandes est alors mieux détectée quand

un papier est tenu sous les doigts. Pour les auteurs, dans la condition "doigts nus", l'activité des récepteurs de pression légère constituerait un bruit interférant avec les messages issus des récepteurs de pression profonde. Le papier filtrerait ce bruit, ce qui favoriserait l'information utile pour la tâche. Cette expérience montre fort bien que d'une simple atténuation périphérique peut résulter un filtrage efficace.

CONCLUSION

RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS

Nos expériences nous permettent de montrer que la motricité oculaire est un élément important des comportements d'attention sélective, même quand la fonction visuelle n'est pas impliquée. Des stimuli cutanés liminaires sont mieux détectés quand les yeux sont tournés du côté du territoire stimulé. De même, le temps de réaction à des stimulations cutanées supraliminaires est meilleur dans cette condition.

Par ailleurs, nous étudions des circuits réflexes segmentaires dans des situations qui requièrent une attention somatique orientée et qui n'impliquent a priori aucun contrôle moteur sélectif. Dans de telles conditions, sur un fond de dépression générale, les réflexes évoqués par les afférences nociceptives issues du côté où porte l'attention bénéficieraient d'une facilitation relative. A l'inverse, l'attention sélective s'accompagne d'une réduction relative de la facilitation que subit le réflexe de Hoffmann 80 ms après une stimulation non nociceptive.

MANIFESTATIONS DE L'ATTENTION AU NIVEAU SEGMENTAIRE

Cette symétrie des effets de l'attention sélective sur les afférences cutanées véhiculées par les fibres de fort ou de faible calibre est éclairée par les données récentes de Willer (1977). Cet auteur étudie les effets sur les réponses AII et AIII d'un blocage sélectif, par ischémie, des fibres de gros diamètre. Il constate que la réponse AII diminue, comme on devait s'y attendre tandis que, dans le même temps, la réponse AIII croît, ainsi que la sensation douloureuse. Et Willer suggère que l'activité des fibres II se traduirait par une inhibition des fibres du groupe III. Cette interprétation s'inscrit dans le cadre de la théorie du "gate control" (1965) qui fait des

interneurones de la substance gélatineuse de Rolando les médiateurs de l'inhibition exercée par les fibres de gros calibre sur les fibres fines.

Dès lors, si l'on admet que les fibres du groupe II convoient l'information utile pour la tâche de discrimination que nous imposons à nos sujets, on peut imaginer que l'attention sélective s'accompagnerait d'une dépression relative des afférences tactiles issues du territoire pertinent améliorant le contraste signal/bruit. Cette dépression engendrerait par contrecoup une facilitation relative des afférences du groupe III. Si l'on pousse ce raisonnement, on est conduit à penser qu'à la dépression fondamentale sur laquelle s'inscrit la facilitation relative des afférences nociceptives devrait correspondre un fond de facilitation des afférences du groupe II.

Ces hypothèses mériteraient un examen expérimental approfondi. Les expériences de Bathien et Hugelin (1969) sur les aspects intensifs de l'attention ne permettent pas en effet, nous l'avons vu, de distinguer les effets qui s'exercent spécifiquement sur les fibres AII puisque RAI et réflexes monosynaptiques du court-biceps sont tous les deux facilités. Dans notre expérience au contraire la réponse H n'est pas modifiée par la direction de l'attention tandis que la facilitation d'origine cutanée est affectée ce qui plaide en faveur d'un contrôle spécifique des afférences du groupe II pendant l'attention.

Nous avons rapproché les mécanismes de l'attention sélective des contrôles qu'exercent les structures motrices sur les voies sensorielles. A ce titre, il est intéressant de rapprocher nos données de celles obtenues dans la préparation au mouvement. Demairé (1980) observe une dépression de la facilitation cutanée du réflexe de Hoffmann dans les 200 ou 300 millisecondes qui précèdent un mouvement balistique ou ajusté exécuté avec le pied stimulé. Bonnet et Réquin (1972) quant à eux montrent une importante dépression du réflexe RAIII du court-biceps pendant la période préparatoire à un temps de réaction impliquant le pied stimulé. Dans ce dernier cas, les modifications observées s'apparentent en première analyse à celles qui accompagnent les conditions

d'attention intensive. Toutefois, il conviendrait avant de se prononcer, d'examiner l'évolution des RAIII non seulement du muscle court-biceps impliqué dans le test, mais du muscle contralatéral non impliqué. Peut-être observerait-on une dissociation symétrique de celle que Réquin (1969) constate pour les réflexes monosynaptiques dans le cas du muscle soléaire, le RAIII étant moins déprimé quand le muscle est impliqué que lorsqu'il ne l'est pas.

Il faut noter enfin que si les effets dont nous avons étudié la modulation au cours de l'attention mettent en jeu des circuits segmentaires, l'hypothèse d'une participation de circuits à boucle longue ne peut, à l'heure actuelle, être exclue.

POSTURE OCULAIRE ET SELECTIVITE

Nous avons interprété nos résultats concernant la posture oculaire dans le cadre de la théorie de Kinsbourne (1972) pour qui l'activation d'un territoire nerveux interférerait avec l'activité des territoires fonctionnellement proches, induisant, par exemple, un biais attentionnel en faveur de ces derniers, et nous avons fait l'hypothèse d'une possible utilisation stratégique des mouvements oculaires au cours de l'attention sélective. Deux remarques complémentaires nous semblent utiles.

D'une part, l'hypothèse de l'intervention de mécanismes centraux dénués de spécificité tels que ceux pressentis par Kinsbourne n'exclut nullement l'idée d'une mise en jeu de mécanismes plus sélectifs. La participation de messages contemporains de la commande motrice, du type de ceux qui constituent la copie d'afférence pourrait être envisagée. On sait par exemple que le cortex pariétal reçoit des afférences multiples (y compris somatiques) et certaines de ses cellules voient leurs réponses aux événements sensoriels affectées par l'occurrence d'un mouvement oculaire orienté vers ces stimuli. L'intérêt que porte l'animal aux stimuli qu'on lui présente a une importance particulière dans le déterminisme de l'activité des neurones de cette

structure (Leinonen et Hyvärinen, 1980). L'altération de la performance dans les tâches de détection de stimuli aux caractéristiques spatiales précises pourrait correspondre à la mise en jeu de tels neurones influencés par l'activité téléocinétique.

D'autre part, si des mécanismes centraux sont impliqués dans les effets de la posture oculaire sur la perception somatique, ils pourraient s'accompagner d'effets segmentaires. Les méthodes réflexologiques que nous avons exposées plus haut permettraient, le cas échéant, de les déceler.

ATTENTION SENSORIELLE ET PROGRAMMES EFFERENTS

Les relais somatiques subissent, nous l'avons vu, un contrôle centrifuge. Cela est vrai lors des mouvements, cela est vrai aussi au cours de l'attention sélective ainsi que nous l'avons montré au niveau des relais médullaires. Vraisemblablement ces altérations sont à considérer comme l'expression de programmes efférents dont les programmes moteurs ne sont qu'une catégorie. On sait en effet que la commande des mouvements ne se fait qu'exceptionnellement par action directe sur les motoneurones. Bien plus souvent ce sont les déclencheurs sensoriels d'une activité endogène qui sont contrôlés.

Si tel est le cas, il faut élargir la notion de décharge corollaire aux activités centrifuges mises en jeu durant les comportements attentifs. Dans le cas d'une commande motrice, la copie d'efférence est censée apporter à un comparateur interne une information sur les déplacements du corps, information à laquelle sont comparés les messages reçus de l'environnement. Dans le cas de l'attention, le rôle éventuel de décharges corollaires nous est suggéré par Bullock (1965) :

The advantages of being able to control the range of receptors and to permit in this way some input to dominate attention are obvious. But the accuracy with which the central nervous system is informed about the world depends on whether it "knows" by how much it has changed the sensitivity.

If faut donc concevoir que la décharge corollaire attentionnelle informerait l'organisme sur le coefficient d'atténuation, éventuellement d'amplification des canaux sensoriels contrôlés.

RESUME

Cette étude porte sur la sélectivité de l'attention et plus particulièrement sur la composante spatiale, directionnelle, des comportements d'attention sensorielle.

Ceux-ci mettent en jeu des activités motrices, notamment posturales, et l'on sait par ailleurs que les différents relais des voies somatiques centripètes sont contrôlés par les structures supra-spinales. D'où l'hypothèse qu'à l'attention sélective correspondraient des programmes efférents dont les programmes moteurs seraient une catégorie et un modèle.

Nos expériences nous permettent de montrer que la motricité oculaire est un élément important des comportements d'attention sélective, même quand la fonction visuelle n'est pas impliquée. Des stimuli cutanés liminaires sont mieux détectés quand les yeux sont tournés du côté du territoire stimulé. De même, le temps de réaction à des stimulations cutanées supraliminaires est meilleur dans cette condition.

Par ailleurs, nous étudions des circuits réflexes segmentaires dans des situations qui requièrent une attention somatique orientée et qui n'impliquent a priori aucun contrôle moteur sélectif. Dans de telles conditions, sur un fond de dépression générale, les réflexes évoqués par les afférences nociceptives issues du côté où porte l'attention bénéficieraient d'une facilitation relative. A l'inverse, l'attention sélective s'accompagne d'une réduction relative de la facilitation que subit le réflexe de Hoffmann 80 ms après une stimulation non nociceptive.

La discussion concerne la nature des contrôles sensoriels mis en place pendant l'attention et nous conduit, à propos des programmes centraux responsables de ces contrôles, à des hypothèses mettant l'accent sur des analogies avec les programmes moteurs.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSEN, P., JUNGE, K. and SVEEN, O. (1972)
Cortico-fugal facilitation of thalamic transmission. *Brain, Behavior and Evolution*, 6, 170-184.
- BATHIEN, N. (1971)
Réflexes spinaux chez l'Homme et niveaux d'attention. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 30, 32-37.
- BATHIEN, N. (1978)
Réflexes médullaires de l'Homme et leur contrôle suprasegmentaire. In H. Hécaen et M. Jeannerod (Eds.), *Du contrôle moteur à l'organisation du geste*. Paris : Masson, 52-72.
- BATHIEN, N. and BOURDARIAS, H. (1972)
Lower limb cutaneous reflexes in hemiplegia. *Brain*, 95, 447-456.
- BATHIEN, N. et HUGELIN, A. (1969)
Réflexes monosynaptiques et polysynaptiques de l'Homme au cours de l'attention. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 26, 604-612.
- BERLYNE, D.E. (1974)
Attention. In E.C. Carterette and M.P. Friedman (Eds.), *Handbook of Perception* (Vol. I) : *Historical and Philosophical roots of perception*. New York : Academic Press, 123-147.
- BOLES, D.B. (1979)
Laterally biased attention with concurrent verbal load : multiple failures to replicate. *Neuropsychologia*, 17, 353-361.
- BONNET, M. and REQUIN, J. (1972)
Variations des réflexes polysynaptiques cutanés au cours de la période préparatoire au temps de réaction chez l'Homme. *Psychologie française*, 17, 101-111.
- BROADBENT, D.E. (1957)
A mechanical model for human attention and immediate memory. *Psychological Review*, 64, 204-215.

- BROWN, A.G., ROSE, P.K. and SNOW, P.J. (1977)
The morphology of spinocervical tract neurons revealed by intracellular injection of horseradish peroxidase. *Journal of Physiology* (London), 270, 747-764.
- BULLOCK, T.H. (1965)
Mechanisms of integration. In T.H. Bullock and G.A. Horridge (Eds.), *Structure and function in the nervous systems of invertebrates* (Chapter V). San Francisco : W.H. Freeman, 253-351.
- CARPENTER, D., ENDBERG, I. and LUNDBERG, A. (1965)
Differential supraspinal control of inhibitory and excitatory actions from the FRA to ascending spinal pathways. *Acta Physiologica Scandinavica*, 63, 103-110.
- CERRY, E.C. (1953)
Some experiments on the recognition of speech with one and with two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25, 975-979.
- CIANCIA, F., MAITTE, M. and COQUERY, J.M. (1980)
Reduction during movement of the evoked potentials recorded along the extralemniscal pathways of the cat. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 48, 197-202.
- Collectif (1973)
A discussion of the methodology of the triceps surae T- and H-reflexes. In J.E. Desmed (Ed.), *New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology* (Vol. 3). Bâle : Karger, 773-780.
- COQUERY, J.M. (1972 a)
Fonctions motrices et contrôle des messages sensoriels d'origine somatique. *Journal de Physiologie* (Paris), 64, 533-560.
- COQUERY, J.M. (1972 b)
Le rôle de l'activité cardiovasculaire et motrice dans l'intégration sensorielle. Thèse de Doctorat ès-Sciences Naturelles, Aix-Marseille II, 100 pp.
- COQUERY, J.M. (1978)
Selective attention as a motor program. In J. Réquin (Ed.), *Attention and Performance VII*. Hillsdale : Lawrence Erlbaum Associates, pp. 505-514.
- COQUERY, J.M. et VITTON, N. (1972)
Altérations des potentiels évoqués sur le cortex somesthésique du chat durant un mouvement conditionné. *Physiology & Behavior*, 8, 963-967.

- CORTEEN, R.S. and WOOD, B. (1972)
Autonomic responses to shock-associated words in an unattended channel. *Journal of Experimental Psychology*, 94, 308-313.
- CROSBY, E.C. (1953)
Relations of brain centers to normal and abnormal eye movements in the horizontal plane. *Journal of Comparative Neurology*, 99, 437-479.
- DASHIELL, J.F. (1928)
Fundamentals of general psychology. Boston : Houghton.
- DEMAIRE, C. (1980)
Evolution de la facilitation cutanée du réflexe de Hoffmann avant un mouvement balistique ou ajusté. Thèse de IIIe cycle en Physiologie animale, Lille, 98 + IX pp.
- DEUTSCH, J.A. and DEUTSCH, D. (1963)
Attention : some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- EVARTS, E.V. (1972)
Feedback and corollary discharge : a merging of the concepts. In F.O. Schmitt, G. Adelman, T. Melnechuk and F.G. Worden (Eds.), *Neurosciences Research Symposium Summaries* (Vol. 6). Cambridge : M.I.T. Press, pp. 86-112.
- FAVERGE, J.M. (1972)
Méthodes statistiques en psychologie appliquée (Tome II, 5e édition). Paris : P.U.F., 185 pp.
- FETZ, E.E. (1968)
Pyramidal tract effects on interneurons in the cat lumbar dorsal horn. *Journal of Neurophysiology*, 31, 69-80.
- GASSEL, M.M. and OTT, K.H. (1970)
Local sign and late effects on motoneuron excitability of cutaneous stimulation in Man. *Brain*, 93, 95-106.
- GOPHER, D. (1971)
Patterns of eye movement in auditory tasks of selective attention. Unpublished Ph. D. Thesis. Hebrew University, Jerusalem (en hébreu).
- GOPHER, D. (1973)
Eye-movement patterns in selective listening tasks of focused attention. *Perception & Psychophysics*, 14, 259-264.
- GORDON, I.E. and COOPER, C. (1975)
Improving one's touch. *Nature*, 256, 203-204.
- GUIARD, Y. (sous presse)
Relations interhémisphériques et attention sélective. In J. Réquin (Ed.), *Anticipation et Comportement*.

- GUILBAUD, G., KREUTZER, M., MENETREY, D. et GUANO, G. (1970)
Effets de l'ablation des aires corticales primaires sur les variations, au cours du sommeil, des réponses évoquées au niveau du système extralemniscal par différentes modalités sensorielles. *Journal de Physiologie* (Paris), 62, suppl. 3, 385-386.
- GUILBAUD, G., MENETREY, D. et GUANO, G. (1969)
Répartition au niveau du cortex somatomoteur des zones qui contrôlent les variations des réponses extralemniscales observées pendant les différents états de veille et de sommeil. *Journal de Physiologie* (Paris), 61, suppl. 2, 306-307.
- GUILBAUD, G., MENETREY, D. and OLIVERAS, J.L. (1972)
Control exerted during sleep by primary cortical areas upon different sensory afferents. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 33, 15-21.
- HAGBARTH, K.E. (1960)
Spinal withdrawal reflexes in the human lower limbs. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 23, 222-227.
- HAGBARTH, K.E. and KERR, D.I.B. (1954)
Control influences on spinal afferent conduction. *Journal of Neurophysiology*, 17, 295-307.
- HAYES, K.C. and CLARKE, A.M. (1978)
Learning effects in human muscular responses to proprioceptive stimuli. *Physiology & Behavior*, 21, 57-63.
- HERNANDEZ-PEON, R., SCHERRER, H. and VELASCO, M. (1956)
Central influences on afferent conduction in the somatic and visual pathways. *Acta Neurologica Latinoamerica*, 2, 8-22.
- HUGON, M. (1967)
Réflexes polysynaptiques cutanés et commande volontaire. Thèse de Doctorat ès-Sciences, Paris, 232 pp.
- HUGON, M. (1973 a)
Methodology of the Hoffmann reflex in Man. In J.E. Desmedt (Ed.), *New developments in electromyography and clinical Neurophysiology* (Vol. 3). Bâle : Karger, pp. 277-293.
- HUGON, M. (1973 b)
Exteroceptive reflexes to stimulation of the sural nerve in normal Man. In J.E. Desmedt (Ed.), *New developments in Electromyography and clinical Neurophysiology* (Vol. 3), Bâle : Karger, pp. 713-729.
- HUGON, M. et BATHIEN, N. (1967)
Influence de la stimulation du nerf sural sur divers réflexes monosynaptiques chez l'Homme. *Journal de Physiologie* (Paris), 59, 244.

- HUGON, M., BATHIEN, N. et DUCOURTHIAL, F. (1965)
Le réflexe saphéno-bicipital chez l'Homme, étudié par la technique de double stimulation. *Journal de Physiologie* (Paris), 57, 631-632.
- HUGON, M. et CHANELET, J. (1964)
Description électromyographique chez l'Homme d'un réflexe saphéno-bicipital. *Journal de Physiologie* (Paris), 56, 574-575.
- KAHNEMAN, D. (1973)
Attention and effort. Englewood Cliffs : Prentice Hall, 246 pp.
- KINSBOURNE, M. (1970)
The cerebral basis of lateral asymmetries in attention. *Acta Psychologica*, 33, 193-201.
- KINSBOURNE, M. (1972)
Eye and head turning indicates cerebral lateralization. *Science*, 176, 539-541.
- KINSBOURNE, M. (1974)
Direction of gaze and distribution of cerebral thought processes. *Neuropsychologia*, 12, 279-281.
- KINSBOURNE, M. (1975)
The mechanism of hemispheric control of the lateral gradient of attention. In P.M.A. Rabbitt and S. Dornic (Eds.), *Attention and Performance V*. London : Academic Press, pp. 81-97.
- KINSBOURNE, M. and R.E. HICKS (1978)
Functional cerebral space : a model overflow, transfer and interference effects in human performance : a tutorial review. In J. Réquin (Ed.), *Attention and Performance VII*. Hillsdale : Lawrence Erlbaum Associates, pp. 345-362.
- LEBIZEC, J. (1979)
Effets d'une stimulation cutanée conditionnante sur l'amplitude du réflexe de Hoffmann. D.E.A. de Physiologie nerveuse et musculaire. Lille, 33 pp.
- LEINONEN, L.M. and HYVÄRINEN, J. (1980)
Parietal association cortex of the monkey as revealed by cellular recordings. In G.E. Stelmach and J. Réquin (Eds.), *Tutorials in Motor Behaviour*. Amsterdam : North-Holland Publishing Company.
- LINDSLEY, D.B. (1960)
Attention, consciousness, sleep and wakefulness. In J. Field, H.W. Magoun and V.E. Hall (Eds.), *Handbook of Physiology*, Section I : Neurophysiology (Vol. 3). Washington : Amer. Physiol. Soc., pp. 1553-1593.

- LUNDBERG, A. (1964)
Supraspinal control of transmission in reflex paths to motoneurons and primary afferent. In J.C. Eccles and J.P. Schadé (Eds.), *Progress in Brain Research*, vol. 12 : *Physiology of spinal neurons*, Amsterdam : Elsevier, pp. 197-221.
- LUNDBERG, A. (1967)
The supraspinal control of transmission in spinal reflex pathways. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, suppl. 25, 35-46.
- LUNDBERG, A. (1969)
Convergence of excitatory and inhibitory action on interneurons in the spinal cord. In M.A.B. Brazier (Ed.), *The interneurone*. Berkeley : University of California Press, pp. 231-265.
- LURIA, A.R. (1966)
Higher cortical functions in Man. New York : Basic Books, 513 pp.
- MAGLADERY, J.W., PORTER, W.E., PARK, A.M. and TEASDALL, R.D. (1951)
Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man. IV. The two-neurone reflex and identification of certain action potentials from spinal roots and cord. *Bulletin of the Johns Hopkins Hospital*, 88, 499-519.
- MELZACK, R. and WALL, P.D. (1965)
Pain mechanisms : a new theory. *Science*, 150, 971-979.
- MORAY, N. (1959)
Attention in dichotic listening : affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11, 56-60.
- NÄÄTÄNEN, R. (1975)
Selective attention and evoked potentials in humans. A critical review. *Biological Psychology*, 2, 237-307.
- PAILLARD, J. (1955)
Réflexes et régulations d'origine proprioceptive chez l'Homme. Paris : Arnette, 293 pp.
- PAILLARD, J. (1976)
Tonus, postures et mouvements. In C. Kayser (Ed.), *Traité de Physiologie* (Tome II). Paris : Flammarion, pp. 521-728.
- PAVLOV, I. (1926)
Leçons sur le travail des grands hémisphères cérébraux. In K. Kochtaïanz (Ed.), *Pavlov, I. Oeuvres choisies*. Moscou : Editions en langues étrangères.
- PIERON, H. (1963)
Vocabulaire de la Psychologie. Paris : P.U.F.

- PIERROT-DESEILLIGNY, E., BUSSEL, B. and MORIN, C. (1973)
Supraspinal control of the changes induced in H-reflex by cutaneous stimulation, as studied in normal and spastic Man.
In J.E. Desmedt (Ed.), *New developments in Electromyography and clinical Neurophysiology*. Bâle : Karger, pp. 550-555.
- POSNER, M.I. (sous presse)
Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.
- POSNER, M.I., SNYDER, C.R.R. and DAVIDSON, B.J. (sous presse)
Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology : General*.
- POULTON, E.C. (1950)
Perceptual anticipation and reaction time. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 2, 99-112.
- RASTAD, J., JANKOWSKA, E. and WESTMAN, J. (1977)
Arborisation of initial axon collaterals of spinocervical tract cells stained intracellularly with horseradish peroxidase.
Brain Research, 135, 1-10.
- RAMON Y CAJAL, S. (1909)
Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés (Vol. 1).
Paris : Maloine.
- RIBOT, T. (1889)
Psychologie de l'attention. Paris : Alcan, 180 pp.
- REQUIN, J. (1969)
Some data on neurophysiological processes involved in the preparatory motor activity to reaction time performance.
In W.G. Koster (Ed.), *Attention and Performance II*. Amsterdam : North-Holland Publishing Company, pp. 358-367.
- SIMON, J. (1962)
Dispositif de contention des électrodes de stimulation pour l'étude du réflexe de Hoffmann chez l'Homme. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, suppl. 22, 174-176.
- TOWE, A.L. (1973)
Somatosensory cortex : descending influences on ascending systems.
In A. Iggo (Ed.), *Handbook of sensory physiology*, Vol. II : *Somato-sensory system*. Berlin : Springer-Verlag, pp. 701-718.
- TREISMAN, A. (1964)
Monitoring and storage of irrelevant messages in selective attention. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 3, 449-459.

- TREISMAN, A. (1969)
Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 76, 282-299.
- TSUMOTO, T., NAKAMURA, S. and IWAMA, K. (1975)
Pyramidal tract control over cutaneous and kinesthetic sensory transmission in the cat thalamus. *Experimental Brain Research*, 22, 281-294.
- WALL, P.D. (1967)
The laminar organization of dorsal horn and effects of descending impulses. *Journal of Physiology* (London), 188, 403-423.
- WALL, P.D. (1970)
The sensory and motor role of impulses travelling in the dorsal columns towards cerebral cortex. *Brain*, 93, 505-524.
- WALL, P.D. (1980)
The role of substantia gelatinosa as a gate control. In J.J. Bonica (Ed.), *Pain*. New York : Raven Press, pp. 205-231.
- WALL, P.D., FREEMAN, J. and MAJOR, D. (1967)
Dorsal horn cells in spinal and freely moving rats. *Experimental Neurology*, 19, 519-529.
- WILLER, J.C. (1975)
Influence de l'anticipation de la douleur sur le réflexe nociceptif et les fréquences cardiaque et respiratoire chez l'Homme. *Physiology & Behavior*, 15, 411-415.
- WILLER, J.C. (1977)
Comparative study of perceived pain and nociceptive flexion reflex in Man. *Pain*, 3, 69-80.
- WINER, B.J. (1971)
Statistical principles in experimental design (2nd edition). Tokyo : McGraw-Hill Kogakusha, 907 pp.

ANNEXE I

Expérience : "Performance dans une tâche de détection somesthésique en fonction de la posture oculaire."

Table des résultats.

Sujet		Posture oculaire				
		haut		bas		
		i	c	i	c	
BECQ	G	32.8	28.1	42.2	25.0	
BECQ	D	70.3	51.6	59.4	62.5	V
BOUL	G	31.7	43.3	48.3	45.0	V 60
BOUL	D	32.8	34.4	39.1	37.5	V
CAIL	G	28.1	18.7	32.8	34.4	
CAIL	D	42.2	51.6	43.7	34.4	
COGE	G	45.3	31.2	39.1	25.0	
COGE	D	51.6	56.2	56.2	64.1	
CUVE	G	56.2	62.5	53.1	48.4	
DELE	G	57.8	51.6	42.2	50.0	V
DELE	D	45.3	40.6	45.3	42.2	
FRAN	G	37.5	48.4	57.8	32.8	V
FRAN	D	62.5	53.1	50.0	56.2	V
GORI	D	71.4	58.7	69.8	58.7	V 63
HAOU	G	50.0	39.1	39.1	51.6	
HAOU	D	42.2	42.2	45.3	45.3	

ANNEXE I (suite)

Sujet	Côté	Posture oculaire				
		haut		bas		
		i	c	i	c	
JAKU	G	45.3	37.5	56.2	28.1	
JAKU	D	29.7	32.8	35.9	29.7	
LEBI	G	34.4	46.9	37.5	42.2	
LEBI	D	57.8	53.1	75.0	23.4	
PDEM	G	67.2	53.1	56.2	57.8	
PDEM	D	51.6	54.7	65.6	42.2	
RENA	G	42.2	29.7	53.1	37.5	
RENA	D	60.9	59.4	48.4	45.3	V
VERL	G	50.0	50.0	53.1	48.4	
VERL	D	45.3	39.1	59.4	56.2	

Notes :

- Les valeurs consignées dans cette table sont des fréquences de détection (pourcentages). Le nombre total des stimuli délivrés est indiqué à droite s'il diffère de 64.
- La lettre V signale les expériences au cours desquelles on a fait varier le nombre de stimuli par essai.

ANNEXE II

Expérience : "Temps de réaction somesthésique : effet de la posture oculaire."

Table des résultats.

Sujet		PO i		PO c	
Côté	stimulé	Mn i	Mn c	Mn i	Mn c
BOUL	G	211.7	190.7	207.0	207.9
	D	180.1	184.0	188.1	192.2
BRIK	G	266.7	298.7	291.5	286.1
	D	252.7	259.2	260.2	280.4
CDEM	G	189.9	182.0	190.6	174.1
	D	162.5	187.5	199.4	207.6
CHAL	G	264.7	234.0	251.5	266.4
	D	266.7	263.6	242.7	272.1
CIAN	G	221.7	210.0	231.7	219.9
	D	225.2	230.6	220.4	252.6
FREI	G	213.5	212.0	228.7	220.9
	D	214.0	213.7	220.9	227.6
GOEM	G	202.6	219.4	212.9	204.1
	D	242.7	231.4	240.0	221.7
HAOU	G	265.2	309.9	288.9	295.0
	D	320.2	311.0	339.5	294.2
LEBI	G	217.2	216.1	222.9	197.0
	D	229.5	222.9	243.5	231.5



ANNEXE II (suite)

Sujet		PO i		PO c	
		Mn i	Mn c	Mn i	Mn c
Côté stimulé					
LEFE	G	229.6	235.2	235.6	232.5
	D	241.5	238.0	236.2	242.0
LEVA	G	199.1	185.5	195.0	179.0
	D	191.5	186.5	188.2	190.5
LOUT	G	233.5	257.1	254.9	251.6
	D	276.0	296.2	289.0	289.4
MBEC	G	204.5	212.6	215.0	229.4
	D	240.6	224.4	234.5	217.9
MICE	G	254.6	251.4	237.4	268.5
	D	277.7	271.7	256.4	271.4
NGUI	G	265.4	267.2	272.2	267.0
	D	233.4	255.0	239.2	260.9
PDEM	G	217.0	230.9	233.1	231.6
	D	233.2	242.5	235.6	261.0
PSAI	G	244.0	240.7	240.7	238.0
	D	234.1	241.1	251.0	231.0

ANNEXE III

Expérience : "RAIII et attention sélective."

Table des résultats.

Sujet	G		D		Côté stimulé DA
	i	c	i	c	
BOUS	.477	.523	.444	.556	
	.543	.457	.488	.512	
	.543	.457	.494	.506	
	.586	.414	.504	.496	
	.500	.500	.599	.401	
	.363	.637	.560	.440	
	.588	.412	.444	.556	
	.522	.478	.538	.462	
DESP	.597	.403	.522	.478	
	.511	.489	.545	.455	
	.565	.438	.445	.555	
	.475	.525	.537	.463	
	.553	.447	.641	.359	
	.497	.503	.501	.499	
	.471	.529	.526	.474	
	.543	.457	.459	.541	
GRAR	.392	.608	.479	.521	
	.470	.530	.494	.506	
	.676	.324	.603	.397	
	.493	.507	.491	.509	
	.485	.515	.578	.422	
	.500	.500	.390	.610	
	.447	.553	.452	.548	
	.495	.505	.500	.500	
GUER	.497	.503	.491	.509	
	.529	.471	.496	.504	
	.464	.536	.564	.436	
	.527	.473	.419	.581	
	.408	.592	.506	.494	
	.550	.450	.588	.412	
	.515	.485	.551	.449	
	.438	.562	.603	.397	



ANNEXE III (suite)

Sujet	G		D		Côté stimulé
	i	c	i	c	DA
HOMO	.604	.396	.365	.635	
	.736	.264	.446	.554	
	.636	.364	.508	.492	
	.645	.355	.520	.480	
	.492	.508	.574	.426	
	.467	.533	.457	.543	
	.574	.426	.555	.445	
	.415	.585	.514	.486	
HONO	.675	.325	.574	.426	
	.526	.474	.605	.395	
	.538	.462	.643	.357	
	.524	.476	.459	.541	
	.513	.487	.549	.451	
	.516	.484	.413	.587	
	.594	.406	.480	.520	
	.477	.523	.482	.518	
ZEPH	.537	.463	.679	.321	
	.510	.490	.493	.507	
	.527	.473	.495	.505	
	.529	.471	.453	.547	
	.482	.518	.479	.521	
	.572	.428	.493	.507	
	.560	.440	.532	.468	
	.508	.492	.510	.490	

Note : ce sont les valeurs de R' qui se trouvent consignées dans cette table.



ANNEXE IV

Expérience : "Effets de l'attention sur le RAIII."

Table des résultats.

Sujet Côté		BLOC			
		1	2	3	4
BOU	G	100	88.3 i	79.9	81.9
	D	100	94.8	98.7 i	87.5
DEK	G	100	49.1 i	48.1	45.9
	D	100	45.2	46.8 i	58.2
POU	G	100	78.4	58.5 i	97.5
	D	100	63.1 i	44.4	167.7
BEC	G	100	46.9	51.0 i	64.3
	D	100	64.2 i	53.0	54.5
COR	G	100	75.9 i	82.3	87.6
	D	100	66.4	62.6 i	55.9
JEA	G	100	50.5	43.4 i	42.4
	D	100	28.3 i	26.3	28.0

Note : ce sont les valeurs de R' qui se trouvent consignées dans cette table.



ANNEXE V

Expérience : "Modulation du réflexe de Hoffmann par les afférences cutanées : effet de la direction de l'attention."

Table des résultats.

	$\overline{H_i}$	$\overline{H_c}$	$\overline{H'i}$	$\overline{H'c}$
1- Test côté gauche.				
BOUL	33.534	34.707	40.276	45.224
CECC	47.387	46.171	49.760	51.276
CHAL	33.264	34.518	35.645	35.150
CIAN	46.070	46.119	50.779	50.100
DELP	36.077	34.402	38.900	41.388
LEBI	59.926	62.015	61.868	60.618
MICE	35.152	31.472	37.835	37.547
NGUI	39.085	39.390	39.967	41.547
PDEM	38.433	38.161	42.871	43.678
2- Test côté droit.				
BOUL	42.533	44.800	56.500	66.017
CECC	58.861	59.593	62.111	63.769
CHAL	37.657	37.041	39.283	38.140
CIAN	39.232	41.862	43.685	49.987
MICE	43.113	46.562	50.302	52.230
MOCH	38.920	38.560	51.200	56.440
NGUI	42.969	41.732	47.383	47.370
PDEM	46.719	43.220	54.216	55.581
SOUS	45.640	52.811	48.502	57.744

ANNEXE V (suite)

Notes :

- Pour les abréviations, se reporter au texte pages 60 et 66.
 - Pour l'analyse de variance, on prendra :
 - . Effectif harmonique par expérience et par condition : 20.632
 - . Somme des x^2 : 3 347 779.9
 - . Somme des $T^2/4$: 3 266 621.5
- (T= total de série)

