

**ANTICIPATION
ET COMPORTEMENT**

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

JEAN REQUIN

ANTICIPATION AND BEHAVIOUR

Edited by

JEAN REQUIN

**ÉDITIONS DU CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
15, QUAI ANATOLE-FRANCE – 75700 PARIS**

1980

PROGRAMMATION DES ACTIVITÉS DE SOULÈVEMENT D'OBJETS CHEZ L'ENFANT DE 2 A 5 ANS (1)

CLAUDE-ALAIN HAUERT, PIERRE MOUNOUD,
EUGÈNE MAYER ET MIRIAM ERKOHEN

*Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education
Université de Genève*

ABSTRACT. – The development of lifting movements with children from 2 to 5 years old has been studied. Activities of lifting objects have been considered as prepared or programmed by the child according to properties of objects and conditions of the experimental situation.

The results of a "substitution" item are presented. This item consists in substituting a light object (30 gr.) after the child has lifted several times an heavy object (330 gr.) of the same appearance. The effect of substitution is analyzed according to two aspects of the behavior :

- 1) according to velocity curves morphology of liftings of two objects;
- 2) according to the acceleration of light object compared to the acceleration of heavy object liftings.

The evolution encountered is not linear but has the shape of "saw teeth". It is suggested to interpret this evolution as a series of levels of cognitive elaborations and reelaborations of the objects' and situation's properties.

I. INTRODUCTION

Ce travail s'inscrit dans une perspective *développementale et cognitiviste*. Il a pour thème l'étude de la préparation et de l'exécution d'actions de soulèvement d'objets chez l'enfant de 2 à 5 ans. Les questions posées sont les suivantes :

- 1) comment l'enfant traite-t-il dans la préparation de ses actions certaines propriétés des objets (taille , poids) ?

(1) Ce travail a bénéficié d'un subside (n° 1.369.0.76) du Fonds national suisse de la recherche.

2) est-il possible de décrire une évolution avec l'âge de ces traitements ?

Le premier postulat qui guide notre approche est que tout mouvement, du moins volontaire, est précédé d'un projet comme le conçoit par exemple BERNSTEIN (1967). Nous utiliserons quant à nous le terme de *programme d'action* qui sera défini ci-après.

Un deuxième postulat est que la programmation des mouvements volontaires est intimement liée au développement cognitif. Nous étudions donc, à travers la préparation de certaines actions, un aspect de l'évolution avec l'âge des interactions qu'entretiennent la sensori-motricité et la cognition.

Dans le cadre de cette expérience, que faut-il entendre par le terme de programme d'action ? Soulever un objet nécessite une série de contractions et de relâchements de plusieurs groupes musculaires, antagonistes et synergistes, des segments corporels impliqués. Nous appellerons programme moteur l'organisation temporelle et spatiale de ces séquences. L'intensité et la durée des contractions musculaires sont les dimensions variables du programme. Pour la préparation de son action, le sujet doit attribuer des valeurs à ces variables. Pour fixer ces valeurs (valeurs des paramètres du programme, dans un langage informatique), le sujet traite de façon anticipée un certain nombre de données portant :

- d'une part sur l'objet à soulever : taille, poids, position, destination, etc.;
- d'autre part sur le corps propre : position du bras, direction, amplitude, vitesse du mouvement, etc.

Autrement dit, le sujet doit traiter des informations de différentes natures, essentiellement visuelles et proprioceptives. *C'est sur la base de ces informations que l'action est préparée.*

Les valeurs des paramètres du programme utilisé par le sujet peuvent être entièrement déterminées avant l'exécution du mouvement. On a coutume alors dans la littérature de parler d'un mouvement *préprogrammé* ou *balistique*. Mais les valeurs de ces paramètres sont également susceptibles de varier au *cours même* du mouvement, en fonction d'informations périphériques. Les paramètres du programme peuvent alors être modulés en cours d'action, ou à la faveur d'un arrêt momentané de l'action. On parlera dans ce cas de mouvements partiellement programmés.

Nous ne concevons pas la réalisation d'un programme moteur comme un processus nécessairement rigide et stéréotypé. Un programme est la structure d'une action, et sa réalisation est modulable en fonction de données de la situation pouvant faire ou non l'objet d'une prédiction de la part du sujet. Par exemple, s'il s'agit pour un sujet de soulever deux objets de poids différents, le même programme moteur sera utilisé, mais les valeurs de ses paramètres varieront en fonction d'une anticipation du poids de ces objets. Une telle anticipation est effectuée par le sujet sur cette propriété des objets à partir d'indices tels que leur taille, leur texture, leur volume, etc. Au début du siècle, CLAPARÈDE (1902), et plus récemment DAVIS et ROBERTS (1976), ont effectivement montré expérimentalement, avec des sujets adultes dans une situation d'illusion de poids, que le sujet soulève, à poids égaux, plus rapidement un grand volume qu'un petit. Etant donné que les caractéristiques d'un mouvement traduisent assez directement son degré de préparation en fonction des données de la situation, il est

justifié d'utiliser ces caractéristiques pour étudier la préparation de ce mouvement. Les données suivantes seront analysées :

- la morphologie des tracés de vitesse des soulèvements;
- certaines valeurs remarquables d'accélération.

II. MÉTHODE

1. Population

62 sujets de 2-0 à 4-11 ans ont été soumis à l'expérimentation. Cette population est répartie à peu près équitablement en 6 niveaux d'âge, de 6 mois en 6 mois. Chacun de ces niveaux contient au minimum 10 sujets.

2. Matériel

Les objets à soulever étaient 2 cylindres d'apparence identique, de 3 cm de diamètre et 6 cm de hauteur. L'un d'eux pèse 330 g, l'autre 30 g. Ces objets sont posés sur un support de 3 cm sur 10 cm de matériau léger. Lors du soulèvement l'objet entraîne, via le support, une tige de faible poids actionnant l'axe d'un potentiomètre rotatif. Nous recueillons à la sortie du potentiomètre un signal électrique proportionnel à l'amplitude du déplacement de l'objet à chaque instant de sa course. Nous dérivons ce signal par voie électronique pour en établir son tracé de vitesse.

3. Procédure

Le sujet est assis face à l'expérimentateur et à sa droite se trouve le support sur lequel on place l'objet lourd. Lorsque le sujet saisit l'objet, son avant-bras forme avec son bras un angle de 90° environ. On lui donne comme consigne de soulever cet objet verticalement. Le sujet est soumis à plusieurs situations dont seule la première est évoquée ici. Il s'agit d'un item de substitution qui consiste à faire soulever plusieurs fois (maximum 10, minimum 4, selon l'état de disponibilité du sujet) cet objet lourd et à lui substituer, à l'insu du sujet, l'objet léger.

III. RÉSULTATS

1. Analyse de la morphologie des tracés de vitesse

Nous avons établi en premier lieu une classification de l'ensemble des mouvements recueillis sur la base de la morphologie de leurs tracés de vitesse dans la phase de soulèvement de l'objet. On peut dichotomiser ces tracés en

deux catégories correspondant à celles que BROOKS, COOKE et THOMAS (1973) ont distinguées chez le singe (*Cebus*) dans des mouvements de va-et-vient du bras entre deux cibles. Il s'agit de mouvements que ces auteurs qualifient de « continus » s'ils ne présentent qu'un seul maximum de vitesse, et de « discontinus » s'ils en présentent plus d'un. Pour rendre compte de cette distinction, BROOKS, COOKE et THOMAS invoquent le fait que les mouvements discontinus s'accompagnent d'une série de feed-backs périphériques sur l'action en cours, alors que ce ne serait pas le cas pour les mouvements continus. Il nous paraît cependant plus judicieux de concevoir que les mouvements continus, dans de telles situations, s'accompagnent eux aussi de feed-backs périphériques. C'est la façon de *traiter* ces informations en retour, pour les intégrer au projet du mouvement, qui est différente selon que le mouvement est continu ou discontinu.

Les mouvements discontinus sont donc localement programmés car ils nécessitent des prises d'informations sur les états intermédiaires de l'action pour pouvoir se poursuivre. Les mouvements continus, en revanche, sont entièrement programmés avant leur exécution, donc préprogrammés. Une rectification peut avoir lieu en cours d'action, mais elle fait partie intégrante du mouvement qui se déroule. Ces différences morphologiques des tracés de vitesse traduisent donc au moins deux degrés distincts de programmation de l'action, et, de ce fait, différents degrés d'anticipation de certaines propriétés physiques des objets et de certaines caractéristiques du mouvement.

On s'est donc intéressé, dans cet item de substitution, à l'évolution avec l'âge de la fréquence d'apparition des mouvements continus. Cette évolution est représentée dans la figure 1.

On a considéré dans cette figure soit tous les soulèvements de l'objet lourd (points noirs, traits pleins), soit le dernier soulèvement uniquement de cet objet (points blancs, traitillés), soit le premier soulèvement de l'objet léger (triangles blancs, pointillés).

Pour l'objet lourd, on constate que la fréquence relative d'apparition de ces mouvements est toujours supérieure ou égale à 40 %, et qu'elle est maximale à 3-6 - 3-11 ans. L'allure de cette évolution est équivalente pour la totalité ou le dernier des soulèvements de l'objet lourd. On remarque toutefois que la fréquence des mouvements continus est légèrement plus élevée en moyenne pour le dernier soulèvement de cet objet, résultat témoignant d'un effet d'apprentissage. On constate enfin qu'à tous les âges considérés, la fréquence des mouvements continus diminue de manière importante après la substitution.

Ces résultats ont fait l'objet de deux analyses. Dans la première, nous avons cherché à qualifier, par un ajustement polynomial des résultats à travers les groupes d'âges, l'allure de l'évolution observée pour l'objet lourd. Les degrés 1, 2 et 3 du polynôme ajusté s'avèrent significatifs (degré 1 : $F(1,56) = 15,36$, $p < .0003$; degré 2 : $F(1,56) = 5,78$, $p < .0196$; degré 3 : $F(1,56) = 6,35$, $p < .0146$). En se reportant à la figure 1, on peut interpréter : a) la tendance *linéaire* comme la traduction d'une augmentation globale de la fréquence des mouvements continus entre 2 et 5 ans; b) la tendance *quadratique* comme l'expression d'une modulation de la tendance linéaire se manifestant par la chute de la fréquence des mouvements continus entre 3-6 - 3-11 ans et 4-11 ans; et c) la tendance

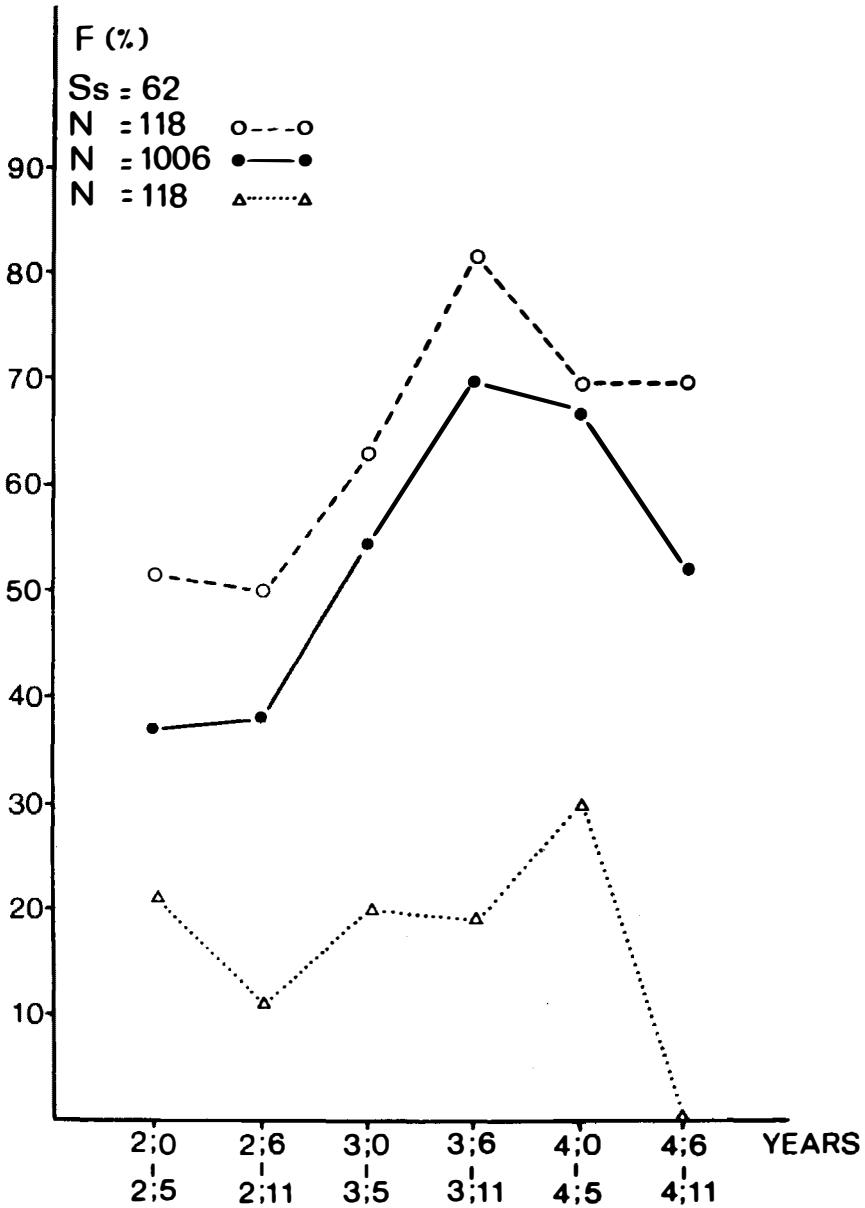


FIG. 1. - Relative frequency (F) of continuous movements in percent of total movements per age group in :
 - liftings of heavy object preceding substitution (black lines);
 - last lifting of heavy object (dashed lines);
 - first lifting of light object (dotted).

cubique comme la manifestation du fait que la fréquence des mouvements continus croît spécialement entre 2-6 – 2-11 ans et 3-6 – 3-11 ans.

Nous avons testé la différence entre l'objet lourd et l'objet léger au moyen d'une seconde analyse statistique portant sur la répartition des mouvements continus et discontinus dans les soulèvements de ces deux objets. Nous avons retenu les 3 derniers soulèvements de l'objet lourd et le premier soulèvement de l'objet léger afin de ne pas intégrer dans ces calculs l'effet d'apprentissage que suggèrent nos résultats dans l'ensemble des soulèvements de l'objet lourd. Nous avons donc supposé que cet effet devait principalement intervenir au cours des premiers soulèvements de cet objet. Cette analyse, basée sur le calcul des matrices successives de transition d'un soulèvement au suivant, a montré :

a) que pour les 3 derniers soulèvements de l'objet lourd, la performance de l'ensemble des sujets peut être considérée comme stationnaire; en d'autres termes, les proportions respectives des mouvements continus et discontinus qu'ils produisent dans les 3 derniers soulèvements de l'objet lourd sont constantes;

b) que la performance des sujets n'est plus stationnaire lors du passage au premier soulèvement de l'objet léger (à un seuil statistique de .05).

Il y a donc une différence statistiquement significative entre la répartition des mouvements continus dans les 3 derniers soulèvements de l'objet lourd et dans le premier soulèvement de l'objet léger. La figure 1 illustre le sens de cette différence.

Discussion

Cette première série de résultats indique que, lorsqu'il s'agit de soulever plusieurs fois consécutivement un même objet, les sujets produisent en moyenne plus de 40 % environ de mouvements continus, c'est-à-dire préprogrammés. Cependant, si cette répartition de mouvements préprogrammés augmente jusqu'à 4 ans environ, elle diminue ensuite jusqu'à 5 ans. Une telle évolution n'est donc pas linéaire. Le développement, par rapport à ce premier indice, ne se réduit pas à un accroissement sans histoire de la proportion des mouvements préprogrammés.

La substitution de l'objet lourd par l'objet léger provoque une diminution considérable et généralisée de la proportion des mouvements continus. Cette diminution a donc été obtenue en *trompant* les sujets sur le poids réel de l'objet qu'ils se préparaient à soulever. Il s'agit ici d'une première façon de qualifier globalement la perturbation du mouvement provoquée par la substitution.

Ces résultats plaident bien en faveur de notre premier postulat : lorsqu'on trompe délibérément l'enfant sur le poids de l'objet à soulever, on modifie sa performance. En d'autres termes, on rend ainsi inadaptée la préparation de son action.

La morphologie du tracé de vitesse d'un mouvement est un indice global de sa programmation. Pour chercher à spécifier plus précisément à chaque âge l'effet de la substitution, l'accélération des mouvements a été étudiée.

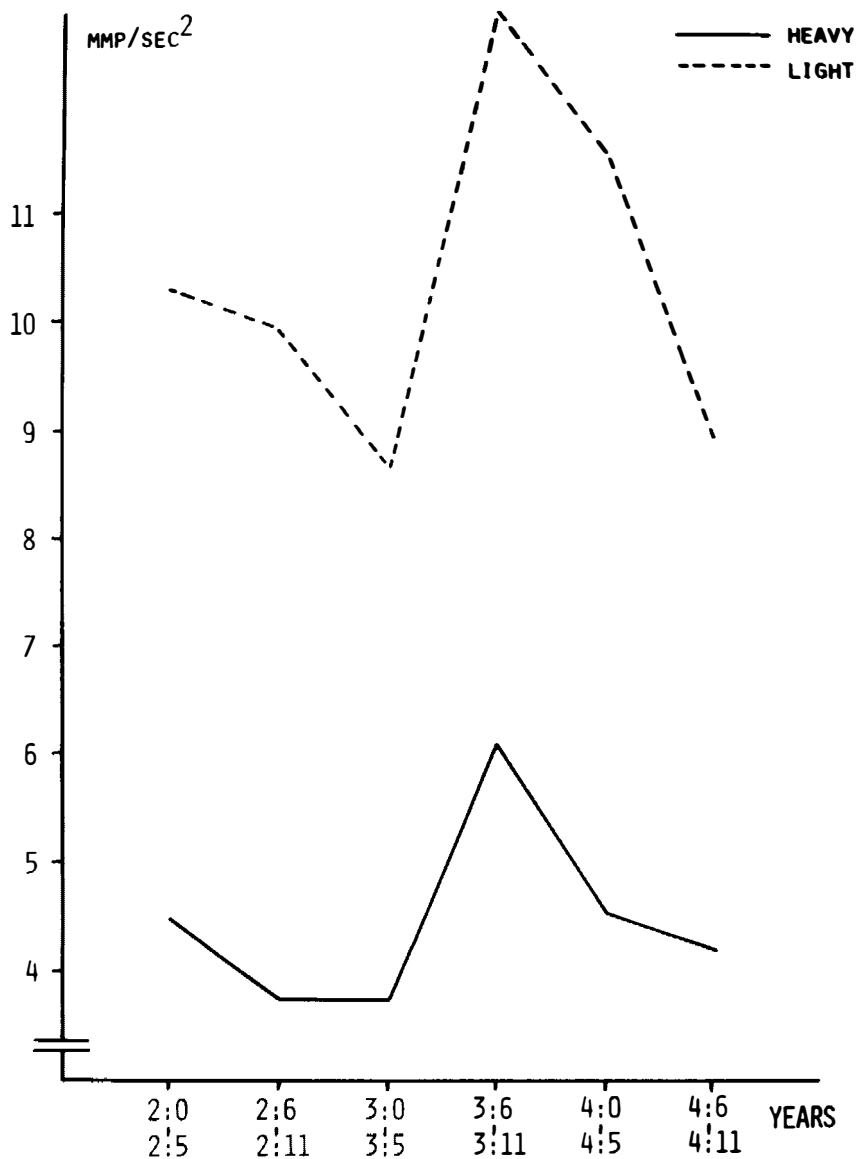


FIG. 2. — Mean acceleration (mmp/sec²) of lifting movements, during the first acceleration phase, for the heavy object (black lines) and the light one (dashed lines). (mmp = distance in the scale of the mechanogramme).

2. Analyse de l'effet d'accélération

Nous nous sommes intéressé à la variation de la vitesse de soulèvement provoquée par la substitution de l'objet lourd par l'objet léger en procédant comme suit. Pour les trois derniers soulèvements de l'objet lourd et pour le premier soulèvement de l'objet léger, la date d'apparition du premier maximum de vitesse, ainsi que son amplitude, ont été relevées. Le rapport entre cette amplitude et cette date a été calculée pour chaque mouvement et définit son accélération moyenne initiale. L'évolution avec l'âge de ces données, pour l'objet lourd et l'objet léger est présentée dans la figure 2.

Relevons en premier lieu que l'accélération initiale moyenne des mouvements est à chaque âge plus élevée pour l'objet léger que pour l'objet lourd. D'autre part, l'évolution des performances avec l'âge n'est pas linéaire et monotone : pour les deux objets, lourd et léger, l'indice calculé chute entre 2-0 – 2-5 ans et 3-0 – 3-5 ans ; il est maximum à 3-6 – 3-11 ans pour chuter à nouveau entre 3-6 – 3-11 ans et 4-6 – 4-11 ans.

Discussion

L'accélération initiale d'un mouvement est un indice particulier de sa programmation. Plus sa valeur pour l'objet léger est élevée, plus l'effet de la substitution est important. Mais cet indice ne tient pas compte de la différenciation entre mouvements continus et mouvements discontinus. Il permet cependant de constater qu'un effet d'accélération est présent à tous les groupes d'âge lors de la substitution, que les mouvements avec l'objet lourd soient en majorité continus ou en majorité discontinus. Dans ce dernier cas, les résultats montrent qu'un effet d'accélération peut être présent même en cas de programmation partielle de l'action. Dans ce sens, il est encore possible de considérer les mouvements discontinus comme une succession de mouvements continus de faibles durée et amplitude.

Il y a donc à chaque âge du développement étudié un effet d'augmentation de la vitesse du mouvement entre le dernier soulèvement de l'objet lourd et le premier soulèvement de l'objet léger. La figure 2 met en évidence le fait que cet effet est proportionnel aux valeurs moyennes d'accélération *avant* la substitution : les valeurs de l'accélération initiale du soulèvement de l'objet léger évoluent avec l'âge selon un pattern comparable à celui présenté pour les soulèvements de l'objet lourd. Les différences observées entre les groupes d'âges sont cependant plus marquées avec l'objet léger qui joue donc ici un rôle d'un « différenciateur ».

Enfin, l'évolution avec l'âge de ces résultats présente une allure générale « en dents de scie ».

IV. DISCUSSION GÉNÉRALE

À tous les âges du développement considéré, la substitution d'un objet lourd par un objet léger, qui lui est extérieurement identique, provoque un changement notable du mouvement. Ces activités sont donc toujours programmées (postulat 1). Mais ce changement est plus ou moins important selon l'âge de l'enfant. L'interprétation de ces résultats nécessite des investigations supplémentaires, actuellement en cours, relatives spécialement aux corrections de l'action que les sujets effectuent après la substitution.

Il semble néanmoins qu'il y ait plusieurs niveaux dans le développement avec l'âge des conduites étudiées. Ces niveaux correspondraient à différents degrés de préparation de l'action, et, par conséquent, à plusieurs élaborations cognitives successives des propriétés des objets et de la situation expérimentale (postulat 2). Une situation de ce type n'est pas élaborée par l'enfant une fois pour toutes dès un certain âge. Elle l'est plusieurs fois au cours du développement, et le fait que notre second indice présente une évolution en dents de scie ne saurait signifier que l'enfant présente des périodes de « régression ».

Nous formulerons au contraire l'hypothèse (MOUNOUD, 1976) que les étapes suggérées par nos données expérimentales sont le reflet de *réorganisations* successives des conduites, réorganisations dues à l'apparition de nouvelles capacités de représentation chez l'enfant (langage, images, etc.). Dans le cadre de cette hypothèse, les résultats présentés traduisent les *interactions* qui s'établissent nécessairement, dès environ 2 ans, entre pensée et action pratique.

RÉFÉRENCES

- Bernstein N.** – *The co-ordination and regulation of movements*, Oxford, etc. : Pergamon Press, 1967.
- Brooks V. B., Cooke J. D. & Thomas J. S.** – The continuity of movements. In : R. S. Smith & J. B. Redford (Ed.), *Control of posture and locomotion, advances in behavioral biology*, volume 7, New-York - London : Plenum Press, 1973.
- Claparède E.** – Expériences sur la vitesse du soulèvement des poids de volume différents, *Archives de Psychologie*, 1902, I, 1, 69-94.
- Davis C. M. & Roberts W.** – Lifting movements in the size-weight illusion, *Perception and Psychophysics*, 1976, 20, (1), 33-36.
- Hauert C.A.** – Propriétés des objets et propriétés des actions chez l'enfant de 2 à 5 ans, *Archives de Psychologie*, 1980, XLVIII (A paraître).

- Mounoud P.** – Les révolutions psychologiques de l'enfant, *Archives de Psychologie*, 1976, XLIV, **171**, 103-114.
- Mounoud P., Mayer E. & Hauert C.A.** – Preparation of actions to lift objects of varying weight and texture in the adult, *Journal of Human Movement Studies*, 1979, **5**, 209-215.
- Paillard J.** – Tonus, posture et motricité téléocinétique. In : C. Kayser : *Physiologie*, tome 2, Paris : Flammarion, 1969.