

L'ESPRIT PIAGÉTIEN

Hommage international
à Jean Piaget

sous la direction de
Olivier HOUDÉ
Claire MELJAC



Presses Universitaires de France

CHAPITRE IV

La connaissance du monde physique par le bébé. Héritages piagétiens¹

RENÉE BAILLARGEON

Jean Piaget fut le premier chercheur en psychologie à examiner de manière systématique la compréhension du monde physique par le bébé. Ses observations fascinantes ont passionné les chercheurs du monde entier et ont provoqué l'émergence d'un nouveau champ d'étude, qui reste aujourd'hui très exploré et discuté, au sein du domaine plus large de la cognition du très jeune enfant.

Ce chapitre est divisé en trois parties. Dans la première, nous traiterons brièvement de plusieurs divergences notables entre les conclusions de Piaget (1952, 1954, 1970) et les recherches actuelles sur le monde physique du bébé. Dans la deuxième partie, nous introduirons le modèle d'acquisition des connaissances physiques précoces que mes collègues et moi-même avons développé ces dernières années (Baillargeon, 1995, 1998 ; Baillargeon, Kotovsky et Needham, 1995). Enfin, dans la troisième partie, nous discuterons des résultats et conclusions qui présentent des ressemblances frappantes avec certains thèmes de Piaget.

LES DIVERGENCES

En comparant les recherches d'aujourd'hui à celles de Piaget, on peut repérer au moins quatre divergences.

1. La préparation de ce chapitre a été financée par une subvention du NICHD (HD 21104). L'auteur remercie Cindy Fisher pour ses précieux commentaires. La traduction de l'anglais a été réalisée par Antonia Boyadgian et Arlette Streri.

La première tient aux méthodes utilisées pour évaluer la compréhension du monde physique chez le bébé. Alors que Piaget proposait surtout des exercices de manipulation d'objets (par exemple, des tâches « moyens-buts »), les chercheurs contemporains utilisent plutôt des situations d'attention visuelle (notamment, des tâches d'habituation/déshabituaton et de transgression des attentes). Ces tâches reposent sur la tendance du bébé à regarder plus longtemps des stimuli nouveaux que des stimuli familiers (Fagan, 1970 ; Fantz, 1964 ; Friedman, 1972). Dans une tâche typique de transgression des attentes, on présente aux bébés une situation possible et une situation impossible. Alors que la situation possible est compatible avec telle connaissance ou attente, la situation impossible la contredit. Des temps de regard plus longs pour la situation impossible (couplés à des conditions de contrôle appropriées) indiquent que les bébés, en raison des connaissances qu'ils possèdent déjà, considèrent la situation impossible comme plus nouvelle ou plus inattendue que la situation possible (Arterberry, 1993 ; Baillargeon, Spelke et Wasserman, 1985 ; Needham et Baillargeon, 1993 ; Spelke, Breinlinger, Macomber et Jacobson, 1992 ; Wilcox, Nadel et Rosser, 1996, etc.). Les situations d'attention visuelle présentent deux avantages par rapport à celles de manipulation d'objets : elles sont adaptées à l'étude des très jeunes bébés puisqu'elles reposent simplement sur la comparaison de temps de regard ; en outre, elles permettent aux chercheurs d'explorer le développement des connaissances des principes physiques sans se heurter aux limites imposées par le lent développement du système moteur du bébé (voir aussi Lécuyer, ce volume, chap. V).

Une deuxième divergence entre les travaux actuels et ceux de Piaget tient à la diversité des situations dans lesquelles le monde physique du bébé est étudié. Même si les situations d'objets cachés continuent d'être très utilisées (Aguilar et Baillargeon, 1998, 2000 ; Bogartz, Shinsky et Speaker, 1997 ; Lécuyer, Abgueguen et Lemarie, 1992 ; Munakata, McClelland, Johnson et Siegler, 1997 ; Thelen et Smith, 1994 ; Spelke *et al.*, 1992 ; Spelke, Kestenbaum, Simons et Wein, 1995 *a* ; Wilcox et Baillargeon, 1998 ; Wilcox *et al.*, 1996 ; Xu et Carey, 1996), d'autres situations physiques suscitent une attention croissante : support d'un objet par un autre (Needham et Baillargeon, 1993 ; Sitskoorn et Smitsman, 1997 ; Spelke *et al.*, 1992), collisions entre objets (Kotovsky et Baillargeon, 1994 ; Leslie et Keeble, 1987 ; Oakes et Cohen, 1995) et objets placés dans des récipients (Aguilar et Baillargeon, 1998 ; Leslie et Das Gupta, 1997 ; Pieraut-Le Bonniec, 1985 ; Sitskoorn et Smitsman, 1995).

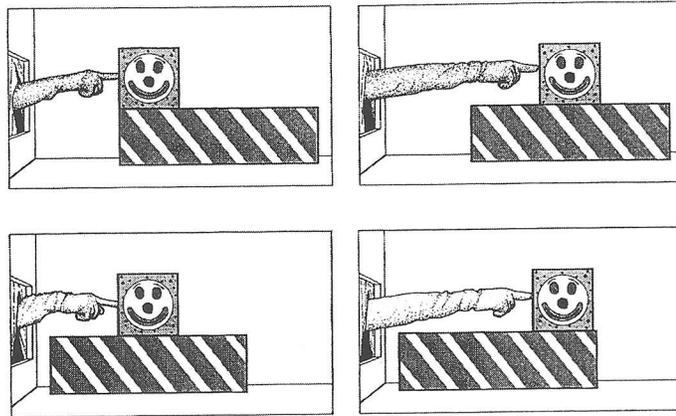
Ces deux divergences – l'utilisation de méthodes plus sensibles et la multiplication des situations explorées – caractérisent de manière générale le progrès scientifique. Cependant, la troisième divergence est plus importante d'un point de vue théorique. Les résultats des recherches des quinze dernières années, obtenus surtout par des méthodes d'attention visuelle, indiquent que la compréhension du monde physique par les bébés est bien plus riche que ne le pensait Piaget.

Pour illustrer ce dernier point, nous décrivons ci-dessous une expérience portant sur les attentes des bébés de trois mois confrontés à différents événements de support (Needham et Baillargeon, 2000 ; voir aussi Baillargeon, 1995). Dans une phase de familiarisation, les bébés voient une boîte posée sur une plate-forme (fig. 1). Une main gantée apparaît latéralement. L'index pousse la boîte vers la droite jusqu'au bord de la plate-forme. Dans la phase test la plate-forme est moins longue. Deux événements sont présentés : un événement possible dans lequel la boîte s'arrête quand elle atteint l'extrémité du support ; un événement impossible dans lequel la main pousse la boîte au-delà des limites du support, sans que celle-ci tombe – restant donc suspendue en l'air. Dans une condition contrôle, d'autres bébés voient des événements similaires, mais la main tient la boîte, de façon qu'elle soit toujours soutenue. Les bébés du groupe expérimental regardent significativement plus longtemps l'événement impossible que l'événement possible, tandis que pour le groupe contrôle, les temps de regard pour les deux événements ne diffèrent pas. Ces résultats suggèrent que les bébés du groupe expérimental s'attendent à ce que la boîte tombe lorsqu'elle est poussée au-delà des limites de la plate-forme et sont surpris quand, dans l'événement impossible, elle ne tombe pas.

Cette interprétation est confirmée par les résultats d'une seconde expérience (Needham et Baillargeon, 2000). Des bébés de trois mois voient les mêmes situations de familiarisation et de test que ceux du groupe expérimental précédent. Toutefois, dans cette expérience, la phase de familiarisation se termine par un essai supplémentaire où le devant de la boîte est retiré : les bébés peuvent ainsi en voir l'intérieur (fig. 2). Pour la moitié des sujets une deuxième main, tenant le fond de la boîte, est visible à travers cette ouverture (condition « main-dans-la-boîte »). Pour les autres bébés, il n'y a pas de main dans la boîte (condition « boîte-vide »). Les bébés de la condition « boîte-vide » regardent significativement plus longtemps l'événement impossible que l'événement possible, tandis que les bébés de la

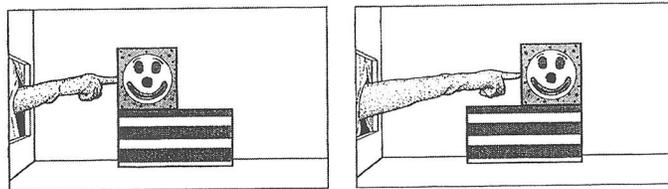
CONDITION EXPÉRIMENTALE

Événements de familiarisation



Événements tests

Événement possible



Événement impossible

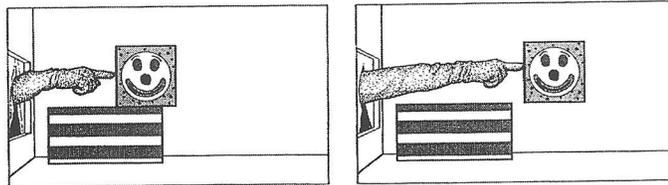
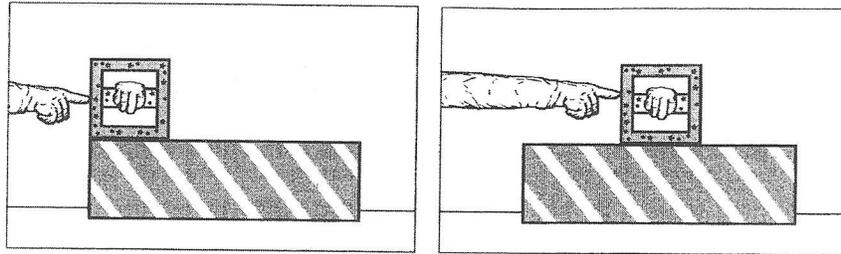


Fig. 1. — Événements de familiarisation et de tests présentés dans la condition expérimentale, d'après Needham et Baillargeon (2000)

Condition « main-dans-la-boîte »



Condition « boîte-vide »

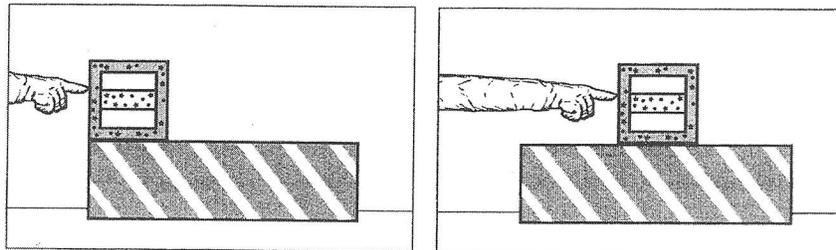


Fig. 2. — Événements de familiarisation présentés dans les conditions « main-dans-la-boîte » et « boîte-vide », d'après Needham et Baillargeon (2000)

condition « main-dans-la-boîte » regardent aussi longtemps les deux événements tests. Ces résultats suggèrent deux conclusions. Les sujets de la condition « boîte-vide » regardent plus longtemps l'événement impossible parce qu'ils sont surpris de voir que la boîte ne tombe pas alors qu'elle n'est plus soutenue par la plate-forme. Ceux de la condition « main-dans-la-boîte » sont capables d'utiliser le supplément d'information donné en début d'expérience pour attribuer un sens à l'événement impossible : pour eux, si la boîte ne tombe pas lorsqu'elle dépasse la plate-forme, c'est parce qu'elle est tenue par une main cachée.

La découverte de connaissances physiques complexes chez le très jeune bébé (pour des revues, voir Baillargeon, 1995 ; Leslie, 1995 ; Mandler, 1997 ; Needham, Baillargeon, et Kaufman, 1997 ; Oakes et Cohen, 1995 ; Spelke, Philips et Woodward, 1995 *b*) a amené les

chercheurs à se demander comment les bébés accèdent à cette connaissance. Plusieurs solutions proposées ces dernières années considèrent que les enfants naissent avec une structure mentale qui facilite une compréhension rapide du monde physique (par exemple, Baillargeon, 1995 ; Leslie, 1995 ; Mandler, 1997 ; Spelke, 1994). L'empressement des chercheurs à accorder au bébé des structures mentales innées est la quatrième divergence, fondamentale, par rapport à la théorie de Piaget.

LES STRUCTURES INNÉES

Dans la littérature, plusieurs formes de structures innées sont supposées participer à la mise en place de la connaissance du monde physique. Un premier exemple de ces structures est le *vocabulaire mental* dont les très jeunes enfants se serviraient pour se représenter les événements physiques (Leslie, 1995 ; Needham *et al.*, 1997 ; Oaks et Cohen, 1995 ; Slater, 1995 ; Spelke 1982, 1990 ; Yonas et Granrud, 1984). Certains chercheurs avancent, en effet, que les bébés font, dès la naissance, la distinction entre « objets », définis comme des ensembles d'unités adjacentes limitées (par exemple une tasse, une chaussure), et « surfaces », définies comme des étendues planes larges (par exemple, un plafond, un mur). Les bébés seraient même dotés de représentations de certaines formes notionnelles simples : des notions spatiales (le premier objet se déplace-t-il vers le second objet ou s'en éloigne-t-il ?), des notions mécaniques (le premier objet exerce-t-il une force ou un impact sur le second objet ?) et des notions temporelles (le second objet bouge-t-il au moment de l'impact ou seulement après un délai ?).

Une deuxième forme de structure innée est celle des *principes physiques* qui, dès la naissance, imposent, dans la représentation des bébés, des contraintes aux déplacements des objets et à leurs interactions. Selon Spelke (1994 ; Spelke *et al.*, 1995 *b*), les bébés naissent avec un certain nombre de principes physiques de base qui guident leurs interprétations des événements. Parmi ces principes, on peut citer le « principe de continuité », en vertu duquel les objets existent de façon continue dans le temps et se déplacent de façon continue dans l'espace ; étroitement lié au premier, le « principe de

solidité» spécifique que deux objets ne peuvent jamais occuper un même lieu en même temps.

L'existence de structures innées contribuant à la formation des représentations et interprétations du monde physique est parfois critiquée. On reproche à cette hypothèse d'adopter une perspective statique, non développementale, dans laquelle les connaissances physiques seraient présentes, pleinement développées, dès le début (par exemple, Plunkett, 1998). En réponse à une telle objection, quelques chercheurs ont souligné que les structures innées ne sont pas nécessairement des structures de connaissances pleinement développées, mais plutôt des *échafaudages partiels* qui donnent une direction et une signification au processus d'acquisition des connaissances. Leslie (1995), par exemple, considère que les bébés naissent avec une *notion primitive* de force mécanique, mais que cette notion évolue de manière importante au cours de la petite enfance. D'après cet auteur, les bébés doivent apprendre les conditions dans lesquelles les objets sont susceptibles d'exercer une force, d'en recevoir ou d'y résister, et les conséquences probables de ces interactions. Ainsi, lorsqu'il voit un objet s'approcher d'un autre objet et le percuter, le bébé suppose, en raison de sa connaissance primitive des forces, qu'une poussée a été exercée par le premier objet sur le second. Cependant, le bébé ne sera pas capable de prédire, sans apprentissage, si l'objet percuté va bouger, et, s'il bouge, quelle distance il va parcourir. Selon une même approche, on pourrait penser que les nouveau-nés possèdent une notion primitive de continuité, mais qu'ils ont encore beaucoup à apprendre sur l'application de ce principe dans différentes situations. Ainsi, un bébé qui voit un objet passer derrière un écran suppose que cet objet continue à exister derrière l'écran en vertu du principe de continuité. Toutefois le bébé ne peut pas prédire, avant un long apprentissage, si l'objet va rester complètement caché, s'il va être temporairement visible à un point de son trajet, ni à quel moment il va réapparaître à l'autre extrémité de l'écran.

Une troisième forme de structure innée est invoquée pour décrire et expliquer les changements qui apparaissent au cours du développement dans les représentations du monde physique (Baillargeon, 1995 ; Mandler, 1997). Dans notre modèle nous considérons que, dès la naissance, les bébés sont dotés d'un *mécanisme d'apprentissage spécialisé* qui guide l'acquisition des connaissances physiques (Baillargeon, 1995, 1998 ; Baillargeon *et al.*, 1995). Ce mécanisme serait responsable de plusieurs processus étroitement reliés. Le premier est la constitution de *catégories d'événements* cor-

respondant aux différentes façons dont les objets se comportent ou interagissent. Ces catégories incluent différentes situations : les situations de « support » (dans lesquelles un objet est soutenu par un autre objet ou par une surface), les situations de « cache » (dans lesquelles un objet est caché par un autre objet ou par une surface), les situations de « collision » (dans lesquelles un objet percute un autre objet) et les situations de « mouvement interrompu » (dans lesquelles le déplacement d'un objet est arrêté par une surface). Le second processus contrôlé par les mécanismes d'apprentissage est l'identification, pour chaque catégorie d'événements, d'un *concept initial* et de *variables*. Nous faisons l'hypothèse qu'au cours de l'apprentissage d'une nouvelle catégorie d'événements, le bébé forme d'abord un concept préliminaire, de type tout ou rien, qui ne capte que l'essence de l'événement. Avec l'expérience, ce concept initial est progressivement enrichi : les indices (ou variables) pertinents de l'événement sont peu à peu identifiés, et ces connaissances supplémentaires sont intégrées dans le raisonnement. Ce processus permet au bébé de faire des prédictions et des interprétations de plus en plus précises au cours du temps.

Précisons que nous ne considérons pas les structures mentales innées mentionnées dans cette section comme exclusives ; il se peut que toutes soient nécessaires pour rendre compte de la compréhension du monde physique remarquablement efficace du jeune enfant.

LES RESSEMBLANCES

Ainsi que les paragraphes précédents l'ont fait apparaître, de nombreux chercheurs contemporains ont une conception de la connaissance physique du bébé très différente de celle de Piaget (1952, 1954, 1970). Aujourd'hui, on reconnaît, même aux jeunes bébés, des attentes complexes face à une vaste gamme d'événements physiques. En outre, des structures mentales innées sont supposées jouer des rôles clés aussi bien dans les représentations et les interprétations des événements que dans l'acquisition des connaissances.

À la lumière de ces remarques, on pourrait conclure qu'il n'y a guère de points communs entre la théorie piagétienne et les théories actuelles sur le monde physique du bébé. En fait, au cours de nos recherches, nous sommes arrivés, mes collègues et moi-même, à un

nombre de résultats et de conclusions qui, à notre avis, rappellent fortement certains thèmes piagétiens. Ces thèmes ne se rapportent pas toujours aux positions de Piaget sur le développement du bébé ; beaucoup sont plus proches de ses écrits sur le développement cognitif de l'enfant d'âge préscolaire et scolaire (Flavell, 1963, voir aussi ce volume, chap. X ; Piaget, 1970). Mais, nous ne pensons pas que cette nuance soit vraiment importante. En fait, il semble que les découvertes récentes sur la cognition du bébé ont rendu nécessaire l'introduction de thèmes et de concepts qui, auparavant, étaient réservés aux discussions des étapes ultérieures.

Ci-dessous, nous présentons quatre thèmes ou « héritages piagétiens » présents dans nos recherches, ainsi que quelques faits qui les illustrent.

L'ACQUISITION PROGRESSIVE DE LA CONNAISSANCE PHYSIQUE

Nous avons vu précédemment que, d'après notre modèle d'acquisition des connaissances physiques, le bébé naît avec un mécanisme d'apprentissage spécialisé (Baillargeon, 1995, 1998 ; Baillargeon *et al.*, 1995). Ce mécanisme permet la formation de catégories distinctes d'événements et l'identification, pour chaque catégorie, d'une succession de variables de plus en plus fines qui permettront au bébé de prédire avec une précision croissante les résultats des événements de la catégorie.

Pour illustrer ce pattern de développement, nous présentons ci-dessous les résultats de deux séries d'expériences, l'une portant sur des situations de support d'objets, l'autre sur des situations d'objets cachés.

Situations de support d'objets. — Dans nos expériences sur le développement de la connaissance des relations de support (Baillargeon, Needham et DeVos, 1992 ; Needham et Baillargeon, 1993 ; pour des revues, voir Baillargeon, 1995 et Baillargeon *et al.*, 1995), nous présentons à des bébés âgés de trois à douze mois et demi des problèmes simples mettant en scène une boîte et une plate-forme ; la boîte est placée dans l'une des positions possibles (sur la plate-forme, contre la paroi de la plate-forme, en l'air à côté de la plate-forme, etc.). Les bébés doivent juger si la boîte restera stable ou

non. Deux de ces expériences (Needham et Baillargeon, 2000) ont été décrites ci-dessus.

Les résultats sont résumés dans la figure 3. Ils indiquent qu'à trois mois les bébés ont déjà un concept initial de support, centré sur la distinction *contact/pas-de-contact*. Ils s'attendent à ce qu'un objet tombe s'il n'est pas en contact avec un autre objet lorsqu'il est lâché et à ce qu'il soit stable s'il est en contact. En particulier, la boîte lâchée en dehors de la plate-forme doit tomber, mais non celle lâchée contre une paroi de la plate-forme. D'autres expériences en cours dans notre laboratoire montrent que, même s'il s'agit du contact entre le sommet de la boîte et un plafond, les bébés ne sont pas surpris si la boîte ne tombe pas. Apparemment, dans ce stade initial, les jeunes enfants considèrent *tout* type de contact entre la boîte et la plate-forme comme suffisant pour assurer la stabilité de la boîte.

Vers quatre mois et demi – cinq mois et demi (les filles sont en avance de quelques semaines par rapport aux garçons à cet égard), les bébés ont progressé dans leur conception initiale du support : ils se rendent compte que le *type de contact* entre un objet et son support doit être pris en considération dans l'évaluation de la stabilité de l'objet. Néanmoins, la compréhension de l'événement de support est encore très limitée : les bébés croient que n'importe quelle « quantité » de contact permet la stabilité.

Vers six mois et demi, les bébés surmontent cette limitation : ils commencent à comprendre que la *quantité de contact* entre un objet et son support influence la stabilité de l'objet. À cet âge, ils s'attendent à ce que la boîte tombe si une petite partie de sa base (par exemple 15 %) repose sur la plate-forme, mais à ce qu'elle ne tombe pas si le contact est plus grand (par exemple 70 %).

Un autre changement important survient vers douze mois et demi. Avant ce stade, les bébés traitent de la même manière les objets symétriques et les objets asymétriques (par exemple une boîte en forme de L) : ils s'attendent à ce que tout objet soit stable du moment qu'au moins la moitié de sa base repose sur un support. Puis, vers douze mois et demi, ils commencent à prendre en compte la *forme* ou la *distribution proportionnelle* de l'objet dans l'évaluation de sa stabilité¹. Lorsqu'on leur montre une boîte en forme

1. Nous nous référons à la forme ou à la distribution proportionnelle de l'objet plutôt qu'à la distribution de sa masse ou de son poids car nos données ne permettent pas de déterminer quelle(s) variable(s), parmi celles-ci, guide(nt) les réponses des bébés (voir Baillargeon, 1995).

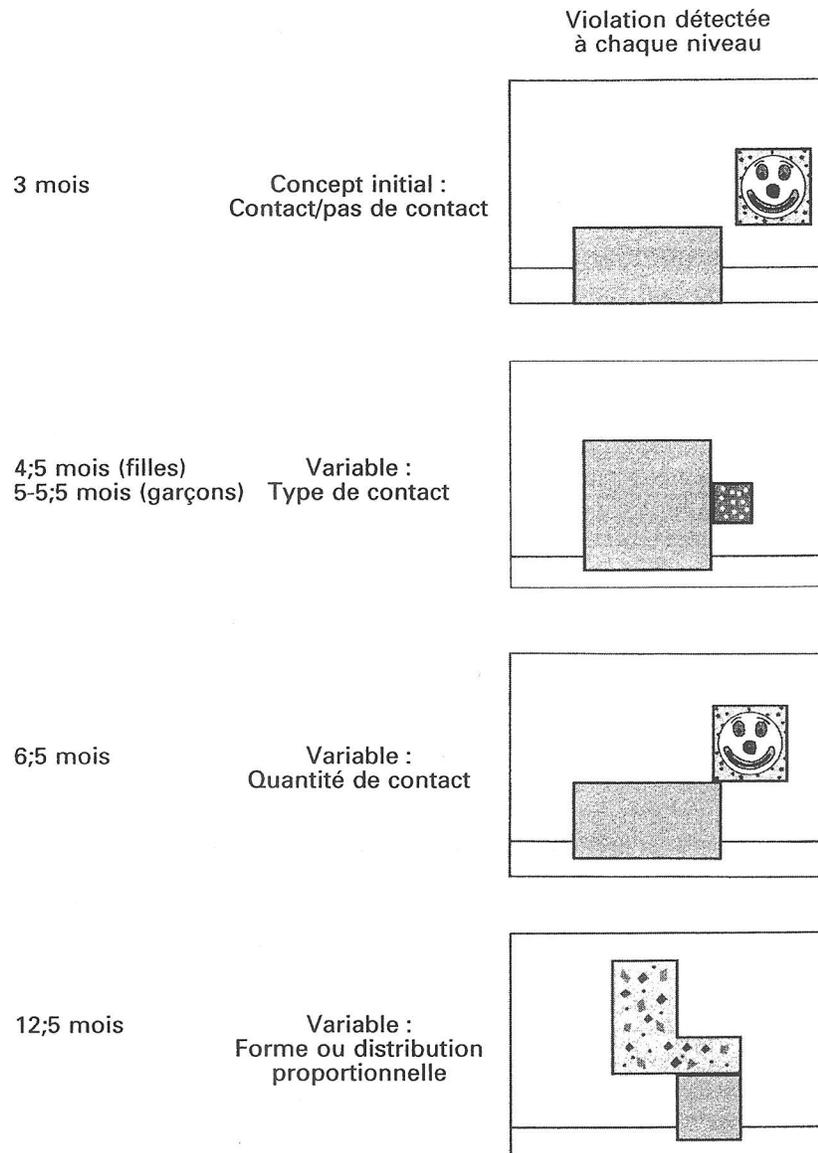


Fig. 3. — Description schématique
du développement des connaissances des bébés
à propos du concept de support

de L, dont 50 % de la base repose sur une plate-forme, les bébés prêtent attention à la boîte dans son ensemble et non plus uniquement à sa base. Ils s'attendent à ce que la boîte reste stable seulement quand la proportion reposant sur la plate-forme est supérieure à celle la dépassant.

Situations d'objets cachés. — Dans ces expériences (Aguilar et Baillargeon, 1998, 2000 ; Baillargeon et DeVos, 1991 ; Baillargeon et Gruber, 1987), nous confrontons des bébés âgés de deux mois et demi à cinq mois et demi à des problèmes simples utilisant un écran et un objet (une souris). Dans une phase d'habituation, les bébés voient la souris se déplacer latéralement, disparaître derrière l'écran, puis réapparaître de l'autre côté. Après cette familiarisation, une partie de l'écran est enlevée. Les bébés doivent juger si la souris restera cachée tout au long de sa trajectoire, ou si elle doit réapparaître momentanément quelque part.

Les résultats de ces expériences, résumés dans la figure 4, montrent que vers deux mois et demi, les bébés ont déjà un concept primaire de cache, centré sur une simple distinction *derrière/pas-derrière* : ils s'attendent à ce qu'un objet soit invisible s'il se trouve derrière un cache, et visible autrement. En raison de ce concept, ils sont surpris lorsque la souris ne réapparaît pas dans l'espace séparant deux écrans distincts. Vraisemblablement : 1 / les bébés supposent que la souris existe de façon continue dans le temps et se déplace de façon continue dans l'espace ; 2 / ils s'attendent à ne pas voir la souris lorsqu'elle se trouve derrière l'un des écrans mais à la voir lorsqu'elle passe entre les écrans ; par conséquent, 3 / ils sont surpris lorsque cette attente n'est pas confirmée. Toutefois leur compréhension de la situation de cache demeure encore extrêmement primitive : lorsque les deux écrans sont connectés par une bande fine, à la base ou en hauteur, les bébés ne manifestent pas de surprise si la souris ne réapparaît pas entre les écrans. Les bébés considèrent apparemment les écrans ainsi reliés comme formant un cache unique et, compte tenu de leur distinction simple *derrière/pas-derrière*, ils s'attendent à ce que la souris reste cachée lorsqu'elle passe derrière ce cache. Ils ne sont donc pas capables d'intégrer un indice supplémentaire pour prédire si la souris doit rester cachée ou si elle doit être temporairement visible en passant derrière l'écran.

À trois mois, les bébés font déjà des progrès : le concept initial de cache est dépassé et un indice leur permettant de mieux prédire les déroulements de ces événements est identifié. Lorsqu'un objet

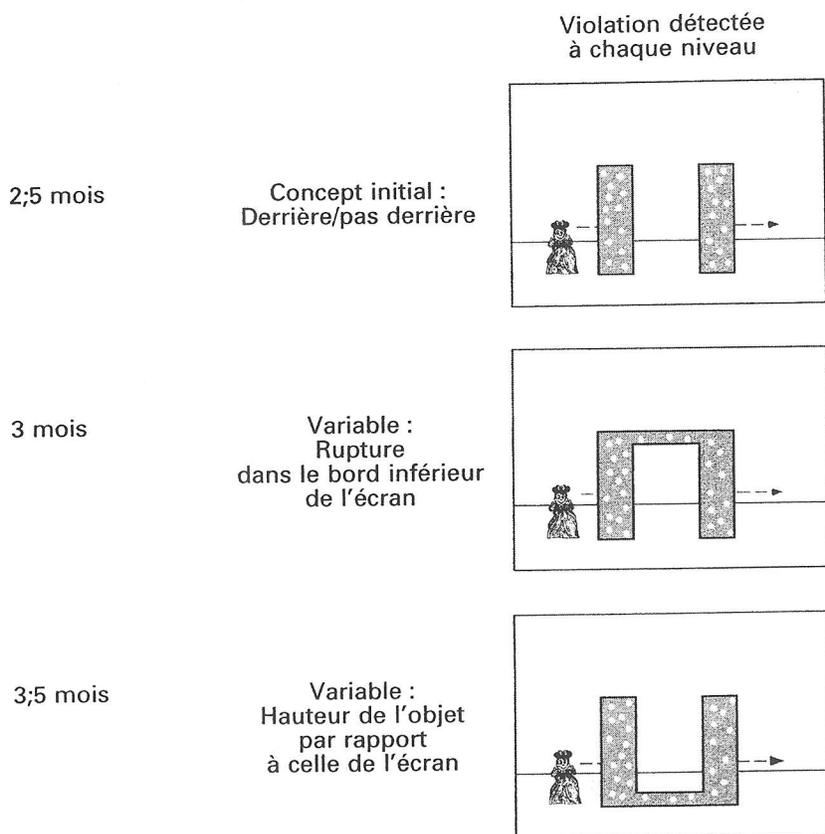


Fig. 4. — Description schématique
du développement des connaissances des bébés
à propos du concept de cache (occlusion)

passe derrière un écran, les bébés prêtent maintenant attention au bord inférieur de l'écran ; si une *rupture* y est présente, ils s'attendent à voir apparaître l'objet à l'échancrure. Lorsqu'ils sont face à deux écrans reliés par le haut, les bébés de trois mois, contrairement à ceux de deux mois et demi, sont surpris si la souris ne réapparaît pas entre les écrans. Cependant, ils ne se montrent pas surpris si la souris ne réapparaît pas entre deux écrans reliés à la base : à cet âge, les bébés prêtent attention aux ruptures du bas de l'écran, mais non à celles du haut.

Vers trois mois et demi, un indice supplémentaire s'ajoute à la connaissance des événements d'objets cachés. Lorsqu'un objet se déplace derrière un écran dont le bord supérieur est discontinu, les bébés prennent en compte la *hauteur* de l'objet dans leurs prédictions. Si les deux écrans sont reliés à la base par une bande moins haute que la souris, ils sont surpris s'ils n'aperçoivent pas, au-dessus de la bande, la souris qui passe.

Commentaires. — Il ressort de notre discussion de ces résultats d'expériences de support et d'objets cachés que pour chacune de ces catégories, les bébés identifient une séquence de variables leur permettant de faire, avec l'âge, des prédictions de plus en plus exactes. L'idée d'un développement qui implique l'acquisition progressive de structures de connaissances est, bien sûr, profondément piagétienne. Cette position contraste fortement avec les autres descriptions qui se centrent sur le développement de patterns sensoriels et moteurs, ou sur des changements dans les connexions entre unités de traitement sensorielles et motrices (par exemple, Bogartz *et al.*, 1997 ; Haith, 1997 ; Munakata *et al.*, 1997 ; Thelen et Smith, 1994). Comme Piaget (1970), nous croyons que le développement se caractérise en termes d'acquisition progressive de structures de connaissances abstraites. Si les structures que nous avons identifiées diffèrent des structures piagésiennes typiques à plusieurs égards (elles sont de portée limitée, ne reflètent pas de structures logiques sous-jacentes, etc.), nous les considérons néanmoins comme des structures de connaissances. Leur acquisition se ferait par un processus de *construction* similaire à celui dont parle Piaget. D'élément en élément, de variable en variable, de structure en structure, les bébés mettent de l'ordre dans le monde physique, superficiellement chaotique, qui les entoure. La connaissance, de ce point de vue, ne se contente pas de copier, mais « transforme et transcende la réalité » (Piaget, 1970, p. 714).

L'EXISTENCE DE DÉCALAGES

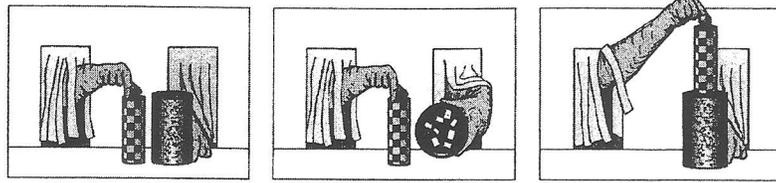
Selon notre modèle, les bébés élaborent des catégories d'événements physiques multiples et apprennent séparément comment opère chaque catégorie. Ce mécanisme facilite considérablement leur compréhension du monde ; fragmenter un apprentissage en

composants plus petits et plus maniables est une réponse très ancienne aux difficultés que pose l'acquisition des connaissances. Malgré ses nombreux avantages, ce procédé a aussi ses inconvénients. En particulier, il oblige parfois les bébés à acquérir plusieurs fois une même variable pour des catégories différentes. Par exemple, les bébés apprennent d'abord dans le cadre des événements d'objets cachés que la hauteur relative d'un objet par rapport à celle d'un écran prédit si l'objet placé derrière celui-ci va être entièrement ou partiellement caché ; ce n'est que plusieurs mois plus tard qu'ils apprennent, dans le contexte des événements de « contenance », que la hauteur relative d'un objet par rapport à celle d'un récipient prédit si l'objet déposé à l'intérieur de celui-ci doit être entièrement ou partiellement caché.

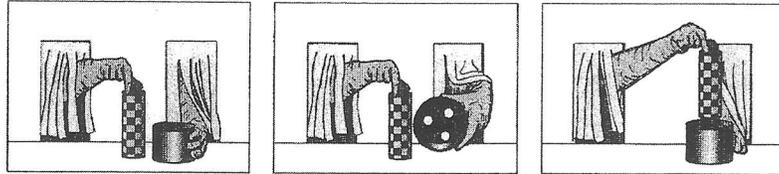
Cela est mis en évidence, entre autres, par une expérience récente, où nous comparons la prise en compte de la variable « hauteur » par les bébés de cinq mois dans deux contextes différents : celui des événements de contenance et celui des événements d'objets cachés (Hespos et Baillargeon, 2000). On propose aux bébés soit la condition « contenance », soit la condition « occlusion ». Dans la condition contenance, ils voient deux événements tests : l'un possible, l'autre impossible (fig. 5). Au début de chaque événement, une main droite gantée attrape un long cylindre par le pommeau fixé à son extrémité, une main gauche gantée attrape un récipient situé à côté du cylindre (ceci pour faciliter la comparaison des hauteurs). Après un moment, la main droite soulève le cylindre, l'amène au-dessus du récipient et l'y introduit doucement, jusqu'à ce que seul le pommeau soit visible, dépassant du récipient. Les récipients utilisés dans les deux événements tests sont identiques en largeur (plus larges que les cylindres) mais de hauteurs différentes. L'un est aussi haut que le cylindre sans compter le pommeau (pour l'événement possible), l'autre est deux fois moins haut que le cylindre (pour l'événement impossible) : placé dans ce dernier récipient, le cylindre dépasserait forcément. Avant la phase test, des essais de familiarisation sont présentés aux bébés, dans lesquels le récipient (soit le haut, soit le bas) est penché vers l'avant afin que les bébés puissent l'examiner. Le cylindre est ensuite soulevé au-dessus du récipient, mais n'y est pas introduit. Les bébés de la condition occlusion voient ces mêmes événements de familiarisation et de test, à un détail près : les parties postérieure et inférieure de chaque récipient sont retirées, ce qui crée des écrans courbes (fig. 6).

Événements de familiarisation

Événement avec contenant haut

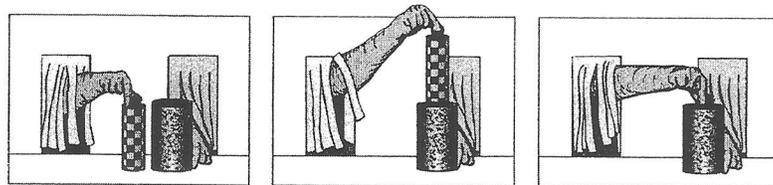


Événement avec contenant bas



Événements tests

Événement possible



Événement impossible

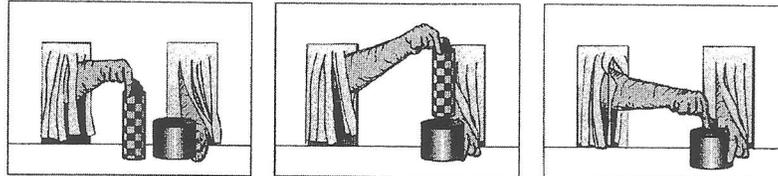
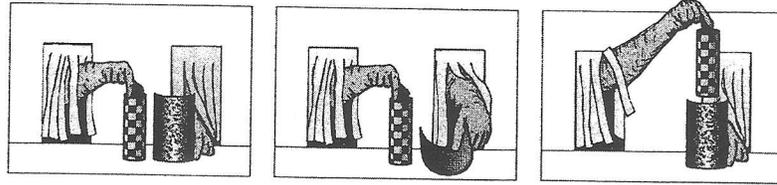


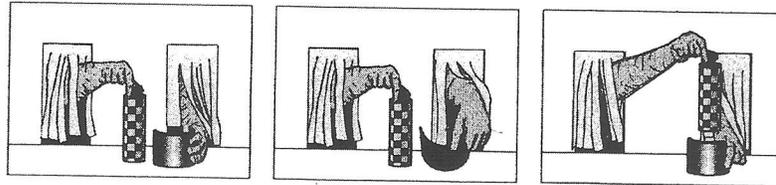
Fig. 5. — Événements de familiarisation et de tests présentés dans une condition de contenance, d'après Hespos et Baillargeon (2000)

Événements de familiarisation

Événement avec cache haut

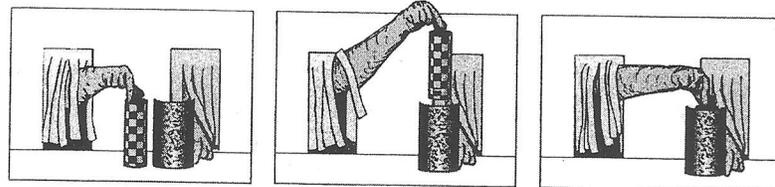


Événement avec cache bas



Événements tests

Événement possible



Événement impossible

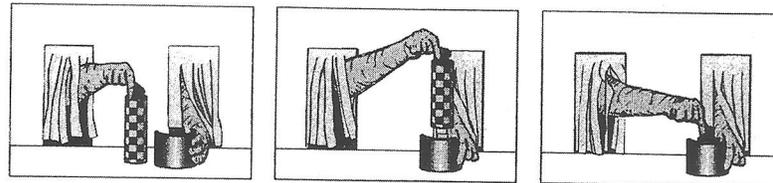


Fig. 6. — Événements de familiarisation et de tests présentés dans une condition d'occlusion, d'après Hespos et Baillargeon (2000)

Les bébés de la condition occlusion regardent significativement plus longtemps l'événement test impossible que l'événement test possible, ce qui indique : 1 / qu'ils se rendent compte que la hauteur du cylindre relativement à celle de l'écran détermine si le cylindre peut disparaître entièrement lorsqu'il est placé derrière l'écran ; 2 / qu'ils estiment que le cylindre peut être entièrement caché derrière le grand écran, mais non derrière le petit écran ; et de là 3 / qu'ils sont surpris lorsque, dans la situation impossible, leur attente n'est pas respectée. Cette interprétation est confirmée par les résultats d'une condition contrôle dans laquelle un cylindre bas est utilisé, ce cylindre pouvant être entièrement caché derrière chacun des deux écrans ; dans cette condition les temps de regard pour les deux événements tests ne diffèrent pas. Ces résultats sont en accord avec des résultats antérieurs (présentés ci-dessus dans la section relative aux situations d'objets cachés). Dès trois mois et demi les bébés prennent en compte l'indice de hauteur dans leurs raisonnements sur les occlusions (Baillargeon et DeVos, 1991 ; Baillargeon et Graber, 1987).

Contrairement aux bébés de la condition occlusion, les bébés de la condition contenance ont tendance à regarder aussi longtemps l'événement possible que l'événement impossible. Ce résultat négatif suggère qu'à cinq mois, les bébés n'ont *pas encore* identifié la hauteur comme variable importante pour les événements de contenance : ils ne savent toujours pas que la hauteur d'un objet relativement à celle d'un récipient détermine si, placé dans ce récipient, l'objet va être entièrement ou partiellement caché. D'après ces résultats, il semblerait, curieusement, que les performances des bébés diffèrent selon que le cylindre est placé *dans* le récipient ou *derrière*. Placé derrière, le récipient deviendrait, pour ainsi dire, un écran, et les bébés seraient alors capables de détecter l'irrégularité présentée dans l'événement impossible. Les résultats vont bien dans le sens de cette prédiction : lorsqu'un objet est placé derrière les récipients haut et bas, les bébés de cinq mois préfèrent la situation impossible à la situation possible. De plus, cette préférence disparaît dans une condition contrôle dans laquelle un cylindre court est utilisé.

Les résultats de ces expériences apportent des arguments solides en faveur de notre modèle : ils indiquent que les bébés considèrent l'occlusion et la contenance comme deux catégories distinctes d'événements et que l'apprentissage du fonctionnement de chacune de ces catégories se fait séparément. De façon plus générale, ces résultats

montrent clairement qu'au cours de l'apprentissage, les bébés acquièrent des variables de portée limitée, étroitement liées à des catégories d'événements spécifiques, et non des principes physiques généraux appliqués de façon non spécifique à l'ensemble de ces catégories.

Commentaires. — Le fait que les bébés sont capables de raisonner sur la variable hauteur dans les événements d'occlusion plusieurs mois avant d'y parvenir dans les événements de contenance, montre l'existence de décalages importants dans l'acquisition de la connaissance physique. Piaget (1954, 1955, 1970) fut le premier chercheur à avancer cette notion de décalage qu'il utilisa pour décrire des acquisitions structurales analogues qui se succèdent au cours du temps.

Notre interprétation de ce décalage diffère de celle qu'aurait pu proposer Piaget. En particulier, nous ne croyons pas que les bébés acquièrent un principe physique général d'abord appliqué aux écrans et ensuite étendu aux récipients. Comme nous l'avons déjà indiqué, notre position est que les bébés acquièrent deux variables différentes, successivement, l'une correspondant à la hauteur dans la situation d'occlusion, l'autre à la hauteur dans la situation de contenance.

Notre approche concorde sur deux points avec la théorie de Piaget. Le premier est évidemment l'idée même de décalages et leur mise en évidence. Le second est que, comme Piaget, nous croyons que ces décalages enrichissent notre théorisation des processus d'acquisition des connaissances (Flavell, 1963). Les décalages, de par leur nature, attirent l'attention à la fois : 1 / sur les similarités récurrentes dans les acquisitions structurales des jeunes enfants, qui nous renseignent sur la nature du processus d'apprentissage ; et 2 / sur les facteurs qui rendent possibles certaines acquisitions plus tôt que d'autres, lesquels nous éclairent sur les conditions nécessaires à la réalisation de l'apprentissage. Ainsi les décalages nous fournissent de riches informations sur le processus d'acquisition des connaissances, et jouent, pour cette raison, un rôle clé dans notre approche comme dans celle de Piaget.

L'IMPORTANCE DES CONTRADICTIONS
DANS L'ACQUISITION DES CONNAISSANCES

D'après notre modèle (Baillargeon, 1995, 1998 ; Baillargeon *et al.*, 1995), les bébés identifient, pour chaque catégorie d'événements, une séquence de variables qui leur permet de prédire de mieux en mieux le résultat d'un événement de la catégorie. Mais comment ces variables sont-elles identifiées ? Quels facteurs contribuent à ce processus ?

Nos recherches nous ont amenés à formuler deux hypothèses générales. Premièrement, nous croyons que les structures de connaissances sont conservées intactes tant qu'elles demeurent en adéquation avec les informations perçues par les bébés, les résultats de leurs observations et de leurs manipulations d'objets. C'est seulement lorsque les bébés sont confrontés à des données qui leur semblent incompatibles avec une de leurs structures qu'ils sont motivés pour améliorer cette structure. Deuxièmement, lorsqu'ils sont contraints à revoir une structure qui s'est avérée inadéquate, les bébés entreprennent une analyse approfondie des conditions dans lesquelles la structure tient ou ne tient pas. À travers ce processus de comparaison, ils identifient une nouvelle structure, ou une nouvelle variable, qui rend mieux compte des données dont ils disposent.

Notre approche suggère que le moment auquel les jeunes enfants identifient une variable dépend en partie de l'âge auquel ils sont exposés aux données permettant de l'abstraire. Ainsi, les bébés n'identifient la variable « quantité de contact » comme un indice important dans le cadre des événements de support (fig. 3) qu'à six mois et demi parce que c'est à cet âge qu'ils sont confrontés aux données pertinentes. En effet, quand de jeunes bébés voient un adulte poser un objet sur un support, le contact entre l'objet et le support est, la plupart du temps, suffisant pour assurer sa stabilité ; de ce fait, il peut leur sembler que la variable « type de contact » (fig. 3) est parfaitement adéquate pour rendre compte des événements de support. Puis, vers six mois, ils ont l'occasion d'observer des situations qui les conduisent à identifier une nouvelle variable de support. Comme le montrent plusieurs études, avec l'acquisition de la posture assise, vers six mois, les membres supérieurs et les mains sont dégagés de leur rôle de maintien postural et sont libres

de manipuler les objets (Rochat, 1992). Pour la première fois, les bébés ont alors l'occasion de poser eux-mêmes des objets sur des supports et de constater que les objets ne restent *pas* toujours stables lorsqu'ils sont lâchés. L'expérience de ces échecs les amènera à comparer : 1 / les conditions dans lesquelles les objets placés sur un support sont stables ; et 2 / les conditions dans lesquelles ils ne le sont pas. À travers l'analyse de ces données contrastantes, les enfants identifient la variable « quantité de contact » : ils remarquent qu'un objet est stable seulement si une grande partie de sa surface repose sur le support.

Le scénario proposé ici suggère que, si l'occasion de faire ces observations contrastantes se présentait plus tôt, les bébés pourraient être capables d'apprendre la variable « quantité de contact », ou d'autres variables, à un âge plus précoce. Pour tester cette hypothèse, nous avons mis en place des expériences (Baillargeon, DeJong et Sheehan, 2000) dans lesquelles nous tentons d'enseigner à des bébés des variables pertinentes pour les événements de support. Deux séries d'expériences sont en cours, l'une portant sur la variable « quantité de contact », l'autre sur la variable « forme ou distribution proportionnelle » (fig. 3). Pour aller à l'essentiel, nous ne décrirons ici que la seconde série d'expériences.

Nous avons vu plus haut (fig. 3) que dans l'évaluation de la stabilité d'une boîte asymétrique, les bébés de douze mois et demi prennent en compte sa forme ou distribution proportionnelle, alors que les bébés plus jeunes ne le font pas (Baillargeon, 1995). Une partie des arguments en faveur de cette conclusion vient d'une expérience où, dans un dispositif statique, une boîte en forme de « L » repose sur une plate-forme, la situation étant soit possible soit impossible (fig. 7). Pour chaque dispositif, une moitié de la base de la boîte repose sur la plate-forme. Dans le dispositif possible, la partie haute, plus lourde, repose sur la plate-forme ; dans le dispositif impossible, c'est la partie basse, moins lourde, qui se trouve sur la plate-forme. Les résultats indiquent que les bébés de douze mois et demi regardent significativement plus longtemps le dispositif impossible que le dispositif possible ; au contraire, des bébés plus jeunes regardent autant et peu les deux dispositifs. Ces résultats, ainsi que d'autres, indiquent qu'avant douze mois et demi, les bébés s'attendent à ce que toute boîte, asymétrique ou non, soit stable si au moins 50 % de sa base est soutenue.

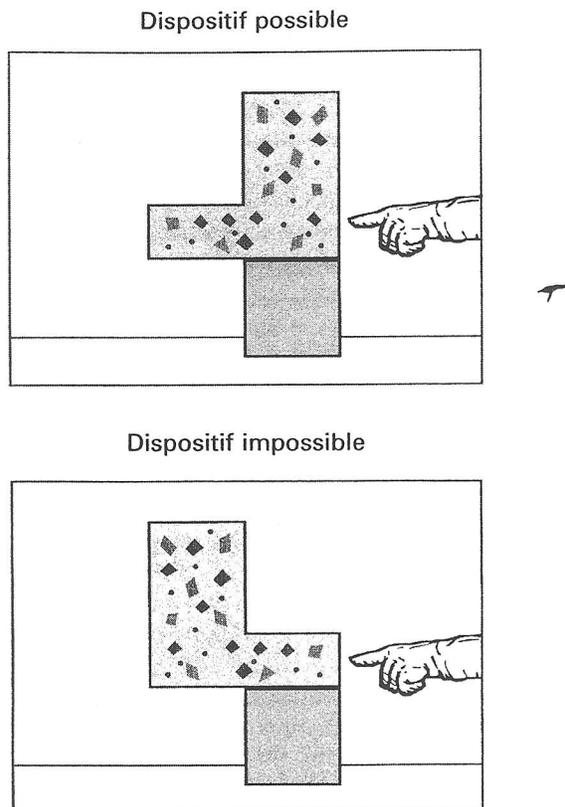


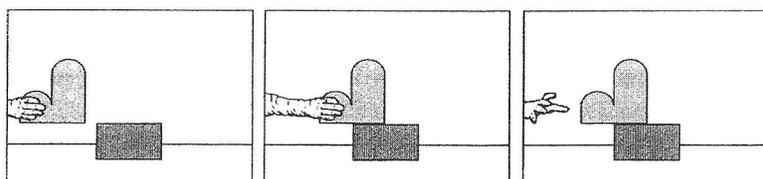
Fig. 7. — Dispositifs présentés dans l'expérience de Baillargeon *et al.* (en préparation)

Dans notre première expérience d'entraînement, nous présentons à nouveau à des bébés de onze mois et demi ces dispositifs « boîte-L », possible et impossible. Avant ces présentations, toutefois, ils sont soumis à un entraînement comportant deux paires d'essais (fig. 8). Dans chaque paire d'essais, les bébés voient une main poser une boîte asymétrique sur une plate-forme ; la proportion de la base en contact avec la plate-forme est toujours de 50 %, comme dans les dispositifs « boîte-L ».

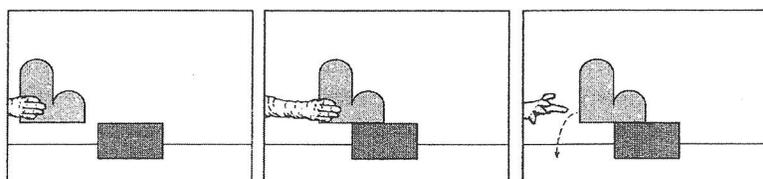
Dans l'un des essais, la partie légère de la boîte est placée sur la plate-forme : la boîte tombe dès qu'elle est lâchée (situation « boîte-

Événements d'entraînement

Événement « boîte-stable »



Événement « boîte-qui-tombe »



Boîtes

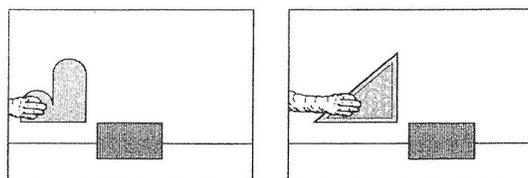


Fig. 8. — Événements présentés dans la condition d'apprentissage expérimental de Baillargeon *et al.* (en préparation).

L'item A est utilisé dans la première paire d'essais de l'entraînement et l'item B dans la seconde

qui-tombe »). Dans l'autre essai, c'est la moitié lourde de la boîte qui est placée sur la plate-forme : la boîte reste stable (situation « boîte-stable »). Les deux paires d'essais d'entraînement sont identiques, exceptées les formes des boîtes utilisées qui sont différentes. La boîte de la première paire d'essais a la forme d'un « B » asymétrique couché et est recouverte de papier rose à pois jaunes ; la boîte de la seconde paire d'essais est un triangle rectangle recouvert de papier vert à petites fleurs blanches. L'hypothèse est que l'obser-

vation des deux situations « boîte-qui-tombe », où la « règle des 50 % » n'est pas respectée, conduira les bébés à chercher une nouvelle variable d'appui. De plus, la comparaison des situations « boîte-qui-tombe » et « boîte-stable » au sein de chaque paire d'essais devrait fournir aux bébés l'information contrastante nécessaire à l'identification de la variable « forme ou distribution proportionnelle », c'est-à-dire à reconnaître qu'une boîte asymétrique n'est stable que si la proportion de la boîte reposant sur la plate-forme est supérieure à 50 %.

Il s'avère qu'après entraînement, les bébés regardent significativement plus longtemps le dispositif test (boîte-L) impossible que le dispositif test possible. Ce même résultat positif est obtenu dans une seconde condition expérimentale, dans laquelle la boîte-B est remplacée par un triangle rectangle, mais décoré comme elle (rose et petits pois jaunes). L'ensemble de ces résultats suggère que les bébés sont capables d'utiliser les observations de la phase d'entraînement pour acquérir de nouvelles connaissances sur les événements de support.

Il y a pourtant une deuxième interprétation possible. Peut-être les bébés préfèrent-ils le dispositif boîte-L impossible simplement parce qu'ils ont établi, au cours des essais d'entraînement, une association superficielle entre l'orientation de la boîte et son manque de stabilité (« si la partie haute de la boîte est à gauche, la boîte tombe quand on la lâche »). Pour mettre à l'épreuve cette interprétation, nous avons rajouté deux conditions contrôle, identiques à notre première condition expérimentale à un détail près : les essais d'entraînement « boîte-qui-tombe » sont modifiés de façon à permettre cette même association superficielle, mais non l'acquisition de connaissances nouvelles sur les événements de support. Dans la condition contrôle « boîte-jetée », pour chaque situation « boîte-qui-tombe », après avoir posé la boîte (B ou triangle) sur la plate-forme, la main soulève rapidement la boîte et la laisse tomber ; les bébés peuvent ainsi s'expliquer la chute de la boîte par leurs connaissances antérieures : un objet tombe quand il est lâché en l'air (fig. 3). Dans l'autre condition contrôle (condition « 25 % »), dans chaque situation « boîte-qui-tombe », seuls les 25 % de droite de la base sont en contact avec la plate-forme ; la chute de la boîte est ainsi compatible avec les connaissances antérieures du bébé : un objet tombe quand moins de moitié de sa base est soutenue (fig. 3). Ainsi, dans ces deux conditions contrôles, les bébés peuvent encore apprendre l'association superficielle, comme dans la condition expé-

rim mentale ; cependant, ils ne peuvent pas acquérir de connaissances nouvelles sur les événements de support parce qu'ils ne voient que des situations compatibles avec leurs connaissances préexistantes.

Les bébés de ces deux conditions contrôlent aussi longtemps les dispositifs tests (boîte-L) possible et impossible. Ces résultats montrent bien que les enfants des conditions expérimentales préfèrent le dispositif impossible parce que, au cours de l'entraînement, ils ont acquis de nouvelles connaissances sur les événements de support, qui influencent leurs attentes lors des essais de test. Au lieu de se focaliser sur la base de la boîte-L, ces bébés prennent en compte la boîte dans son ensemble et s'attendent à ce qu'elle ne reste stable que si la proportion reposant sur la plate-forme est plus grande que celle en dehors de la plate-forme.

Commentaires. — Deux idées sous-jacentes à cette discussion peuvent être considérées comme des thèmes piagétiens. La première est l'importance des contradictions dans le processus d'acquisition des connaissances. Au sujet des processus d'équilibration, Piaget (1970) écrit : « La construction des structures est principalement l'œuvre de l'équilibration... [qui] est un ensemble de réactions actives du sujet à des perturbations extérieures » (p. 725). Il considère donc que les perturbations jouent un rôle motivationnel clé dans le processus d'acquisition des connaissances : « Ce sont ces déséquilibres qui constituent les moteurs de la recherche, car sans eux la connaissance demeurerait statique » (Piaget, 1975, p. 18). Discutant les régulations impliquées dans le processus d'équilibration, Piaget commente encore : « Si l'on définit une perturbation comme ce qui fait obstacle à une assimilation... toutes les régulations sont, du point de vue du sujet, des réactions à des perturbations » (*ibid.*, p. 24). Les perturbations les plus importantes sont les lacunes : « Il convient de préciser, et ceci est essentiel, que n'importe quelle lacune ne constitue pas une perturbation ; même un homme de science n'est nullement motivé par le champ considérable de ses ignorances, pour autant qu'il s'agit de domaines qui ne le concernent pas. Par contre la lacune devient une perturbation lorsqu'il s'agit de l'absence d'un objet ou des conditions d'une situation qui seraient nécessaires pour accomplir une action, ou encore de la carence d'une connaissance qui serait indispensable pour résoudre un problème » (*ibid.*, p. 24-25 ; souligné par nous). Notre approche ressemble donc à celle de Piaget dans la mesure où elle suppose aussi que le progrès a lieu principalement en réponse à des pertur-

bations extérieures : lorsque les bébés sont confrontés à des informations qu'ils reconnaissent comme incompatibles avec une structure de connaissance, ils cherchent à améliorer cette structure afin qu'elle tienne mieux compte des informations disponibles. Le processus est répété maintes fois au cours du temps, d'où des prédictions et interprétations progressivement plus précises et mieux adaptées.

Le second thème piagétien évoqué dans la recherche résumée ci-dessus est l'importance des actions des bébés dans leur acquisition des connaissances physiques. Maintes fois dans ses écrits, Piaget (1952, 1954, 1970) souligne le rôle essentiel de l'action dans la construction de la réalité. Les résultats de nos expériences d'entraînement suggèrent que les bébés peuvent apprendre par la seule observation, et que l'action manuelle n'est en fait pas nécessaire à l'acquisition des connaissances physiques. Cependant il faut reconnaître que ces expériences représentent des situations tout à fait artificielles dans lesquelles on expose les bébés à des événements contrastants soigneusement construits. Il est probable que, dans le cours normal de la vie, les bébés obtiennent par leurs propres actions sur les objets, l'information contrastante qui leur est nécessaire pour identifier les variables des nombreuses catégories d'événements (les événements de support, de collisions et de contenance). Ainsi, bien que nous ne soyons pas d'accord avec Piaget sur le fait que l'action est essentielle à l'acquisition des connaissances par les bébés (ils découvrent sans doute certaines propriétés des événements physiques, d'occlusion par exemple, uniquement en les observant, et on pourrait leur en apprendre toute une variété en leur présentant des situations contrastantes pertinentes), nous ne pouvons nier que, dans les faits, une grande partie de l'apprentissage sur le monde physique résulte de leurs actions sur les objets et de l'attention qu'ils prêtent aux résultats de ces actions (voir Russell, ce volume, chap. VIII).

L'EXISTENCE DE STRUCTURES DE CONNAISSANCES PARTIELLES

Les expériences d'entraînement discutées dans la section précédente (Baillargeon *et al.*, 2000) indiquent que le mécanisme d'apprentissage des bébés est remarquablement efficace : quelques essais

d'entraînement seulement suffisent à induire, chez des bébés de onze mois et demi, un changement effectif dans l'interprétation des dispositifs boîte-L possible et impossible (fig. 7).

Nous avons poursuivi nos expériences pour tenter de déterminer si ces bébés pouvaient faire ce même apprentissage en recevant une quantité moindre d'information à la phase d'entraînement. Dans une expérience, ils reçoivent deux paires d'essais d'entraînement identiques à ceux de la condition expérimentale décrite plus haut, à une différence près : dans les deux paires d'essais on utilise la même boîte (la boîte-B ou l'un des triangles) et non deux boîtes différentes. Les résultats indiquent alors que les bébés regardent aussi longtemps les deux dispositifs tests. Ce résultat négatif suggère qu'à onze mois et demi, les bébés doivent observer au moins deux exemplaires d'objets distincts, soumis aux mêmes contraintes, donc ayant un même « comportement », pour extraire une variable. Que les boîtes diffèrent en forme et en couleur ou seulement en couleur est sans importance (les bébés de la condition expérimentale initiale extraient la variable qu'ils soient entraînés avec la boîte-B et le triangle vert ou avec deux triangles de couleurs différentes). Ce qui importe, apparemment, c'est de voir deux boîtes, perceptivement différentes, se comportant selon un même schéma physique.

Dans d'autres expériences, nous avons trouvé que, contrairement aux bébés de onze mois et demi, ceux de onze mois semblent n'avoir rien appris après une phase d'entraînement comptant en tout quatre essais et deux boîtes distinctes. Cependant, une préférence significative pour le dispositif boîte-L impossible est manifestée par ces jeunes bébés s'ils reçoivent six essais d'entraînement où apparaissent trois boîtes distinctes (une boîte en forme d'escalier pour la troisième paire d'essais).

Pourquoi les bébés de onze mois ont-ils besoin de trois exemplaires d'objets, alors que deux exemplaires suffisent aux bébés de onze mois et demi ? Une explication plausible est que les plus âgés arrivent à la séance d'expérimentation avec un bagage d'observations pertinentes plus riche que leurs cadets. Il se pourrait qu'au cours de leurs manipulations quotidiennes d'objets, les bébés prennent lentement conscience qu'une règle de 50 % ne rend pas entièrement compte du comportement des objets dans des situations de support : il arrive que les objets tombent même si plus de la moitié de leur base est soutenue. Les bébés accumulent ces observations et construisent des structures de connaissances partielles qui, par la suite, les amèneront à l'identification de la variable « forme ou dis-

tribution proportionnelle ». Ainsi, d'après cette interprétation, les bébés de onze mois et demi n'ont pas besoin d'autant de démonstrations que leurs cadets parce qu'ils viennent à la séance de test avec plus de structures partielles.

La discussion précédente suggère que, pour rendre pleinement compte de l'identification des variables par le bébé, il faut considérer non seulement : 1 / la nature et le fonctionnement du mécanisme d'apprentissage ; et 2 / l'information dont dispose ce mécanisme ; mais aussi 3 / les structures partielles de connaissances que le bébé a déjà construites et la façon dont les nouvelles informations s'imbriquent dans ces structures. Une dernière série d'expériences éclaire davantage ce point. Dans ces expériences, nous nous demandons si l'apprentissage peut être observé quand les essais d'entraînement mettent en scène des événements aux résultats inverses – c'est-à-dire des résultats opposés à ceux qui sont normalement obtenus. Comme dans nos conditions d'apprentissage réussies, on propose à des bébés de onze mois et demi deux paires d'essais d'entraînement avec deux boîtes différentes, et à des bébés de onze mois trois paires d'essais d'entraînement avec trois boîtes différentes. Chaque paire d'entraînement est composée, comme précédemment, d'un essai « boîte-qui-tombe » et d'un essai « boîte-stable » ; la différence ici est que les dénouements sont maintenant inversés de sorte que la boîte tombe lorsque sa moitié lourde est placée sur la plate-forme (situation « boîte-qui-tombe »), et reste stable lorsque sa moitié lourde dépasse la plate-forme (situation « boîte-stable »).

Selon notre raisonnement, si les bébés se contentent d'extraire la relation invariante présente dans les essais d'entraînement, ils doivent s'attendre à ce que la boîte-L tombe quand sa partie lourde se trouve en dehors de la plate-forme et seront surpris si cette attente n'est pas confirmée ; ils regarderont alors significativement plus longtemps le dispositif possible que le dispositif impossible. Par contre, s'ils tentent d'intégrer l'information apportée par les essais d'entraînement dans leurs connaissances antérieures, ils seront alors déconcertés par les essais d'entraînement et ne montreront de préférence ni pour l'un ni pour l'autre.

À onze mois et demi aussi bien qu'à onze mois, les bébés testés dans ces expériences « inverses » regardent aussi longtemps les deux dispositifs boîte-L. Ces résultats indiquent clairement que les conséquences des observations d'entraînement sur les réponses des bébés ne peuvent pas être comprises uniquement par leur nombre et leur contenu. Lorsque les bébés arrivent à l'entraînement en possession

de structures de connaissances pertinentes pour la situation, l'effet net de l'entraînement dépend fondamentalement de la facilité qu'ils auront à intégrer ou concilier ce qu'ils observent à ce qu'ils savent faire.

Commentaires. — Les résultats et conclusions esquissés ci-dessus présentent quelques parallélismes frappants avec la théorie de Piaget (1970). Pour Piaget, les résultats d'expériences d'entraînement dépendent de manière critique des niveaux cognitifs initiaux des sujets — des structures partielles déjà disponibles qui rendent possible l'assimilation de ces expériences. Dans cette perspective, il n'est pas surprenant que les bébés âgés de onze mois aient besoin de plus d'essais d'apprentissage que ceux de onze mois et demi : vraisemblablement, les structures partielles des plus jeunes sont plus pauvres que celles de leurs aînés, ce qui rend le processus d'entraînement moins efficace.

Les idées de Piaget (1970) concernant l'assimilation sont aussi pertinentes pour les résultats de nos expériences « inverses ». Piaget croyait que toute expérience « peut avoir un effet sur le sujet seulement s'il est en mesure de l'assimiler » (p. 721). Le fait que, dans nos expériences « inverses », nos sujets semblent n'avoir rien appris peut être interprété sous cet éclairage. Dans chaque expérience, nous présentons aux bébés le même nombre de situations et d'essais d'entraînement que dans notre expérience initiale, réussie. Ainsi, ces bébés voient des situations « boîte-qui-tombe » qui remettent en question leur règle des 50 %. De plus, à travers la comparaison des événements « boîte-qui-tombe » et « boîte-stable », ils peuvent extraire une variable précisant qu'une boîte asymétrique reste stable lorsque la proportion sur le support est plus petite que la proportion dépassant du support. Pourtant, contre toute attente, les bébés ne semblent pas extraire une telle variable. Pourquoi ? Une possibilité, qui rappelle fortement les enseignements de Piaget, est que les structures de connaissances que possèdent déjà les bébés à propos d'une catégorie d'événements contraignent activement la nature des indices qu'ils peuvent admettre lors de l'analyse d'informations contrastantes. Seuls les indices qui, d'une façon ou d'une autre, s'ajustent à leurs connaissances préexistantes — ou qui peuvent être assimilés à ces connaissances — sont pris en compte ou retenus. L'explication de la mise en œuvre de ce processus de sélection est le but des expériences que nous comptons entreprendre prochainement.

CONCLUSION

Nous avons, dans ce chapitre, relevé les principales ressemblances et différences qui lient les travaux actuels sur la compréhension du monde physique par les bébés à ceux de Piaget. L'héritage théorique le plus important que nous ait légué ce chercheur prolifique est, nous semble-t-il, l'importance primordiale accordée aux connaissances dont dispose à chaque moment le bébé. À chaque étape de son développement, ce sont les structures de connaissances qu'il possède déjà qui orientent ses interprétations des faits observés. Elles déterminent quels dénouements sont plausibles, attendus, et lesquels sont incompatibles avec les prévisions. Le bébé peut ainsi progresser, revoir ses structures de connaissances, les affiner, de façon à toujours (ré)établir la cohérence d'un monde physique superficiellement chaotique.

RÉFÉRENCES

- Arterberry, M. E. (1993), Development of spatiotemporal integration in infancy, *Infant Behavior & Development*, 16, 343-363.
- Aguiar, A., et Baillargeon, R. (1998), 8.5-month-old infants' reasoning about containment events, *Child Development*, 69, 636-653.
- Aguiar, A., et Baillargeon, R. (2000), *The development of young infant's reasoning about occluded objects*, Manuscript submitted for publication.
- Baillargeon, R. (1995), A model of physical reasoning in infancy, in C. Rovee-Collier et L. P. Lipsitt (eds), *Advances in infancy research*, vol. 9 (p. 305-371), Norwood, NJ, Ablex.
- Baillargeon, R. (1998), Infants' understanding of the physical world, in M. Sabourin, F. I. M. Craik et M. Robert (eds), *Advances in psychological science*, vol. 2 : *Biological and cognitive aspects* (p. 503-529), London, Psychology Press.
- Baillargeon, R., DeJong, G. F., et Sheehan, J. (2000), *Teaching infants about support events*, Manuscript in preparation.
- Baillargeon, R., et DeVos, J. (1991), Object permanence in 3.5- and 4.5-month-old infants : Further evidence, *Child Development*, 62, 1227-1246.
- Baillargeon, R., et Graber, M. (1987), Where's the rabbit ? 5.5-month-old infants' representation of the height of a hidden object, *Cognitive Development*, 2, 375-392.
- Baillargeon, R., Kotovsky, L., et Needham, A. (1995), The acquisition of physical knowledge in infancy, in D. Sperber, D. Premack et A. J. Premack

- (eds), *Causal cognition : A multidisciplinary debate* (p. 79-116), Oxford, Clarendon Press (A Fyssen Foundation Symposium).
- Baillargeon, R., Needham, A., et DeVos, J. (1992), The development of young infants' intuitions about support, *Early Development and Parenting*, 1, 69-78.
- Baillargeon, R., Spelke, E. S., et Wasserman, S. (1985), Object permanence in 5-month-old infants, *Cognition*, 20, 191-208.
- Bogartz, R. S., Shinsky, J. L., et Speaker, C. J. (1997), Interpreting infant looking : The event set X event set design, *Developmental Psychology*, 33, 408-422.
- Fagan, J. F. (1970), Memory in the infant, *Journal of Experimental Child Psychology*, 9, 217-226.
- Fantz, R. L. (1964), Visual experience in infants : Decreased attention to familiar patterns relative to novel ones, *Science*, 146, 668-670.
- Flavell, J. H. (1963), *The developmental psychology of Jean Piaget*, Princeton, NJ, Nostrand.
- Friedman, S. (1972), Newborn visual attention to repeated exposure of redundant vs « novel » targets, *Perception and Psychophysics*, 12, 291-294.
- Haith, M. M. (1997), *Who put the cog in infant cognition : Is rich interpretation too costly ?*, Paper presented at the Biennial Meeting of the Society for Research in Child Development. Washington, DC, April.
- Hespos, S., et Baillargeon, R. (2000), *Infants' knowledge about occluders and containers : A surprising discrepancy*, Manuscript submitted for publication.
- Kotovskiy, L., et Baillargeon, R. (1994), Calibration-based reasoning about collision events in 11-month-old infants, *Cognition*, 51, 107-129.
- Lécuyer, R., Abgueuen, I., et Lemarie, C. (1992), *9- and 5-month-olds do not make the AB error if not required to manipulate objects*, Paper presented at the Biennial Meeting of the International Conference on Infant Studies, Miami, FL, May.
- Leslie, A. M. (1995), A theory of agency, in D. Sperber, D. Premack et A. J. Premack (eds), *Causal cognition : A multidisciplinary debate* (p. 121-141), Oxford, Clarendon Press (A Fyssen Foundation Symposium).
- Leslie, A. M., et Das Gupta, P. (1997), *Infants' understanding of invisible displacements*, Manuscript submitted for publication.
- Leslie, A. M., et Keeble, S. (1987), Do six-month-old infants perceive causality ?, *Cognition*, 25, 265-288.
- Mandler, J. M. (1997), Representation, in W. Damon (ed.), *Handbook of child psychology*, vol. 2, D. Kuhn, et R. Siegler (eds), *Cognition, perception and language*, New York, Wiley.
- Munakata, Y., McClelland, J. L., Johnson, M. H., et Siegler, R. S. (1997), Rethinking infant knowledge : Toward an adaptive process account of successes and failures in object permanence tasks, *Psychological Review*, 104, 686-713.
- Needham, A., et Baillargeon, R. (1993), Intuitions about support in 4.5-month-old infants, *Cognition*, 47, 121-148.
- Needham, A., et Baillargeon, R. (2000), *Reasoning about support events in very young infants*, Manuscript under revision.

- Needham, A., Baillargeon, R., et Kaufman, L. (1997), Object segregation in infancy, in C. Rovee-Collier et L. P. Lipsitt (eds), *Advances in infancy research*, vol. 11 (p. 1-44), Greenwich, CT, Ablex.
- Oakes, L. M., et Cohen, L. B. (1995), Infant causal perception, in C. Rovee-Collier et L. P. Lipsitt (eds), *Advances in infancy research*, vol. 9 (p. 1-54), Norwood, NJ, Ablex.
- Piaget, J. (1952), *The origins of intelligence in children*, New York, International Universities Press.
- Piaget, J. (1954), *The construction of reality in the child*, New York, Basic Books.
- Piaget, J. (1955), Les stades du développement intellectuel de l'enfant et de l'adolescent, in P. Osterrieth, J. Piaget, R. de Saussure, J. Tanner, H. Wallon et R. Zazzo, *Le problème des stades en psychologie de l'enfant* (p. 33-113), Paris, PUF.
- Piaget, J. (1970), Piaget's theory, in P. H. Mussen (ed.), *Carmichael's manual of child psychology*, vol. 1 (p. 703-732), New York, Wiley.
- Piaget, J. (1975), *L'équilibration des structures cognitives : problème central du développement*, Paris, PUF.
- Piéraut-Le Bonniec, G. (1985), From visual-motor anticipation to conceptualization : Reaction to solid and hollow objects and knowledge of the function of containment, *Infant Behavior & Development*, 8, 413-424.
- Plunkett, K. (1998), Connectionism and development, in M. Sabourin, F. I. M. Craik et M. Robert (eds), *Advances in psychological science*, vol. 2 : *Biological and cognitive aspects* (p. 581-600), London, Psychology Press.
- Rochat, P. (1992), Self-sitting and reaching in 5- to 8-month-old infants : The impact of posture and its development on early eye-hand coordination, *Journal of Motor Behavior*, 24, 210-220.
- Sitskoorn, M. M., et Smitsman, A. W. (1995), Infants' perception of dynamic relations between objects : Passing through or support ?, *Developmental Psychology*, 31, 437-447.
- Sitskoorn, M. M., et Smitsman, A. W. (1997), Perception of dynamic object relations in infancy, *Infant Behavior & Development*, 20, 41-150.
- Slater, A. (1995), Visual perception and memory at birth, in C. Rovee-Collier et L. P. Lipsitt (eds), *Advances in infancy research*, vol. 9 (p. 107-162), Norwood, NJ, Ablex.
- Spelke, E. S. (1982), Perceptual knowledge of objects in infancy, in J. Mehler, E. Walker et M. Garrett (eds), *Perspectives on mental representation* (p. 409-430), Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum.
- Spelke, E. S. (1990), Principles of object perception, *Cognitive Science*, 14, 29-56.
- Spelke, E. S. (1994), Initial knowledge : Six suggestions, *Cognition*, 50, 431-445.
- Spelke, E. S., Breinlinger, K., Jacobson, K., et Phillips, A. (1993), Gestalt relations and object perception : A developmental study, *Perception*, 22, 1483-1501.
- Spelke, E. S., Breinlinger, K., Macomber, J., et Jacobson, K. (1992), Origins of knowledge, *Psychological Review*, 99, 605-632.
- Spelke, E. S., Kestenbaum, R., Simons, D. J., et Wein, D. (1995 a), Spatiotemporal continuity, smoothness of motion and object identity in infancy, *British Journal of Developmental Psychology*, 13, 1-30.

- Spelke, E. S., Phillips, A., et Woodward, A. L. (1995 b), Infants' knowledge of object motion and human action, in D. Sperber, D. Premack et A. J. Premack (eds), *Causal cognition : A multidisciplinary debate* (p. 44-78), Oxford, Clarendon Press (A Fyssen Foundation Symposium).
- Thelen, E., et Smith, L. B. (1994), *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*, Cambridge, MA, MIT Press.
- Wilcox, T., et Baillargeon, R. (1998), Object individuation in infancy : The use of featural information in reasoning about occlusion events, *Cognitive Psychology*, 37, 97-155.
- Wilcox, T., Nadel, L., et Rosser, R. (1996), Location memory in healthy pre-term and fullterm infants, *Infant Behavior & Development*, 19, 309-323.
- Yonas, A., et Granrud, C. (1984), The development of sensitivity to kinetic, binocular and pictorial depth information in human infants, in D. Ingle, D. Lee et M. Jeannerod (eds), *Brain mechanisms and spatial vision* (p. 113-145), Dordrecht, Martinus Nijhoff.
- Xu, F., et Carey, S. (1996), Infants' metaphysics : The case of numerical identity, *Cognitive Psychology*, 30, 111-153.