

INITIATION SCIENTIFIQUE ET DÉVELOPPEMENT INTELLECTUEL DU JEUNE ENFANT

Dans de nombreux pays, l'introduction des sciences dans les classes enfantines (en France, l'Ecole Maternelle) se justifie par toutes sortes de considérations (éveil de la curiosité et des vocations, développement des capacités perceptives, des habiletés motrices, du langage et du raisonnement, socialisation – cf. les directives du Ministère de l'Education Nationale « découvrir le monde à l'école maternelle », Coquidé-Cantor et Giordan (2002). Dans cette communication, nous nous contenterons de questionner les liens entre l'éducation scientifique et le développement intellectuel du jeune enfant. En effet, s'il existe de nombreuses études concernant les adolescents, très peu d'études concernent les très jeunes enfants (alors même qu'ils sont actuellement la cible de projets innovants « La main à la pâte », par exemple). Lorsqu'on s'intéresse aux effets produits par l'initiation scientifique auprès de jeunes enfants, ce qui est le cas des auteurs de cette communication, on accepte *de facto* la thèse vygotkienne selon laquelle l'apprentissage stimule le développement (Weil-Barais, 1994, 2004). Pour que cette proposition très générale, partagée maintenant par de nombreux auteurs, devienne opérationnelle, il est cependant nécessaire de spécifier les conditions de l'apprentissage et la nature des compétences intellectuelles supposées être construites ou transformées par les activités proposées aux enfants. Ceci suppose de disposer d'au moins quatre catégories de modèles : un modèle des connaissances et des activités cognitives afférentes, un modèle de l'intervention didactique et un modèle des compétences supposées se former. En effet, si on veut être à même de pouvoir mettre en relation l'apprentissage avec le développement intellectuel, les trois termes du système d'apprentissage doivent être spécifiés (la connaissance, la médiation pédagogique et l'activité du sujet) ainsi que le modèle de développement utilisé (Weil-Barais, 2004).

La recherche que nous présentons dans cette communication, issue d'une thèse en cours, illustre la démarche que nous préconisons pour mieux cerner les relations entre éducation scientifique et développement intellectuel. En première partie, nous présenterons les différents modèles mobilisés. En seconde partie, nous présenterons la méthode d'étude utilisée et, en troisième partie, les principaux résultats concernant le développement intellectuel des enfants. La discussion conduite à partir de ces données a comme intention d'ouvrir des perspectives de recherches.

Les modèles

Nous avons défini au préalable le modèle de développement qui nous semblait le plus adapté aux connaissances scientifiques. Il s'agit du modèle proposé par Piaget et Garcia (1983), dans l'ouvrage « *Psychogenèse et histoire de sciences* » où les auteurs postulent un isomorphisme entre l'évolution des modèles explicatifs aux plans historiques et psychogénétiques. Ils décrivent trois paliers d'évolution : intra-objectal, inter-objectal et trans-objectal.

Pour Piaget et Garcia, l'abstraction empirique (c'est-à-dire la capacité à isoler des propriétés inscrites dans les objets), suffisante au premier palier, devient une condition nécessaire

¹ Laboratoire de psychologie, Université d'Angers. Contact : marcela.schweitzer@etud.univ-angers.fr

mais pas suffisante au deuxième palier qui nécessite le recours à l'abstraction réfléchissante (Piaget, 1977). Cette dernière revient à isoler des propriétés non portées par les objets mais construites par le sujet sur la base de mises en relation débouchant sur la construction de propriétés relationnelles.

Compte tenu de ce que l'on sait du développement des explications enfantines (Ravanis, à paraître), on peut considérer qu'à l'âge qui nous intéresse (5- 6 ans) l'évolution importante concerne le passage de l'intra à l'inter-objectal : les formes de pensée commencent à se réfléchir elles-mêmes pour devenir des contenus de pensée à un niveau supérieur. C'est donc cette évolution et les conditions la permettant que nous avons retenues pour notre étude. Ceci nous a conduit à choisir un champ de connaissances pour lequel, à l'âge considéré, les enfants ont spontanément une approche intra-objectale. Une recension des travaux relatifs aux conceptions spontanées des enfants à l'âge pré-scolaire (Resta-Schweitzer, 2005), nous a amené à retenir le domaine de la formation des ombres. En ce domaine, il a été montré, que les enfants avaient une conception substantialiste de l'ombre et qu'ils attachaient l'ombre à l'objet (Ravanis, 1996 ; Molina et Jouen, 2000) : chaque objet a une ombre pouvant être vue dans certains cas, quand il y a du soleil notamment.

Nous avons repris d'une étude antérieure (Dumas Carré, Weil-Barais, Ravanis & Shourcheh, 2003), des éléments du « *modèle précurseur* »² ayant servi de cadre de référence aux activités proposées à des enfants âgés de 5 à 6 ans, en le complétant par un certain nombre de propositions, en partie dérivées de la première : il correspond à une explication de type interobjectal puisque l'explication du phénomène s'appuie sur une relation spatiale entre trois systèmes (une source lumineuse, un objet et un plan de projection). Nous en rappelons les caractéristiques principales :

- l'ombre est l'absence de lumière due à l'interposition d'un corps intercepteur et ce corps se trouve entre la source lumineuse et l'ombre ;
- l'ombre est une silhouette sans couleur ni détails ;
- pour faire l'ombre il est nécessaire de disposer d'une source lumineuse, d'un objet et d'un plan de projection (ombre portée).

L'introduction d'un tel modèle a été réalisée à partir de tout un ensemble d'activités présentées dans la partie méthodologique. Les questions posées aux enfants visent à ce qu'ils se dégagent de la simple perception du phénomène et qu'ils s'intéressent aux relations entre les objets, les actions et les événements perçus.

Le modèle didactique employé repose sur deux concepts majeurs : la Zone de Proche Développement (ZPD) et la médiation, deux concepts empruntés à Vygotski. Ces deux concepts, ont en commun d'évoquer un « lieu de passage » ou encore un « chemin vers ». Tout en étant dans ce que nous pouvons appeler « l'ici et maintenant » d'une situation d'apprentissage, ils expriment l'idée d'une évolution vers un futur plus ou moins proche, une évolution dans le sens d'une modification, d'un changement et d'une transformation du psychisme enfantin. Le concept de Z.P.D. offre ainsi une perspective « ouverte » concernant le développement puisqu'il va à l'encontre des conceptions dans lesquelles l'apprentissage doit s'ajuster au développement

² Le concept de « modèle précurseur » a été emprunté à Lemeigman et Weil-Barais (1993) : « il s'agit de modèles préparant l'élaboration d'autres modèles. (...) les modèles précurseurs comportent un certain nombre d'éléments caractéristiques des modèles savants vers lesquels ils tendent. ... Les modèles précurseurs constituent (...) des constructions didactiques conçues pour aider les élèves à accéder aux modèles savants. Ils sont donc précurseurs au regard du développement cognitif ce ne sont pas des précurseurs historiques» (1993, p.26).

(Vergnaud, 2000). Il amène à concevoir des situations didactiques et des étayages visant à aider l'enfant à dépasser ses propres limites ; ils concernent les fonctions psychologiques en maturation (lecture inter-objectale, abstraction réfléchissante) et non seulement celles déjà venues à maturité (développement actuel, lecture intra-objectale), les activités étant conçues pour que les enfants aillent vers un niveau supérieur de lecture du réel.

Méthodologie de l'étude

La méthodologie comporte trois phases :

- une première qui concerne l'exploration individuelle des représentations des élèves concernant le phénomène avant séquence d'enseignement (entretien phase 1 - pré-test) ;
- une deuxième se rapportant au travail en classe (séquence d'enseignement) ;
- une troisième d'exploration de représentations individuelles des élèves après la séquence d'enseignement (entretien phase 3 – post- test).

Les entretiens (phase 1 et phase 3), réalisés à deux mois d'intervalle, ont été effectués par le chercheur, deux registres de réponses étaient sollicités : verbal et graphique.

La deuxième phase concerne la séquence d'enseignement conduite par l'enseignant effectuée un mois après l'exploration des représentations spontanées (entretien phase 1).

La séquence d'enseignement (cf. tableau 1) est composée de deux séances, effectuées à une semaine d'intervalle, comportant chacune trois activités.

Tableau 1 : séquence d'enseignement, activités

1ère séance	2ème Séance
Activités	Activités
1. Visionnement d'un film « L'ombre de petit ours » et questionnement.	1. Manipulation de la source lumineuse, hypothèses sur la taille de l'ombre.
2. Expérimentation avec différents objets et plusieurs sources lumineuses.	2. Ajuster l'ombre à une figure et faire varier la taille de l'ombre
3. Formalisation (utilisation de gommettes).	3. Formalisation (utilisation de gommettes).

Nous adoptons une stratégie pédagogique où préalablement à la réalisation d'expériences, les enfants sont invités à faire des prédictions (anticipation d'un état futur, hypothétique et susceptible d'une évolution probable) et à confronter ces dernières aux observations, puis, en dernier lieu, à formaliser leurs explications sous une forme verbale et graphique.

Population

L'échantillon est composé de 15 enfants, 8 garçons et 7 filles âgés de 5 ans 2 mois à 5 ans 9 mois au moment de l'étude, normalement scolarisés en GSM (grande section de maternelle, aucun retard, aucune avance), dans une école publique de la banlieue sud de Paris. Les élèves appartiennent à des catégories socio-économiques diversifiées comme en atteste la profession des parents (magasinier, technicien des sols, professeur, pharmacien, etc.).

Données recueillies

Nous disposons des transcriptions des entretiens, des échanges entre le professeur et les élèves au cours de la séquence d'enseignement ainsi que de toutes les productions graphiques des enfants.

Analyse des données³

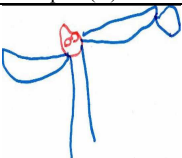




L'analyse présentée ici porte uniquement sur la comparaison entre les explications données par les enfants au cours des entretiens individuels, avant et après la séquence d'enseignement pour en évaluer les effets en terme développemental.

Nous présenterons tout d'abord les niveaux d'explication, puis les analyses.

- Les niveaux d'explication

L'ensemble des catégories que nous avons distinguées prend en compte la distinction faite par Piaget et Garcia (1983) entre l'intra objectal et l'inter-objectal ainsi que la qualité de la représentation en regard de son exactitude. Nous décrivons ci-après ces catégories, en spécifiant les critères considérés lorsqu'il s'agit d'une production verbale (V) ou graphique (G) et en donnant quelques exemples de productions (cf. tableau 2).

Tableau 2 : Catégories (critères d'appartenance et exemples)

Catégorie	Production verbale (V)	Exemples (V)	Production graphique (G)	Exemples (G)
<i>Hors modèle</i>	Aucun élément constitutif du phénomène n'est évoqué		Les enfants dessinent seulement l'objet, ou leur dessin ne répond pas du tout à la consigne donnée par le chercheur.	
Intraobjectale	L'enfant nomme une propriété ou un élément constitutif du phénomène de façon isolée	« <i>elle est noire</i> ». (Benj 5 ;10) ; « <i>Il faut prendre de la lumière et je ne me rappelle plus</i> » (Nico 5 ;10).	L'enfant dessine au moins deux éléments constitutifs du phénomène	
Interobjectale erronée ou incomplète	L'enfant nomme deux éléments ou plus constituant le phénomène; parfois tous les éléments sont présents dans le discours mais sont isolés, aucune coordination ou relation n'est exprimée ; des erreurs peuvent exister.	« <i>De la lumière, du par terre, de l'ombre et du chat</i> » ; « <i>Avec la lampe, le chat, le par terre et c'est tout</i> » (Benj 6 ;0).-	L'enfant dessine les trois éléments constitutifs du phénomène mais les relations topologiques entre les objets sont incorrectes.	
Quasi interobjectale correcte	Deux éléments ou plus sont nommés et au moins une ébauche de relation est exprimée explicitement par le langage	L'enfant introduit dans son discours les différents objets constitutifs du phénomène puis il dit : « <i>...Il faut le soleil...c'est mieux une petite lampe, c'est important, si tu ne mets pas ça, on ne fait rien du tout s'il n'y a pas de lumière...</i> » (Loic 5 ;6) ;	L'enfant dessine trois éléments (source lumineuse, objet, ombre) et les relations topologiques entre les éléments sont correctes.	
Interobjectale	Tous les éléments constitutifs du phénomène sont présents dans le discours de l'enfant et les relations entre les objets sont exprimées.	« <i>... Donc avant, il faut d'abord qu'on prépare tout le matériel, ensuite on installe l'écran, on prend la lampe, on met l'objet, on allume la lampe et après on voit l'ombre sur l'écran</i> » (Loic 5 ;8) ;	Tous les éléments constitutifs du phénomène sont présents dans le dessin (source, objet, plan de projection, ombre) et positionnés de manière satisfaisante.	

³ Pour des raisons de place, on ne fera pas un descriptif détaillé ; pour plus d'information consulter : Resta-Schweitzer, M & Weil-Barais, A (à paraître). Education scientifique et développement intellectuel du jeune enfant. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*.

Les réponses des enfants ne se situant pas toujours au même niveau selon le registre d'expression (graphique ou verbale), nous indiquons les évolutions par registre.

- Evolution des productions graphiques

On constate que la majorité des enfants progressent : 11 enfants sont dans ce cas contre 3 qui n'évoluent pas (un enfant a quitté la classe en cours d'expérimentation). Parmi les enfants qui progressent, 5 progressent d'un niveau et 6 de deux niveaux, ce qui, par rapport à notre grille d'analyse est assez remarquable.

- Evolution des productions graphiques

Au plan graphique, tous les enfants progressent : 11 enfants progressent d'un niveau, 2 de deux niveaux, et 1 de trois niveaux, et ceci indépendamment de leur niveau de départ, ce qui est en adéquation avec un modèle hiérarchique

Discussion

L'enjeu de cette étude était d'apporter des éléments de preuve de l'impact au plan du développement intellectuel d'une initiation scientifique auprès d'enfants d'âge pré-scolaire.

Nous avons montré que, dans un intervalle temporel assez court (trois mois et demi), les enfants sont capables de progresser en termes d'explication d'un phénomène complexe pour eux. La détermination de niveaux d'explication basés sur la distinction entre l'intra et l'inter objectal considérée comme marquant un progrès dans l'évolution de la pensée, nous a permis de repérer finement les caractéristiques de cette évolution au plan conceptuel et des représentations symboliques. Le recours à deux registres d'expression, le langage naturel et le dessin, a mis en évidence que les progrès se manifestaient sur ces deux plans, pour la majorité des enfants. A partir de l'analyse selon laquelle les systèmes de représentation (le langage oral et le dessin) contraignent les productions, nous avons émis l'hypothèse que la structure narrative du langage pourrait inciter les enfants à introduire de la temporalité alors qu'elle n'a pas lieu d'être, mais que, par contre, le dessin faciliterait l'expression des relations spatiales puisque le fait de devoir dessiner un objet et son ombre implique de se préoccuper de la place des objets les uns par rapport aux autres, dans l'espace graphique. Les données obtenues montrent que la majorité des enfants se situent au même niveau dans les deux registres sollicités, mais que, lorsqu'il y a des décalages c'est plutôt au profit du langage. Les changements observés dans le contexte de notre étude, entre le premier entretien précédant d'un mois la séquence d'enseignement et le second entretien qui a eu lieu deux mois après sont plus importants que ceux que nous avons observés chez des enfants n'ayant pas été impliqués dans l'expérimentation (Resta-Schweitzer, en préparation). Par conséquent, on peut raisonnablement imputer ces changements aux activités dans lesquelles les enfants ont été impliqués.

De notre point de vue, un ensemble de caractéristiques de ces activités ont joué un rôle déterminant sans qu'on soit en mesure de l'évaluer de manière analytique, cet ensemble constituant pour nous un tout indissociable. D'une part, les enfants ont été impliqués dans des activités expérimentales les amenant à identifier les différents déterminants du phénomène, à partir de questionnements : comment faire pour ? Avant toute manipulation, les enfants ont été invités à concevoir mentalement et à exprimer les manipulations à faire. Ce n'est qu'une fois qu'ils étaient en mesure collectivement d'imaginer ce qu'il convenait de faire et de formuler des prédictions qu'ils pouvaient manipuler.

D'autre part, cette activité collective a été complétée par une activité individuelle de production de représentations, lesquelles ont fait l'objet d'une confrontation collective, sans visée normative,

l'enjeu étant de décider si les représentations rendaient bien compte du phénomène. A ces caractéristiques pour nous essentielles du point de vue des constructions cognitives des enfants, se sont ajoutées une grande attention de l'enseignant et du chercheur à l'égard des enfants, une bonne organisation des activités, et enfin l'enthousiasme qui caractérise toute entreprise pédagogique innovante.

Pour terminer, on relèvera que l'étude présentée offre des pistes intéressantes au plan de la recherche et des pratiques scolaires. En effet, la grille d'analyse que nous avons construite peut être adaptée dans de nombreux domaines, la distinction intra et inter-objectale étant très générale. Son intérêt est de pouvoir diagnostiquer des changements de représentation importants du point de vue développemental et de pouvoir comparer des domaines d'expérience très diversifiés. L'emploi généralisé d'une grille comme celle que nous avons proposée permettrait de conduire des recherches comparatives (entre domaines et entre systèmes éducatifs) qui font défaut actuellement mais qui pourtant seraient nécessaires. Au plan de l'enseignement, une telle grille peut être utilisée au titre de référentiel développemental. Elle définit en effet des niveaux hiérarchisés pouvant être atteints et, ainsi, des objectifs raisonnables pour les enfants concernés, dans un système d'enseignement qui se préoccuperait prioritairement du développement intellectuel des enfants.

Références bibliographiques

- Coquidé-Cantor M. & Giordan A. (2002). *L'enseignement scientifique à l'école maternelle* Paris : Delagrave édition.
- Dumas Carré, A. Weil-Barais, A., Ravanis K. & Shourcheh, F. (2003). Interactions maîtreélèves en cours d'activités scientifiques à l'école maternelle, *Bulletin de Psychologie*, 56(4), 493-508.
- Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris : Hachette éducation.
- Ministère de l'Education Nationale (2002). *Qu'apprend-on à l'école maternelle? Les nouveaux programmes*. Paris : XO éditions.
- Minarik, E. H. & Sendak, M. (1995). *L'ombre de petit-ours*. Citel vidéo, Nelvana. Ministère de l'Education Nationale (2005). *Découvrir le monde à l'école maternelle. Documents d'accompagnement des programmes*, Centre National de la Documentation Pédagogique
- Ministère de l'Education Nationale (2002). *Qu'apprend-on à l'école maternelle? Les nouveaux programmes*. Paris : XO éditions.
- Molina, M. & Jouen F. (2000). Des objets et des ombres : la contrainte de solidité des objets s'applique-t-elle aux ombres ? *Archives de Psychologie*, 68, 15-24.
- Piaget, J. (1977). *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*. Paris : Presses universitaires de France.
- Piaget, J et Garcia, R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris : Flammarion.
- Ravanis, K.(1996). Stratégies d'interventions didactiques pour l'initiation des enfants de l'école maternelle aux sciences physiques. *Spirale* 17, 161-176.
- Ravanis, K. (à paraître), Les sciences physiques à l'école maternelle : un cadre sociocognitif pour la construction des connaissances et / ou le développement des activités didactiques. *International Review of Education*,
- Resta-Schweitzer, M. (2005). *Initiation scientifique et développement : conception et évaluation d'une séquence d'enseignement concernant la propagation de la lumière et la formation*

des ombres. Mémoire de master recherche en sciences de l'éducation. Université Paris 5.

Resta-Schweitzer, M. (en préparation). Evolution des explications verbales et graphiques de la formation des ombres chez les enfants.

Resta Schweitzer, M & Weil-Barais, A (à paraître) Education scientifique et développement intellectuel du jeune enfant. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*.

Vergnaud, G. (2000). *Lev Vygotski, pédagogue et penseur de notre temps*. Paris : Hachette Education.

Vygotski, L.-S. (1935). *Pensée et langage*, 3e éd. En langue française. Paris : La Dispute.

Weil-Barais, A. (1994). Heuristic value of the notion of zone of proximal development in the study of child and adolescent construction of concepts in physics. *European Journal of Psychology of Education*, 9(4), 367-383.

Weil-Barais, A. (2004). *Les apprentissages scolaires*. Rosny sous Bois : Bréal.