

Les analogies dans l'acquisition de concepts en biologie chez des élèves de 10-11 ans

Marie-Dominique GINESTE

Groupe Cognition Humaine
LIMSI
91403 Orsay cedex, France.

Laboratoire de Psychologie
Université Paris-Nord
93430 Villetaneuse, France.

Laurent GILBERT

Psychologue scolaire
Réseau d'Aides Spécialisées aux Élèves en Difficulté
95000 Argenteuil, France.

Résumé

Cette étude est consacrée à l'analogie comme procédé pédagogique pour des leçons dont le domaine ne peut pas être appréhendé par une observation directe. Deux thèmes ont été retenus : les constituants de la cellule et les échanges gazeux dans le sang. La modalité choisie pour les analogies fut l'illustration, les correspondances avec le thème étant ou non explicitées aux élèves. Il apparaît que les analogies illustrées, notamment commentées, favorisent l'acquisition des connaissances. On insiste sur les exigences cognitives requises pour assurer la fécondité des analogies.

Mots clés : *analogies illustrées, mémorisation, élèves 10-11 ans.*

Abstract

This study is concerned with analogy as a tool for teaching, as in some cases a new domain of knowledge cannot be grasped by a direct observation. Two themes have been selected : components of a living cell and exchanges in the blood. The mode chosen for analogy was illustrations, correspondences between illustrations and themes being made explicit or not to pupils. It appears that pictorial analogies, especially analogies with comments, enhance acquisition of the domains. We have focused on the cognitive requirements in order to insure success in the use of analogies.

Key words : *pictorial analogies, memorisation, pupils.*

Resumen

Este estudio está consagrado a la analogía como proceso pedagógico en lecciones donde el dominio no puede ser aprehendido por una observación directa. Dos temas han sido seleccionados : los componentes de la célula y los cambios gaseosos en la sangre. La modalidad seleccionada para las analogías fue la ilustración, las correspondencias entre ilustración y tema siendo o no explicitadas a los alumnos. Pareciera que las analogías ilustradas y comentadas, favorecen la adquisición de conocimientos. Se insiste sobre las exigencias cognitivas requeridas para asegurar el éxito en el uso de las analogías.

Palabras claves : *analogías ilustradas, memorización, alumnos entre 10 y 11 años.*

L'analogie suscite, depuis une dizaine d'années, de nombreuses études expérimentales : la fonction qu'on lui reconnaît est de faciliter la réalisation, par l'homme, enfant ou adulte, expert ou novice, de tâches cognitives, dont la variété s'étend de la résolution de problèmes (pragmatiques, mathématiques, de physique), à la mémorisation d'informations, ou bien à l'acquisition de connaissances nouvelles.

Dans cet article, est présentée une expérimentation dont l'objectif est de décrire des connaissances élaborées par les élèves à l'aide des analogies comparativement à celles d'élèves n'ayant pas disposé de cet outil, et d'évaluer la solidité de ces connaissances et leur résistance dans le temps. Cette expérience s'est déroulée au sein de l'école, parallèlement à la classe, en respectant les contraintes liées aux hypothèses de travail ; elle présente un caractère quasi pédagogique dans le sens où ont été recréées les conditions de travail scolaire en petits groupes d'élèves. L'un des thèmes choisis, le rôle des globules rouges dans les échanges gazeux, figurait au programme scolaire des enfants bien que leur maître ne l'ait pas encore traité en classe. L'autre thème concernait la structure de la cellule ; il n'appartenait pas au programme scolaire de nos sujets.

1. LES FONCTIONS COGNITIVES DE L'ANALOGIE

L'ensemble des études expérimentales de l'analogie s'appuie sur deux conceptions, la théorie de la projection de structures de Gentner (1983, 1989), et la théorie de l'abstraction de schéma formulée par Holyoak (1984, 1990). Selon Gentner, dans le traitement de situations nouvelles (problèmes ou connaissances à acquérir), l'analogie est bénéfique dans la mesure où le sujet qui traite cette information applique au domaine nouveau les caractéristiques structurales du domaine connu. Holyoak, quant à lui, insiste sur les activités d'abstraction et de généralisation présidant à l'élaboration de schémas cognitifs, dégagés des caractéristiques spécifiques des situations particulières et qui seraient récupérés par le sujet dans le traitement de situations nouvelles, en l'occurrence, chez Holyoak, de problèmes.

Quelques propositions supplémentaires sont néanmoins avancées. On peut les ramener à deux hypothèses théoriques générales, l'une considérant que les analogies fonctionnent comme des «*organiseurs de haut niveau*» (Halpern, 1987 ; Halpern et al., 1990), et l'autre, que l'analogie ramène l'information nouvelle à un niveau plus concret que ne le fait une présentation littérale (Donnelly & McDaniel, 1993 ; Duit, 1991 ; Issing, 1990 ; Petrie, 1993).

Concernant la première hypothèse, l'idée est que les analogies contribuent à une bonne élaboration des représentations lors de l'encodage (Schustack & Anderson, 1979). Pour Hayes et Tierney (1982), la connaissance ancienne et analogue augmente l'activité inférentielle du sujet : en effet, elle aide à recouvrer plus d'éléments du texte qui présente la connaissance nouvelle. En fait, si l'on observe un plus grand nombre d'inférences dans les situations où une analogie est présente, comparativement aux cas où il n'y a pas d'analogie, cela pourrait être imputable, selon ces auteurs, au fait que le sujet dispose dans sa mémoire d'une représentation plus achevée de l'information nouvelle.

La seconde hypothèse concerne le niveau de concrétude ou d'abstraction de l'information nouvelle. Les arguments qui sont développés et puisés dans les travaux de Paivio (1971, 1986), assignent aux analogies un rôle similaire à celui des illustrations, à savoir représenter, de façon plus ou moins concrète, l'information contenue dans un texte.

En fait, une telle argumentation a été développée à partir de situations expérimentales dans lesquelles on adjoint au texte présentant une information nouvelle soit des illustrations analogiques (Issing, 1990), soit des références à une connaissance ancienne et familière relevant d'expériences quotidiennes.

Dans le premier cas, les illustrations, représentant d'autres domaines, sont supposées avoir une double fonction. Le dessin, qui matérialise une connaissance familière, en facilite le recouvrement. De plus, au-delà du support figuré, **il évoque la notion particulière et cognitivement utile** pour traiter la connaissance nouvelle et la conserver en mémoire.

Dans le second cas, l'évocation de connaissances familières et analogues appartenant aux expériences quotidiennes plus concrètes, favoriserait la formation d'images, ce qui facilite chez l'élève la compréhension de concepts abstraits. On retrouve là les mêmes effets facilitateurs des illustrations analogiques.

Peut-on alors affirmer que d'une manière générale, les analogies aident à l'acquisition de connaissances parce qu'elles servent à «rendre» concrets des concepts nouveaux et à leur donner de ce fait une «existence perceptible» ?

C'est dans ce contexte théorique que nous insérons notre travail. Nous nous sommes intéressés à l'acquisition de connaissances qui ont la particularité de ne pas pouvoir être élaborées par l'expérience perceptive individuelle. En particulier, nous avons cherché à cerner le rôle cognitif des analogies illustrées dans la mémorisation de concepts nouveaux, par des jeunes élèves de 10-11 ans en CM2 (cours moyen deuxième année, dernière année de l'école élémentaire en France).

2. L'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE PROPREMENT DITE

À cet âge, l'enfant est bien installé dans un stade à «*prépondérance intellectuelle*» (Tran-Thong, 1971) au cours duquel la fonction catégorielle s'instaure de façon définitive. En effet, c'est durant cette période que l'enfant devient capable de définir les objets (Wallon, 1945), de les classer selon un seul critère (classification simple) ou selon plusieurs critères (classification complexe), de les ordonner (sériation) et de les dénombrer (Piaget & Inhelder, 1947). Avec l'avènement de la pensée catégorielle, «*c'est la capacité de varier les classements selon les qualités des choses, de définir leurs différentes propriétés*» (Wallon, 1956) qui s'établit. On assiste durant cette phase de développement à la dissociation, par l'enfant, entre les propriétés d'un objet et l'objet lui-même. Cette capacité à repérer les propriétés, à les extraire et à les traiter indépendamment de ce qu'elles caractérisent marque un grand pas dans l'évolution cognitive de l'enfant. On peut dire que ses représentations sont moins adhérentes à l'objet, en ce sens que les propriétés rassemblées dans une représentation particulière sont analysables et détachables de cette représentation. À partir de ce moment, la connaissance rationnelle du monde devient possible.

Dans la conception de l'analogie proposée par Gineste (1994), l'accent est mis sur la première étape, celle de la reconnaissance, par le sujet, de la ressemblance entre les domaines ou les objets, cette ressemblance reposant sur des propriétés partagées. Aussi, pour reconnaître ces ressemblances, faut-il que le sujet puisse traiter ces propriétés indépendamment du support auquel elles sont attachées. Cette capacité à traiter ces propriétés en elles-mêmes permet d'élaborer des représentations de nouveaux objets, représentations bien séparées et autonomes, même si ces objets présentent des propriétés identiques. Dans la mesure où les enfants de 10-11 ans sont dans une phase de leur développement intellectuel qui leur permet d'extraire les propriétés d'objets et de les manipuler, il nous a paru légitime d'étudier comment ils élaboraient des représentations catégorielles nouvelles avec l'aide des analogies.

2.1. Conduite de l'expérience

L'expérience fut réalisée auprès de cinquante-neuf enfants de CM2 dans une école primaire d'Argenteuil ; seuls quarante-cinq d'entre eux, nés en 1982, ont été retenus pour cette étude (âge moyen 10 ans et 6 mois au début de l'expérience). En effet, dans un souci d'homogénéité de la population expérimentale, nous n'avons pas tenu compte des résultats des quatorze élèves redoublants. Les quarante-cinq enfants dont les résultats seront présentés plus loin n'avaient pas eu de problèmes particuliers dans leur scolarité.

Par ailleurs, les institutrices chargées des classes nous avaient fourni un document indiquant la date de naissance, le sexe de chaque enfant ainsi que son niveau en mathématiques et en français, ce qui a permis de répartir équitablement les sujets dans les groupes expérimentaux.

2.1.1. Procédure

L'étude s'est déroulée parallèlement à la classe, dans le cadre des activités d'éveil, sur cinq mois en 1993. Deux sessions bien distinctes ont été organisées, l'une, autour de la leçon «la cellule» (de janvier à la mi-mars) et l'autre, autour de la leçon «les globules rouges» (de la mi-mars à la fin mai).

Chaque session se déroulait en deux phases : la première phase englobait la leçon proprement dite et l'évaluation de la connaissance acquise immédiatement après. Pour la leçon, les enfants étaient réunis par groupes de cinq ; pour l'évaluation, ils étaient pris individuellement. Huit jours plus tard (seconde phase), avait lieu une nouvelle évaluation. Préalablement à chaque leçon, chaque enfant était vu individuellement pour

établir son niveau initial de connaissances sur le domaine cible (et sur le/les domaine(s) source(s) pour les élèves bénéficiant d'une présentation analogique).

2.1.2. Les conditions expérimentales

Elles étaient définies par la combinaison des facteurs étudiés, au nombre de quatre.

1. Le domaine de connaissances présenté à l'élève : deux domaines de connaissances étaient proposés.

Domaine 1. Une structure biologique : la cellule. Celle-ci était présentée avec ses différents composants ; leur rôle spécifique était décrit mais aucune information n'était donnée sur le fonctionnement même de la cellule. Il s'agissait essentiellement pour les élèves de mémoriser le nom et le rôle des principaux éléments d'une cellule. (Au cours de la scolarité, ce domaine de connaissance n'est abordé que beaucoup plus tard compte tenu de sa complexité. C'est pourquoi la leçon proposée relevait d'une simple initiation à la biologie cellulaire, l'approche étant uniquement descriptive).

Domaine 2. Un processus biologique : le fonctionnement des globules rouges dans les échanges gazeux. Ici, les enfants devaient comprendre et mémoriser la fonction des globules rouges et la succession des étapes au cours desquelles les échanges d'oxygène et de gaz carbonique s'effectuent. Cette connaissance est à acquérir en CM2.

Le choix de ces deux thèmes permettait de confronter les élèves à des tâches différentes concernant des domaines de connaissance dont l'accès n'est pas d'égale difficulté.

2. Le mode de présentation des domaines : trois modes de présentation différents (P1, P2, P3) de la leçon ont été utilisés pour transmettre les connaissances à acquérir.

P1. Présentation par un texte écrit des domaines nouveaux. Ce texte était accompagné de dessins anatomiques.

P2. Présentation identique à la précédente à laquelle étaient associées des illustrations analogiques. Pour la cellule, on fournissait des dessins qui représentaient des piles électriques, une usine et un camion, une tour de contrôle, un camion poubelle, un masque d'apiculteur ; ces illustrations renvoyaient respectivement aux concepts de mitochondries, réticulum endoplasmique, noyau, lysosome, membrane. Elles soulignaient ainsi la description du rôle de chacun de ces éléments. Les illustrations analogiques provenaient donc de domaines différents.

Pour les globules rouges, on donnait un dessin analogique où était figuré le parcours de bateaux de marchandises échangeant des cargaisons. Cette illustration symbolisait le fonctionnement des globules rouges dans les échanges gazeux.

P3. Présentation identique à la précédente (P2) à laquelle on associait un petit texte expliquant les relations d'analogie existant entre les domaines source et cible¹.

3. Le délai de l'évaluation.

R1. Rappel immédiatement après la leçon.

R2. Rappel huit jours après.

4. Les indices guidant le rappel.

Pour le rappel, l'élève produisait une réponse à la question de l'expérimentateur, sans indice (I1). Puis, quand l'enfant ne produisait plus rien et que son rappel était incomplet et/ou erroné, l'expérimentateur lui proposait alors des indices (I2) pour l'aider à combler ses lacunes.

Pour la cellule, ces indices consistaient à fournir à l'enfant le schéma de la cellule avec une modification de la place des légendes et, pour les sujets des conditions «avec analogie», on ajoutait à ce dessin anatomique les illustrations analogiques, qui n'étaient données qu'une à une.

Pour les globules rouges, ces indices correspondaient à l'énonciation, un à un, des éléments essentiels intervenant dans le fonctionnement des échanges gazeux assurés par les globules rouges (globules rouges, poumon, parties du corps, oxygène, gaz carbonique). Dans les conditions «avec analogie», les élèves disposaient, en plus, de l'illustration analogique. Aucun commentaire n'était ajouté.

3. RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

Deux types d'analyse ont été menées : une analyse quantitative sur les scores obtenus et une analyse qualitative des erreurs dans les rappels.

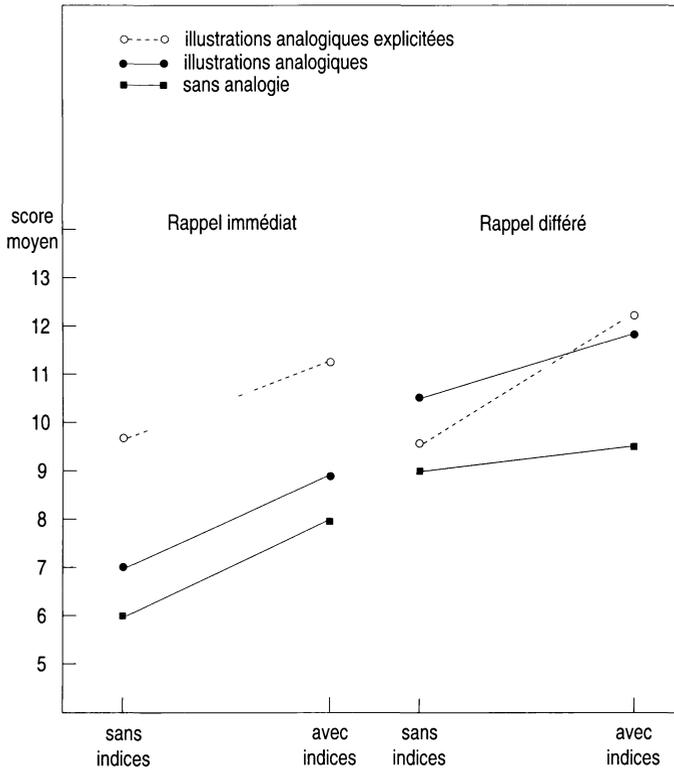
3.1. Analyse quantitative des scores de rappel

1. Pour la leçon «la cellule», on posait à l'enfant la question suivante : *«Peux-tu expliquer ce qu'il y a dans une cellule en précisant à quoi ça sert ?»*

¹ L'ensemble des textes et des illustrations analogiques peut être envoyé sur demande aux auteurs.

Les scores étaient calculés sur les items produits par l'enfant : à savoir un point pour chaque constituant correctement nommé et deux points quand le bon rôle lui était attribué (score maximum 15). À l'issue du rappel, des corrections étaient apportées par l'expérimentateur (rectification des erreurs et ajouts des éléments manquants).

Les résultats sont rassemblés ci-après.



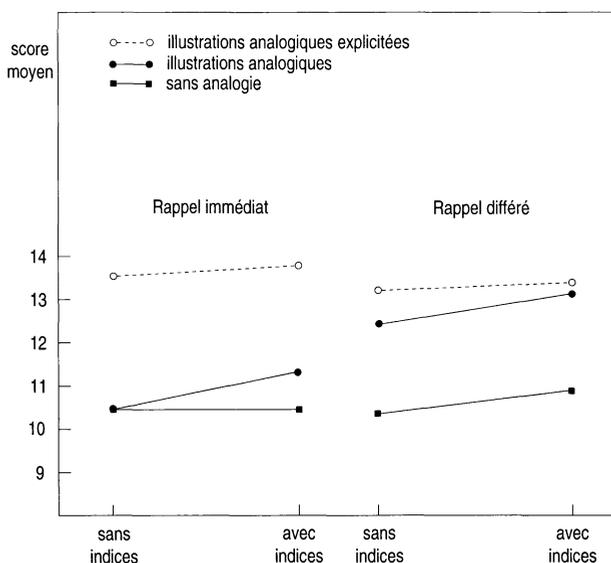
L'analyse de variance globale indique que les performances au rappel sont moins bonnes lorsque les élèves ne disposent que du dessin anatomique, comparativement aux performances de ceux qui ont bénéficié des illustrations analogiques ($F_{(1, 42)} = 4,82, .05 > p > .01$). Si l'on compare les résultats du groupe «sans analogie» à ceux du groupe à qui on a explicité les analogies, les différences sont significatives ($F_{(1, 28)} = 6,50, .05 > p > .01$).

Ces tendances sont confirmées en rappel immédiat. Les élèves du groupe «sans analogie» ont de moins bonnes performances que les autres, et ce sont les élèves du groupe «avec analogie explicitée» qui obtiennent les meilleures performances (P1 versus P3, $F_{(1, 28)} = 13,93, p < .001$) ; P2 versus P3, $F_{(1, 28)} = 7,27, .05 > p > .01$).

En ce qui concerne les rappels, on constate un effet significatif du moment du rappel : le rappel différé est mieux réussi que le rappel immédiat, en particulier pour le groupe P2 qui améliore nettement ses performances ($P2, E_{(1,14)} = 12,08, .01 > p > .001$). P1 progresse également, ce qui montre une certaine efficacité de la correction verbale ne s'appuyant que sur le dessin anatomique de la cellule ($P1, E_{(1,14)} = 10,45, .01 > p > .001$). Concernant P3, on n'observe aucune différence entre les rappels ; ce mode de présentation a permis aux sujets qui en ont bénéficié d'atteindre leur niveau de performance optimale dès le rappel immédiat.

Les comparaisons entre les rappels sans indices et avec indices sont toutes statistiquement significatives aussi bien en rappel immédiat qu'en rappel différé ($R1, E_{(1,42)} = 35,28, p < .001$; $R2, E_{(1,42)} = 43,35, p < .001$). Les sujets sont donc aidés lorsqu'on leur fournit des indices pour retrouver les connaissances traitées.

2. Pour le domaine «les globules rouges», les enfants répondent aux questions : «*Où trouve-t-on les globules rouges ? À quoi servent-ils ? Peux-tu expliquer ce qu'ils font ?*» On attribue un point pour chaque élément essentiel cité : sang, poumons, parties du corps, oxygène et gaz carbonique ; deux points pour chaque étape du «parcours» des globules rouges correctement relatée (score maximum 15). Après ce premier rappel, l'expérimentateur corrige les erreurs et comble les lacunes (voir figure ci-dessous).



Des analyses statistiques, on relève que l'explicitation des illustrations entraîne de meilleures performances (P1 *versus* P3, $F_{(1,28)} = 5,11$, $.05 > p > .01$). Par ailleurs, quand on fournit des indices pour retrouver les informations, on note de nouveau la supériorité de cette condition (P1 *versus* P3, $F_{(1,28)} = 5,76$, $.05 > p > .01$).

De plus, on constate une interaction entre les modes de présentation et les rappels ($F_{(2,42)} = 3,67$, $.01 < p < .05$). Le groupe P2 (avec des illustrations analogiques) améliore très nettement ses performances au rappel différé. **La correction, à la fin du rappel immédiat, qui consistait à souligner les ressemblances entre les domaines source et cible, a aidé ce groupe à structurer l'information traitée et à la stocker durablement.**

Le groupe P3, ayant obtenu de très bons résultats dès le rappel immédiat, n'a pu améliorer ses performances au cours du rappel différé. Le groupe P1, quant à lui, n'a pas progressé d'un rappel à l'autre. La correction verbale seule, en fin de rappel immédiat, ne lui a été d'aucune aide. L'absence de support illustré explique vraisemblablement cet échec (rappelez-vous que ce groupe avait amélioré ses performances au rappel différé lors de la première leçon sur la cellule ; en fin de rappel immédiat, la correction verbale s'appuyait sur la présentation du dessin anatomique de la cellule).

En ce qui concerne l'effet des indices, on le constate dans les deux rappels (R1, $F_{(1,42)} = 12,45$, $.01 > p > .001$; R2, $F_{(1,42)} = 7,04$, $.05 > p > .01$) ; à l'intérieur de chacun des groupes, il n'est apparent qu'en situation P2 ($F_{(1,14)} = 7,33$, $.05 > p > .01$).

3. Si l'on procède maintenant à l'analyse comparative du rôle des analogies selon les leçons proposées, on remarque que :

– les élèves qui ont bénéficié de l'analogie illustrée et explicitée en tirent davantage de profit dans la leçon sur les globules rouges que dans la leçon sur la cellule ($F_{(1,14)} = 15,4$, $.01 > p > .001$) ;

– l'analogie dans la leçon sur les globules rouges permet une meilleure utilisation des indices de récupération que dans la leçon sur la cellule ($F_{(1,42)} = 14,5$, $p < .001$). Cependant, on observe un effet d'interaction, l'amélioration des performances avec indices étant plus forte dans la leçon sur la cellule que dans celle sur les échanges gazeux ($F_{(1,42)} = 20,61$, $p < .001$).

Les résultats dans les rappels, immédiat et différé, sont meilleurs dans la leçon sur les globules rouges que dans celle sur la cellule (R1, $F_{(1,42)} = 31,44$, $p < .001$; R2, $F_{(1,42)} = 8,71$, $.001 < p < .01$). Mais on note là également un effet d'interaction, les élèves progressant davantage entre les deux rappels dans la leçon sur la cellule.

Il semble que l'analogie illustrée **unique** concernant la compréhension d'un **fonctionnement** (D2 : les globules rouges) présente davantage d'efficacité que l'emploi de plusieurs illustrations analogiques visant à décrire les différentes composantes d'un domaine (D1 : la cellule), au demeurant moins facile d'accès pour les élèves de CM2.

Par ailleurs, les indices de récupération utilisés pour D1 seraient davantage facilitateurs que ceux employés pour D2. La présentation du dessin anatomique de la cellule, sans légende dans les trois conditions expérimentales produirait un effet non négligeable (cf. la progression de P1).

Cette analyse strictement statistique a été complétée par une analyse qualitative visant à examiner la nature des erreurs produites par les élèves selon les conditions dans lesquelles ils avaient acquis ces connaissances nouvelles.

3.2. Analyse qualitative des erreurs

Ces erreurs se manifestent, en faible nombre, principalement dans la leçon sur la cellule, en rappel immédiat et en l'absence d'indices, les enfants ayant des difficultés pour retrouver le nom des objets des domaines et leur fonction respective.

Les enfants, dans leur ensemble, quand ils ne retrouvent pas le nom des constituants de la cellule, les désignent de différentes façons.

1. Par leur couleur.

2. Par le signifiant ou une partie du signifiant : «*y'a C-H-O-N qui se dit KON*», «*dedans, il y a un C-H qui se prononce K*», «*un nom en deux mots*», «*avec deux S*».

3. Quand ils tentent d'utiliser les termes lus, ceux-ci sont déformés. Pour «*réticulum endoplasmique*», on trouve «*reclum plastique, radrilum plasmaïque, rediculum endoplasmique, resiculum, reculum, cumique, aplastique, endoplastrique*» ; pour «*mitochondrie*», «*mitochondre, itochondrie, michondrie, mitocho, mitochondrome, microcique, mendropique, paconique, broncho, tro...*», et enfin pour «*lysosome*», «*lososome, sosome, lysome et solim*».

4. Seuls deux enfants, sur l'ensemble des trente enfants qui ont traité les illustrations analogiques, ont désigné deux des constituants par l'élément analogue correspondant : «*le casque*» pour la membrane, et «*les piles électriques vertes*» pour les mitochondries.

Lorsqu'il s'agit de définir la fonction des éléments constituant la cellule, les enfants font référence au domaine source. Cette référence s'effectue de plusieurs façons.

1. L'enfant distingue bien les deux domaines et présente les rôles des constituants par une comparaison : « *le noyau, c'est comme si c'était une tour de contrôle, il surveille* », « *les mitochondries, ça fait comme une sorte de pile qui recharge la cellule, ça donne de l'énergie* », « *le réticulum endoplasmique, c'est comme un camion et une usine, ça sert à transporter* », « *c'est un peu comme les usines ça sert à fabriquer des éléments et à les transporter* ».

2. Des confusions sont produites par la substitution des termes : « *les mitochondries, elles servent à faire de l'électricité* », « *le noyau, c'est la tour de contrôle* ».

3. Sur ces confusions analogiques, l'enfant ajoute des commentaires et tire des inférences à partir de l'illustration : « *les lysosomes, ils portent un masque* », « *ils recrachent les saletés* », « *c'est l'éboueur, il prend les déchets et il les rejette* ».

4. Enfin, l'enfant produit des analogies nouvelles et personnelles : « *la membrane, c'est comme la peau* », « *la membrane, c'est la peau qui recouvre pour pas faire rentrer les mauvaises substances à l'intérieur* », « *le réticulum endoplasmique sert à donner à manger, je crois* » (deux enfants sur les trente participant aux situations avec illustrations analogiques).

En réalité, ces erreurs dans la **dénomination** des éléments de la cellule représentent à peine 30% de l'ensemble des productions des élèves ; dans la **description des fonctions respectives** de chaque élément, les confusions analogiques quant à elles ne constituent que 10,6% des productions pour les deux situations d'analogie. **C'est dans la situation où l'analogie est explicitée que l'on rencontre le moins de ces confusions** (P3 : 2,7% versus P2 : 7,9%).

De plus, **dès que les indices sont proposés**, le nom des éléments et/ou les illustrations analogiques, **les élèves corrigent leurs erreurs** (comme en témoignent les analyses statistiques précédentes). **À long terme, ces erreurs ne se perpétuent pas**. Nous rappelons que dans la stratégie expérimentale choisie, l'intervention de l'expérimentateur, dans toutes les conditions (avec et sans analogie), a consisté à corriger toutes les erreurs des enfants, que ce soient des erreurs dans la dénomination du nouveau concept ou dans ses propriétés. Ces corrections, à l'issue du premier rappel, ont incité l'enfant à effectuer un nouveau travail, plus en profondeur et focalisé sur les éléments mal précisés. Elles lui ont permis de clarifier ce qu'il venait d'apprendre et de ne garder que des connaissances précises. Mais, en dépit de cette intervention identique dans tous les groupes expérimentaux, il n'en demeure pas moins que les élèves qui ont

bénéficié des analogies, conservent plus d'informations et ce, de façon durable.

4. CONCLUSION

Dans l'enrichissement de ses connaissances, l'analogie est intervenue dans la sélection des propriétés pertinentes qui caractérisaient un objet ou un domaine connu de l'enfant, ce que nous avons appelé les fonctions des objets analogues. Pour nous, l'analogie a joué ce rôle de préparation au traitement, en activant, dans la mémoire de l'enfant, un univers sémantique et imagé supplémentaire, cognitivement utile. L'amélioration des performances peut être imputable à ce processus.

Par ailleurs, si l'on se place du point de vue des acquisitions scolaires, en particulier dans les disciplines scientifiques (sciences de la vie et de la nature), l'élève doit assimiler des termes scientifiques spécialisés précis et qui, comme le souligne Jacobi (1993), diffèrent des mots de la langue commune en ce qu'ils ne sont pas polysémiques. En même temps qu'il apprend ces mots nouveaux, l'élève acquiert l'exigence de la précision dans la dénomination et dans la référence conceptuelle. Ce fut également l'une de nos préoccupations dans notre intervention quasi pédagogique.

Il ressort donc de cette étude **que l'enfant, non seulement a assimilé des mots nouveaux, mais a élaboré les représentations associées.** Certes, ces représentations catégorielles peuvent paraître rudimentaires. Mais, ainsi que l'écrivait Vygotski en 1934, «*au moment de l'assimilation d'un mot nouveau le processus de développement du concept correspondant, loin de s'achever, ne fait que commencer. Lors de l'assimilation initiale le nouveau mot est non pas au terme de son développement mais au début, c'est toujours un mot immature. Le développement interne progressif de sa signification entraîne en même temps la maturation du mot lui-même*» (Vygotski, 1985, p. 318, 1ère édition 1934). C'est dans la suite de sa scolarisation, avec bien sûr, des moyens adéquats, que l'enrichissement des concepts s'accomplira par l'adjonction progressive d'un faisceau de propriétés, ce qui pourra, dans certains cas, aboutir à un remodelage du concept lui-même. C'est donc beaucoup plus tard que l'élève élaborera des modèles abstraits du concept et de l'évolution des modèles scientifiques de ce même concept.

Dans ce lent processus d'acquisition, les analogies illustrées ont fourni une aide importante, d'autant plus importante qu'elles sont explicitées et commentées. Cela indique que les enfants de 10-11 ans ont encore besoin d'une aide visuelle concrète pour élaborer des représentations et les retrouver dans leur mémoire. Rappelons qu'il s'agissait de concepts et de

phénomènes dont la seule expérience perceptive et individuelle ne permet pas de construire les représentations.

Il est fréquent à l'école élémentaire que les enseignants utilisent de leur propre initiative des métaphores ou du matériel analogique pour faciliter l'acquisition de savoirs jugés trop abstraits pour des élèves qui leur sont confiés. Parfois, leurs propositions ne sont pas réellement adaptées : le choix du domaine source n'est pas toujours pertinent, l'analogie de structure des deux domaines est incomplète.

Les résultats de cette étude montrent que l'usage contrôlé de ce procédé pédagogique est particulièrement efficace lorsqu'il s'agit d'expliquer à de jeunes élèves des notions complexes. L'enseignant pourrait tout à fait tirer profit de l'emploi d'un tel matériel lorsqu'il se situe dans le cadre d'une pédagogie frontale ou quand il met en place dans sa classe des ateliers de recherche-expérimentation en petit groupe.

L'exploitation de cette recherche pourrait donc se traduire par l'intégration de supports analogiques, illustrés et explicités, en prenant la précaution de bien spécifier les domaines sources référents, dans des leçons concernant en particulier la compréhension de phénomènes physiques, chimiques ou biologiques.

Il est urgent, pour la formation scientifique des jeunes élèves, que les recherches se développent en ce sens, en conjuguant les expertises, celles de l'enseignant et celles des chercheurs, didacticiens et psychologues.

BIBLIOGRAPHIE

- DONNELLY C.M. & McDANIEL M. A. (1993). The use of analogy in learning scientific concepts. *Journal of Experimental Psychology, Language, Memory and Cognition*, vol. 19, n° 4, pp. 975-987.
- DUIT R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning Science. *Science Education*, vol. 75, n° 6, pp. 649-672.
- GENTNER D. (1983). Structure Mapping : a theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, n° 7, pp. 155-170.
- GENTNER D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds), *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 199-242.
- GINESTE M.-D. (1994). *Analogie et cognition*. Manuscrit d'habilitation à diriger des recherches. Orsay, LIMSI.
- HALPERN D. (1987). Analogies as a critical thinking skill. In D. Berger, K. Pezdek & W. Banks (Eds), *Applications of problem-solving, education & computing*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum, pp. 75-86.
- HALPERN D., HANSEN C. & RIEFER D. (1990). Analogies as an aid to understanding and memory. *Journal of Educational Psychology*, vol. 82, n° 2, pp. 298-305.

- HAYES D.A. & TIERNEY R.J. (1982). Developing reader's knowledge through analogy. *Reading Research Quarterly*, vol. 17, n° 2, pp. 256-280.
- HOLYOAK K.J. (1984). Analogical thinking and human intelligence. In R.J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of Human intelligence*, Vol.2. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum, pp. 199-230.
- HOLYOAK K.J. (1990). Problem solving. In D.N. Osherson & E.E. Smith, *An invitation to Cognitive Science thinking*. Cambridge, MA, MIT Press, pp. 117-146.
- ISSING L.J. (1990). Learning from pictorial analogies. *European Journal of Psychology of Education*, vol. 5, n° 4, pp. 489-499.
- JACOBI D. (1993). Les terminologies et leur devenir dans les textes de vulgarisation scientifique. *Didaskalia*, n° 1, pp. 69-83.
- PAIVIO A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- PAIVIO A. (1986). *Mental Representations : A dual coding approach*. New York, Oxford University Press.
- PETRIE H.G. & OSHLAG R.S. (1993). Metaphor and learning. In A. Ortony (Ed.), *Metaphor and thought* (2ème éd. révisée, 1ère éd. 1979). Cambridge, Cambridge University Press, pp. 579-609.
- PIAGET J. & INHELDER B. (1947). *La psychologie de l'intelligence* (7ème éd. 1964). Paris, Armand Colin.
- SCHUSTACK M.W. & ANDERSON J.R. (1979). Effects of analogy to prior knowledge on memory for new information. *Journal of Verbal Behavior and Verbal Learning*, n° 18, pp. 565-583.
- TRAN-THONG (1971). *Stades et concept de stades de développement de l'enfant dans la psychologie contemporaine* (1ère éd. 1967). Paris, Vrin.
- VYGOTSKI L. (1985). *Pensée et Langage* (1ère éd. 1934). Paris, Messidor Éditions Sociales.
- WALLON H. (1945). *Les origines de la pensée chez l'enfant* (réédition 1975). Paris, PUF.
- WALLON H. (1956). Les étapes de la personnalité chez l'enfant. In P. Osterrieth, J. Piaget, F. de Saussure, J.-M. Tanner, H. Wallon & R. Zazzo (Eds), *Le problème des stades en psychologie de l'enfant*. Paris, PUF. Réédité in *Enfance* (1963), n° 1-2, pp. 73-85.