

ABSTRACTION LIÉE A L'UTILISATION DES SCHÉMAS EN SCIENCES

1. Contexte

En maternel, les élèves stimulent leur imagination ou représentent ce qu'ils voient en dessinant, ce qui permet aux enseignants de leur faire intégrer du vocabulaire et de leur faire comprendre le monde qui les entoure. En primaire, le dessin laisse place aux schémas en vue de matérialiser des données théoriques complexes ou des informations abstraites (Ducancel & Pochon, 1993). Plusieurs études ont montré que les étudiants de tous âges peuvent éprouver des difficultés à lire et à utiliser des représentations graphiques (Leinhardt, Zaslavsky & Stein 1990 ; Roth & McGinn, 1997, cités par Poffé, Laschet & Hindryckx, 2015 ; Tiberghien, 2002). Selon le groupe de travail chargé de la conception de l'évaluation externe 3^e secondaire en sciences (2012), le langage symbolique des schémas peut déjà être une source de difficultés chez les élèves.

2. Définition

En sciences de la nature, il faut se déplacer du monde empirique formé par les faits observés et les expériences vers le monde des modèles (Martinand et al., 1992 ; Orange, 2012 ; Coquidé, 2015). Le schéma est un outil didactique de plus en plus utilisé dans les disciplines scientifiques (Giot & Quittre 2008 ; Gilbert & Justi, 2016). Dans l'enseignement de l'éveil scientifique, il constitue un modèle au service de l'apprentissage d'un concept ou d'un phénomène du monde réel (Sanchez & Prieur, 2005). Le schéma est employé pour la compréhension des concepts mais également pour susciter l'intérêt des élèves (Liu, Won & Treagust, 2014). L'apprentissage serait favorisé par les représentations graphiques. Les textes sont traités et encodés dans le système verbal alors que les représentations graphiques ainsi que les images sont traitées et encodées dans le système verbal et visuel. Ce double encodage, appelé théorie du codage dual de Paivio (1986), explique la meilleure mémorisation des images que des textes (Tiberghien, 2002).

Les schémas constituent des représentations simplifiées, généralement abstraites d'un phénomène, d'un système qui permettent de les décrire, les expliquer ou de les prévoir (Daro, Graftiau & Hindryckx, 2015 ; Hindryckx, 2018). La lecture de l'information visuelle nécessite des capacités d'interprétations spécialisées (Lowe, 1999). Les schémas attirent l'attention sur l'essentiel ce qui permet d'une part un meilleur apprentissage des connaissances et d'autre part d'accéder à une capacité de transfert de ce qui vient d'être appris à d'autres éléments (El Hnot, Cherai & Sibari, 2017).

Selon Estivals (2003) cité par El Hage, Verchier & Piezel (2019), on peut distinguer deux types de schémas en sciences : le schéma figuratif et le schéma non figuratif. Le premier est une représentation d'un objet visuel, sensible et perçu alors que le second s'attache à un référent mental et/ou conceptuel.

Un schéma n'est pas un dessin. Les images et les dessins sont proches de l'objet réel et sont donc plus concrets. Par contre, les schémas prennent de la distance par rapport à l'objet réel et présentent un grand pouvoir d'abstraction (Giot & Quittre 2008). Selon Chantal (2010), le schéma permet de développer la capacité d'abstraction et donc de se détacher du figuratif. On peut distinguer la représentation figurative qui permet la reconnaissance directe d'un objet de la représentation symbolique qui nécessite un codage (Kastenbaum, 1979). Le schéma permet d'atteindre l'abstraction (Frizzarini & Legros, 2018). Tous les schémas ne présentent pas le même pouvoir d'abstraction. Certains schémas sont assez simples d'accès comme un schéma d'expérience (**Figure 1 & 2**). Par contre, certaines représentations supposent un certain degré d'abstraction et demandent des connaissances au préalable comme la représentation de l'atome (**Figure 4**). En sciences, les schémas concernant les circuits électriques (**Figure 3**) requièrent l'apprentissage d'un code conventionnel pour exprimer les observations ou les connaissances (Giot, Demonty & Quittre, 2009).

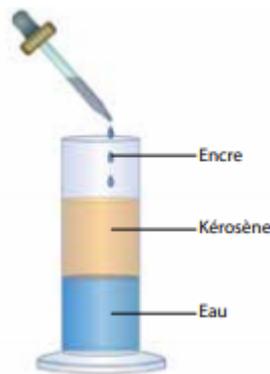


Figure 1 : Schéma d'expérience : Experts 1ère : Expérience physique¹

¹ <https://www.plantyn.com/documents/4045488/6864632/EXPE1.pdf/58500489-be9a-4e81-87a4-9c1046b8b85d>

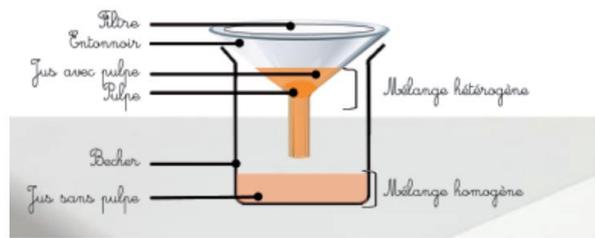


Figure 2 : Schéma sur la décantation²

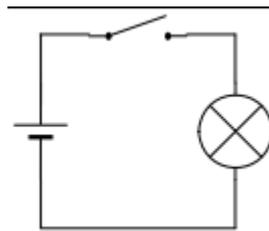


Figure 3 : Schéma d'un circuit électrique simple³

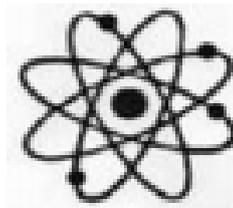


Figure 4 : Schéma de l'atome⁴

Sa fonction est de faciliter la création d'une image mentale de concepts considérés abstraits (Arnaud, 1984 cité par Peraya, 1995).

Selon Peraya et Nissen (1995), les schémas présentent différentes caractéristiques. Ils sont connus pour présenter un degré important d'abstraction et de généralisation qui permet de représenter des relations invariantes au sein d'un processus ou d'un objet. Ils ont une tendance à sélectionner des caractéristiques principales et communes pour un set d'objets ou de phénomènes. Les schémas représentent une économie cognitive : de par leurs représentations simplifiées ils permettent de diminuer la surcharge mnémotique. Par l'intermédiaire des

² Pistes didactique 3ème année de l'enseignement secondaire : évaluation externe non certificative en éveil scientifique (2012) : <http://www.enseignement.be/index.php?page=25186&navi=3208>

³ http://www.ac-grenoble.fr/college/rostand.laravoire/file/Sciences_physiques/5_elec_chap1.pdf

⁴ Les activités scientifiques en classes de 5e et 6e années primaires. Deux écrits incontournables: les schémas et les tableaux - 2009 : <http://www.enseignement.be/index.php?page=24272&navi=629>

schémas, il est possible de concrétiser des concepts ou des phénomènes compliqués à représenter. Enfin, une fonction de synthèse peut être assurée par les schémas qui permettent de mettre en relation un ensemble d'éléments sur un support unique.

Les schémas se construisent sur base d'analogies avec le réel. Ces analogies peuvent être figuratives et concrètes, très abstraites ou devenir des signes conventionnels. Le schéma a donc son propre langage qui utilise différents outils tels que des icônes (symboles abstraits ou figuratifs), des signes (flèches, traits droits, traits pleins, accolades, crochets,), des annotations (titres, commentaires et légendes), une échelle, des proportions, des positions relatives de différents éléments, des perspectives (vue de plan, de coupe, 3D...) mais aussi des couleurs. Dans les schémas, un même signe ou pictogramme peut représenter différentes choses ou différents signes peuvent représenter la même chose. Ces signes et pictogrammes ont l'intention de faciliter la lecture du schéma et l'expression des idées. Pour comprendre la signification de chacun de ces symboles il faut l'interpréter dans le contexte où il est employé. Il en est de même pour le nombre d'éléments représentés et les couleurs utilisées dans le schéma (Giot, Demonty & Quittre, 2009).

3. Les obstacles rencontrés par les élèves

Le schéma recèle des difficultés sémiotiques, cognitives et culturelles (Laparra & Margolinas, 2009). Plusieurs auteurs (Peraia & Nyssen, 1995 ; Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998) ont relevé différents problèmes liés aux schémas tels que la simplification trop importante qui peut appauvrir le réel, la confusion possible entre le schéma et le réel, la considération du schéma comme un modèle absolu et non comme un outil de pensée et enfin un sentiment de maîtrise superficielle. Cette illusion de compréhension induite par la simplification du modèle a également été rapportée par Daro et al. (2015). Les représentations schématiques retrouvées dans les manuels scolaires ou diffusées dans le cadre scolaire représentent des obstacles cognitifs (Peraia & Nyssen, 1995 ; Tiberghien 2002). Selon Kress et Van Leeuwen (2006), le langage souvent implicite des schémas peut déjà être un obstacle à l'apprentissage. Faux est de croire qu'un schéma est plus facile à décoder qu'un texte. La lecture, la compréhension et l'exploitation des schémas ne sont ni évidentes ni spontanées. Elles peuvent s'accompagner de pièges et de doubles sens (Peraia & Nyssen, 1995). Selon Giot et Quittre (2008), différents éléments peuvent engendrer des difficultés chez les élèves lors de la lecture de schémas de par les différents points de vue présentés par ceux-ci. On peut citer la notion d'échelle surtout pour les éléments microscopiques, la perspective tridimensionnelle, les vues de face ou de profil, les coupes horizontales ou verticales, les agrandissements, la présence de flèches, de texte ou encore de légende, l'utilisation de codes qui sont propres à l'auteur ou encore le degré d'abstraction du schéma. Dans le schéma de la circulation du sang par exemple, on ne représente qu'un seul

muscle. Cet élément prend donc une valeur symbolique car il est impossible de tout représenter dans un seul schéma. De plus on y représente souvent le sang oxygéné en rouge et le sang désoxygéné en bleu. Mais le rouge est également associé à l'eau chaude et la couleur bleu à l'eau froide dans un autre contexte. Les représentations schématiques sont régulièrement accompagnées d'un titre, mais ce titre peut également être imagé où présenter des complexités liées au vocabulaire. Certains schémas peuvent être complexes à comprendre car ils font apparaître quelques éléments en agrandissement ou réduction à l'échelle. Dans certains cas, la proportionnalité n'est pas respectée (dans les cycles de vie par exemple car un schéma unique doit représenter différentes choses à la fois). La perspective en coupe, en plan ou encore en 3D peut également amener quelques difficultés. Il est parfois complexe de comprendre le point de vue de l'auteur (Giot & Quittre, 2009). Les élèves ont une tendance à attribuer le symbole flèche à la désignation d'un organe ou d'un élément précis (Groupe de travail chargé de la conception de l'évaluation externe 3^e secondaire en sciences, 2012). La flèche présente différents rôles sémiotiques, tels qu'un rôle de modélisation (exemple de l'application d'une force), un rôle de pointage ou un rôle de mouvement (Kohler & Chabloz, 2016). En biologie, les réseaux alimentaires utilisent également des flèches, qui mettent en évidence une relation trophique (X est mangé par Y) (Aquarium muséum et groupe de travail). Il est primordial que les élèves découvrent le sens caché des pictogrammes utilisés dans les schémas car une analogie mal perçue peut entraîner une interprétation erronée du schéma (Giot & Quittre, 2009). D'un autre côté, les élèves semblent confondre les notions de schémas, croquis ou dessin. Ils envisagent une représentation fidèle d'un objet sans envisager la fonction explicative du schéma (Groupe de travail chargé de la conception de l'évaluation externe 3^e secondaire en sciences, 2012). Des difficultés en lecture peuvent aussi se manifester lors de l'analyse de supports schématiques. Selon Cebe, Goigoux et Thomazet (2004), lire est un processus passif de décodage d'informations pour les faibles lecteurs. Ils ne possèdent pas les stratégies de lecture nécessaires pour appréhender un schéma. Pour comprendre l'organisation globale d'un schéma, il faut pouvoir repérer l'idée principale d'un document, repérer une idée pertinente, faire le lien entre différentes informations du document, ou encore avec ses propres connaissances, et prendre du recul par rapport à un document. Il est indispensable d'aller au-delà du décodage direct des informations explicites en formant des liens entre ces informations.

Le schéma persiste mieux dans la mémoire mais il peut également donner lieu à des conceptions erronées. Les schémas induisent en erreur car ils peuvent dire des choses fausses ou encore ne rien dire. Le schéma qui présente une représentation iconique austère ne stimule pas l'imagination alors qu'une surenchère esthétique peut atténuer ou déformer l'information scientifique (Karous, Nihant & Leyh, 2018).

4. Pistes et applications

Il est donc important de travailler différentes notions avec les élèves pour lutter contre la simplification apparente des schémas. Une première piste est d'expliquer les notions de coupe, d'agrandissement et de détails microscopiques à travers les outils scientifiques (Giot & Quittre, 2008). Une autre piste est d'enseigner aux élèves la lecture de schémas, car ils représentent un objet d'encodage. Tout schéma doit être associé à un langage verbal, oral et écrit dans le but de le contextualiser, le relativiser et l'explicitier (Ducancel & Pochon, 1993).

Pour appréhender les schémas, il faut développer des stratégies de lecture dépassant le décodage direct des informations écrites. Il faut effectuer des liens et interpréter la présentation visuelle sous forme écrite pour pouvoir accéder à la fonction explicative des schémas. Afin que le schéma devienne un outil de pensée scientifique, les élèves doivent régulièrement être confrontés à des schémas diversifiés. Une des solutions peut également être de réaliser des grilles d'analyse de schémas pour pointer les stratégies qui permettent de traiter les informations profondes de celui-ci.

Il est nécessaire d'expliquer clairement le schéma aux apprenants et leur enseigner des compétences ainsi que des stratégies de lecture, d'interprétation ou encore de compréhension des schémas (Wheeler & Hill, 1990; Gillespie, 1993). Il est également important de leur enseigner de manière explicite les conventions du schéma ainsi que de les inviter à penser le schéma d'une manière plus profonde (Wheeler & Hill, 1990).

Bibliographie :

Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B. & Vérin, A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences ?* Paris : Retz.

Cebe, S., Goigoux R. & Thomazet, S. (2004). *Enseigner la compréhension : principes didactiques, exemples de tâches et d'activités*. Consulté à l'adresse <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00922482/document>

Chantal, M. (2010). *Représenter à l'école : dessin ou schéma ?* Consulté à l'adresse <http://lewebpedagogique.com/sciencesalecole/files/Du-dessin-au-sch%C3%A9ma-%C3%A0-l%C3%A9cole- primaire1.pdf>

Coquidé, M. (2015). « Se sentir vivant » : quels enjeux d'éducation biologique ? *SHS Web of Conferences*, 21, 1-12. Consulté à l'adresse <https://doi.org/10.1051/shsconf/20152103001>

Daro, S., Hindryckx, M.-N. & Graftiau, M.-C. (2015). Réfléchir avec les enseignants sur l'usage de la modélisation dans l'enseignement des sciences au fondamental. Dans T. Evrard & B. Amory (2015). *Les modèles, les incontournables pour enseigner les sciences ! Apprendre de 2 ans ½ à 18 ans* (pp. 95-105). Louvain-la-Neuve : De Boeck. Consulté à l'adresse <http://hdl.handle.net/2268/198461>

Ducancel, G. & Pochon, J. (1993). Schémas, langage et acquisition de connaissances en classe de Sciences (CM2). *Repères, recherches en didactique du français langue maternelle*. 7, 71-101. <https://doi.org/10.3406/reper.1993.2081>

El Hage, S., Verchier Y. & Piezel, M. (2019), Analyse des difficultés d'étudiants en BAC+1 de la compréhension des transformations chimiques en utilisant le modèle particulaire. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*. 6(1), 159-168. Consulté à l'adresse : <https://pdfs.semanticscholar.org/816e/06f4243bf79c5b51f0ad5309592f1ff1376f.pdf>

El Hnot, H., Cherai, B. & Sibari, H. (2017). Les Représentations Schématiques Des Enseignants Stagiaires En Sciences De La Vie Et De La Terre : Quelles Compétences Pour Une Utilisation Pédagogique? *European Scientific Journal*, 13(19), 211-230. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n19p211>.

Frizzarini, C. & Legros V. (2018). *Les illustrations pour montrer des savoirs mathématiques. Deux exemples dans des manuels scolaires anciens en arithmétique et en travaux manuels*. Limoges : DIRE. DOI : 10.25965/dire.962. Consulté à l'adresse suivante : <https://www.unilim.fr/dire/962&file=1>

Gilbert, J.K. & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. USA : Springer.

Gillespie, C.S. (1993). Reading graphic displays: what teachers should know, *J. Read.* 36, 350–354.

Giot, B. & Quittre, V. (2008). Images, dessins et schémas scientifiques : comment sont-ils perçus par les enfants ? *Cahiers de l'aSPe*, 27-28, 125-150. Consulté à l'adresse <http://hdl.handle.net/2268/13234>

Giot, B. & Quittre, V. (2011). Lire et produire des schémas scientifiques à l'école primaire. *Lettrure*, 1, 82-92. Consulté à l'adresse https://www.ablf.be/images/stories/ablfdocs/_Lettrure82.pdf

Giot, B., Demonty I. & Quittre, V. (2009). *Comprendre et utiliser l'écrit dans les activités scientifiques en 5e et 6e années primaires*. Consulté à l'adresse http://www.enseignement.be/index.php?page=26044&id_fiche=5388&dummy=26226

Groupe de travail chargé de la conception de l'évaluation externe 3^e secondaire en sciences (2012), Pistes didactiques 3^{ème} année de l'enseignement secondaire. Consulté à l'adresse <http://www.enseignement.be/index.php?page=25186&navi=3208>

Hindryckx, M.N. (2018). *Lecture de schémas, modélisation et apprentissage en éveil scientifique*. Communication présentée au DIDACTIfen, Liège. Consulté à l'adresse https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/224294/1/Proposition%20de%20symposium%20long%20_Mode%CC%80les%20et%20mode%CC%81lisation_complet.pdf

Karous, H., Nihant, B. & Leyh B. (2018). *L'image dans les cours de chimie de l'enseignement secondaire : une aide ou un obstacle à la modélisation ?*. Communication présentée au DIDACTIfen, Liège. Consulté à l'adresse https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/224294/1/Proposition%20de%20symposium%20long%20_Mode%CC%80les%20et%20mode%CC%81lisation_complet.pdf

Kastenbaum, M. (1979). *Les schémas des manuels scolaires : difficultés et diversité des descriptions et des analyses*. *Enfance*, 32, 2, 159-167. DOI : <https://doi.org/10.3406/enfan.1979.2669>. Consulté à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/enfan_0013-7545_1979_num_32_2_2669

Kohler, A. & Chabloz, B. (2016). Attention: une flèche peut en cacher une autre... Analyse des rôles sémiotiques de quelques flèches dans des manuels de physique. Consulté à l'adresse <http://modelisation-mi-fini.hep-bejune.ch> sur le site web du projet de recherche institutionnel

“Ingénierie didactique en physique, centrée sur la modélisation et la simulation : construction et évaluation d'un dispositif d'enseignement mi-fini (half-baked) pour le secondaire II”, Unité de Recherche 2, HEPBEJUNE.

Kress, G. & Van Leeuwen, T. (2006). *Reading Images: The Grammar of Visual Design*. London/ New York: Routledge. Consulté à l'adresse : <https://cdn.glitch.com/05cf2253-657b-4ca7-a4fe-293daf3e7498%2Fkress%20and%20van%20leeuwen%20%20reading%20images%20the%20grammar%20of%20visual%20design%202.pdf?1547629033311>

Laparra, M. & Margolinas, C. (2009). Le schéma : un écrit de savoir ?, *Pratiques*, 143-144. DOI : 10.4000/pratiques.1396, Consulté à l'adresse : <http://journals.openedition.org/pratiques/1396>

Leinhardt, J. L., Zaslavsky, O. & Stein M. K. (1990). Functions, graphs and graphing : tasks, learning and teaching ! *Review of Educational Research*, 60, 1-64.

Liu, Y., Won, M. & Treagust, D.F. (2014) Secondary Biology Teachers' Use of Different Types of Diagrams for Different Purposes. Dans B. Eilam, J. Gilbert (eds) *Science Teachers' Use of Visual Representations. Models and Modeling in Science Education* (pp. 103-121). USA : Springer. DOI : https://doi.org/10.1007/978-3-319-06526-7_5

Lowe, R.K. (1996). Background knowledge and the construction of a situational representation from a diagram. *European Journal of Psychology of Education*, 11, 377–397.

Martinand, J.-L., Astolfi, J.-P., Chomat, A., Drouin, A.M., Genzling, J.-C, Larcher, G, Lemeignan, G., Méheut, M., Rumelhard, G. & Weel-Barais, A. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. INRP : Paris.

Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck.

Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual-coding approach*. New York : Oxford University Press.

Peraya, D. (1995). Vers une théorie des paratextes : images mentales et images matérielles. *Recherches en Communication*, 4, 1-38.

Peraya, D. & Nyssen, M. C. (1995). *Les paratextes dans les manuels scolaires de biologie et d'économie : Une étude comparative*. Genève : Université de Genève, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation. Consulté à l'adresse <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:39889>

Poffé, C., Laschet M. & Hindryckx M.-N. (2015). Les supports pour l'étude fournis à l'élève en sciences biologiques sont-ils créateurs d'inégalités scolaires ? Étude exploratoire de productions de futurs enseignants en Fédération Wallonie- Bruxelles (Belgique). *Spirale. Revue de recherches en éducation*, 55, 137-152. Consulté à l'adresse :

https://www.persee.fr/doc/spira_0994-3722_2015_num_55_1_1029

Sanchez, E. & Prieur, M. (2005). *Place et rôle des modèles dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre*, Paris : INRP.

Tiberghien, A. (2003). Chapitre 8. Des connaissances naïves au savoir scientifique. Dans M. Kail (éd.), *Les sciences cognitives et l'école* (pp. 353-413). France : Presses Universitaires de France. doi:10.3917/puf.coll.2003.01.0353

Wheeler, A.E. & Hill, D. (1990). Diagram-Ease: why some students misinterpret diagrams, *Science Teach.* 57, 59–63.