

L'image dans l'enseignement des sciences : des usages impensés aux situations de malentendu

*Images in science education: from unthought-of uses
to situations of misunderstanding*

*Imagen en la enseñanza de las ciencias: de los usos
impensados a las situaciones de malentendido*

Alaric Kohler
HEP-BEJUNE, Suisse

Maud Lebreton Reinhard
HEP-BEJUNE, Suisse

RÉSUMÉ – ABSTRACT – RESUMEN

L'image dans l'enseignement des sciences s'inscrit dans des usages normés : qu'elle y prenne la fonction de preuve, de donnée, d'étayage à une analyse ou à des résultats, son usage est d'emblée relié à des pratiques scientifiques et à leurs règles. Or, celles-ci sont souvent implicites, en éducation, ce qui provoque des difficultés pour les élèves. Dans cet article, nous interrogeons ces pratiques et soulevons quelques enjeux des usages des images dans l'enseignement des sciences, qui restent souvent impensés. Nous proposons un modèle qui permet d'aborder la complexité de l'enchâssement multidimensionnel des processus de construction de sens, de communication et d'apprentissage.

Images in science education are woven in standard uses: their use is immediately linked to scientific practices and their rules, whether images take the function of proof, data, support for an analysis or results. However, such rules are often implicit in education, which causes difficulties for students. In this article, we question these practices and raise some issues of the uses of images in science education, which often remain unthought. We propose a model that allows us to address the complexity of the multidimensional embedding of meaning-building, communication and learning processes.

[illegible]

La imagen en la enseñanza de las ciencias se inscribe en usos normalizados: sea que tome la función de prueba, de dato, de apuntalamiento a un análisis o a resultados, su uso está vinculado desde el principio a prácticas científicas y a sus reglas. Ahora bien, éstas son a menudo implícitas, en la educación, lo que provoca dificultades para los alumnos. En este artículo, cuestionamos estas prácticas y planteamos algunos retos de los usos de las imágenes en la enseñanza de las ciencias, que a menudo siguen siendo ignorados. Proponemos un modelo que permite abordar la complejidad del encaje multidimensional de los procesos de construcción de sentido, comunicación y aprendizaje.

[illegible]

Introduction

Dans cet article, nous abordons l'image en sciences plus que l'image scientifique, partant du postulat que le qualificatif « scientifique » attribue à l'image une forme sémantique d'autorité en lien avec l'objectivité, la méthode, la précision qu'on relie au terme scientifique. Or, l'image en éducation est indissociable du discours verbal avec qui elle entretient une relation de dépendance réciproque, relation qui, en sciences, transforme son pouvoir de monstration en pouvoir de vérité. Nous parlerons ainsi de l'image comme modalité sémiotique mise au service de l'apprentissage d'objets scientifiques.

Historiquement, toute démarche didactique s'appuie sur la modalité sémiotique verbale (orale ou écrite) ou, selon les auteur·e·s, sur une compétence (sémiotico)scripturale (Reuter, 1996 ; Vincent, 2021). Or, dans l'enseignement des sciences, celles-ci sont augmentées d'images très diverses : photographies, schémas, diagrammes, cartes, etc. En conséquence, l'apprenant·e fait souvent face à plusieurs médiums énonciatifs séparément les uns des autres, qu'il faut combiner puisqu'ils co-construisent le sens de manière multimodale. Cette contribution interroge cette relation intersémiotique dans le contexte communicationnel éducatif et propose des éléments théoriques pour la penser.

Après un rappel des enjeux d'une prise en considération de la production et la réception du sens via les supports de communication à vocation pédagogique, nous analysons des traces authentiques dans une perspective sémiologique, pour en soulever les enjeux, avant de proposer une approche théorique permettant de situer l'image et les langages graphiques dans l'enseignement des sciences.

Problématisation

Depuis quelques décennies, des travaux de recherche issus de plusieurs approches mettent en évidence l'importance de la dimension sémiotique dans les processus d'apprentissage. Notamment, la prise en considération de la multimodalité de la communication encourage un usage raisonné des modalités non verbales, ce qui permet de re-problématiser la présence de l'image dans les cultures disciplinaires.

En psychologie cognitive, pourtant, la dimension sémiotique (et culturelle) de la pensée et des connaissances est presque toujours ignorée, absorbée dans le concept d'*information*, pourtant inadéquat pour rendre compte des processus d'interprétation, d'appropriation et de transformation des ressources sémiotiques (Bruner, 1983 ; Jodelet, 1989 ; Weil-Barais, 1993). La tentative de Duval (1995) d'intégrer cette dimension multimodale aux sciences cognitives traditionnelles constitue une exception notable.

En psychologie (socio)culturelle, les chercheur·e·s qui se sont intéressé·e·s à la théorie du développement cognitif et social à l'aide d'*instruments* issus d'une histoire et d'une culture collective (Vygotski, 1934/1997), ont vu leurs travaux prendre la piste d'une sémiologie (Van der Veer & Valsiner, 1994 ; Moro, Schneuwly & Brossard, 1997 ; Moro & Rickenmann, 2004), discipline indispensable à rendre compte des rapports complexes entre pensée et langage, et entre les apprentissages effectués et les instruments utilisés. La sémiologie prend une place si importante dans l'entreprise de la psychologie culturelle, qu'un chercheur propose même de refonder celle-ci sur une sémiologie (Modugno, 2022).

Qui s'intéresse à la culture des êtres humains, reconnaît très vite le rôle central de l'activité sémiotique, que ce soit dans une perspective anthropologique (Lotman & Uspensky, 1978), psychologique (Piaget, 1957 ; Bruner, 1983, 1990), littéraire (Eco, 1970) ou autre. En considérant, par ailleurs, l'éducation comme « entrée dans la culture » (Bruner, 1996),

1. — Par l'expression « prendre une forme », nous n'impliquons pas, ici, que le modèle soit d'abord conçu mentalement pour seulement s'exprimer par le langage, comme l'expression verbale pourrait le laisser entendre. Vygotski montre bien combien ces « formes », discours, langages graphiques ou même les outils matériels, contribuent à permettre la pensée elle-même, notamment en science à élaborer les modèles, qui ne seraient pas (les mêmes) sans ces « formes ». Mais le langage nous manque ici, pour mieux exprimer cette dialectique entre modèle conçu et modèle communiqué.

il devient évident que cette dimension sémiotique de l'activité scolaire est au cœur des objectifs éducatifs.

La psychologie socio-cognitive, en s'intéressant à la dimension sociale de la construction des connaissances par les apprenant-e-s, a très tôt soulevé le problème des implicites dans la communication en contexte scolaire, relativement aux diverses modalités de représentation des savoirs :

La prise en considération d'objets d'apprentissage plus culturels (représentations dans le dessin, formulations d'opérations mathématiques) attire l'attention du chercheur sur le rôle des processus de communication dans le développement de ces conduites cognitives [...]. Sans doute serait-il heuristique alors de les considérer aussi comme des langages – inscrits dans des réseaux de communication et instruments de ceux-ci – langages dont l'existence requiert de l'enfant d'élaborer des capacités à y recourir. Les conditions psycho-sociales dans lesquelles l'enfant doit recourir à ces langages détermineraient, en partie, les qualités de l'appropriation qu'il en fait. Quelles sont les implications pédagogiques ? (Perret-Clermont, 1980, p. 7).

À la suite de ces travaux, et en particulier des analyses microgénétiques (Inhelder et al., 1992), le courant socio-cognitif s'est focalisé sur des démarches pédagogiques reposant sur le principe « argumenter pour apprendre » (Baker, 1996 ; Nonnon, 1996 ; Perret-Clermont & Müller Mirza, 2009 ; Schwarz & Baker, 2017). Weil-Barais (1993) conclut sa synthèse de la littérature par un appel à donner plus de considération aux processus communicatifs dans la théorisation des processus d'apprentissage en milieu scolaire, une suggestion suivie par des travaux en didactique des sciences (Driver, Newton & Osborne, 2000 ; Buty & Plantin, 2008).

Dans ce but, l'un d'entre nous a mené une recherche (Kohler, 2020) qui tente de départager les erreurs des élèves dues aux processus de communication, de celles qui proviendraient d'une conception erronée des lois de la physique chez les élèves : dans une séquence donnant beaucoup d'espace à l'argumentation des élèves, cette recherche permet de montrer que certaines réponses inattendues, attribuées à des conceptions naïves dans la littérature (McCloskey, 1983), proviennent plutôt de la manière dont les savoirs scolaires sont enseignés, et notamment d'éléments implicites quant aux dessins, graphes, discours et autres représentations fournies aux élèves. Ces analyses permettent d'expliquer les écarts entre réponse attendue et réponse fournie, par certains élèves, par des « situations de malentendu », c'est-à-dire par la communication. L'analyse évite ainsi d'attribuer des conceptions aux élèves, une inférence supplémentaire qui

ne se justifie plus. Ces observations suggèrent des processus d'apprentissage bien plus collectifs qu'individuels.

Cette recherche sur les *situations de malentendu* se développe parallèlement (Kohler, 2015) aux travaux sociologiques sur le rôle des supports pédagogiques dans le malentendu sociocognitif (Bonnéry, 2015), à partir de la même piste explicative quant à l'origine de la reproduction des inégalités sociales à l'école (Bourdieu, Passeron & de Saint-Martin, 1965). Elle adopte une approche microgénétique : le malentendu y est défini à l'échelon de la situation, plutôt que de l'individu ou de l'institution, comme une divergence dans la construction du sens d'un ou plusieurs éléments de cette situation, entre plusieurs points de vue et à un moment donné. Le concept de *situations de malentendu* se distingue également du malentendu que les sciences du langage identifient et définissent à partir des tentatives de réparation des interlocuteurs, au sens où une *situation de malentendu* peut s'établir sans que les personnes qui y participent n'en prennent conscience. En ce sens, il s'agit d'une approche psychologique, même si elle est transversale à plusieurs domaines. L'identification et l'analyse des situations de malentendu requiert une reconstruction détaillée et au fil du temps, à partir de traces suffisamment abondantes et précises pour faire des hypothèses sur les processus de construction de sens en situation.

Les résultats de cette approche répondent aux problèmes des conceptions en sciences, exposés par Smith, diSessa et Roschelle (1993) en montrant comment le sens que les objets de discours, les graphes et autres représentations diverge au cours des usages, ou en passant du point de vue de l'enseignant-e à celui de l'élève (Kohler & Chabloz, 2020), de celui de l'auteur-e d'un manuel scolaire à l'enseignant-e qui l'utilise pour concevoir ses activités (Kohler, 2023), ou même lors de la « mise en signe » d'un manuel scolaire, en amont de l'acte d'enseigner (Kohler & Chabloz, 2017).

Or, toute situation didactique (Brousseau, 1998) est conditionnée au sens donné aux signes et aux symboles par les enseignant-e-s et les apprenant-e-s. Si le signe linguistique est au centre des dispositifs d'apprentissage, les signes non-verbaux fournissent des médiations supplémentaires à l'apprentissage. Ainsi l'image, en qualité de signe non-verbal mis à la disposition de l'apprenant-e, constitue une ressource sémiotique à laquelle on attribue encore naïvement le statut de facilitateur de la compréhension pour l'apprenant-e (Lebreton Reinhard & Kohler, 2024).

Dans ce contexte, nous situons l'image dans le verbocentrisme de la culture occidentale et lui attribuons, dans l'enseignement, le statut encore

majoritaire d'impensé (Lebreton Reinhard & Azaoui, à paraître). Suivant Heidegger (Balazut, 2005), relier l'image à une forme d'impensé permet d'expliquer son exclusion du questionnement, donc de la compréhension. Considérée comme un « déjà-là », l'image n'est plus à questionner et fait face à une certaine résistance lorsque le questionnement est amené dans la communauté scientifique (Lebreton Reinhard & Azaoui, à paraître).

Pourtant, l'image conditionne les significations (Goody, 1979 ; Mitchell, 1994). Combinée à la langue écrite dans la plupart des moyens d'enseignement, l'image exerce même un rôle structurant à la fois pour l'apprenant-e, l'enseignant-e et le-la chercheur-e, chacun-e lui attribuant une opérativité symbolique particulière. Dans une perspective peircienne (Peirce, 1978) et multimodale (Kress, 2010), les supports de communication en usage dans l'enseignement mettent à disposition de l'apprenant-e de multiples ressources appartenant à des champs sémiotiques différents qui contraignent un processus de signification dynamique dans lequel ces derniers s'élaborent les uns les autres (Quéré, 2016).

Que faut-il aux enseignant-e-s et autres professionnel-le-s de l'éducation pour anticiper, considérer et gérer ces enjeux sémiotiques dans leurs pratiques en regard de l'image et son statut d'impensé et ce, alors qu'elle co-construit le sens avec le discours verbal ? Si tous ces travaux convergent sur le constat du problème scientifique du manque de prise en compte de la dimension sémiotique dans les processus d'apprentissage, les apports permettant d'avancer dans cette direction dans les pratiques se font attendre, tant au niveau de la théorisation que dans l'innovation et la transformation des pratiques scolaires traditionnelles.

Il nous semble nécessaire de disposer d'une théorisation minimale, permettant à chacun-e, aussi aux non-spécialistes, de s'appropriier au moins partiellement les enjeux des usages des images en milieu scolaire. En soulevant quelques-uns des enjeux de l'usage de langages graphiques en milieu scolaire dans les analyses de la prochaine section, nous proposons un modèle synthétique, qui permet une sémiologie orientée vers la pratique, pour aborder la complexité qu'engendre la prise en compte du jeu des points de vue à l'école.

Analyses de traces authentiques

Le principe de l'authentification d'une trace (Leleu-Merviel, 2013) consiste à rendre compte de son avènement, d'une part, mais aussi de sa légitimité à représenter ou informer sur le sujet de l'enquête. Ici, plutôt qu'une recherche empirique classique consistant à produire des traces à la suite d'une démarche méthodologique, nous présentons des traces

authentiques, au sens où elles sont issues de pratiques avérées d'enseignement des sciences. Usages de langages graphiques par des élèves en classe, manuels d'enseignement qui ont été utilisés par des enseignant-e-s pendant de nombreuses années, usages documentés d'enseignant-e-s pratiquant avec leurs élèves : ces illustrations documentent des pratiques ordinaires, quels que soient les moyens par lesquels elles nous sont parvenues. Nous renonçons à contextualiser ces traces dans le détail, car nous nous limitons à en faire usage comme des exemples illustratifs des enjeux et des questions que soulève l'image dans l'enseignement des sciences. Comme le but de cet article n'est pas de générer des savoirs à l'aide d'une recherche empirique, et encore moins de les généraliser, la fonction illustrative des analyses présentées ci-dessous suffit à nos propos : elle permet de montrer les écueils, les risques existants pour l'interprétation conjointe des enseignant-e-s et des élèves, et les impensés des langages graphiques et de leurs usages en milieu scolaire, quelle que soit la fréquence de ces événements. En effet, il s'agit tout d'abord de prendre conscience de ces phénomènes et enjeux, pour pouvoir théoriser, avant d'envisager des recherches aux ambitions explicatives ou généralisantes, pour autant que celles-ci soient effectivement réalisables compte tenu de la complexité des objets traités.

La sélection des traces a été opérée en fonction de leur intérêt pour exposer la plus grande diversité de niveaux d'analyse possible, dans l'espace alloué pour cet article. Ainsi, nous avons parfois eu recours à des manuels d'enseignement plus anciens, non seulement parce qu'ils ont été utilisés pendant des décennies dans de nombreuses écoles, mais surtout parce que certains enjeux que nous souhaitons relever nécessitent des exemples d'usages désormais inexistantes ou tombés en désuétude. Si certaines traces reproduites ci-dessous sont présentées dans d'autres publications, les analyses que nous en proposons sont, elles, inédites et proviennent de la réflexion déployée dans cet article.

Analyse illustrative de productions d'élèves

Dans la pratique scolaire des lycées suisses romands, le « dessin des forces » constitue une tâche courante des cours de physique, qui requiert de la part des élèves la production d'une image graphique, où des vecteurs sont tracés sous la forme de flèches pour leur permettre une réflexion sur leur sens et leur direction, et en particulier sur les angles qu'ils forment entre eux. Cette pratique de dessin constitue souvent une étape intermédiaire vers la traduction mathématique de ces situations, à l'aide des formules permettant de déterminer les valeurs (vitesse, accélération,

force, etc.). Or, le passage aux expressions mathématiques est délicat, car celles-ci ne prennent pas en charge la réflexion sur l'angle entre les vecteurs et leurs directions : seule une direction opposée peut être transposée en langage mathématique à l'aide d'une valeur négative.

Les règles spécifiques à cette pratique symbolique ne sont cependant que rarement enseignées explicitement. Comme le premier auteur a pu le constater dans sa recherche empirique (Kohler, 2020) d'où sont également extraits les exemples de productions d'élèves reproduits ci-dessous (Figure 1), ces règles peuvent néanmoins être inférées des pratiques observées et des savoirs de référence en mathématiques et en physique. Des variations dans les usages peuvent également être constatées entre enseignant-e-s, puisque cette pratique n'est pas formalisée et constitue une sorte de bricolage. En effet, le fait de « dessiner » des « vecteurs » est en contradiction avec les savoirs de référence : les vecteurs étant définis comme des objets mathématiques, ils n'ont pas de position. Les placer sur la feuille constitue donc une sorte d'entorse au concept lui-même, que le dessin rend nécessaire. Pour demeurer au plus proche du modèle, le « point d'application » (comme on dit en classe) du vecteur (son origine) est habituellement dessiné sur le centre de gravité de l'objet qui, en tant que tel, peut être considéré comme synthèse ou point de chute des forces ou de l'inertie d'un objet.

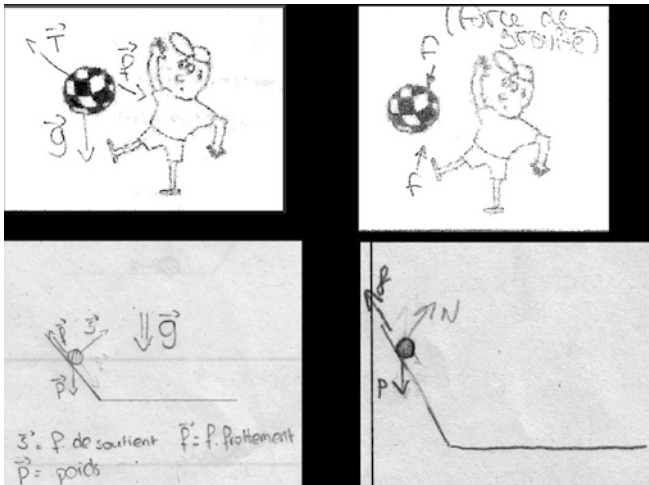


Figure 1 : Exemples de dessins produits par des élèves de lycée en physique (Kohler, 2020). Depuis le haut, de gauche à droite :

- (1) ballon de foot en l'air, dessin de Cassandra
- (2) idem, dessin d'Annette, (3) bille sur le toboggan, dessin du groupe à Cassandra, (4) idem, dessin d'Yves

Un premier commentaire porte sur le type de langage graphique : dans l'exercice des dessins 1 et 2, la représentation du personnage et du ballon fournie par l'enseignant-e relève du langage de la bande dessinée. Dans le second exercice, où les élèves devaient dessiner eux-mêmes la situation d'une bille qui roule sur un toboggan, celui-ci est réduit à une ligne, et la bille pratiquement à un gros point, qui ne permet plus de voir si l'origine des flèches représentant les vecteurs se trouve au centre ou à la surface du cercle représentant la bille. Ainsi, au dessin 2 (Figure 1), le style bande dessinée permet de faire apparaître une interprétation de l'élève, qui place les flèches dans le sens opposé à celui attendu, représentant des flèches à sa surface, comme si les forces poussaient le ballon de l'extérieur. Or, dans le modèle de la physique, les vecteurs sont orientés dans le sens de la poussée comme s'ils « tiraient » le centre de gravité de l'objet dans la direction indiquée.

Le dessin d'une flèche d'un autre type (flèche double), placée *ad hoc* par Cassandra et son groupe (dessin 3, Figure 1) est remarquable : alors que « p » (le poids) et « g » (la force de gravité exercée sur l'objet) sont la même force dans le modèle, les élèves placent « g » comme une force qui ne s'exerce pas directement sur la bille mais dans l'espace vide de la feuille, dénotant ainsi une confusion entre le « point d'application » à choisir dans le dessin des forces (habituellement le centre de gravité des objets) et le fait que la gravité est théorisée par Newton comme une action à distance, une force qui s'exerce sur tous les objets à portée d'une masse. Il y a ici confusion entre le modèle théorique et sa représentation symbolique, puisqu'il s'agit de représenter en deux dimensions un modèle pour la tridimensionnalité que seuls des abstractions et concepts comme les vecteurs permettent de rendre compte.

En outre, ce placement de « g » sans rapport direct à un objet, est comme un usage intransitif du dessin des forces : en physique, une force est toujours considérée comme *s'exerçant sur* un objet, mais un raccourci de langage (graphique dans notre exemple) consiste à énoncer « il y a une force de gravité » au lieu de « la force de gravité s'exerce sur le ballon ». On rencontre facilement ce type de raccourci de langage – voire de pensée – dans les discours verbaux ; pourquoi pas dans le langage graphique ?

D'autres tâtonnements des élèves évoquent plutôt la référence à la force, au sens commun du terme, c'est-à-dire à un effort physique nécessaire à la mise en mouvement : ainsi, au dessin 4 (Figure 1), une flèche dans le sens du mouvement vers le bas de la bille a été dessinée puis effacée, et dans le dessin 1 on trouve une flèche « T » pour la « traction » de la balle dans le sens de sa trajectoire. Or, le modèle de la physique

explique ces effets par l'inertie de la masse du ballon, et non pas par une force qui s'exerce sur la balle dans cette direction.

Dans ces exemples de dessins des forces, l'image est à la fois un savoir visé, une pratique d'analyse de la statique des forces, et une médiation pédagogique, un instrument permettant à l'enseignant-e d'enseigner le concept de force, ce qui implique une signification *de* l'image et *par* l'image.

Analyse illustrative des usages des enseignant-e-s

Dans le cas considéré ci-dessous, l'enseignant-e décide de s'appuyer sur l'actualité migratoire humaine pour questionner le vivre-ensemble, tout en visant une série d'apprentissages en lien avec l'histoire, la démographie, le développement économique, les références culturelles issus de la circulation des êtres humains sur la planète. Pour amorcer cette séquence de sciences humaines et sociales (SHS), l'enseignant-e fait une introduction en affichant l'image présentée en Figure 2 avec la légende suivante : « Les voies migratoires et leurs risques ».



Figure 2 : Image servant d'amorce à une activité sur les voies migratoires en Sciences Humaines et Sociales

Cette photographie représente un sujet biologique, ornithologique, qui a d'ailleurs motivé sa création. Par son choix, l'enseignant-e s'est engagé dans un processus de re-signification de l'image, c'est-à-dire de

changement de sens (Paveau, 2019). Le phénomène de re-signification permet de dégager ici les enjeux sémiotiques à l'œuvre dans l'usage de l'image dans l'enseignement. Nous prenons chez Paveau (2019) une des rares théorisations du processus de re-signification connue dans le contexte francophone, d'autant plus à propos qu'il est présenté comme un dispositif discursif total engageant des formes discursives plurisémiotiques, c'est-à-dire aussi bien visuelles qu'écrites. L'analyse de l'image combinée à la légende linguistique rend compte d'un changement de sens plus que sémantique, puisqu'une résistance sémiotique est créée par la combinaison des deux médias : « Les voies migratoires et leurs risques », dans le contexte social actuel, constitue une référence sémantique aux vagues de personnes tentant de rejoindre l'Europe ces dernières années alors que l'image représente une nuée d'oiseaux. La nuée est, en biologie, un phénomène de rassemblement correspondant à un comportement d'agrégation, c'est-à-dire un regroupement plus ou moins temporaire d'animaux grégaires, imputable aux hommes comme aux autres espèces. Or, les vagues migratoires faisant l'actualité récente font l'objet d'interprétations socio-culturelles et politiques exacerbées par la réalité économique du monde occidental, interprétations très éloignées du comportement biologique précité.

Cette relation de non redondance entre les informations fournies par les deux énoncés, visuel et linguistique, contraint la sémiologie à négocier une signification : les oiseaux se rassemblent naturellement pour adopter un comportement similaire, celui de migrer, faisant du phénomène de migration un comportement naturel chez les espèces vivantes qui rend la controverse socio-politique questionnante. Cette interprétation, propre aux chercheur·e·s que nous sommes et que nous ne pouvons pas attester chez l'enseignant·e, rend l'énoncé multimodal particulièrement complexe.

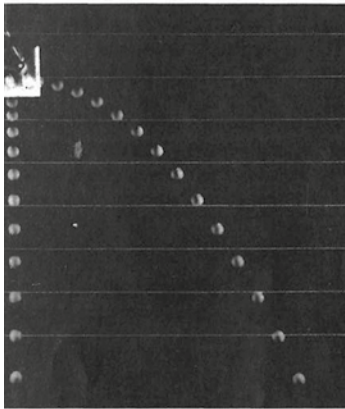
Si la combinaison iconotextuelle non redondante est pédagogiquement séduisante au vu de la réflexion dans laquelle elle engage, comment l'apprenant·e est-elle accompagné·e dans cette interprétation complexe supposant une série d'inférences conditionnées à autant de savoirs et des références culturelles préalables ? La ré-utilisation d'une image conduit ici à sa re-signification via le discours linguistique, forçant une métaphorisation qui est laissée *a priori* à l'apprenant·e.

Dans cet exemple, l'image est médiatrice pédagogique, non plus de savoirs déterminés mais d'une problématique : la comparaison entre les oiseaux et les humains suscite l'enquête plutôt que de fournir une réponse à la question. Dans ce cas, il y a signification *par* l'image, utilisée dans sa fonction indexicale (Peirce, 1978), sans que la signification *de* l'image

ne la détermine : elle devrait émerger d'une rupture sémiotique entre le référent de l'image et celui du discours, comme champ de significations possibles.

Analyse illustrative d'extraits de manuels scolaires

Le photomontage du mouvement de la bille présenté ci-dessous (Figure 3) se distingue des exemples précédents sous plusieurs aspects, et notamment quant à la redondance de l'image avec le texte que vise cette monstration. Le discours s'attelle à diriger le regard sur le fait remarquable, avec un étayage graphique sous forme de lignes horizontales.



Remarque. — En réalité, par suite de la résistance de l'air, la flèche ne suivra pas exactement cette trajectoire parabolique.

La figure 46 montre les trajectoires de deux billes lâchées au même instant; la première tombe verticalement, la seconde est lancée horizontalement et exécute donc un mouvement composé. On remarquera que les deux billes tombent avec la même accélération; en d'autres mots, la composante verticale des deux mouvements est la même.

Fig. 46. — Photographie stroboscopique de la chute de deux billes.

69/21

50. c) La chronophotographie.

Les progrès réalisés en photographie nous permettent actuellement une vérification plus directe du mouvement de chute, par la photographie instantanée à des intervalles égaux et très rapprochés, (éclairage stroboscopique) du corps qui tombe (fig. 42). En mesurant avec grande précision (1/100 mm) les distances entre les images, on parvient à vérifier les lois de la chute des corps.



Figure 3 : Extraits du manuel de physique de Delaruelle & Claes (1974, p. 65 & 70)

En outre, le manuel fournit un encart (p. 65) qui présente la technique permettant de produire le photomontage présenté, une pratique suffisamment rare pour être mentionnée : elle permet de verbaliser non seulement le sens attendu, dans le but de contraindre l'interprétation en

contexte d'enseignement des sciences, mais également les origines de l'image et les moyens de la (re)produire. L'encart interpelle néanmoins par la non-congruence entre le sujet, la chronophotographie, et la technique graphique adoptée, un dessin. Cet ancien manuel fournit un exemple de qualité quant à la communication, notamment parce qu'il explicite les enjeux scientifiques des images produites dans le manuel, ce qui n'est souvent pas le cas aujourd'hui. Cela peut provenir de la période historique de conception du manuel, où l'image était l'apanage de spécialistes et portait une valeur désormais disparue, ou considérée comme allant de soi.

Dans ce cas, ce n'est pas seulement une communication *par* l'image, mais une communication par la codépendance du texte et de l'image : c'est à travers la reconstruction des liens entre les deux que l'apprenant construit ses connaissances.

Essai de théorisation

Les quelques exemples illustratifs présentés ci-dessus suffisent à faire émerger la multidimensionnalité des phénomènes de sens lors d'usages de langages graphiques en éducation : la sémiotique elle-même est un phénomène complexe, d'autant plus peut-être qu'elle s'effectue à partir d'images ou d'éléments graphiques combinés au discours verbal. Elle est surtout enchâssée dans un processus de communication plus global, à l'articulation des points de vue des acteurs et actrices impliqués, lui-même mis au service de processus d'apprentissage par l'institution scolaire, au moins dans les intentions.

Nous proposons ici un modèle théorique synthétique et simplifié qui permet à ses utilisateurs de distinguer les différents niveaux de cet enchâssement multidimensionnel de la sémiotique en milieu éducatif : il s'agit bien entendu d'une distinction *par l'analyse*, dans le but d'aborder ces phénomènes complexes, et non d'un modèle prétendant réduire cette complexité aux éléments théoriques exposés. Ceux-ci devraient néanmoins permettre aux utilisateurs, même non-spécialistes, de prendre en considération la complexité des phénomènes de sens en abordant un niveau après l'autre, dans une démarche d'analyse ; cette approche par « niveaux d'analyse » est analogue à celle de Doise (1982) en psychologie sociale, qui s'est révélée d'un fort pouvoir heuristique.

L'image scientifique et l'image en sciences

83

Université de Lille |

2. — La relation totale est factuellement impossible à atteindre en raison des qualités intrinsèques des médiums mais permet de poser l'extrême d'un continuum.

de la connaissance et son évaluation. En effet, la banalisation des images, voire de la tromperie par l'image, pourrait priver les apprenant-e-s de son effet révélateur et propice à la prise de conscience, que ce soit par une méfiance excessive ou une insensibilité acquise.

Cette capacité de l'image à dire le vrai en sciences lui donne une dimension performative (Austin, 1970), ou au moins opératoire (Bigg, 2017), car elle contraint à s'intéresser à ce qu'elle *fait* à l'observateur et ce que l'observateur *fait avec* elle. Ainsi, l'image en sciences est non seulement une preuve, mais participe à l'épistémologie savante puisqu'elle construit des représentations et des interprétations de l'environnement. En qualité d'« épistémologie matérialisée », l'image en sciences prend le statut de preuve car elle produit l'objectivité (*ibid.*), quand bien même elle n'est pas objective en elle-même. L'image comme preuve en sciences fonde sa véracité soit sur l'effet de réalité que permet son mode de représentation, à l'exemple de la photographie considérée comme l'empreinte du réel ; soit sur une normalisation extrême de signes plus ou moins arbitraires dans les schémas, graphiques, cartes, etc.

Pourtant, ces modes de re-présentation de la « réalité » restent des construits, à la fois parce que l'image en sciences peut montrer des objets invisibles pour l'œil humain, à la fois parce qu'en qualité de représentation matérielle, l'image en sciences est une production culturelle (et technique). Indéniablement porteuse de savoirs, elle s'inscrit dans une culture du regard qu'il faut avoir acquis et qu'on trouve peu enseignée pour elle-même, encore aujourd'hui. Cette dimension culturelle de l'image produit un sens en perpétuel devenir qui doit faire l'objet d'une appropriation située par l'apprenant-e.

Le rapport entre discours et image en sciences

Puisque l'image en sciences a le pouvoir de révéler, trahir, exhiber ou formaliser les objets scientifiques, elle dépend des savoirs théoriques acquis par les membres d'une communauté, souvent largement implicites, et/ou du discours verbal qu'elle accompagne. Cette relation sémiotique intermodale est, dans l'enseignement, mise au service de l'apprenant-e en qualité de médiation pédagogique, dans le meilleur des cas (Kohler & Chablos, 2020). En s'appuyant sur la sémiotique peircienne (Peirce, 1978), on peut dire simplement que l'image dans l'enseignement des sciences est un signe mis à la place d'autre chose, le discours verbal, et qui lui est souvent ajouté. Mais ce rôle attribué à l'image dans l'enseignement des sciences implique l'apprenant-e dans un processus de re-signification générant un déplacement sémiotique et donc une appropriation basée sur la co-construction de sens.

L'image et le discours verbal, par leur co-présence, y dénotent leurs objets (Peirce, 1978). Leur connexion, matérielle et matérialisée, leur attribue la fonction de diriger l'attention vers l'unité de sens construite par l'auteur (Lefebvre, 2011). Dans l'enseignement des sciences, il est donc inutile, voire risqué, de considérer l'image sans le discours verbal et c'est en ce sens qu'il « n'y pas d'image scientifique » (Bigg, 2017). Surtout, il faut impérativement s'intéresser aux rapports qu'entretiennent les deux médiums puisque c'est sur la négociation entre les deux modalités sémiotiques que l'apprenant-e va produire du sens.

Si chaque médium présuppose des acquis culturels à la fois disciplinaires, scolaires, sociaux, etc., la (re)contextualisation sémiotique des deux médiums est malheureusement aujourd'hui souvent laissée à la charge de l'apprenant-e sans étayage, alors même qu'elle est nécessairement métaphorique, et donc complexe, en raison des propriétés intrinsèquement différentes des deux langages (Kress, 2010) et de ce qui vient d'être exposé.

Ainsi, la co-présence d'une image et d'un discours verbal produit un message constituant pour l'apprenant-e un signe autonome, dont le sens que lui donnera l'élève échappe à l'enseignant-e *a priori*.

Une théorie simplifiée du signe, verbal ou non verbal

En sus des spécificités de l'image abordées dans la partie précédente, l'image peut également fonctionner comme n'importe quel signe, verbal ou non verbal. Il convient donc de se munir d'une théorisation minimale du signe et de ses relations : dans le schéma présenté ci-dessous (Figure 4), nous reprenons la théorie de Grize (1996) où le signe est considéré dans sa singularité : un signe particulier utilisé dans une situation d'interlocution située dans le temps, l'espace, son environnement culturel, etc.

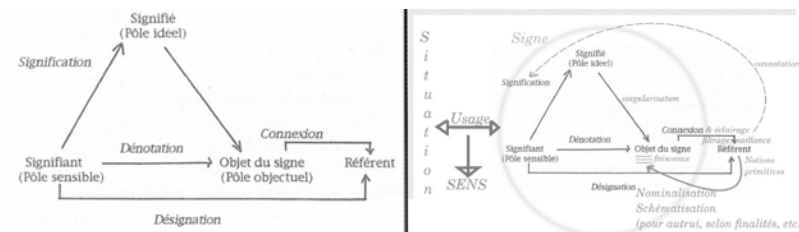


Figure 4 : Représentation graphique originale (à gauche, Grize, 1996, p. 42) et augmentée (à droite, Kohler, 2020) du modèle du signe développé à partir d'une conception de Peirce

La représentation graphique augmentée (à droite de la figure 4), ajoute quelques termes spécifiques à des relations entre ces différents pôles du signe, qui permettent notamment de distinguer *dénotation* et *désignation* en cas de besoin, lors d'une analyse. On y voit notamment le processus de construction du sens en marge, car il dépend des usages et de chaque point de vue exercé sur le signe, et de la situation de communication.

Si l'analyse précise du signe est déjà passablement complexe, celle-ci ne saurait suffire à rendre compte des phénomènes de sens. En effet, l'usage d'un signe (brièvement mentionné en marge de la figure 4 sur la partie droite) se situe toujours au sein d'un – ou plusieurs – processus de communication, eux-mêmes spécifiques et singuliers : ils se définissent par les moments d'énonciation, de rédaction, d'audition et de lecture, par exemple, par les répliques, immédiates ou différées, par les interlocuteurs concernés. Très souvent aujourd'hui, ces situations d'interlocution demeurent « ouvertes » au sens où elles peuvent être prolongées, reprises, commentées, etc. En postant par exemple une phrase sur un site internet, s'ouvre une situation d'interlocution à durée indéterminée, avec un ensemble ouvert d'interlocuteurs, et à des phénomènes de sens qui peuvent se prolonger très longtemps, voire migrer sur d'autres médias.

À l'école aussi, les situations d'interlocution peuvent être prolongées parfois pendant plusieurs années. Mais elles peuvent aussi être brèves et délimitées – au moins pour l'analyse – comme c'est le cas pour un échange entre un-e élève et son enseignant-e sur une question précise, à un moment de la leçon.

La théorie de la communication de Grize (1996) est dialogique (voir Figure 5) : elle nous rend attentif au fait (psychologique) que l'interlocuteur-riche n'est pas « récepteur-trice d'un message », comme le voudrait la métaphore du télégraphe des anciens modèles, mais qu'elle est active.

3. — Dans les récits de fiction, ou une théorie farfelue non avérée p.ex., ce référent n'existe pas.

en tant qu'auditeur·trice : elle·il *reconstruit* le sens à partir de la schématisation, de la mise en signes qui lui est perceptible, et ne le reçoit pas tel quel, comme on recevrait un objet.

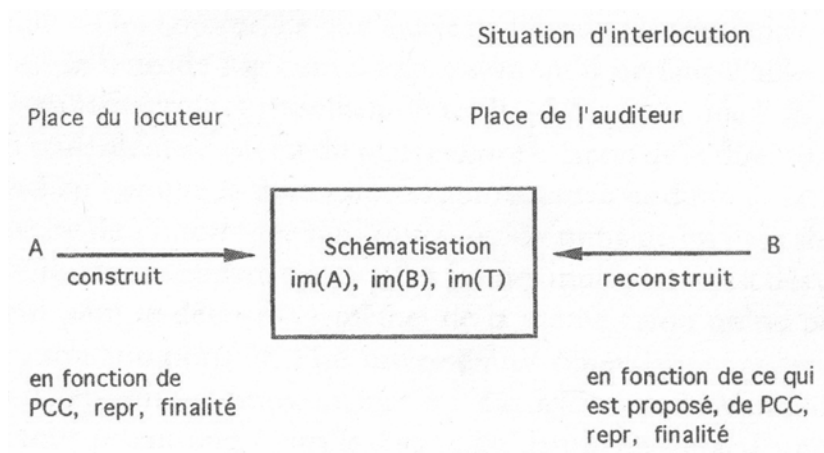


Figure 5 : Représentation graphique du modèle de la communication développé par Grize (1996, p. 68)

La *schématisation* est une *représentation discursive* dans la théorie de Grize, que Campos (2010) reprend pour étendre le concept aux contenus multimédia (images, films, etc.). Grize (1996) décrit également dans sa théorie les opérations logico-discursives permettant la reconstruction d'une schématisation. Les conceptions et connaissances antérieures des interlocuteurs, leurs représentations personnelles mais aussi culturelles – que Grize regroupe sous le terme générique de *préconstruits culturels* (PCC) – jouent évidemment un rôle déterminant dans la manière dont s'effectue (ou pas) cette reconstruction, et sur les écarts de sens ou situations de malentendus qui peuvent en résulter.

Appliqué au contexte éducatif, ce schéma met en évidence la direction inverse du processus de construction de sens entre enseignant·e·s et élèves (Kohler, 2020) : l'enseignant·e construit une schématisation (à l'aide d'un discours, de langages mathématiques ou graphiques, d'images, ...) à partir de ses connaissances, alors que les élèves ont pour tâche d'acquérir ces connaissances à partir de la schématisation. Cette inversion est à l'origine de nombreux obstacles du quotidien dans l'enseignement, et requiert un niveau supplémentaire de l'enchâssement des multiples dimensions de la construction du sens : le processus éducatif. Nous ne communiquons

pas (seulement) pour informer, pour se coordonner, pour obtenir ceci ou cela d'autrui, mais nous communiquons aussi pour échanger des connaissances.

Situer la communication au sein du processus éducatif

Les schématisations construites et reconstruites par les enseignant-e-s et les élèves héritent d'une double fonction : elles sont à la fois mode de transmission des savoirs, et mises en signe des savoirs eux-mêmes. Cette double fonction spécifique à une communication mise au service de l'apprentissage provoque des effets très particuliers, notamment lorsque ces fonctions sont confondues à l'occasion d'un acte communicatif singulier.

Ce niveau d'analyse requiert l'introduction du savoir dans la relation ternaire que décrit par exemple le triangle de Houssaye (voir Figure 6, schéma de gauche) que nous pouvons désormais augmenter des relations sémiotiques du problème de l'articulation des points de vue identifiées aux autres niveaux (Figure 6, schéma de droite).

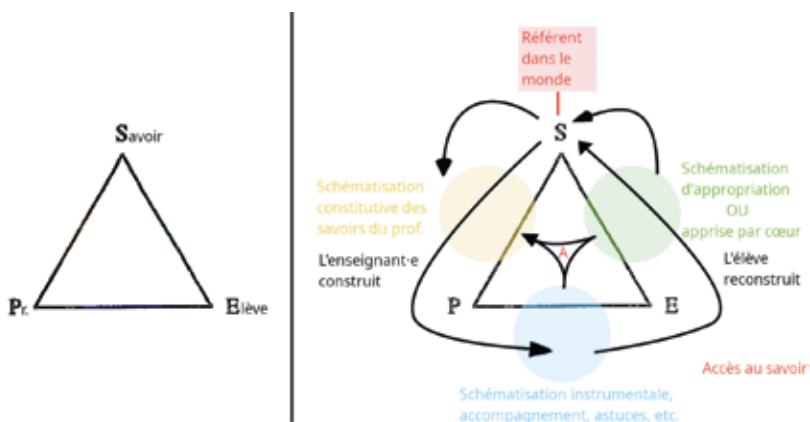


Figure 6 : Reproduction du triangle qui représente les relations entre Savoir, Professeur et Élève (à gauche, repris de Houssaye, 1993, p. 15), et schéma de la communication à des fins d'apprentissage (à droite, inédit) avec les relations sémiotiques impliquées par la triade

Houssaye utilise la schématisation en triangle, reprise de la psychologie des relations, pour analyser le pôle inactif et les deux pôles engagés dans une relation privilégiée (enseigner, former, apprendre). Nous la reprenons ici pour montrer le problème de l'articulation des points de vue dans une communication mise au service de l'apprentissage : les

mises en signe ont des fonctions différentes selon les axes du triangle. Or, les élèves sont souvent laissés dans l'implicite quant à ces différents statuts épistémiques des schématisations, qu'ils découvrent « en vrac », sans organisation particulière dans le processus de communication. Ainsi, tantôt perçoivent-ils une image ou un graphe qui incarne les savoirs, tantôt un discours ou une image pour les engager dans une relation avec l'enseignant-e et susciter leur intérêt ou encore pour leur donner une astuce. Enfin, on leur demande peut-être de produire une synthèse, un poster ou quelque chose d'autre, qui a pour fonction de mettre en signe leur propre relation aux savoirs.

Le défi principal de la construction des savoirs pourrait être placé au cœur du triangle : pour accéder à la relation de l'enseignant-e à ses savoirs, qui constitue le véritable enjeu d'une relation pédagogique, l'élève a pour tâche de reconstruire ces diverses schématisations et de les organiser précisément selon leurs statuts, dans un ensemble jugé adéquat par l'expert-e.

Conclusion

Une manière de répondre au défi que constitue la prise en compte de l'image en sciences pourrait consister à former explicitement à l'enseignement par la médiation de l'image (Lebreton Reinhard & Aubert, 2024). En considérant l'apprentissage *par* l'image, c'est sa fonction indexicale qui pourrait être explicitement mobilisée pour remédier à l'impensé qu'elle constitue dans l'enseignement. La contribution de Martin (1982) va dans ce sens, en proposant aux enseignant-e-s de former les élèves au langage et à la rhétorique des images, à leur offrir une « éducation visuelle » (*idem*, p. 9). Il s'agit, en quelque sorte, de fonder une nouvelle discipline ou branche scolaire.

Si faire du langage graphique ou de l'image un nouvel objet d'enseignement peut paraître séduisant, c'est au mieux insuffisant, car les défis que pose l'interprétation dans le contexte éducatif sont ailleurs : dans l'espace sémiotique entre discours et image, verbal et non verbal, dans l'enchâssement des multiples dimensions communicatives, sociales, culturelles et historiques. Avec trois exemples seulement, nous avons mis en évidence la grande diversité des cas de figure : enseignement *de* l'image, *par* l'image, *avec* l'image, etc.

La transversalité de ces usages, son imbrication avec les enjeux didactiques, parfois très spécifiques à des objets d'enseignement très particuliers – c'est souvent le cas dans l'enseignement des sciences – nous fait penser que l'image en sciences, utilisée dans une visée éducative,

ne constitue pas *a priori* un langage graphique, au moins du point de vue des élèves : c'est son usage combiné au discours verbal qui permet, au mieux, d'en faire un langage. Un langage qui est en outre en cours d'acquisition, à la fois pour les élèves et pour les enseignant·e·s. Une approche métacognitive et transversale reste à penser pour développer une culture du regard qui passe par l'apprentissage de l'observation pour elle-même, de la contextualisation des langages, quels qu'ils soient, et de la re-signification culturelle, individuelle et personnelle. Le modèle simplifié présenté dans cet article vise à poser quelques éléments fondamentaux pour une telle approche.

Enfin, nous ne résistons pas à terminer cette contribution en image (Figure 7).



69/35

Fig. 117. — Le « Woolsthorpe Manor », maison natale et demeure de Newton.
Devant la maison se trouve un pommier qui pourrait être un descendant de celui
sous lequel, selon la légende, Newton aurait découvert la loi de la gravitation universelle
en voyant tomber une pomme.
Un jeune arbre, descendant de ce pommier légendaire a été planté au Trinity College,
à Cambridge, où Newton séjourna d'abord comme étudiant, et ensuite comme professeur.

Figure 7 : Extrait d'un manuel d'enseignement de la physique
(Delaruelle & Claes, 1974, p. 129)

Si « voir, c'est croire », que dire des enjeux pédagogiques à montrer le pommier d'aujourd'hui devant la maison de Newton, pommier qu'on nous dit descendant « du » pommier dont la chute d'une pomme sur l'inventeur de la gravité lui aurait inspirée sa théorie ? Image inspirante et appétissante : bonne dégustation !

Bibliographie

- ALLAMEL-RAFFIN C. (2006) La complexité des images scientifiques. Ce que la sémiotique de l'image nous apprend sur l'objectivité scientifique. *Communication & langages*, 149(1), 97-111.
- ALLOA E. (2010) *Penser l'image*. Les presses du réel.
- AUSTIN J. L. (1970) *Quand dire, c'est faire*. Éditions du Seuil.
- BAKER M. (1996) Argumentation et co-construction des connaissances. *Interaction et Cognitions*, 1(2-3), 157-191.
- BALAZUT J. (2005) *L'impensé de Heidegger et l'essence du tragique* [Thèse de doctorat, Toulouse 2].
- BIGG C. (2017) 4686, ou comment lire l'image scientifique. In E. Alloa (Ed.), *Penser l'image III. Comment lire les images ?* (pp. 283-307). Les presses du réel.
- BONNÉRY S. (2015) *Supports pédagogiques et inégalités scolaires*. La Dispute.
- BOURDIEU P., PASSERON J.-C. & DE SAINT-MARTIN M. (1965) *Rapport pédagogique et communication*. Mouton & Co.
- BRUNER J. (1983) *Le développement de l'enfant : savoir-faire, savoir dire*. Presses Universitaires de France.
- BRUNER J. (1990) *Acts of meaning*. Harvard University Press.
- BRUNER J. (1996) *L'éducation, entrée dans la culture*. Retz.
- BUTY C. & PLANTIN C. (2008) *Argumenter en classe de sciences. Du débat à l'apprentissage*. INRP.
- CAMPOS M. N. (2010) La schématisation dans des contextes en réseaux. *Travaux du Centre de Recherches Sémiologiques*, 68, 215-258.
- CHEVALLARD Y. (1985) *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensée sauvage.
- DELARUELLE A. & CLAES A. I. (1974) *Éléments de physique*. Wesmael-Charlier.
- DOISE W. (1982) *L'explication en psychologie sociale*. Presses universitaires de France.
- DRIVER R., NEWTON P. & OSBORNE J. (2000) Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- ECO U. (1970) Sémiologie des messages visuels. *Communications*, 15, 11-51.
- GOODY J. (1979) *La raison graphique : la domestication de la pensée sauvage*. Les Éditions de Minuit.

- GOURDAIN S. (2019) De la performativité de l'image dans une phénoménologie non intentionnelle. *Alter. Revue de phénoménologie*, 27, 173-188.
- GRIZE J.-B. (1996) *Logique naturelle & communications*. Presses Universitaires de France.
- HALBWACHS F. (1975) La physique du maître entre la physique du physicien et la physique de l'élève. *Revue Française de Pédagogie*, 33, 19-29.
- HALBWACHS F. (1978) Structure de la matière enseignée et développement conceptuel. *Revue française de pédagogie*, 45, 33-36.
- HALBWACHS F. & TORUNCZYK A. (1985) On Galileo's writing on mechanics: An attempt at a semantic analysis of Viviani's scholium. *Synthese*, 62(3), 459-484.
- INHENDER B., CELLERIER G., ACKERMANN E., BLANCHET A., BODER A., DE CAPRONA D., DUCRET J.-J. & SAADA-ROBERT M. (1992) *Le cheminement des découvertes chez l'enfant*. Delachaux & Niestlé.
- JODELET D. (1989) *Folies et représentations sociales*. Presses Universitaires de France.
- JOLY M. (1994) L'image et les signes : approche sémiologique de l'image fixe. Armand Colin.
- KOHLER A. (2020) Approches psychologiques de situations de malentendu dans des activités de didactique des sciences [Thèse de doctorat, Université de Neuchâtel]. <https://doi.org/10.35662/unine-thesis-2872>
- KOHLER A. (2023) Semiotics in learning processes: From a teacher's textbook to students' knowledge in physics. Dans A. Biglari (Ed.), *Open semiotics* (Vol. 4, pp. 249-262). L'Harmattan.
- KOHLER A. & CHABLOZ B. (2017) Using signs for teaching physics: From semiotic tools to situations of misunderstanding. Dans A. Asunción Lopez-Varela (Ed.), *Interdisciplinary approaches to semiotics* (pp. 185-208). InTech.
- KOHLER A. & CHABLOZ B. (2020) La coordination entre registres sémiotiques : un enjeu important pour l'apprentissage des sciences. *Revue Suisse des Sciences de l'Éducation*, 42(3), 597-609. <https://doi.org/10.24452/sjer.42.3.6>
- KRESS G. (2009) *Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication*. Routledge.
- LEBRETON REINHARD M. & AUBERT F. (2024) Objets littéraires iconotextuels : travailler avec l'image pour interpréter le message. *Transpositio*, 7.
- LEBRETON REINHARD M. & AZAOUÏ B. (2025) Deux signes impensés de la lecture partagée en classe : le corps et l'image. Dans S. Appiotti, A. Saemmer & N. Trehondart (Eds.), *Actes du colloque « Sémiotiques de terrain »*. Academia.

- LEBRETON REINHARD M. & KOHLER A. (2023) Place et enjeux de la sémiologie dans la formation et l'enseignement. *Revue de recherches en littérature médiatique multimodale*, 17, 73-105.
- LEFEBVRE M. (2011) Des images et des signes. À propos de la relation indexicale et de son interprétation. *Recherches sémiotiques*, 28(3), 109-124.
- LELEU-MERVIEL S. (2013) Traces, information et construits de sens. Déploiement de la trace visuelle de la rétention indicielle à l'écriture. Dans A. Mille (Ed.), *De la trace à la connaissance à l'ère du Web*, *Intellectica*, 59, 65-88.
- LOTMAN YU M. & USPENSKY B. A. (1978) On the semiotic mechanism of culture. *New Literary History*, 9(2), 211-232.
- LUND K. & BÉCU-ROBINAULT K. (2010) La reformulation multimodale et polysémiotique comme aide à la compréhension de la physique. Dans A. Rabatel (Ed.), *Analyse sémiotique et didactique des reformulations* (pp. 191-216). Presses universitaires de Franche-Comté.
- MARTIN M. (1982) Sémiologie de l'image et pédagogie : Pour une pédagogie de la recherche. Presses Universitaires de France.
- MCCLOSKEY M. (1983) L'intuition en physique. *Pour la science*, 68, 68-75.
- MITCHELL W. J. (1994) *The reconfigured eye: Visual truth in the post-photographic era*. MIT Press.
- MODUGNO R. (2022) A semiotic foundation for a human psychology: Review of Jaan Valsiner's *New General Psychology*. *Human Arenas*, 5, 707-716.
- MORO C. & RICKENMANN R. (Eds.) (2004) *Situation éducative et significations*. De Boeck Supérieur.
- MORO C., SCHNEUWLY B. & BROSSARD M. (Eds.) (1997) *Outils et signes. Perspectives actuelles de la théorie de Vygotski*. Peter Lang.
- MULLER MIRZA N. & PERRET-CLERMONT A.-N. (Eds.) (2009) *Argumentation and education: theoretical foundations and practices*. Springer.
- NONNON E. (1996) Activités argumentatives et élaboration de connaissances nouvelles : le dialogue comme espace d'exploration. *Langue Française*, 112, 67-87.
- PAVEAU M. A. (2019) La resignification. Pratiques technodiscursives de répétition subversive sur le web relationnel. *Langage et société*, 167(2), 111-141.
- PEIRCE S. C. (1978) *Écrits sur le signe* (G. Deledalle, Trad.). Éditions de Minuit.
- PERRET-CLERMONT A.-N. (1980) Recherche en psychologie sociale expérimentale et activité éducative. *Revue Française de Pédagogie*, 53, 30-38.
- PIAGET J. (1957) Le mythe de l'origine sensorielle des connaissances scientifiques. *Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles*, 137, 20-34.

- QUÉRÉ L. (2016) L'écologie sémiotique de Charles Goodwin. *Tracés. Revue de sciences humaines*, 16, 47-60.
- REUTER Y. (1996) *Enseigner et apprendre à écrire : construire une didactique de l'écriture*. ESF.
- SCHWARZ B. & BAKER M. (2017) *Dialogue, argumentation and education*. Cambridge University Press.
- SMITH J. P., DISSA A. A. & ROSCHELLE J. (1993) Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(2), 115-163.
- VAN DER VEER R. & VALSINER J. (1994) *The Vygotsky reader*. Blackwell Publishers.
- VINCENT F. (2021) La compétence scripturale : une revue de littérature pour actualiser sa modélisation didactique. *Revue des sciences de l'éducation de McGill*, 56(2-3), 178-191. <https://doi.org/10.7202/1096450ar>
- WEIL-BARAIS A. (1993) *L'homme cognitif*. Presses Universitaires de France.