

4
GROUPE
THÉMATIQUE
D'EXPERTISE

OUTIL
DE FORMATION
DES ENSEIGNANTS

2025

APPRENDRE

GLOSSAIRE

Didactique des Sciences

*Concepts pour former
à l'enseignement des sciences*



AUF 
AGENCE UNIVERSITAIRE
DE LA FRANCOPHONIE


MINISTÈRE
DE L'EUROPE
ET DES AFFAIRES
ÉTRANGÈRES
*Liberté
Égalité
Fraternité*


AFD
AGENCE FRANÇAISE
DE DÉVELOPPEMENT

LE PROGRAMME APPRENDRE

Le programme APPRENDRE a pour objectif de mobiliser de l'expertise dans le domaine pédagogique, didactique et universitaire. Il accompagne les ministères de l'Éducation de 26 pays francophones en matière de renforcement des capacités des enseignants du primaire et du secondaire. À la demande de ces pays, APPRENDRE mobilise un réseau d'expertise et de partenaires (personnes praticiennes, chercheuses, cadres éducatifs et universitaires) pour des mandats de formation, d'audit, de diagnostic et d'ingénierie.

Les appuis mis en place par APPRENDRE ciblent prioritairement les directions et institutions nationales en charge de la formation initiale et continue des personnels enseignants dans les pays concernés. L'identification des actions à mener s'appuie sur le recueil des besoins des actrices et des acteurs, dans une démarche partenariale fondée sur le dialogue et l'échange. Chaque pays définit son plan d'action (PTA) en étroite collaboration avec les groupes d'expertise du programme. C'est ensemble qu'un diagnostic est effectué, qu'une réflexion est menée et que les actions à mettre en place sont déterminées.

APPRENDRE n'est pas un dispositif de formation. Il n'a pas vocation à se substituer aux financements sectoriels de l'éducation dans les pays éligibles. Ses appuis, ponctuels et ciblés, s'inscrivent en amont des projets nationaux conçus et pilotés par les pays et viennent renforcer les capacités de conception et de suivi des ministères.

CE GLOSSAIRE A ÉTÉ CONÇU PAR :

Olatoundé Amand Léonce AFFOLABI, docteur en didactique des sciences et technologies, option : didactique des Sciences de la Vie et de la Terre, enseignant-chercheur à l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin.

Sophie CANAC, maîtresse de conférences en didactique de la chimie à l'Université Paris-Est Créteil (UPEC), France.

Frédéric CHARLES, maître de conférences habilité à diriger des recherches en sciences de l'éducation et de la formation à l'INSPE de l'académie de Versailles au sein de CY Paris Université, France.

Sègbégnon Eugène OKÉ, maître de conférences des universités du Conseil Africain et Malgache pour l'Enseignement Supérieur (CAMES) en didactique de la physique, à l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin.

Denise Orange RAVACHOL, professeure émérite en sciences de l'éducation et de la formation (didactique des SVT) à l'Université de Lille, France.

SOUS LA COORDINATION DE : Frédéric CHARLES et Denise Orange RAVACHOL.

AVEC LA PARTICIPATION DE : Denis BUTLEN, professeur émérite des universités à CY Cergy Paris Université, coordinateur du groupe d'expertise thématique 4 « Promotion et enseignement des mathématiques et des sciences ».

PHOTO DE COUVERTURE : Lina MENSAH

ÉDITION ET CORRECTION : Fanny PIAT GILLES

CONCEPTION GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE : Alexandre LOURDEL



Ce guide est placé sous la licence Creative Commons Attribution - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

**APPRENDRE**

GRUPE
THÉMATIQUE
D'EXPERTISE

4

OUIL
DE FORMATION
DES ENSEIGNANTS

2025

GLOSSAIRE

Didactique des Sciences

*Concepts pour former
à l'enseignement des sciences*

AUF
AGENCE UNIVERSITAIRE
DE LA FRANCOPHONIE


**MINISTÈRE
DE L'EUROPE
ET DES AFFAIRES
ÉTRANGÈRES**
*Liberté
Égalité
Fraternité*


AFD
AGENCE FRANÇAISE
DE DÉVELOPPEMENT

Sommaire

SOMMAIRE

Didactique des Sciences

Glossaire

Remerciements	7
Préambule	9
PREMIÈRE PARTIE Concepts pédagogiques	11
Activité et tâche	13
Apprendre	14
Apprentissage	15
Apprentissage et enseignement	16
Cohérence curriculaire et progression curriculaire	16
Cohérence horizontale et Cohérence verticale	18
Compétence	18
Concept	20
Conceptualisation	22
Connaissance et savoir	22
Contenu	23
Didactique et pédagogie	25
Enseigner	25
Évaluation	26
Situation forcée	27
Système didactique	28
Tâche	29
Transposition	29
Transposition didactique	29
Triangle pédagogique et triangle didactique	31
SECONDE PARTIE Concepts didactiques	33
Apodictique (s'oppose à assertorique)	35
Conception et représentation	35

Conflit cognitif et Conflit socio-cognitif	37
Débat scientifique	39
Démarche d'investigation scientifique	40
Démarche scientifique	42
Erreur	44
La démarche « La main à la pâte »	45
Modèle et modélisation	47
Niveau de formulation et registre de formulation	50
Objectif-obstacle	51
Obstacle à l'apprentissage	52
Obstacle épistémologique	53
Problématisation	54
Problème	55
Raisonnements mobilisés en sciences	57
Réalité ou Registre empirique ou Fait courant / scientifique	59
Rupture (épistémologique)	60
Savoir	61
Sémiotique	61
Situation-problème	63
Structuration	64
Trame conceptuelle	65
BIBLIOGRAPHIE	67
PRÉSENTATION DES AUTEURS	77

Remerciements

Ce glossaire résulte du travail de l'équipe « Sciences » du groupe thématique d'expertise 4 (GTE 4 : Promotion et enseignement des mathématiques et des sciences) du programme APPRENDRE dont le responsable est Denis Butlen.

La composition de cette équipe est la suivante :

- ▶ **pour la physique-chimie** : Sophie Canac et Eugène Oké ;
- ▶ **pour les sciences de la vie et de la Terre** : Léonce Affolabi, Frédéric Charles, Denise Orange Ravachol.

Au terme de son travail, cette équipe tient à adresser plusieurs remerciements :

- Merci à Denis Butlen, responsable du GTE 4, pour sa disponibilité et ses partages d'expériences et d'avis scientifiques.
- Merci à l'ensemble de l'équipe de coordination du programme APPRENDRE pour la confiance et l'appui qu'elle a accordés à ce projet, ainsi qu'aux différents responsables régionaux du programme pour leur aide dans l'organisation et le suivi des ateliers de formation et du webinaire « Renforcement du pôle des experts associés dans le domaine de la formation des enseignants en mathématiques et en sciences » (responsable Denis Butlen) qui ont été des moments forts pour l'élaboration de cette ressource.
- Merci aux nombreux participants du webinaire et des ateliers qui ont suivi. Par leur connaissance des différents contextes d'exercice de leur métier, leurs travaux et leurs suggestions, ils ont contribué à la production des ressources figurant dans ce glossaire.
- Merci à l'Agence universitaire de la Francophonie et à l'Agence française de développement pour leur soutien logistique et financier au programme APPRENDRE et à la production de cette ressource.
- Merci enfin à Fanny Piat qui a assuré le travail d'édition.

Préambule

Le présent glossaire de notions et concepts pédagogiques et didactiques pour le formateur et la formatrice d'enseignants et d'enseignantes de sciences (Frédéric Charles, Denise Orange Ravachol avec la collaboration de Léonce Affolabi pour les sciences de la vie et de la Terre ; Sophie Canac, Eugène Oké pour les sciences physiques et chimiques) est développé dans le cadre du programme APPRENDRE par le groupe d'expertise 4 (Denis Butlen, coordinateur) dédié à la promotion et à l'enseignement des mathématiques et des sciences.

Ce glossaire est avant tout conçu pour appuyer et accompagner les approches, les ressources et les outils qui sont développés lors des ateliers de formation, en vue du renforcement des capacités en didactique des sciences (sciences de la vie et de la Terre, sciences physique et chimie) des formateurs et formatrices ou enseignants et enseignantes. Son élaboration s'appuie sur des théories, concepts et savoirs issus des recherches en didactique des sciences, éprouvés empiriquement ou théoriquement pour penser la formation des enseignants et des enseignantes, les situations et les stratégies de formation. Les apports théoriques sont pensés dans cette optique.

Ce glossaire repose sur de nombreux travaux de recherche réalisés en pédagogie et en didactique des sciences depuis les années 1980, ainsi que sur les apports de dispositifs de formation mis en œuvre dans des instituts de formation d'enseignants et d'enseignantes. Pour certains concepts ou notions, il s'inspire également de travaux en didactique des mathématiques.

Nous nous sommes focalisé(e)s sur des notions et concepts qui visent à « *outiller les formateurs en vue de développer chez les enseignants l'exercice d'une vigilance didactique* » (Charles-Pézard, 2010 ; Charles-Pézard, Butlen et Masselot, 2012). La sélection des concepts et notions retenus cible le plus possible ceux qui éclaireront les approches, ressources et outils développés dans le cadre des ateliers de formation conçus pour un renforcement des capacités en didactique des sciences des formateurs et formatrices et des enseignants et enseignantes.

Ce glossaire ne se limite pas à des définitions. Il propose également des points de vue variés pour enrichir la compréhension des concepts et notions. Il n'est pas conçu pour un apprentissage « par cœur » des définitions, mais comme un outil pour comprendre les approches, ressources, outils et contenus utilisés en formation. Les définitions ne sont pas exhaustives, mais offrent des repères pour naviguer parmi les notions souvent utilisées en recherche comme en formation. Les bibliographies associées permettent d'approfondir ces notions.

Comment lire ce glossaire

Les définitions et commentaires sont regroupés en deux grandes parties :

1. **Concepts et notions d'ordre général en pédagogie.**
2. **Concepts et notions en didactique des sciences**, mobilisés pour analyser un concept et son enseignement (exemples : conception/représentation, transposition didactique, apprentissage par problématisation), pour l'élaboration de fiches pédagogiques (exemples : objectif, obstacle, démarches, cohérence curriculaire), ou pour analyser les erreurs des élèves et leur traitement, ainsi que les pratiques enseignantes.

L'ordre alphabétique a été privilégié pour la présentation.



PREMIÈRE PARTIE

**Concepts
pédagogiques**

Activité et tâche

Dans les recherches, notamment en psychologie du travail (Clot, 2010), l'analyse du travail humain et l'ergonomie cognitive distinguent la tâche de l'activité :

- **La tâche** est « *un but dans des conditions déterminées* » qu'un sujet doit atteindre. (Pastré, 2007, p. 81 citant Léontiev, 1975)
- **L'activité** est « *la manière dont un acteur s'approprie la tâche et l'effectue* ». (Pastré, 2007, p. 81 référant à Leplat, 1997)

Dans ce cadre, tâche et activité sont assignées à l'enseignant mais ces termes s'appliquent aussi au travail de l'élève. L'activité de l'enseignant vise à transformer l'activité des élèves.

« *La tâche correspond à la consigne de travail, avec le mode de résolution canonique qu'attend l'expert parce qu'il le connaît ; l'activité correspond, elle, à la signification que l'acteur est en mesure de conférer à cette tâche, à la représentation qu'il s'en fait, à la diversité des procédures qu'il met en œuvre, ou pas, de manière effective pour la résoudre.* » (Astolfi, 2008, p. 60)

On appelle « tâche » « *une situation complexe, contextualisée et signifiante qui contraint les élèves à traiter de l'information et qui nécessite la réalisation d'une production clairement précisée* ». (Morissette et Voynaud, 2002, p. 83)

Dit autrement et dans le but de faire apprendre en classe :

- D'un point de vue institutionnel, la tâche est ce qui est demandé à l'enseignant dans l'exercice de son métier. Elle peut concerner l'élève, la classe, l'établissement, etc.
- D'un point de vue didactique, la tâche désigne ce que l'on demande de faire à l'élève.
- Elle peut être englobante (objectif général) ou opérationnelle (objectif spécifique). Elle peut être simple (mobilisation d'une connaissance ou d'un savoir-faire cité dans la formulation de la tâche) (Kermen et Colin, 2017) ou complexe (organisation de connaissances, recherche d'outils, reformulation du problème pour le ramener à des tâches simples, etc.) (Horoks, 2008).

Voici quelques exemples de tâche dans le cadre de la classe :

- **SVT** → Observer et dessiner des cellules de feuille d'Élodée.
- **Physique** → Mesurer la masse d'un objet à l'aide d'une balance de Roberval.
- **Chimie** → Distinguer les mélanges homogènes des mélanges hétérogènes.
- **Technologie** → Identifier les différentes parties essentielles d'une lampe torche.

L'activité est ce que fait effectivement le sujet (enseignant ou élève), intellectuellement et physiquement, dans l'accomplissement d'une tâche.

- ▶ **Astolfi, J.-P.** (2008). *La saveur des savoirs*. Paris : ESF éditeur.
- ▶ **Clot, Y.** (2010). *Travail et pouvoir d'agir*. Paris : PUF.
- ▶ **Horoks, J.** (2008). Les triangles semblables en classe de seconde : de l'enseignement aux apprentissages. *Recherches en didactique des mathématiques*, 28 (3), 379-416.
- ▶ **Kermen, I.** et **Colin, Ph.** (2017). Trois mises en œuvre d'une transformation chimique pour introduire le thème des piles : des choix didactiques très contrastés. *Éducation & Didactique*, 11-2, 187-212.
- ▶ **Morissette, R.** et **Voynaud, M.** (2002). *Accompagner la construction des savoirs*. Montréal, Québec, Chenelière.
- ▶ **Pastré, P.** (2007). Quelques réflexions sur l'organisation de l'activité enseignante. *Recherche et formation*, 56.

Apprendre

L'acte d'apprendre peut être défini de plusieurs manières en référence à différents auteurs, mettant en avant à la fois une dimension individuelle et une dimension sociale.

Apprendre, c'est :

- « *Construire de nouvelles compétences, modifier sa façon d'agir / de penser [...], aller de ce que l'on sait vers ce que l'on ignore, du connu vers l'inconnu* » (Meirieu, 1987);
- « *Un processus interactif dans lequel les gens apprennent les uns des autres* » (Bruner, 1996);
- « *L'acte d'apprendre implique un changement chez l'apprenant, qui transforme sa vision du monde et de lui-même* » (Perrenoud, 2004);
- « *Un processus systématique orienté vers l'acquisition de certains savoirs, savoir-faire, savoir-être et savoir-devenir* » (De Ketele, 1989).

Historiquement, 6 modèles principaux influencent les conceptions de l'enseignement :

1. **Empreinte** (depuis l'Antiquité) : apprendre, c'est recevoir des informations.
2. **Béhavioriste** (depuis la première moitié du XX^e siècle) : apprendre, c'est modifier son comportement.
3. **Cognitiviste** (début 1940) : apprendre, c'est traiter, interpréter et stocker de l'information.
4. **Constructiviste** (début 1950) : apprendre, c'est construire ses connaissances.
5. **Socio-constructiviste** (début 1960) : apprendre, c'est construire ses connaissances avec autrui.
6. **Connectiviste** (2003) : apprendre, c'est mener un processus de connexions.

Pour la classe de science, l'acte d'apprendre peut se traduire par chacun de ces modèles. En d'autres termes, nous pouvons dire que ces modèles correspondent à des formes de l'acte d'apprendre.

- ▶ **Bruner, J.** (1996). *L'éducation, entrée dans la culture : les problèmes de l'école à la lumière de la psychologie culturelle*. Paris : Retz.
- ▶ **De Ketele, J.-M.** (1989). *Guide du formateur*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.
- ▶ **Meirieu, P.** (1987). *Apprendre... oui, mais comment ?* Paris : ESF Éditeur.
- ▶ **Perrenoud, Ph.** (2004). Qu'est-ce qu'apprendre ? *Enfance & Psy*, 24, 9-10.

Apprentissage

En didactique, l'apprentissage peut désigner le processus de l'acte d'apprendre ou le produit de ce processus.

- L'apprentissage de la physique renvoie au processus d'acquisition d'un corpus de savoirs en physique.
- Il peut être considéré comme un phénomène à analyser (fondements, organisation, structuration du savoir, conditions de mise en œuvre, acceptation par l'apprenant).
- Au pluriel, il désigne ce qui est réalisé sur le plan cognitif (ou non) par l'apprenant.

Apprentissage et enseignement

Ces deux termes, enseignement et apprentissage, renvoient à des individus – apprenants et enseignants – mis en relation dans une situation scolaire avec un contenu à enseigner et à apprendre.

La démarche d'enseignement décrit de manière générale l'approche pédagogique et didactique employée par l'enseignant pour que les apprenants (élèves ou étudiants) s'approprient des savoirs.

« L'enseignant étaye la construction de savoirs nouveaux, non seulement en disant quoi faire et comment (aides procédurales) mais aussi en aidant l'élève à repérer à quoi on joue dans la situation, à identifier ce qu'il a déjà su produire, à lui donner des outils pour réfléchir à ce qu'il a fait (aides constructives) » (Rogalski, 2015, p. 68).

En se focalisant sur la situation pédagogique, Houssaye (2015) propose de lier enseignement (qui renvoie au professeur) et apprentissages (qui renvoie aux élèves) à la question des savoirs. Ces trois entités sont souvent placées dans un triangle qui permet de questionner les situations pédagogiques : le triangle pédagogique.

➡ Voir [Triangle pédagogique et triangle didactique](#).

En sciences, la démarche peut renvoyer par exemple à la démarche par investigation, une démarche conçue par l'enseignant et dont la mise en œuvre permet de construire des savoirs scientifiques et de développer des compétences chez les apprenants.

- ▶ **Astolfi, J.-P.** (2008). *La saveur des savoirs*. Paris : ESF éditeur.
- ▶ **Houssaye, J.** (2015). *Le triangle pédagogique. Les différentes facettes de la pédagogie*. Paris : ESF éditeur.
- ▶ **Rogalski, J.** (2015). *Cahiers du laboratoire de didactique André Revuz*, 13.

Cohérence curriculaire et progression curriculaire

La cohérence curriculaire désigne l'adéquation, l'harmonisation entre les différentes composantes d'un *curriculum*. Le terme "*curriculum*" est pris ici dans la définition classique proposée par de Landsheere (1979, p. 65) : *« un curriculum est un ensemble d'actions planifiées pour susciter l'instruction : il comprend la définition des objectifs de l'enseignement, les contenus, les méthodes, les matériels et les dispositions pour la formation des enseignants »*.

La cohérence curriculaire vise à garantir que chaque élément du programme éducatif prescrit contribue de manière cohérente et synergique à l'atteinte des objectifs éducatifs globaux (Perrenoud, 1997). Cette mise en cohérence renvoie particulièrement à ces éléments :

- Les objectifs d'apprentissage lors des situations d'enseignement (et qui renvoient aux savoirs travaillés).
- Les stratégies d'enseignement et démarches pédagogiques.
- Les stratégies d'évaluation.

La progression curriculaire correspond à la succession organisée de moments, de séances ou de séquences d'enseignement tout au long de la scolarité, de l'école primaire au secondaire. Elle intègre une forte dimension temporelle (Lebeaume, 2008), car elle s'étend du préscolaire jusqu'à la fin de l'école obligatoire, et peut même se prolonger jusqu'à l'université.

Cette perspective temporelle prend en compte à la fois des éléments synchroniques (ce qui se passe à un moment donné dans différentes classes ou disciplines) et diachroniques (l'évolution des apprentissages dans le temps pour un même élève ou groupe d'élèves).

👉 Voir aussi **Cohérence horizontale et Cohérence verticale**.

Par exemple, en SVT, la cohérence et la progression curriculaires peuvent être analysées et pensées en biologie au regard des niveaux d'organisation du monde vivant : à l'école primaire, l'enseignement porte principalement sur l'organisme, les appareils et les organes, ainsi que sur les premières interrelations entre organes et appareils ; au secondaire, l'étude des interrelations se poursuit et s'approfondit jusqu'au niveau cellulaire.

Cette progression permet d'aborder progressivement la complexité du monde vivant, en passant d'une approche globale à une analyse plus fine et détaillée des structures et de leurs fonctions.

- ▶ **Landsheere de, G.** (1979). *Dictionnaire de l'évaluation et de la recherche en éducation : avec lexique anglais-français*. Paris : PUF.
- ▶ **Lebeaume, J.** (2008). *L'enseignement des sciences à l'école : des leçons de choses à la technologie*. Paris : Delagrave.
- ▶ **Perrenoud, P.** (1997). *Construire des compétences dès l'école*. Paris : ESF Éditeur.

Cohérence horizontale et Cohérence verticale

Dans un *curriculum*, Forquin (2008, p. 10) distingue deux dimensions temporelles :

- La dimension synchronique renvoie à des enseignements dispensés simultanément (souvent dans deux disciplines connexes). Il s'agit de la cohérence horizontale.
- La dimension diachronique fait référence à la continuité et à la succession des enseignements, par exemple du préscolaire au collège. Cette continuité constitue la cohérence verticale, qui concerne la progression logique des contenus au sein d'une même discipline scolaire.

■ Cohérence horizontale

Pour aborder les échanges gazeux respiratoires au niveau des poumons en sciences de la vie et de la Terre, il est intéressant que les élèves aient déjà étudié, en physique-chimie, la notion de l'air comme mélange de gaz. Ce savoir préalable, acquis dans une autre discipline, aide à une meilleure compréhension de certains contenus en SVT.

■ Cohérence verticale

À l'école primaire, les élèves découvrent la diversité des manifestations du volcanisme. Au collège, ils approfondissent cette diversité en cherchant des explications scientifiques. De l'école primaire au lycée, l'étude des manifestations externes et internes de l'activité de la Terre s'inscrit dans le cadre explicatif de la tectonique des plaques. Ainsi, chaque niveau d'enseignement s'appuie sur les contenus des programmes des niveaux précédents et les enrichit progressivement.

► **Forquin, C.** (2008). *Sociologie du curriculum*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Compétence

Parler de compétences c'est parler d'actes, de capacités qui ont une finalité, une fonctionnalité dans un champ d'activité. Il n'y a compétence que lorsqu'il y a une certaine

globalité de l'acte. Les compétences ne peuvent donc pas se diviser à l'infini, car à un moment de la division on aura des actes qui n'ont plus de sens, de signification, de fonctionnalité (Rey, 2009).

En éducation et plus précisément dans les programmes d'études scolaires ou de formation, la logique des compétences « désigne la volonté [de la noosphère] que les élèves ou les apprenants sachent agir efficacement [d'abord dans les contextes de construction des compétences, puis ensuite dans des contextes variés], en réinvestissant des capacités [apprentissages] développées à l'école » (Astolfi, 2008, p. 104). C'est une manière de dire qu'il faudrait que les élèves mobilisent davantage leurs connaissances académiques dans de nouveaux problèmes et de nouvelles situations. Mais d'une part, alors que la compétence est souvent formulée sous la forme de l'indication d'une action intellectuelle ou matérielle, large ou réduite (argumenter, observer au microscope), elle en reste à son résultat et n'indique rien des démarches et des modes de raisonnement pour y parvenir ; d'autre part, il se pose la question de la possibilité de réinvestir ce que l'on a appris d'un domaine à un autre (argumente-t-on de la même façon en SVT et en physique ?). D'où la remise en question de la notion de compétence générale... pour se centrer sur la notion de compétence particulière liée à chaque domaine de savoir. Les recherches didactiques s'occupent d'élucider les démarches, les modes de raisonnement pour parvenir à construire ou faire construire le principal élément de la compétence (le savoir). De ce principal élément découle le savoir-faire, savoir-être, savoir vivre, savoir devenir, etc.

« La célèbre trilogie "savoir, savoir-faire, savoir-être" est souvent associée à l'idée de compétences » (Astolfi, 2008, p. 107). Ainsi, dans certains socles communs nationaux, il est fréquent de décomposer une compétence comme la somme de savoirs, savoir-faire et savoir-être. Ces distinctions peuvent être discutées : tout savoir scientifique suppose un savoir-faire ; tout savoir-faire est porteur de savoir. Quant au savoir-être, il renvoie à tellement d'acceptions différentes qu'il en perd toute lisibilité.

Toutefois, il peut être utile de considérer la trilogie « savoir, savoir-faire, savoir-être » pour montrer aux enseignants quelles peuvent être leurs relations et leurs étroites déclinaisons éventuelles. Cela permettrait de mettre au clair pour les formateurs et formatrices de sciences en particulier, les finalités (savoir-faire et savoir-être, etc.) des démarches, des modes de raisonnement qui sont objets des recherches didactiques.

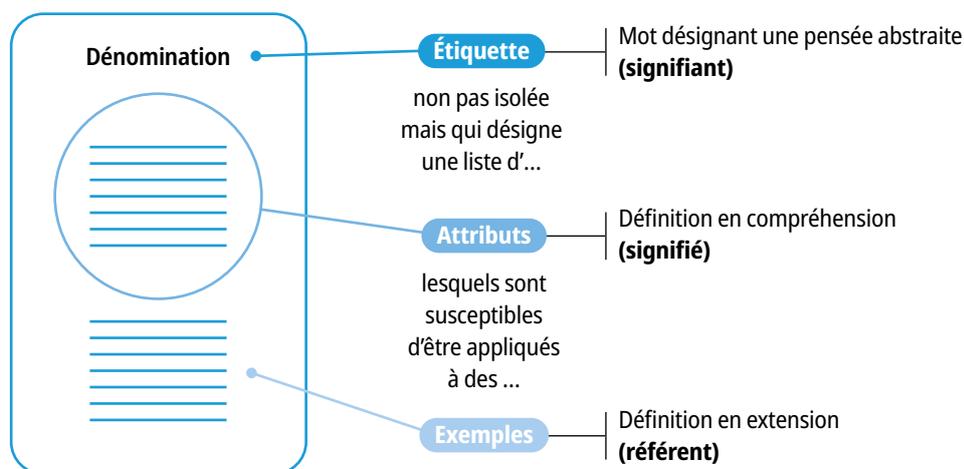
- ▶ **Astolfi, J.-P.** (2008). *La saveur des savoirs*, pp. 102-108. Paris : ESF éditeur.
- ▶ **Rey, B.** (2009). Conférence-débat « Apprendre... à l'épreuve des compétences » du 12 décembre 2009 à l'IUFM de Chartres.

Concept

On distingue généralement deux types de concepts :

- 1 **Les concepts quotidiens**, qui participent du développement de l'enfant et se construisent de façon inconsciente au fil de ses expériences dans la vie courante.
- 2 **Les concepts scientifiques**, qui relèvent de l'apprentissage, notamment à l'école (Vergnaud, 1989).

« La définition la plus large du concept est du type linguistique. Par exemple, les mots "table" ou "chaise" illustrent comment la langue découpe le réel et généralise des objets partageant certains attributs. Un concept est alors envisagé comme un ensemble d'éléments qui possèdent les mêmes attributs » (Astolfi et al., 1997, p. 22) que Barth (2001, p. 38) illustre ainsi :



Selon Vygotski, il est plus facile de percevoir les différences que les ressemblances entre objets ou situations. Pour reconnaître une ressemblance, il faut mobiliser un concept d'ordre supérieur, alors que la perception des différences est immédiate (Vergnaud, 1989).

Sur le plan didactique, concernant les concepts scientifiques, la définition d'Astolfi, en référence aux travaux de Barth ne suffit pas à rendre compte de l'apprentissage des

concepts scientifiques. La construction des concepts passe par un processus piloté par un problème explicatif (☛ voir **Conceptualisation**) ce qui fait que leur apprentissage se distingue d'une simple mémorisation d'informations.

« Les concepts scientifiques ne sont pas des choses qui s'apprennent de façon statique, s'empilent et s'accumulent. Ce sont des outils intellectuels, destinés à résoudre une famille de problèmes, ceux qui caractérisent une discipline. (...) Les concepts ne viennent pas remplir le vide de l'ignorance, ni remplacer les erreurs par simple substitution. Ils transforment des idées et représentations préexistantes, par des ruptures et réorganisations conceptuelles. Les erreurs sont des révélations des modes de pensée sous-jacents. » (Astolfi, J.-P., 1992, p. 101 ; Astolfi et al., 1997, p. 26).

Pour Bachelard, les concepts scientifiques sont définis les uns par rapport aux autres (Fabre, 2005). Par exemple en chimie, il est impossible de définir le concept de transformation chimique sans faire référence au concept espèce chimique.

« Un concept ne peut être réduit à sa définition, du moins si l'on s'intéresse à son apprentissage et à son enseignement. C'est à travers des situations et des problèmes à résoudre qu'un concept acquiert du sens pour l'enfant. » (Vergnaud, 1990, p. 135).

Enfin, la conceptualisation est facilitée par la coordination de plusieurs systèmes sémiotiques (☛ voir **Sémiotique**), c'est-à-dire par l'utilisation de différents modes de représentation (textes, schémas, symboles, etc.).

- ▶ **Astolfi, J.-P.** (1992). *L'école pour apprendre*. Paris : ESF Éditeur.
— et al. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Bruxelles : De Boeck Université.
- ▶ **Barth, B.-M.** (2001). *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris : Retz.
- ▶ **Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre-Derville, I., Lahanier-Reuter, D.** et **Reuter, Y.** (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux aux didactiques*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.
- ▶ **Vergnaud, G.** (1989). La formation des concepts scientifiques. Relire Vygotski et débattre avec lui aujourd'hui. *Enfance*, 42(1), 111-118.
— (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactiques des Mathématiques*, 10(2-3), 133-170.

Conceptualisation

La conceptualisation désigne le processus par lequel un sujet construit et s'approprié des concepts. Au cours des apprentissages scolaires, elle résulte du travail d'un problème et d'une démarche structurée permettant d'effectuer ce travail. Prendre en compte les conceptions initiales des élèves montre que la conceptualisation n'est pas un processus simple. En effet, elle suppose de dépasser les conceptions spontanées et les modes de raisonnement de sens commun qui les sous-tendent, qui sont souvent très efficaces pour répondre aux besoins pratiques de la vie quotidienne et pour comprendre les situations courantes.

La conceptualisation implique donc une transformation profonde des représentations de l'élève et son accès à un savoir scientifique, raisonné, plus abstrait et mobilisable dans des situations variées.

- ▶ **Astolfi, J.-P.** (2008). *La saveur des savoirs*. Paris : ESF Éditeur.
- (1992). *L'école pour apprendre*. Paris : ESF Éditeur
- *et al.* (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Bruxelles : De Boeck Université.

Connaissance et savoir

Le savoir et la connaissance sont deux notions distinctes, bien qu'elles soient souvent confondues.

- Les **connaissances** sont personnelles et mobilisées par un individu dans une situation donnée. Elles permettent à une personne d'envisager différents choix, de prendre des décisions et d'agir. Les connaissances se manifestent à travers les actions réalisées par le sujet, accompagnées ou non de formulations langagières (orale, graphique ou textuelle)

Les connaissances sont donc des moyens personnalisés d'action sur le monde. Elles ne se transforment pas automatiquement en savoirs.

« *La connaissance est le moyen de réaliser la tâche et la tâche le moyen d'apprendre le savoir.* » (Tricot, 2017).

- Le **savoir**, quant à lui, est un objet culturel. Il est formulé, transmis et reconnu collectivement au sein d'une société, d'une institution ou d'une discipline. Le savoir s'exprime dans une langue et une culture spécifiques, et il est acquis, partagé et validé socialement.

« Sa création et la manière de l'acquérir sont sociales, à l'intérieur d'une institution, en utilisant une langue et une culture dans lesquelles elles sont explicitées, établies, reconnues ». (Glossaire APPRENDRE, *Didactique des mathématiques*, 2023).

- ▶ **APPRENDRE** (2023). *Glossaire, Didactique des Mathématiques, Addendum au Guide pour le formateur d'enseignants de mathématiques*.
- ▶ **Brousseau, G.** *Glossaire de Guy Brousseau*. Disponible sur : https://sites.unipa.it/grim/Gloss_fr_Brousseau.pdf
- ▶ **Copirelem**. *Glossaire de la Copirelem (Commission Permanente des IREM sur l'Enseignement Élémentaire)*.
- ▶ **Tricot, A.** (2017). *L'innovation pédagogique*. Paris : Retz.

Contenu

Martinand (1986, p. 24) associe étroitement le terme didactique à celui de contenu en affirmant « *qu'il n'est pas possible de parler de didactique sans l'exercice de ce qu'on peut appeler une responsabilité par rapport au contenu de la discipline* ».

Ainsi, les contenus sont indissociables des disciplines scolaires, telles qu'elles sont structurées notamment dans le secondaire. Par exemple, les sciences de la vie et de la Terre constituent une discipline composée d'un ensemble de contenus spécifiques. Cette proposition définitoire de discipline rejoint celle de Reuter *et al.* (2013, p. 67) quand ils affirment que le « *point d'ancrage des disciplines réside dans les contenus* » soulignant qu'il n'existe pas de didactique sans discipline.

Que peut être alors un contenu ? Il peut varier selon les disciplines :

- **En Éducation Physique**, un contenu peut désigner aussi bien des compétences liées à la pratique sportive que des valeurs associées au sport (Marsenach et Amade-Escot, 1993).
- **En SVT**, les contenus peuvent concerner des savoirs (souvent formulables) et des compétences (souvent liées à la mise en œuvre de démarches scientifiques).

Charles (2020, p. 25) propose une typologie des contenus pour l'école maternelle où les disciplines ne sont pas encore pleinement constituées. Il distingue :

- **Les contenus-actions** : ils concernent les activités privilégiant l'action, le langage et les interactions interindividuelles. Des élèves de maternelle peuvent, par exemple, appréhender des phénomènes mécaniques avec l'aide de rampes et de balles (Ledrapier, 2007).
- **Les contenus-conceptualisation** : le concept de registre de conceptualisation (Develay, 1992) permet de penser que certains contenus correspondent à l'acquisition de conceptualisations. Par exemple, lors d'un travail sur la naissance des animaux, les élèves apprennent qu'un bébé animal peut naître en sortant du corps de sa mère ou d'un œuf.
- **Les « contenus-expérientiels »** : Coquidé (2007, p. 21) définit ces contenus en lien avec des activités d'exploration et de manipulation (par le jeu, par l'usage d'objets techniques usuels), incitant au questionnement (par le jeu, l'usage d'objets techniques, l'observation de l'eau ou des végétaux). Pour Coquidé (*ibid.*), travailler ces « contenus-expérientiels » implique alors une élaboration intellectuelle, permettant : mise à distance, identification de propriétés, d'usages ou de procédés, ou des formulations plus générales.

- ▶ **Charles, F.** (2020). Pratiques enseignantes en éducation scientifique et technologique à l'école maternelle : perspectives curriculaires. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 22, 21-44.
- ▶ **Coquidé, M.** (2007). Quels contenus de formation pour enseigner à l'école maternelle ? L'exemple de la formation à l'activité « faire découvrir la nature et les objets ». *Recherche et formation*, 55, 75-92.
- ▶ **Develay, M.** (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement*. Paris : ESF Éditeur.
- ▶ **Ledrapier, C.** (2007). *Le rôle de l'action dans l'éducation scientifique à l'école maternelle : cas de l'approche des phénomènes physiques*. Thèse de doctorat, École normale supérieure de Cachan.
- ▶ **Marsenach, J.** et **Amade-Escot, C.** (1993). L'enseignement de l'EPS dans les collèges. Le problème des contenus : état des lieux et perspectives. Dans Gilles Bui-Xuân et Jacques Gleyse (dir.). *Enseigner l'éducation physique et sportive*, 51-59. Éditions AFRAPS.
- ▶ **Martinand, J.-L.** (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- ▶ **Reuter, Y.** (éd.) et al. (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. Bruxelles : De Boeck.

Didactique et pédagogie

☛ Voir aussi **Triangle pédagogique et triangle didactique**.

« *La relation entre les didactiques et la pédagogie ne relève pas d'une délimitation de territoire mais d'une différenciation de postures. [...] La pédagogie est d'abord d'ordre praxéologique, c'est-à-dire liée à la conduite pratique d'actions en situation et à leur justification* ». (Astolfi, 1997, pp. 67-70)

Ce qui caractérise la didactique, « *c'est sa responsabilité par rapport aux contenus de la discipline* ». (Martinand, 1991, p. 34)

- ▶ **Astolfi, J.-P.** (1997). Du « tout » didactique au « plus » didactique. *Revue française de pédagogie*, 120, 67-73.
- ▶ **Martinand, J.-L.** (1991). Travailler les contenus. Entretien avec Jean-Louis Martinand. In *Approche de la didactique*. Paris : ADAPT/SNES.

Enseigner

L'acte d'enseigner est étroitement lié à la conception que l'on se fait de l'acte d'apprendre. Selon les approches, enseigner peut recouvrir plusieurs dimensions :

1. Transmettre des informations à destination de l'élève.
2. Conduire un processus visant à modifier les conceptions, les modes de pensée ou encore le comportement de l'élève.
3. Accompagner l'élève dans le traitement, l'analyse et l'interprétation d'informations, issues par exemple d'observations de terrain, de laboratoire ou de l'histoire des sciences.
4. Favoriser la construction des connaissances par l'élève, à travers ses propres actions ou opérations.
5. Encourager la construction des savoirs par l'interaction entre pairs.
6. Permettre à l'élève d'interagir avec différentes sources d'information pour élaborer ses propres connaissances.

Dans la classe de sciences, ces dimensions peuvent s'appliquer à des phénomènes physiques, chimiques, biologiques ou géologiques. En référence aux démarches scientifiques, ses deux actes peuvent concerner la circonscription et le travail d'un problème, l'émission d'une hypothèse, des expérimentations, la collecte et l'organisation de résultats d'observation, d'expérimentation, l'interprétation et la conclusion.

Évaluation

Évaluer, du point de vue étymologique, signifie « mettre en avant la valeur » ou « donner un prix ». Dans le domaine de l'éducation, évaluer renvoie à un processus systématique de collecte, d'analyse et d'interprétation d'informations visant à déterminer dans quelle mesure les objectifs éducatifs sont atteints.

Évaluer consiste à apprécier le degré de réussite d'un apprentissage en le rapportant à une norme fixée au préalable. Cela permet de comparer les performances des apprenants au sein d'un même niveau d'enseignement.

L'évaluation est un instrument fondamental pour contrôler et valider un enseignement et les apprentissages associés. Elle pourra prendre la forme d'un résultat chiffré (note attribuée en fonction d'une échelle) ou d'une appréciation qualitative qui permettront de décider de l'obtention d'un examen, de l'orientation des élèves ou de la suite à donner à un examen. L'évaluation permet aussi aux apprenants de faire le point sur leurs acquis à tout moment de l'apprentissage, et aux enseignants d'ajuster leurs méthodes en fonction des effets observés (Petitjean, 1984).

On distingue classiquement trois grandes formes d'évaluation :

- 1 **Évaluation diagnostique (ou évaluation zéro)** : réalisée avant l'apprentissage, elle informe l'enseignant sur les acquis ou les représentations initiales des apprenants. Elle sert à adapter le contenu de l'enseignement. En sciences, elle permet d'identifier les savoirs, les obstacles et les objectifs prioritaires, et de motiver l'apprentissage ultérieur.
- 2 **Évaluation formative** : menée pendant l'apprentissage, elle accompagne le processus d'enseignement-apprentissage. Elle permet de suivre les progrès, de comprendre les difficultés et d'ajuster l'enseignement en conséquence.
- 3 **Évaluation sommative (ou bilan, de contrôle, certificative)** : réalisée après l'apprentissage, elle dresse le bilan des compétences et des savoirs acquis à la fin d'une période donnée (trimestre, année, formation, etc.). Elle permet de rendre compte des acquis structurés lors des enseignements.

L'évaluation joue donc un rôle essentiel, non seulement pour mesurer les progrès des élèves, mais aussi pour améliorer le processus d'enseignement. Il est important de distinguer évaluer et noter : l'évaluation ne se réduit pas à l'attribution d'une note, mais vise à soutenir et réguler les apprentissages.

- ▶ **Petitjean, B.** (1984). Formes et fonctions des différents types d'évaluation. *Pratiques*, 44, 5-20.

Situation forcée

Les recherches didactiques qui étudient des situations d'enseignement-apprentissage en classe se répartissent globalement en plusieurs pôles méthodologiques :

- L'ingénierie didactique.
- L'étude des situations ordinaires.
- Les situations forcées.

Les situations forcées sont des situations d'enseignement construites au sein d'un groupe de recherche composé de chercheurs en didactique et d'enseignants engagés dans une formation par la recherche. L'enseignant de la classe participe donc activement à la conception, à la mise en œuvre, et aux prises de recul sur ces situations.

Les objectifs d'apprentissages et les objectifs de recherche de la séquence sont définis *a priori* par le groupe : les objectifs d'apprentissage sont définis à partir des préconisations officielles, en lien avec les analyses préalables et les objectifs de recherche.

Avant chaque séance, la préparation s'appuie sur ce double objectif (apprentissage et recherche) et sur l'analyse des séances précédentes. Le plus souvent les didacticiens proposent des situations à partir des productions de la classe et des recherches existantes ; l'enseignant de la classe dit ce qui lui semble pertinent et possible, à partir de sa propre analyse des objectifs, de son expertise et de sa connaissance de la classe. Néanmoins, les propositions peuvent venir de tout membre de l'équipe. Cela conduit à un choix de situations pour la séance suivante qui prend pleinement en compte les caractéristiques de la classe, même si celles-ci ne peuvent pas être totalement explicitées. Après chaque séance un *débriefing* est organisé, suivi de la préparation de la séance suivante dans le but d'aller aussi loin que possible vers les objectifs définis *a priori*.

Les situations ainsi produites sont le résultat d'une construction entre les propositions des chercheurs et l'expertise de l'enseignant. Elles sont qualifiées de « forcées » car elles tentent de pousser le plus possible le travail de la classe, selon les objectifs de recherche de l'équipe, tout en respectant le fonctionnement habituel de la classe, dont le maître est garant. Elles ne visent aucunement à construire des séquences « modèles » et ne sont certainement pas reproductibles ; leur but est d'explorer le champ didactique en y créant des phénomènes de façon à mieux comprendre le fonctionnement des apprentissages scolaires et à faire évoluer le cadre théorique de l'équipe.

Exemples en SVT

- Situation forcée sur les mouvements corporels au cycle 3 de l'école élémentaire.
- Séquence forcée sur le volcanisme en classe de 4^e.

- ▶ **Chalak, H.** (2013). Magmatisme et conditions de construction de textes de savoirs problématisés au collège. *Recherches en éducation*. <https://journals.openedition.org/ree/9163?lang=en> et <https://doi.org/10.4000/ree.9163>
 - (2012). Problématisation et construction de textes de savoirs dans le domaine du magmatisme au collège. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies (RDST)*, 119-160.
- ▶ **Orange, C.** (2010). Situations forcées, recherches didactiques et développement du métier d'enseignant. *Recherches en éducation*, hors-série n° 2, 73-85.
 - et **Orange Ravachol D.** (2007). Problématisation et mise en texte des savoirs scolaires : le cas d'une séquence sur les mouvements corporels au cycle 3 de l'école élémentaire. *Actes des cinquièmes journées scientifiques de l'ARDIST*, La Grande Motte, octobre 2007, 305-312.

Système didactique

- ☛ Voir aussi **Triangle pédagogique et triangle didactique**.

Le système didactique, plus souvent connu au travers du triangle pédagogique, est le système de relations et d'interrelations qui s'établit entre trois éléments (ou sommets) :

- Le professeur.
- L'élève.
- Le contenu du savoir à enseigner/à apprendre.

Trois axes (côtés) apparaissent ainsi :

- **Un axe épistémologique** entre le savoir et l'enseignant, qui met en avant l'action d'enseigner.
- **Un axe psychologique** entre le savoir et l'apprenant, composante dans laquelle il s'agit essentiellement d'apprendre.
- **Un axe dit « praxéologique »** entre l'enseignant et les apprenants. L'action réalisée est alors qualifiée de « former ».

- ▶ **Houssaye, J.** (2015). *Le triangle pédagogique. Les différentes facettes de la pédagogie*. Paris : ESF Éditeur.

Tâche

👉 Voir **Activité**.

Transposition

La transposition est l'action de transposer. En cherchant des synonymes de *transposer*, on trouve les verbes comme *changer, adapter, transformer, reporter, remplacer, replacer, traduire, permuter, intervertir*, etc.

Dans la classe, pour le but d'enseigner ou de faire apprendre, il va s'agir de :

- changer quelque chose pour un public ;
- transformer quelque chose pour un public ;
- remplacer quelque chose pour un public ;
- adapter quelque chose pour un public ;
- traduire quelque chose pour un public ;
- permuter l'ordre de quelque chose pour un public ;
- intervertir l'ordre de quelque chose pour un public ;
- etc.

La transposition implique donc un processus de transformation d'un objet ou d'un savoir, pour répondre à des finalités d'enseignement ou d'apprentissage.

Transposition didactique

Le concept transposition didactique est proposé par le sociologue Michel Verret en 1975, spécifiant que « *toute pratique d'enseignement d'un objet présuppose une transposition préalable de cet objet en objet d'enseignement* ».

En didactique des mathématiques, Chevallard (1985, p. 39) définit la transposition didactique comme le processus de transposition du « savoir savant » à un « savoir à enseigner » pour arriver au « savoir enseigné ou de l'élève ». Elle se réalise en deux étapes : la transposition didactique externe et la transposition didactique interne. C'est la communauté scientifique qui produit par la recherche et détient le savoir savant.

- 1 **La transposition didactique est dite externe** puisqu'elle se discute en dehors de l'enseignement : elle est en effet effectuée par ce qu'on appelle la noosphère qui regroupe les universitaires, les concepteurs des programmes, les inspecteurs, les innovateurs, les didacticiens et autres personnes ressources de la société. Ces derniers choisissent les contenus qui doivent être enseignés ou médiatisés (Clément, 1998).
- 2 **La transposition didactique interne** analyse la façon dont les « savoirs à enseigner » sont transposés en objet d'enseignement dans les manuels scolaires et dans les enseignements en classe. C'est au cours de cette étape que se produisent les adaptations particulières à chaque enseignement.

C'est l'activité de l'enseignant ou l'enseignante. Ce processus est de sa responsabilité parce que c'est lui ou elle qui opère les choix et organise la situation de l'apprentissage.

Exemples

- En physique : Transposition didactique du concept de force.
- En technologie : Transposition didactique de la production de l'énergie.

- ▶ **Chevallard, Y.** (1985). *La transposition didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- ▶ **Clément, P.** (1998). La biologie et sa didactique, dix ans de recherche. *Aster*, 27, 57-93.
- ▶ **Develay, M.** (1987). À propos de la transposition didactique en sciences biologiques. *Aster*, 4, 119-138.
- ▶ **Verret M.** (1975). *Le temps des études*. Paris : Honoré Champion.

Triangle pédagogique et triangle didactique

Le **triangle pédagogique** modélise le fonctionnement de la situation pédagogique. Celle-ci est représentée comme un triangle composé de trois entités, le savoir, le professeur et les élèves (S, P, E).

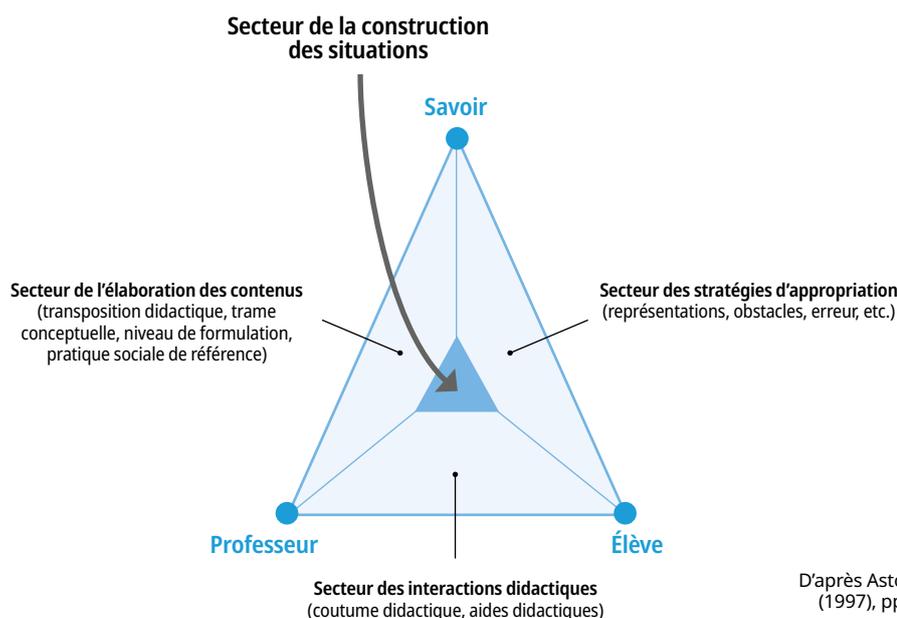
Bien que ces entités soient en relation, il est difficile de tenir de manière équivalente les trois axes relationnels (S-P, P-E et E-S) qu'elles forment. Selon Houssaye (2015), la relation privilégiée entre deux des trois éléments, associée à l'exclusion relative du troisième, révèle le processus dominant de la situation pédagogique :

- « enseigner », privilégie l'axe professeur-savoir ;
- « former », privilégie l'axe professeur-élèves ;
- « apprendre », privilégie l'axe élèves-savoir.

Le **triangle didactique** symbolise également le système qui relie le savoir, l'élève et le professeur avec une perspective différente.

- L'élève est considéré dans sa dimension de sujet apprenant.
- Le professeur est vu comme sujet cherchant à faire apprendre à quelqu'un.
- Le savoir est saisi dans ses dimensions conceptuelle et épistémologique.

La surface du triangle est divisée en secteurs mis en relation préférentielle avec certains concepts de la didactique.



D'après Astolfi *et al.* (1997), pp. 71-72.

L'approche des triangles pédagogique et didactique peut être enrichie en considérant que le système qu'ils représentent est situé dans une institution et un contexte social spécifiques. Ces dimensions institutionnelles et sociales influencent les relations entre les trois pôles et contribuent à définir les conditions et les contraintes de l'enseignement et de l'apprentissage.

- ▶ **Astolfi, J.-P.** et al. (1997). *Mots clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. Bruxelles : De Boeck.
- ▶ **Houssaye, J.** (2015). *Le triangle pédagogique. Les différentes facettes de la pédagogie*. Paris : ESF Éditeur.
— (1993). *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris : ESF Éditeur.
- ▶ **Reuter, Y.** (éd.) et al. (2007). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. Bruxelles : De Boeck.

2

SECONDE PARTIE

Concepts didactiques

Apodictique (s'oppose à assertorique)

Le savoir scientifique n'est pas seulement la réponse au problème explicatif : c'est un savoir raisonné, tenu par des raisons explicites construites dans un cadre théorique identifié.

■ Savoir apodictique

Un savoir est qualifié d'apodictique lorsqu'il présente un caractère de nécessité et qu'il ne se limite pas à la simple réponse à un problème. Il comprend aussi ce qui sous-tend cette réponse, c'est-à-dire les raisons qui font qu'on en arrive à cette réponse et pas à une autre.

Exemple

Le savoir scientifique sur la nutrition est construit dans un cadre mécaniste, expliquant les processus et les raisons sous-jacentes.

■ Savoir assertorique

Par opposition, un savoir (ou une connaissance) est dit assertorique s'il se réduit à la solution d'un problème sans présenter de caractère de nécessité. Il peut être « vrai », mais pourrait être « faux » sans remettre en cause la cohérence du système théorique. Il ne s'agit alors pas d'un savoir scientifique au sens plein.

► **Orange, C.** (1997). *Problèmes et modélisation en biologie. Quels apprentissages pour le lycée ?* p. 229. Paris : PUF.

Conception et représentation

Le concept de représentation a connu un succès remarquable en didactique des sciences depuis les années 1980. Comme le soulignent Astolfi et Develay (1989) :

« Le concept utilisé en didactique des sciences dont le succès a été le plus spectaculaire au cours des dix dernières années est assurément celui de représentation. Il s'agit pourtant d'un concept importé de la psychologie, notamment génétique et sociale, ce qui explique quelque peu sa diversité d'emploi » (p. 31).

Plus tard, en 1993, Ridaou apporte des précisions sur ce concept de représentation, devenu classique en didactique. Dans une perspective bachelardienne, il montre que ce concept repose sur l'idée que « *tout apprentissage ne consiste pas (seulement), à emmagasiner, à empiler progressivement des connaissances dans une tête qui est supposée ne rien savoir quant au sujet étudié, mais qu'il s'agit aussi (plutôt), d'enrichir et/ou de réélaborer, si nécessaire, un système d'explication déjà construit, afin de le rendre toujours plus performant* » (pp. 103-104).

Importé de la psychologie génétique et sociale, ce concept a d'abord fait l'objet de discussions terminologiques. Dans les années 1980, certains chercheurs comme Martinand, Giordan et Develay le jugeaient « mou, ambigu, flou » en raison de ses significations variables selon les champs de recherche (philosophie de la connaissance, sociologie, psychologie génétique, psychologie sociale). Ils ont alors proposé de le remplacer par celui de « conception » (Ridaou, 1993).

Les recherches en didactique des sciences, tant en France que dans le contexte anglo-saxon (Orange et Orange Ravachol, 2013), montrent que le terme « conception » peut s'ajuster aux différentes approches et mettent en lumière plusieurs points importants pour comprendre les apprentissages scientifiques :

- L'apprentissage ne se fait pas à partir de rien : « *l'élève a des façons de penser les questions scientifiques et des connaissances avant enseignement, de sorte que celui-ci ne vise pas simplement à apporter des connaissances mais à changer les conceptions des élèves* » (*ibid.*, p. 49).
- Les conceptions ont une résistance au changement car elles sont, dans une certaine mesure, implicites et non conscientes, partiellement structurées et cohérentes, fonctionnelles en s'adaptant aux situations et efficaces ;
- L'apprentissage se fait, au moins à certains moments, par changement profond de conceptions, autrement dit par rupture.

En didactique des sciences, les termes « représentation » et « conception » sont désormais fréquemment employés comme synonymes. Celles-ci contredisent fréquemment la connaissance scientifique et sont reliées au concept d'obstacle à l'apprentissage et d'objectif-obstacle.

- ▶ **Astolfi, J.-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. et Toussaint, J.** (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Bruxelles : De Boeck. pp. 147-177.
- ▶ **Astolfi, J.-P. et Develay, M.** (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF.
- ▶ **Orange, C. et Orange Ravachol, D.** (2013). Le concept de représentation en didactique des sciences : sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. *Recherches en éducation*, 17, 46-61.

- ▶ **Ridao, C.** (1993). Le concept de représentation en didactique de la biologie, un concept central et opératoire dans une didactique du problème. *Les Sciences de l'éducation, pour l'ère nouvelle*, vol. 4-5, 103-130.

Conflit cognitif et Conflit socio-cognitif

Ces deux notions se différencient par le caractère individuel associé au « conflit cognitif » et le caractère de groupe associé au « conflit socio-cognitif ».

Le **conflit cognitif** provoque chez un sujet un déséquilibre interne ressenti par un apprenant ou une apprenante lorsqu'il ou elle est confronté(e) à une contradiction entre ses idées, ses représentations ou ses actions. Ce déséquilibre agit comme un moteur pour la recherche de solutions et la transformation des conceptions initiales. Selon Astolfi (1997), le conflit cognitif se développe lorsqu'apparaît, chez ce sujet, une contradiction ou une incompatibilité entre ses idées, ses représentations et ses actions. Il s'agit donc d'un processus individuel, déclenché par la prise de conscience d'une incohérence dans sa propre pensée.

Le **conflit socio-cognitif** (en référence aux travaux de Vygotski) renvoie à une situation dans laquelle des apprenants et apprenantes rencontrent des points de vue divergents, des contradictions ou des défis cognitifs au cours d'une activité collective. Ce conflit peut émerger lors de discussions, de débats, de résolution de problèmes ou d'interactions sociales où des idées différentes sont exprimées.

Un conflit socio-cognitif se caractérise par :

- **Une divergence de perspectives** : les élèves ont des opinions ou des interprétations variées sur un problème spécifique ;
- **Une tension cognitive** : le désaccord ou la confrontation de points de vue crée une tension qui pousse les apprenants et apprenantes à réévaluer leurs propres connaissances et à chercher des solutions ;
- **La stimulation du développement cognitif** : le conflit socio-cognitif peut conduire à une révision des idées préconçues, à l'exploration de nouvelles perspectives et à la construction de savoirs plus complexes.

Le processus de conflit socio-cognitif encourage les élèves à réévaluer leurs propres points de vue, à remettre en question leurs conceptions, leurs hypothèses, leurs idées premières et à envisager de nouvelles perspectives. En conséquence, cela motive, favorise un apprentissage plus approfondi et une meilleure compréhension des concepts discutés. La motivation est un élément qui permet de militer pour des mises en œuvre en classe de débats suscitant le conflit socio-cognitif.

Le conflit socio-cognitif est considéré comme bénéfique car il permet aux apprenants de développer des compétences critiques, de travailler et de résoudre des problèmes et de construire activement leur propre compréhension du sujet.

Par exemple, en SVT, ce type de conflits peut apparaître dans une phase de questionnement qui permet l'expression des représentations initiales (individuelles puis par groupes) puis leur confrontation. C'est par cette confrontation fondamentale que des divergences vont émerger et permettre de soulever des questions, des problèmes à travailler et à résoudre de manière motivée de la part des élèves.

À l'école primaire, il est d'usage d'engager un travail sur la digestion par l'expression des représentations des élèves autour de la question « Où va la pomme que tu as mangée ? ». Cette question permet certes de mettre au jour des besoins de connaître le trajet exact de cette pomme (questions anatomiques). Une question du type « Où va aller la pomme mangée ce midi ? » permet d'engager un conflit socio-cognitif plus réel : la confrontation des représentations fera émerger des questions d'ordre anatomique mais aussi d'ordre physiologique et d'engager des besoins cette fois d'ordre explicatif.

Si les consignes évoquées ci-dessus sont propices au développement de conflits socio-cognitifs, elles peuvent parfois détourner les élèves d'un problème de nutrition vers un problème de trajet des aliments. Pour installer sans ambiguïté les élèves vers un problème de fonctionnement nutritionnel, d'autres consignes peuvent être choisies, par exemple « Comment ce que j'ai mangé peut-il me donner des forces ? » (Orange, 2012, p. 13).

Le lecteur pourra trouver des approfondissements dans les ouvrages cités en plus dans la bibliographie.

- ▶ **Astolfi, J.-P.** (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF Éditeur.
- ▶ **Orange, C.** (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck.

Débat scientifique

Une référence aux travaux d'épistémologie, de sociologie des sciences et de didactique (Popper, 1985 ; Latour et Woolgar, 1988 ; Joshua et Dupin, 1993 ; Orange *et al.*, 2001) conduit la didactique des sciences à s'intéresser à un mode didactique appelé « débat scientifique dans la classe ». Il s'agit d'une référence au débat dans la communauté scientifique savante à laquelle s'ajoute la prise en compte de la transposition didactique et le fait qu'il participe à la construction de savoirs scientifiques déjà établis au sein de la communauté scientifique. Le débat scientifique en classe vise ainsi à engager les élèves dans une démarche de problématisation, où la construction des savoirs s'appuie sur le développement et l'examen critique des conceptions en présence et la recherche d'arguments fondés.

Dans le cadre du travail d'un problème explicatif, la prise en compte des conceptions des élèves et leur dépassement ne peut pas se suffire de leur exposition pour aboutir à un modèle de solution « correcte ». C'est par la présentation de ces conceptions, leur confrontation, le développement d'argumentations que la classe peut fissurer certaines conceptions constituées en obstacles à l'apprentissage et s'engager dans la construction d'un savoir scientifique tenu par des raisons. Le débat ne vise donc pas à faire émerger un consensus immédiat, mais à mettre à l'épreuve les différentes conceptions, à identifier ce qui fait problème et à dégager les conditions de possibilité des solutions acceptées par la communauté scientifique.

La logique de fonctionnement d'un débat scientifique ne cultive pas le consensus. Au contraire, elle vise à mettre en lumière ce qui fait problème (des conceptions d'élèves différentes, des conceptions fragilisées quand elles sont portées à leurs limites) et à dégager les conditions de possibilité des solutions. Ce processus permet de développer chez les élèves des compétences argumentatives, une attitude réflexive et une compréhension plus profonde de la nature des savoirs scientifiques.

- ▶ **Joshua, S.** et **Dupin, J.-J.** (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.
- ▶ **Latour, B.** et **Woolgar, S.** (1988). *La vie de laboratoire*. Paris : La découverte.
- ▶ **Orange, C.**, **Fourneau, J.-C.** et **Bourbigot, J.-P.** (2001). Écrits de travail, débats scientifiques et problématisation à l'école élémentaire. *Aster*, 39, 111-133.
- ▶ **Popper, K.** (1985). *Conjecture et réfutations*. Paris : Payot (éd. originale 1963).

Démarche d'investigation scientifique

De nombreux pays font le postulat que l'enseignement des sciences est rendu plus efficace si les élèves sont mis en situation de vivre/revivre des démarches scientifiques mises en œuvre par les scientifiques chercheurs. La démarche par investigation (scientifique) est une démarche pédagogique pensée dans ce courant; cette démarche est très souvent prescrite dans les *curricula*. Ainsi que l'indique Bächtold (2012), la conception de l'investigation est une extension du processus cognitif (Piaget, Vygotski, Doise et Mugny, Bruner) par analogie avec l'activité scientifique telle qu'elle est pensée par Kuhn, Dewey, Bachelard, Popper, et par le rejet de l'inductivisme des épistémologues du XX^e siècle.

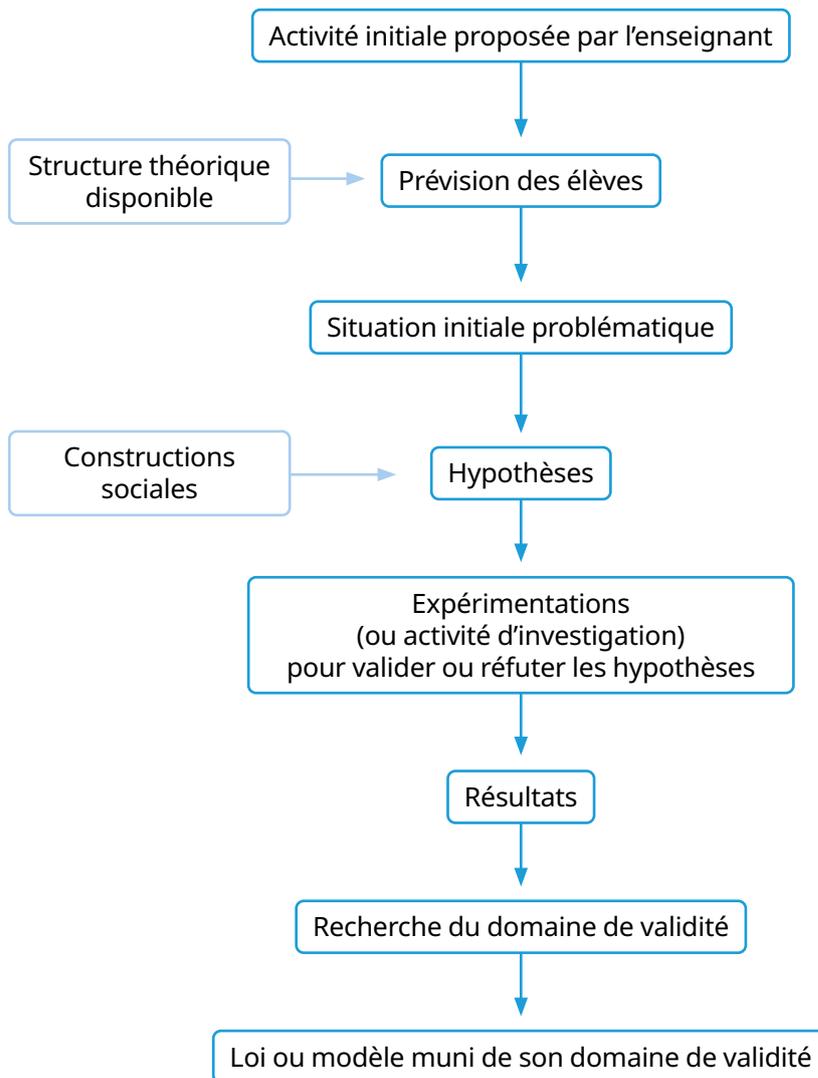
La démarche par investigation – Demounem et Astolfi (1996), Coquidé *et al.* (2009) parlent de démarche par investigation-structuration – sollicite une réflexion de la part des élèves qui ne sont plus simplement à l'écoute de leur enseignant(e) dans une démarche magistrale. Les élèves sont davantage acteurs dans leur apprentissage visant le travail et la résolution d'un problème scientifique. Ils expriment leurs idées préalables, formulent par exemple des hypothèses, participent à la stratégie de résolution du ou des problèmes, conçoivent des outils pour l'investigation et aboutissent à une conclusion tirée de l'analyse de résultats. C'est par la logique, l'analyse et un questionnement constant qu'ils acquièrent un savoir, des savoir-faire. **Le professeur ou la professeure devient alors un guide** qui travaille en amont et anticipe les questionnements potentiels de ses élèves et les outils qu'ils devront mettre en place.

La démarche d'investigation scientifique, telle que promue dans les *curricula* contemporains et dans le guide APPRENDRE, vise à placer l'élève dans une dynamique de recherche, où il ou elle construit activement des savoirs à partir de dispositif pensé. Cette démarche s'appuie sur la mobilisation de compétences variées (formulation d'hypothèses, expérimentation, analyse, argumentation) et implique une alternance entre phases individuelles et collectives, favorisant la confrontation des points de vue et la co-construction de savoir.

On peut représenter les étapes de la démarche d'investigation suivant le schéma ci-après avec :

- la phase de construction du problème à partir d'une situation initiale proposée par l'enseignant (☛ voir **Situation-problème**);
- la phase de résolution du problème par émission d'hypothèses à tester;
- la mise en œuvre d'expérimentations ou de recherches documentaires;
- l'analyse des résultats obtenus;

Schéma de la démarche



↑ Les flèches bleues symbolisent la succession des étapes de la démarche. Les étapes sont au centre de la page. Les flèches bleues pales symbolisent des éléments qui peuvent expliquer l'origine des hypothèses et des prévisions des élèves. Ces éléments explicatifs des origines des pensées des enfants sont situés sur la gauche du schéma.

- la confrontation des réponses possibles ;
- et la formulation d'une conclusion argumentée.

Il est à noter que selon le problème posé, certains moments prendront plus de temps que d'autres et que le processus ne sera pas nécessairement linéaire (il pourra y avoir des retours en arrière). La démarche d'investigation est donc un processus itératif, qui valorise l'erreur comme ressource et permet aux élèves de réajuster leurs stratégies et leurs conceptions au fil de l'avancée du travail.

- ▶ **Bächtold, M.** (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, 38, 7-39.
- ▶ **Coquidé, M., Fortin, C. et Rumelhard, G.** (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 49, 51-78.
- ▶ **Demounem, R. et Astolfi, J.-P.** (1996). *Didactique des sciences de la vie et de la Terre*. Paris : Nathan pédagogie, Perspectives didactiques [compte rendu].

Démarche scientifique

« *La finalité de la science est d'expliquer* » (Demounem et Astolfi, 1996, p. 87). Les démarches scientifiques sont donc avant tout des démarches explicatives des phénomènes naturels ou provoqués. Elles visent à construire des explications rationnelles et fondées, pour rendre intelligibles les phénomènes étudiés. Mais, comme l'écrit Jacob (1981, p. 29), « *contrairement à ce qu'on croit souvent, la démarche scientifique ne consiste pas simplement à observer, à accumuler des données expérimentales pour en déduire une théorie* ».

« *Les faits bruts, aussi nombreux soient-ils, restent muets et ne fournissent pas de théorie, pas d'explication, pas d'intelligibilité.* » (Jullien, 2020, p. 228)

« *On peut parfaitement examiner un objet pendant des années sans jamais en tirer la moindre observation d'intérêt scientifique. Pour apporter une observation de quelque valeur, il faut déjà, au départ, avoir une certaine idée de ce qu'il y a à observer. Il faut déjà avoir décidé ce qui est possible* » (Jacob, 1981, p. 29). La démarche scientifique suppose donc une activité de questionnement : les scientifiques s'engagent dans une confrontation permanente entre ce qui pourrait être et ce qui est, afin de construire une représentation du monde toujours plus proche de ce que nous appelons « la réalité » (*ibidem*).

À cela, ajoutons que les démarches scientifiques peuvent varier selon la logique qui les porte (Orange Ravachol, 2010). Nous pouvons distinguer deux grandes logiques :

1. **Une logique de réfutation** (Popper, 1985) caractérisée par la proposition et la filtration de la ou des solutions du problème explicatif. Le savoir construit au terme de la démarche comporte la ou les solutions du problème étayé par des arguments la ou les validant, autrement dit **tout ce qui leur a permis de résister à la discussion et à la mise à l'épreuve par l'expérimentation et l'observation**. Ce savoir résulte donc d'un tri parmi les solutions possibles. Les solutions retenues sont seulement vraisemblables et toujours susceptibles d'être réfutées : elles ne sont jamais définitivement vraies, mais peuvent toujours être remises en question.

Cette logique de démarche scientifique est souvent décrite en termes d'étapes.

2. **Une logique de problématisation** (☛ voir **Problématisation**). Comme dans la logique de réfutation, le savoir scientifique comporte la ou les solutions du problème explicatif, avec les caractéristiques que nous avons précisées ci-dessus. Mais **il contient aussi les conditions de possibilité de ces solutions**. Les solutions acceptables sont alors doublement dépendantes : elles répondent à des nécessités internes (liées à la cohérence du modèle explicatif) et elles sont à l'épreuve de l'empirie (expérience, observation, documentation). On peut se référer par exemple au problème explicatif du mouvement du membre supérieur et aux nécessités construites (et constitutives du savoir) lors de la démarche : pour que le mouvement se fasse, il faut que « ça (les os) tienne », que « ça ne bloque pas », que « ça ne bouge pas dans tous les sens ». (Orange et Orange Ravachol, 2007)

Ce que l'on pourrait qualifier de démarche scientifique est un processus rigoureux, permettant aux scientifiques d'explorer, d'expliquer les phénomènes naturels ou provoqués et de travailler ainsi leurs questions de recherche.

- ▶ **Demounem, R.** et **Astolfi, J.-P.** (1996). *Didactique des sciences de la vie et de la Terre*. Paris : Nathan.
- ▶ **Jacob, F.** (1981). *Le jeu des possibles*. Paris : Fayard.
- ▶ **Jullien, V.** (2020). Ce que peuvent les sciences. Éditions Matériologiques. <https://doi.org/10.3917/edmat.julli.2020.01>
- ▶ **Orange, C.** et **Orange Ravachol, D.** (2007). Problématisation et mise en textes des savoirs scolaires : le cas d'une séquence sur les mouvements corporels au cycle 3 de l'école élémentaire. *Actes des cinquièmes rencontres scientifiques de l'ARDIST. La Grande Motte*, octobre 2007.

- ▶ **Orange Ravachol, D.** (2010). Collaboration chercheur didacticien/enseignant et choix de l'enseignant en situation scolaire : une étude de cas en Sciences de la Terre. *Recherches en éducation*.
- ▶ **Orange, C.** (2010). Étude des situations « forcées » : quelles méthodes pour les recherches didactiques s'appuyant fortement sur les productions des élèves et de la classe? *Actes du congrès de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)*, Genève.
- ▶ **Popper, K. R.** (1985), *Conjectures et réfutations*. Paris : Payot (1972).

Erreur

Généralement, l'erreur est définie comme une opinion, un jugement contraire à la vérité, une maladresse, ou la différence entre la valeur exacte d'une grandeur et la valeur donnée par la mesure. L'erreur implique donc les notions de vérité et d'écart.

L'erreur en situation d'enseignement-apprentissage se manifeste lorsque l'élève ne parvient pas à produire une réponse correcte ou attendue selon les critères définis par l'enseignant (et les programmes). Cette divergence peut être causée par des facteurs tels que des lacunes dans les connaissances préalables, des malentendus conceptuels, des erreurs de raisonnement, des problèmes de concentration ou de compréhension, ou simplement des tentatives inachevées d'exploration et d'expérimentation. L'erreur révèle non pas l'inaptitude de l'élève, mais soit l'existence d'un savoir incomplet, mal consolidé, soit une autre manière d'expliquer ou de penser.

Quelques caractéristiques de l'erreur en situation d'enseignement-apprentissage (et ses intérêts) :

- **Nature constructive** : les erreurs peuvent être considérées comme des opportunités d'enseignement et d'apprentissage, soit car elles permettent aux apprenants de reconnaître et de corriger leurs lacunes, soit car elles permettent de se dégager de la pensée commune et de développer une compréhension plus profonde des concepts scientifiques, et de renforcer leurs compétences métacognitives.
- **Inévitabilité** : les erreurs sont une partie naturelle du processus d'enseignement et sont souvent inévitables, en particulier lors de l'acquisition de nouvelles connaissances ou compétences.
- **Feedback** : Les erreurs fournissent des informations précieuses aux enseignants et aux apprenants sur les besoins d'enseignement-apprentissage, les lacunes conceptuelles, la nécessité d'adopter d'autres explications et les domaines à renforcer. Elles peuvent être utilisées comme base pour fournir un feedback constructif et des interventions pédagogiques ciblées.

- **Opportunités d'enseignement** : les erreurs peuvent stimuler la réflexion critique, encourager l'exploration de nouvelles stratégies et favoriser le développement de la résilience et de la persévérance chez les apprenants.

Une erreur classique lorsqu'on travaille en SVT à propos du rôle des muscles dans la locomotion est de penser que les muscles sont « attachés » aux os sur lesquels ils se trouvent. Cette erreur peut être travaillée de différentes manières, par exemple en tentant de modéliser pour voir si cette erreur marche avec une maquette analogique, ou en la confrontant à la réalité, avec précaution quant à la transposition de l'homme à un autre animal, lors de l'observation d'une patte de lapin, par exemple.

► **Astolfi, J.-P.** (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF Éditeur.

La démarche « La main à la pâte »

La démarche « La main à la pâte » est une démarche qui a été proposée dans un contexte de valorisation et de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie en France dans les années 1995-2005. L'opération *La main à la pâte* de 1996 (Nouviale, M., 1999) promeut une pratique active et raisonnée des sciences et de la technologie centrée sur une démarche d'investigation tout en mettant en exergue l'importance du langage et de l'expérimental dans la construction de savoirs en sciences.

Par exemple, en SVT, la situation de départ doit être ancrée dans les exigences du programme mais susciter la curiosité et un questionnement productif des élèves. Par exemple : « Les espèces de chiens actuelles découlent d'une autre espèce de canidés : le loup. Or les diversités de morphologie et le caractère social des chiens n'ont rien à voir avec leur ancêtre sauvage : comment expliquer ces diversités ? ».

Ainsi, la situation initiale peut-elle générer des questionnements et un problème scientifique que l'on peut formuler ainsi : Quelle est l'origine de la diversité au sein d'une espèce ?

Les hypothèses formulées/les explications données par les élèves devraient reposer sur la mutation génétique de l'ADN. Si un ou des gènes sont modifiés au sein d'une espèce cela peut sans doute expliquer la diversité au sein de cette même espèce. Cette solution peut être raisonnablement envisagée et donc va être soumise à l'investigation.

Pour être validée, l'hypothèse doit être testée à travers une série d'investigations (par exemple sur la génétique moléculaire et l'évolution mais aussi au travers d'exercices d'analyse réalisés lors d'une séance de TP sur l'origine et la diversité des allèles).

Suite à cette investigation, un échange argumenté a lieu : le professeur va mettre les élèves dans une posture de réflexion et d'analyse des données reçues. Cette phase génératrice de questionnements doit permettre aux élèves de formuler de nouvelles hypothèses. La mise en commun des résultats de chaque groupe permet la confrontation et la comparaison. Les divergences observées peuvent être prétexte à un débat et à l'élaboration ou au recours à des expériences (documentations) complémentaires visant à préciser les réponses. La conclusion doit pouvoir confirmer ou infirmer l'hypothèse de départ et donc répondre à la question de départ qui aboutit à la rédaction d'un bilan écrit.

On peut imaginer une évaluation formative qui peut se faire de diverses manières pour vérifier les acquis des élèves : à partir d'exercices, de quiz, sous format de bilan, avec des cartes mentales etc.

La démarche « La main à la pâte » met ainsi l'accent sur l'activité effective des élèves, la formulation de questions, l'expérimentation, l'argumentation collective et la construction progressive des savoirs, conformément aux propositions actuelles en didactique des sciences et aux orientations du guide pour le formateur.

Un livre sur les démarches d'investigation qui fait référence en didactique des sciences :

- ▶ **Calmettes, B.** (2012). *Didactique des sciences et démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation.* Paris : L'Harmattan.

Pour aller plus loin dans la réflexion sur la démarche d'investigation :

- ▶ **Cariou, J.-Y.** (2013). Démarche d'investigation : en veut-on vraiment ? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique. *RDST*, 7, 137-166.
- ▶ **Develay, M.** (1989). Sur la méthode expérimentale. *Aster*, 8, 3-16.
- ▶ **Nouviale, M.** (1999). La « Main à la pâte ». Des chercheurs en culottes courtes à la découverte des sciences. *Échanger*, 41. IUFM de Nantes. <https://fondation-lamap.org/a-l-international/l-action-internationale-de-la-main-a-la-pate>

Modèle et modélisation

L'objet des sciences n'est pas de décrire le fonctionnement de la réalité mais d'élaborer des outils de pensée et de langage rationnels permettant d'expliquer, d'interpréter et de prévoir le mieux possible cette réalité. Ainsi, les chercheurs construisent des modèles pour être capables de dire : « tout se passe comme si » et non « tout se passe ainsi ».

Pour Soler (2000, p. 45), un modèle est un « *cadre représentatif, réalisé et ouvert, reconnu approximatif et schématique, mais jugé fécond par rapport à un but donné* ». Un modèle doit permettre de comprendre le réel par un intermédiaire plus connu ou plus accessible à la connaissance ; ce substitut a parfois pour fonction, non pas d'expliquer un processus, mais d'en calculer les variations ou de faire des prévisions, alors même que le réel étudié garde son statut de « boîte noire ». (Drouin, 1988, p. 12). Pour définir un modèle, on peut en donner les principales caractéristiques (Bouard et al., 2022).

- Un modèle est la « *construction intellectuelle de quelque chose* » (Soler, 2013, p. 183). C'est le « *modèle d'un certain "objet"* » (*ibid.*) mais « *sciemment et délibérément infidèle à ce qu'il modélise* » (*ibid.*) ce qui lui permet de remplir sa fonction d'outil efficace pour résoudre des problèmes. Il est donc nécessaire de bien identifier le phénomène modélisé (Justi et Gilbert, 2002) et distinguer le modèle de la réalité en repérant notamment les aspects du réel qui sont laissés de côté (Morge et Doly, 2013).
- Un modèle sert à décrire, expliquer et prévoir (Robardet et Guillaud, 1997) et est considéré comme valide lorsque les prévisions qu'il permet de faire correspondent aux observations et aux mesures effectuées sur la portion de réalité modélisée (Morge et Doly, 2013).
- Un modèle est hypothétique, modifiable et pertinent pour un champ expérimental donné (Martinand, 2002). Il a un domaine de validité (Soler, 2013).
- Un modèle peut être symbolisé, ce qui lui confère parfois un aspect plus concret (Méheut et Chomat, 1990).
- Un même modèle est capable de rendre compte de plusieurs phénomènes différents (Soler, 2013).
- Une même situation expérimentale peut être analysée selon différents modèles (Soler, 2013).

Ces caractéristiques sont résumées dans le tableau suivant (à partir de Bouard *et al.*, 2022) :

Lien « Modèle-Phénomène modélisé »	<ul style="list-style-type: none"> → est le modèle d'un phénomène. → laisse certains aspects du réel de côté.
Pluralité	<ul style="list-style-type: none"> → modélise plusieurs phénomènes et possède un caractère unificateur. → phénomène peut être modélisé par plusieurs modèles.
Efficacité	<ul style="list-style-type: none"> → peut être symbolisé. → a un caractère explicatif. → a un caractère prédictif.
Localité	→ a un domaine de validité.

La modélisation est alors un processus qui consiste à créer le modèle en lien avec un phénomène que l'on cherche à expliquer (ou situation réelle). Le modèle peut prendre plusieurs formes et se faire à l'aide de techniques diverses.

En s'inspirant du schéma de la dynamique de la modélisation scientifique de Walliser (1977), plusieurs didacticiens des sciences ont adapté ce processus à l'éducation scientifique, parmi lesquels Martinand (1996), Orange (1997), Tiberghien (2017) et Kermen (2018). Martinand (1996) propose un schéma de la modélisation pour les Sciences Physiques qui décrit la tâche ou le problème qui implique la modélisation et auquel l'élève est confronté dans son processus d'apprentissage. Des exemples précis sont proposés dans le livre d'Orange (1997) en ce qui concerne les Sciences de la Vie et de la Terre. En Sciences Physiques et Chimiques, Bouard, Canac et Kermen (2022) proposent une démarche de modélisation en contexte scolaire nécessitant de faire travailler explicitement les différentes caractéristiques d'un modèle. Pour cela, ils ont transposé les caractéristiques générales d'un modèle au cas de la réaction chimique dans les différentes acceptions d'Adúriz-Bravo (2013) : construction, apprentissage, application et amélioration du modèle.

- ▶ **Bouard, R., Canac, S. et Kermen, I.** (2022). Modélisation des transformations chimiques : Mise en regard d'un programme et de pratiques enseignantes. *Recherches en didactique des sciences et des technologies (RDST)*, 25, 69-100.
- ▶ **Drouin, A.-M.** (1988). Le modèle en question. *Aster*, 7, 1-20.
- ▶ **Kermen, I.** (2018). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée - Savoirs et modèles, raisonnements d'élèves, pratiques enseignantes* (Presses Universitaires de Rennes).
- ▶ **Martinand, J.-L.** (1996). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- ▶ **Orange, C.** (1997). *Problèmes et modélisation en biologie. Quels apprentissages pour le lycée ?* Paris : PUF.
- ▶ **Soler, L.** (2013). Qu'est-ce qu'un modèle scientifique ? Des caractéristiques du modèle qui importent du point de vue de l'enseignement intégré de science et de technologie. *Spirale*, 52, 177-214.
- ▶ **Tiberghien, A.** (2017). Modélisation des savoirs dans la classe en didactique de la physique. *Recherches en éducation*, 29, 72-87.
- ▶ **Walliser C.** (1977). *Systèmes des modèles*. Paris : Éditions du Seuil.

■ Modèles scientifiques scolaires

C'est une version que l'on trouve dans les programmes d'enseignement, issue d'une transposition didactique d'un modèle scientifique de référence (Adúriz-Bravo, 2013).

- ▶ **Adúriz-Bravo, A.** (2013). A "Semantic View" of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, vol. 22, 7, 1593-1611.

■ Modèles enseignés

Modèle développé par un enseignant ou un élève dans le contexte de la classe, qui peut être différent du modèle curriculaire (Gilbert, J. K., Boulter, C. J. et Elmer, R., 2000).

- ▶ **Gilbert, J. K., Boulter, C. J. et Elmer, R.** (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert et C. J. Boulter (Éd.), *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Springer Netherlands.

■ Modèle pédagogique/didactique

☛ Voir aussi [Triangles pédagogique et didactique](#).

« Les pratiques pédagogiques de chaque enseignant peuvent être analysées en référence aux caractéristiques des notions qu'il enseigne (et des programmes dans lesquelles elles s'insèrent), ainsi qu'aux spécialités de chaque établissement ou groupe-classe. Mais ces pratiques renvoient également à un modèle pédagogique, souvent implicite, lequel oriente la façon dont un enseignant se propose de construire le savoir de ses élèves, ainsi que les modalités de ses interventions dans la classe.

Parler de modèle ne signifie pas ici que l'on introduit l'idée d'une norme (comme dans l'expression leçon-modèle par exemple), mais plutôt que l'on cherche à modéliser ces pratiques, pour en dégager une cohérence qui peut ne pas apparaître au premier abord. »

► [Astolfi, J.-P. et al. \(1997\). Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies. Bruxelles : De Boeck Université. p. 101.](#)

Niveau de formulation et registre de formulation

Un niveau de formulation caractérise la manière dont la langue est structurée et utilisée à différents degrés de complexité. Cela inclut la sélection de vocabulaire (termes), l'organisation syntaxique, la précision et la clarté des énoncés, ainsi que l'adéquation au contexte et au public ciblé. Les niveaux de formulation peuvent varier de la langue simple et accessible à une langue complexe et technique, selon les compétences des apprenants ou des exigences de la situation de communication.

Pour les SVT, un niveau de formulation (d'un concept) est donc lié fortement au vocabulaire utilisé (parle-t-on d'intestin, puis d'intestin grêle... puis de duodénum, jéjunum et iléon, etc.?), du style de phrase, et à la précision attendue selon le niveau des élèves.

En SVT, et toujours à titre d'exemple, à propos du mode de naissance des animaux, il est possible de passer d'un niveau de formulation « Certains animaux sortent du ventre de leur mère ; d'autres sortent d'un œuf » ; à un autre niveau : « Les animaux vivipares se développent dans le ventre de leur mère et se nourrissent grâce notamment à un placenta ; les animaux ovipares se développent dans un œuf et grâce à un ensemble de réserves nutritives contenues dans cet œuf. »

Les registres de formulation correspondent à des variations dans le choix des mots, la construction des phrases et le style général de communication en fonction du contexte et de l'audience. Les registres de formulation comprennent les niveaux de langue tels que le registre familier, courant, soutenu, et technique, chacun ayant des caractéristiques distinctes en termes de vocabulaire, de syntaxe, de ton et de formalité.

On distingue principalement les types de registres suivants :

- **Registre familier** : utilisé dans des contextes informels, avec des amis ou des proches. Il est caractérisé par l'usage de slang (argot, langage familier), de contractions, et d'un ton décontracté.
- **Registre courant (ou standard)** : utilisé dans des contextes quotidiens et neutres, approprié pour des communications professionnelles ou académiques non spécialisées. Il est clair, direct et accessible.
- **Registre soutenu** : utilisé dans des contextes formels et cérémonieux, souvent dans des discours officiels, des écrits académiques ou littéraires. Il est caractérisé par un vocabulaire riche, une syntaxe complexe.
- **Registre technique** : utilisé dans des contextes spécialisés, comme des discussions scientifiques, médicales ou professionnelles. Il est marqué par l'utilisation de terminologies spécifiques et une grande précision.

- ▶ **De Vecchi, G.** (1990). La construction du savoir scientifique passe par une suite de ruptures et de remodelages. *Recherche et Formation*, 7, 35-36.
- ▶ **Reuter, Y., Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre-Derville, I.** et **Lahanier-Reuter, D.** (2013). Item « Niveaux de formulation ». *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. Bruxelles : De Boeck.

Objectif-obstacle

Pour organiser des situations d'apprentissage visant le dépassement d'un obstacle, il est nécessaire d'identifier précisément ce qui fait obstacle à l'apprentissage et de s'interroger sur les conditions de son dépassement par les élèves, au niveau d'enseignement considéré.

Les travaux en didactique qui portent sur les représentations (conceptions) des élèves permettent d'entreprendre ce repérage des obstacles. Comme l'écrit Astolfi

(2008, p. 146), dans un cadre constructiviste, l'essentiel d'une formation intellectuelle correspond à des objectifs de transformation des représentations, des explications et des interprétations, « *déjà fonctionnelles dans la tête des élèves et (qui) correspondent aux modèles explicatifs qu'ils sont capables de mobiliser* ». Ces objectifs sont appelés objectifs-obstacles. Ils ont été introduits en didactique des sciences physiques par Martinand (1986). Ainsi, l'apprentissage n'est-il plus à voir comme un processus de comblement de l'ignorance de l'élève, mais comme un processus de déconstruction-reconstruction de ses systèmes explicatifs.

Dans le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation, les conceptions des élèves relèvent de l'opinion, des idées premières, de la connaissance commune. Accorder une importance au travail des problèmes (☛ voir **Problématisation**), c'est faire passer l'élève d'une conception vue comme une opinion à un savoir raisonné (☛ voir **Apodictique et savoir apodictique**). Il ne s'agit pas simplement de travailler les représentations pour en changer, mais de les travailler pour en identifier, par une explicitation et une étude critique, les raisons qui les sous-tendent.

Exemples d'objectif-obstacle

- Faire passer les élèves d'une conception vitaliste ou « magique » de la nutrition et de la croissance des végétaux à une conception en termes de flux de matière et de transformations chimiques.
- Montrer qu'un gaz est de la matière par exemple en le pesant, en le déplaçant d'un récipient à un autre, etc.

- ▶ **Astolfi, J.-P.** (2008). *La saveur des savoirs. Disciplines et plaisir d'apprendre*. Paris : ESF Éditeur.
- ▶ **Martinand, J.-L.** (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.

Obstacle à l'apprentissage

« *L'idée d'obstacle entretient évidemment des relations avec celle de représentations ou de conceptions des élèves, mais on peut la décrire comme plus forte. Ce n'est pas seulement que les élèves pensent différemment et que l'on peut identifier leur logique cognitive, c'est qu'il existe une certaine nécessité au maintien de ce système de pensée. On peut dire que l'obstacle présente un caractère plus général et plus transversal que la représentation : il est ce qui, en profondeur, l'explique et la stabilise. Diverses*

représentations, qui portent sur des notions sans lien apparent, peuvent en effet apparaître, à l'analyse, comme les points d'émergence d'un même obstacle. » (Astolfi et Peterfalvi, 1993, p. 106).

Les obstacles à l'apprentissage sont donc à voir comme des connaissances, des conceptions et des modes de pensée d'un individu qui, bien qu'efficaces et cohérents dans la vie courante, peuvent empêcher l'appropriation d'explications scientifiques. Ces obstacles sont souvent enracinés dans l'expérience quotidienne, la culture ou les usages langagiers, et se manifestent par une résistance au changement conceptuel.

En SVT, par exemple, on peut penser, en raison notamment des pratiques de jardinage (arrosage, etc.), que les plantes se nourrissent par les racines (**Conception 1**). Cette conception fait obstacle à la compréhension de leur nutrition comme transformation par la photosynthèse de matières minérales - dont le dioxyde de carbone - en matière végétale (**conception 2**).

En sciences physiques et chimiques, le fait de ne pas considérer les gaz comme de la matière (conception), et donc n'ayant pas de masse, va empêcher la construction du concept de combustion comme une transformation chimique (obstacle).

En physique, le fait de relier la force à la vitesse et non à l'accélération (conception), sera un obstacle à l'établissement du bilan des forces s'exerçant sur un objet.

Identifier et traiter les obstacles à l'apprentissage est un enjeu central de la didactique des sciences, car cela permet de concevoir des situations d'apprentissage qui favorisent le dépassement des conceptions initiales et l'accès à des savoirs scientifiques.

- ▶ **Astolfi, J.-P.** et **Peterfalvi, B.** (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16, 106.

Obstacle épistémologique

« Quand on cherche les conditions psychologiques des progrès de la science, on arrive bientôt à cette conviction que c'est en termes d'obstacles qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique. » (Bachelard, 1938, p. 13).

« C'est dans l'acte même de connaître, intimement, qu'apparaissent, par une sorte de nécessité fonctionnelle, des lenteurs et des troubles. C'est là que nous montrerons des causes de stagnation et même de régression, c'est là que nous décèlerons des causes d'inertie que nous appellerons des obstacles épistémologiques. (...) En fait, on connaît

contre une connaissance antérieure, en détruisant des connaissances mal faites, en surmontant ce qui, dans l'esprit même, fait obstacle à la spiritualisation. » (Ibidem, pp. 13-14).

Bachelard utilise le terme d'« **obstacle épistémologique** » pour désigner cette connaissance antérieure qui empêche d'apprendre.

Bachelard identifie plusieurs catégories d'obstacles épistémologiques généraux tels que l'expérience première, le substantialisme, l'animisme, etc. G. Canguilhem en distingue des plus spécifiques à la biologie comme l'anthropomorphisme ou le finalisme.

► **Bachelard, G.** (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : PUF.

Problématisation

Le cadre de l'apprentissage par problématisation en Sciences de la Vie et de la Terre (SVT) s'est développé en s'appuyant sur les travaux d'épistémologues tels que Popper et Bachelard.

Il repose sur l'idée que la science a pour but d'expliquer ou de rendre raison du monde dans lequel nous vivons. Le travail des problèmes explicatifs est donc central : le savoir scientifique fournit des explications raisonnées, soumises aux critiques théoriques et empiriques. Ainsi, les problèmes dont s'occupent les SVT ne sont pas, contrairement à la vie courante, des soucis à éviter ou dont on se débarrasse mais des défis intellectuels à relever pour construire de nouveaux savoirs. Cependant, ces problèmes n'apparaissent pas d'eux-mêmes : ils sont construits. Leur travail ne se résume pas à leur résolution et ne disparaît pas avec elle. C'est bien le problème et ses rapports avec les solutions possibles et impossibles qui constituent le savoir scientifique.

Ainsi le travail de problématisation est-il à voir comme un processus dynamique fait d'« ouvertures » et de « fermetures » : ouverture vers des possibles explicatifs, analyse critique de ces solutions possibles (dans des moments de débat sur ces solutions possibles, avec production importante d'argumentations) en mettant en cohérence des conditions de possibilité des explications (nécessité sur les modèles) et des contraintes empiriques dans le cadre partagé d'un type d'explication (registre explicatif), fermeture vers certains possibles explicatifs qui vont être retenus parce que des raisons ont été élaborées qui font qu'on va garder ceux-ci et qu'on ne va pas retenir les autres.

Dans ce processus, il convient de noter que les éléments du registre empirique ne sont pas constitués une fois pour toutes, *a priori* : ils sont identifiés et construits lors du travail du problème. Contrairement à un point de vue empiriste, le registre empirique est construit par l'élève qui s'engage dans un processus de problématisation (c'est-à-dire de travail d'un problème).

Les sciences de la vie et les sciences de la Terre ont en commun d'avoir une double dimension, fonctionnaliste et historique, et donc un rapport particulier au temps.

- **La problématisation fonctionnaliste** (nutrition, explication du volcanisme actuel) s'emploie à construire des nécessités fonctionnelles par la construction et la mise en tensions de plusieurs registres (empirique, explicatif, modèles) en mobilisant éventuellement le temps humain (chronologie, durée, simultanéité).
- **La problématisation historique** établit et articule de tels registres, avec une prise en compte du temps qui se complexifie. En effet, l'histoire de la vie et de la Terre ne se réduit pas à de la chronologie et à de la durée, aussi longue soit-elle. Il est nécessaire de mobiliser des garde-fous pour éviter des reconstitutions *ad hoc* (de « petites histoires ») de la Terre et des vivants ; le principe d'actualisme en est un exemple.

- ▶ **Doussot, S., Hersant, M., Lhoste, Y. et Orange Ravachol, D.** (dir.) (2022). *Le cadre de l'apprentissage par problématisation. Apports aux recherches en didactique*. Rennes : PUR.
- ▶ **Orange Ravachol, D.** (2012). *Didactique des SVT, Entre phénomènes et événements*. Rennes : PUR, Collection Paideia.
- et **Beorchia, F.** (2011). Principes structurants et construction de savoirs en Sciences de la Vie et de la Terre. *Éducation & Didactique*, vol. 5, n° 1, 7-27.

Problème

■ D'un point de vue épistémologique

En science, la notion de problème, et plus précisément celle de problème explicatif, est essentielle, car, comme l'écrit Jacob (1981, p. 29), « *Il s'agit toujours d'expliquer le monde visible par des forces invisibles, d'articuler ce qu'on observe sur ce qu'on imagine* ». Le problème relatif à l'explication d'objets ou de phénomènes naturels donne ainsi sens à la démarche scientifique.

Exemples de problèmes explicatifs

- └ **En SVT** : Comment fonctionne un volcan ? Comment se nourrissent les plantes ?
- └ **En chimie** : Comment se solubilisent les solides dans l'eau ?
- └ **En physique** : Comment se forment les mirages ?

Les SVT conjuguent l'étude de deux grands types de problèmes explicatifs :

- ① **Des problèmes fonctionnalistes**, qui concernent le fonctionnement des systèmes vivants (physiologie, biologie cellulaire, etc.) et celui de la Terre (géodynamique interne, géodynamique externe, etc.);
- ② **Des problèmes historiques**, qui s'intéressent à la reconstitution de l'histoire des êtres vivants ou à celle du passé de la Terre.

■ D'un point de vue didactique

Pour l'élève, le problème explicatif qu'il doit prendre en charge ne fait pas automatiquement problème pour lui. Il y a vraiment problème pour l'élève :

- lorsqu'une donnée, ou une observation ne correspond pas à ce qu'il attend ;
- ou lorsqu'il ne pense pas la même chose qu'un autre ou lorsque deux idées explicatives coexistent dans la classe ;
- ou lorsqu'il n'a pas d'explication immédiate.

Une situation déclenchante s'appuie sur un fait, un phénomène observable, etc. qui fait problème pour l'élève et permet de l'enrôler dans un processus d'apprentissage. Une question qui interpelle l'élève peut constituer une situation déclenchante.

- ▶ **Gould, S.J.** (1991). *La vie est belle*. Paris : Éditions du Seuil.
- ▶ **Jacob, F.** (1981). *Le jeu des possibles*. Paris : Fayard.
- ▶ **Mayr, E.** (1989). *Histoire de la biologie*. Paris : Fayard.

Raisonnements mobilisés en sciences

■ Raisonnement linéaire / raisonnement systémique

Le **raisonnement linéaire** est le mode de raisonnement le plus courant et le plus aisément mis en œuvre. Il enchaîne des phénomènes qui découlent les uns des autres « logiquement », dans le cadre explicatif de l'individu. La relation entre deux phénomènes successifs relève à la fois d'une succession chronologique (« et puis ») et d'un rapport de causalité (« donc ») (*Post hoc, ergo propter hoc* : « à la suite de cela, donc à cause de cela »). Ce type de raisonnement correspond à une « mise en histoire », qui peut faire obstacle à la construction de savoirs scientifiques.

La science qui s'intéresse aux systèmes est appelée systémique. Contrairement à une approche réductionniste, qui considère le système comme une juxtaposition de différentes parties et explique son fonctionnement à partir de ses constituants élémentaires, une approche systémique tente d'appréhender l'ensemble du fonctionnement d'un système et les interactions complexes entre ses différentes parties. Il en est de même d'un **raisonnement systémique**. Ce type de raisonnement porte, par exemple, sur un système vivant (un organisme comme une plante ou un animal) vu comme un tout, avec des relations entre ses parties (transmission d'informations, feedback), ou selon un modèle à compartiments (fonctionnement en entrée-sortie).

En SVT, le travail du problème de l'approvisionnement des organes d'un être humain en petites molécules organiques et de l'élimination de leurs déchets azotés, ou encore celui du fonctionnement d'une dorsale océanique oblige les élèves à se défaire d'un raisonnement linéaire pour adopter un raisonnement systémique. Il en est de même de problèmes portant sur le fonctionnement des écosystèmes étudiés dans le cadre de l'EDD (Éducation au développement durable).

En physique, le raisonnement linéaire amène les élèves à voir le déplacement du courant avec un début et une fin dans le circuit électrique, à considérer un amont et un aval pour chaque dipôle, ce qui empêche le raisonnement sur l'ensemble du circuit.

- ▶ **Bruner, J.** (2002). *Pourquoi nous racontons-nous des histoires*. Paris : Retz.
- ▶ **Orange Ravachol, D.** (2007). Des mises en histoire aux savoirs scientifiques : le cas de lycéens confrontés à quelques problèmes de tectonique des plaques. *Aster*, 44, 41-68.
- ▶ **Orange, C.** et **Orange, D.** (1995). Géologie et biologie : analyse de quelques liens épistémologiques et didactiques. *Aster*, 21, 27-49.

- ▶ **de Rosnay, J.** (1975). *Le Macroscopie : Vers une vision globale*. Paris : Éditions du Seuil.
- ▶ **Viennot, L.** (1993). Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique. *Didaskalia*, 1, 13-27.

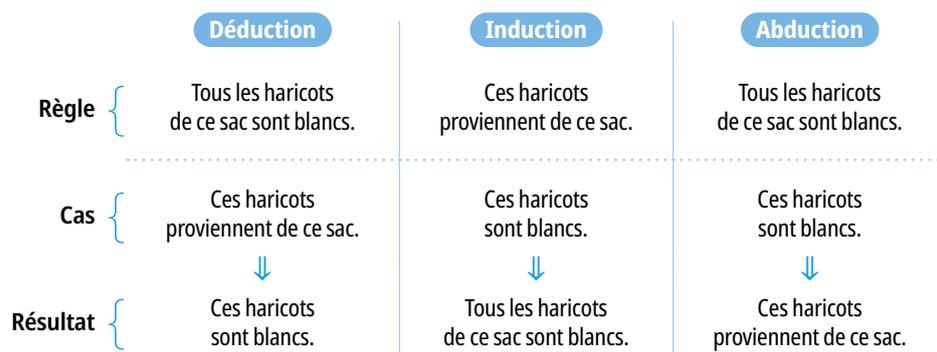
■ **Autres raisonnements mobilisés : déductif, inductif, abductif, analogique**

Le **raisonnement déductif** consiste à se demander : « si cela est vrai, qu'est-ce que cela implique ? ». C'est la formation au « si ... alors ». Le modèle explicatif se justifie lui-même en tant que règle. Ce type de raisonnement est très utilisé en mathématiques. On le retrouve dans la démarche d'investigation entre l'hypothèse et l'expérimentation pour la valider (par exemple : « si le gaz est de la matière alors il doit avoir une masse »).

Le **raisonnement inductif** correspond à la généralisation d'observations répétées. Par exemple en physique, on généralise en une loi les mesures de tension et d'intensité effectuées aux bornes d'un conducteur ohmique. Dans la démarche d'investigation, on généralise les différentes expérimentations effectuées pour valider l'hypothèse.

L'**abduction** est le processus de formation d'hypothèses explicatives. Le raisonnement par abduction n'aboutit pas à une vérité, mais apporte une hypothèse probable qu'il faudra explorer et vérifier (phase de formulation d'hypothèses dans la démarche d'investigation qu'il faudra ensuite valider ou invalider).

Peirce illustre ces trois raisonnements à partir des exemples ci-dessous :



Dans le **raisonnement par analogie**, pour résoudre un problème donné, un sujet se réfère à un autre problème qu'il connaît mieux. Il y a mise en relation d'un domaine-cible (le problème nouveau posé) et d'un domaine de référence. La mise en correspondance n'est possible que si les deux domaines présentent des ressemblances (entre systèmes, grandeurs, propriétés, etc.). En électricité, Bécu-Robinault, (2007) a proposé d'utiliser l'analogie pour l'enseignement de l'électrocinétique au collège en France.

- ▶ **Bécu-Robinault, K.** (2007). Utilisation d'une analogie pour l'enseignement de l'électrocinétique en classe de 5^e de collège en France (niveau 7). In *Cinquièmes rencontres de l'ARDIST* (pp. 33-40).
- ▶ **Roudaut, F.** (2017). Comment on invente les hypothèses : Peirce et la théorie de l'abduction. *Cahiers philosophiques*, 150(3), 45-65.

Réalité ou Registre empirique ou Fait courant / scientifique

Pour Martinand (2014), le référent empirique est constitué d'objets et de phénomènes mais aussi de connaissances sur les objets. Il distingue trois catégories dans le référent empirique :

- **La phénoménographie** : description première de la situation expérimentale construite à partir de connaissances déjà-là.
- **La phénoménotechnique** : ensemble de règles à respecter pour conduire des expériences.
- **La phénoménologie** : description seconde qui résulte de l'application du modèle une fois qu'il est construit.

En chimie, Kermen (2018) distingue dans le registre empirique :

- **La réalité perçue** qui correspond à une description de la réalité en termes de concepts quotidiens : objets (un solide rouge, un liquide incolore, etc.) et événements (formation de bulles, de fumée, etc.).
- **La réalité idéalisée** qui correspond à une description de la réalité à partir de concepts scientifiques (les substances chimiques mélangées, les quantités de matière, le type de transformation se produisant, etc.).

Les philosophes des sciences distinguent le fait courant du fait scientifique. Le fait scientifique se construit (Germann, 2016). Il correspond à une interprétation du réel. C'est un fait brut mis en forme en faits scientifiques « *montrables, communicables, interprétables, reproductibles, etc.* » (Germann, 2016, p. 161). Pour Jullien (2020, p. 16), il existe des faits ayant un rapport avec les sciences mais qui ne sont pas scientifiques. Par exemple : « un caillou tombe vers le sol ». Le scientifique va transformer le fait brut en fait scientifique par une large gamme d'activités telles que la formulation d'hypothèses, l'usage d'analogies, le classement, la modélisation, etc. Le fait brut devient alors un fait scientifique : « un caillou tombe vers le sol conformément à l'action d'une force d'attraction mutuelle ». Les faits scientifiques proviennent de l'observation ou d'expériences mais ne vont pas de soi. Il s'agit de phénomènes ou d'événements sélectionnés et observés en fonction de leur pertinence au modèle et qui ne prennent sens qu'à travers le cadre théorique utilisé (Germann, 2016). Jullien (2020, p. 245), citant Koyré, indique qu'une collection de faits ne constitue pas une science : les faits doivent être « *ordonnés, triés, expliqués, interprétés. C'est seulement quand elle est soumise à un traitement théorique qu'une connaissance des faits devient une science.* ». Les données de l'observation et de l'expérience ne sont donc jamais neutres, elles sont toujours « chargées de théorie ». De plus, « *les sciences ne se contentent pas de transformer des faits grossiers en faits théoriques, elle en crée de toutes pièces* » (Jullien, 2020, p. 30).

- ▶ **Germann, B.** (2016). *Apports de l'épistémologie à l'enseignement des sciences*. Éditions Matériologiques.
- ▶ **Jullien, V.** (2020). *Ce que peuvent les sciences*. Éditions Matériologiques.
- ▶ **Kermen, I.** (2018). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée Savoirs et modèles, raisonnements d'élèves, pratiques enseignantes* (Presses Universitaires de Rennes).
- ▶ **Martinand, J.-L.** (1994). *La didactique des sciences et de la technologie et la formation des enseignants*.

Rupture (épistémologique)

« *Quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit n'est jamais jeune. Il est même très vieux, car il a l'âge de ses préjugés. Accéder à la science, c'est, spirituellement, rajeunir, c'est accepter une mutation brusque qui doit contredire un passé.* » (Bachelard, 1938, p. 13).

Pour Bachelard, l'accès aux savoirs n'est donc pas une acquisition mais un changement et même une rupture avec une connaissance antérieure.

Ce sont donc les conceptions qui constituent des freins, qui font obstacle à la construction de savoirs scientifiques.

Or ces conceptions, de par leur cohérence, sont résistantes à l'apprentissage. La rupture épistémologique correspond à un changement de cadre explicatif et de mode de raisonnement.

Exemples de rupture

- Passer d'une explication de la croissance des végétaux par « qualités naturelles », quasi magique, à une explication mécaniste, au sens large (des flux de matières).
- Passer d'un raisonnement linéaire causal (une cause entraîne un effet) à un raisonnement systémique (en entrée-sortie).

- ▶ **Bachelard, G.** (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- ▶ **Fabre, M.** et **Orange, C.** (1997). Construction des problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster*, 24, 37-57.

Savoir

☛ Voir [Connaissance](#).

Sémiotique

Pour Duval (1993), il n'y a pas de noésis (appréhension conceptuelle d'un objet évoqué) sans sémosis (appréhension ou production d'une représentation sémiotique). On ne peut apprendre un concept sans un travail sur les représentations de ces concepts et on ne peut comprendre une représentation sans travail sur les concepts associés, ce que Rau (2017) appelle le dilemme des représentations. Le terme sémiotique est issu du grec *sêmeiôtikê*, de *sêmeion* qui veut dire « signe ». C'est la théorie et l'étude des signes et du sens. Un signe est le terme général qui vaut pour un nom ou une création symbolique spécifique (une représentation) pour désigner quelque chose.

Il existe deux grands courants de pensée pour la sémiotique :

- **Saussure** en linguistique et le dyadisme (le signifiant et le signifié)
- **Peirce** en philosophie (logique formelle) et le triadisme (le representamen ou le signe, l'interprétant ou la signification et l'objet)

Le signe, ou representamen, est là pour représenter un objet en s'adressant à quelqu'un. Mais le signe ne représente pas l'objet sous tous les rapports mais plutôt comme référence à une sorte d'idée qui sera créée dans l'esprit de la personne qui interprétera le signe.

Par exemple, la lettre C, signe ou representamen, peut désigner deux objets suivant l'interprétant et donc avoir deux interprétations : la lettre C de l'alphabet ou le carbone, corps pur simple ou atome.

Pour Duval (1993), un système sémiotique est l'ensemble des représentations qui évoque ou remplace quelque chose d'autre. Cela peut se faire par ressemblance, référence, causalité, etc. Un système sémiotique est un registre sémiotique s'il permet les trois activités cognitives suivantes :

- Former une représentation identifiable (écrire la formule brute d'un alcane à partir de sa composition).
- Transformer une représentation dans le même registre (transformer la formule brute pour changer d'alcane).
- Convertir la représentation dans un autre registre (passer de la formule brute à la formule développée d'un alcane).

Pour Duval, la compréhension des concepts scientifiques devra passer par un travail sur les registres sémiotiques. En chimie, on peut citer les travaux de Mangane (2014) quant à l'utilisation des représentations stéréochimiques par les élèves de terminale au Bénin et en France les travaux de Canac (2017) sur l'interprétation que font les élèves de collège et lycée des noms et formules brutes des espèces et entités chimiques.

- ▶ **Canac, S.** (2017). *Le langage symbolique de la chimie en tant que méta-niveau entre registre empirique et registre des modèles : Une problématique de l'enseignement-apprentissage de chimie* [thèse de doctorat]. Université Paris Diderot-Paris 7-Sorbonne Paris Cité.
- ▶ **Duval, R.** (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 5, 37-65.
- ▶ **Mangane, D.** (2014). *Enseignement et apprentissage de la stéréochimie en Terminale D au Bénin : raisonnements des élèves et points de vue des enseignants* [PhD Thesis]. Université Paris-Diderot-Paris VII.

- **Rau, M.A.** (2017). Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. *Éducational Psychology Review*, 29(4), 717-761.

Situation-problème

En approche par compétences, une situation-problème est une situation d'enseignement-apprentissage complexe et réaliste qui nécessite de la part des apprenants la mobilisation et l'intégration de diverses compétences pour trouver une solution. Elle est conçue pour préparer les élèves à mobiliser leurs connaissances et compétences dans des contextes professionnels ou de la vie réelle, favorisant ainsi une meilleure compréhension et une plus grande rétention des acquis.

Voici quelques caractéristiques importantes des situations-problèmes :

- **Sens et lien avec la réalité** : une situation-problème a un sens pour l'élève parce qu'elle fait appel à quelque chose qu'il connaît et est en lien avec sa réalité. Elle s'inscrit souvent dans des projets de classe, des thèmes précis ou des situations de vie quotidienne.
- **Concrétude et but** : une situation-problème est concrète, car elle a un but (un produit) et sollicite une action réelle. Elle requiert l'utilisation des connaissances, des techniques, des stratégies ou des algorithmes pour résoudre le problème posé.
- **Complexité** : elle nécessite la mobilisation de plusieurs compétences et connaissances pour être résolue, favorisant une approche holistique de l'apprentissage.
- **Intégration des compétences** : les apprenants doivent utiliser et combiner différentes compétences (cognitives, techniques, sociales, etc.) pour résoudre le problème de manière efficace.
- **Ouverture** : il peut y avoir plusieurs solutions possibles, encourageant la créativité et la pensée critique des élèves.
- **Évaluation formative** : la situation problème permet d'évaluer non seulement le produit final (la solution), mais aussi le processus suivi par les apprenants, mettant en lumière leurs stratégies et raisonnements.
- **Construction de compétences** : dans chaque activité, les élèves doivent résoudre un problème et atteindre l'objectif fixé par l'enseignant. Ils construisent alors des connaissances, des savoirs, des aptitudes, des attitudes nouveaux qu'ils pourront réinvestir par la suite dans d'autres situations.

Ainsi, les situations-problèmes sont des outils pédagogiques qui favorisent la construction des savoirs et permettent aux élèves de développer des compétences en faisant face à des défis concrets et significatifs. Elles sont un moyen d'enseignement-apprentissage et non le résultat final ; elles encouragent l'engagement des élèves dans leur parcours éducatif.

- ▶ **De Vecchi, G.** et **Carmona-Magnaldi, N.** (2015). *Faire vivre de véritables situations-problèmes*. Hachette éducation.
- ▶ **Fabre, M.** (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF.
- ▶ **Meirieu, P.** (1987). *Apprendre... oui, mais comment ?* Paris : ESF Éditeur.

Structuration

La démarche d'investigation est structurée par trois étapes majeures :

- ① Le questionnement ;
- ② L'investigation ;
- ③ La structuration.

Astolfi nommait cette démarche dans les années 1980 « *la démarche par investigation et structuration* » pour mettre en avant non seulement l'idée d'activité et de recherche de la part de l'élève mais sans ignorer pour autant l'acquisition de nouvelles connaissances structurées ainsi que des compétences variées. Ainsi, la structuration au plan pédagogique renvoie à une phase de mise en commun des activités d'investigation menées par les élèves (groupes d'élèves) ; cette phase permet de faire émerger les points convergents et divergents en lien avec les problèmes travaillés et mis au jour lors de la phase de questionnement ; la structuration renvoie à des compétences (c'est-à-dire un ensemble de connaissances, capacités et attitudes).

Par exemple, une phase de structuration à l'école primaire après une investigation sur les conditions de germination d'une graine peut être : « nous avons appris qu'une graine a besoin d'eau pour germer mais pas de lumière. Nous sommes capables d'observer un objet biologique avec une loupe à main ».

- ▶ **Calmettes, B.** et **Boilevin, J.-M.** (2014). Le modèle « investigation-structuration » et l'actualité des tensions autour des constructivismes. *RDST*, 9, 103-128.
- ▶ **Demounem, R.** et **Astolfi, J.-P.** (1996). *Didactique des Sciences de la Vie et de la Terre*. Paris : Nathan.

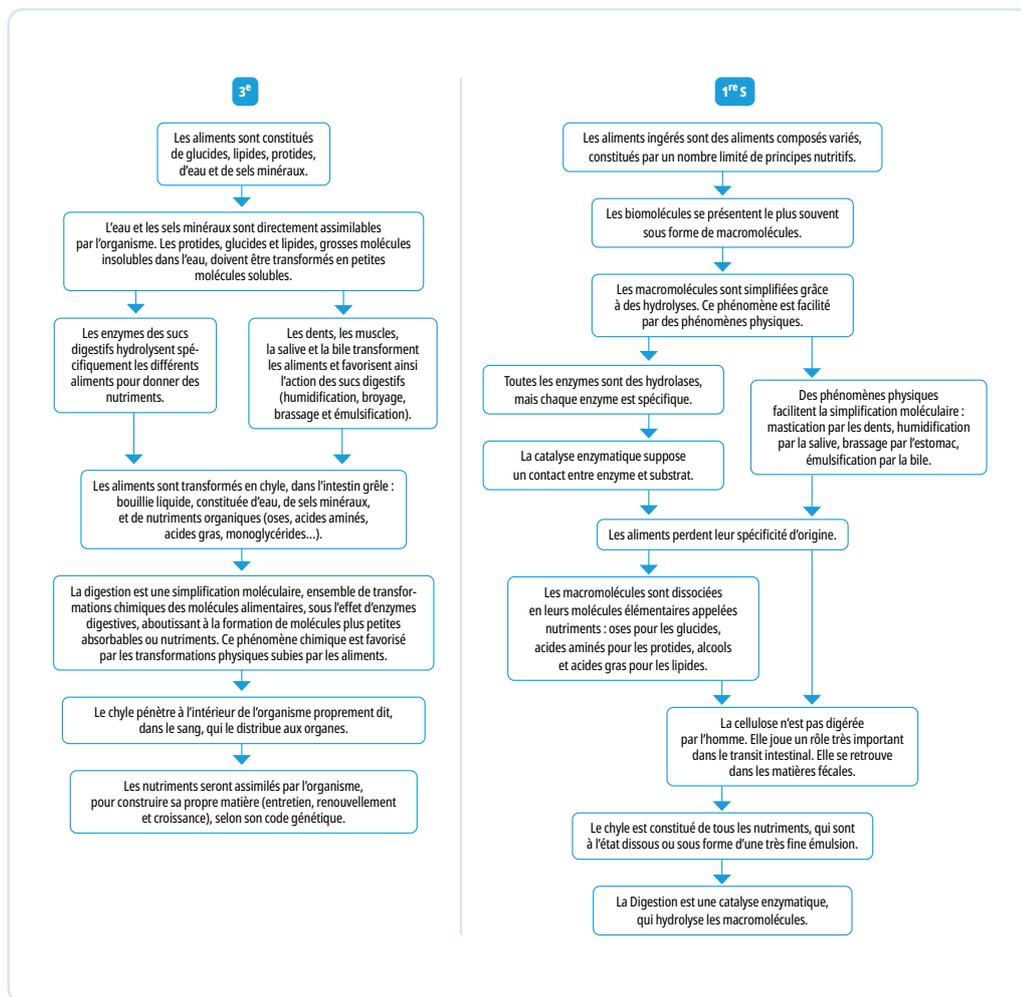
Trame conceptuelle

Selon Astolfi et Develay (1989), une trame conceptuelle se caractérise ainsi :

- C'est une série d'énoncés complets, c'est-à-dire formulés sous forme de phrases, chaque énoncé devant pouvoir être lu de manière indépendante, en quelque sorte, le contre point des points de programme exprimés par de simples mots ou expressions laconiques.
- Il s'agit d'énoncés opératoires, c'est-à-dire reliés à des problèmes scientifiques auxquels ils sont une réponse, et non d'énoncés « déclaratifs », à la façon des définitions des dictionnaires.
- Ces énoncés sont hiérarchisés entre eux, chacun en englobant d'autres plus élémentaires et l'ensemble se présente comme un réseau orienté.
- Cette hiérarchisation vise d'abord à décrire les implications logiques entre les contenus des énoncés et non leur succession chronologique dans une progression d'enseignement.

Selon Giordan (1987, p. 93), ces trames ont pour fonctions d'analyser la « matière » enseignée en mettant en relations internes et externes chacun des concepts ; les relations internes sont celles qui lient les notions constitutives des concepts à elles-mêmes, les relations externes celles qui lient un concept à ceux qui lui sont connexes. Ces trames sont à la fois utiles pour l'enseignant et pour l'apprenant. Sauvageot (1994) illustre en SVT ce concept, notamment en ce qui concerne la fonction de digestion. Une figure de cet article est reproduite en page suivante. Le lecteur pourra se reporter au *Guide pour la formation d'enseignants et enseignantes de sciences* pour appréhender une ébauche de trame conceptuelle pour la digestion au niveau de l'école primaire.

- ▶ **Giordan, A.** (2002, nouvelle édition). *Apprendre!* Paris : Belin.
- et **De Vecchi, G.** (1987). *Les origines du savoir*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- ▶ **Sauvageot, M.** (1994). Les trames conceptuelles, outils de formation en didactique de la biologie. *Didaskalia*, 5, 91-103.



↑ Exemple de trames conceptuelles pour les niveaux 3^e et lycée relatives à la digestion.

Bibliographie

- APPRENDRE** (2023). *Glossaire didactique des mathématiques, addendum au guide pour le formateur d'enseignants de mathématiques*.
- Adúriz-Bravo, A.** (2013). A "Semantic View" of Scientific Models for Science Education. *Science & Éducation*, vol. 22, n° 7, 1593-1611.
- Andriès, B., Beigbeder, I.** (dir.) (1993). *La culture scientifique et technique pour les professeurs des écoles*. Paris : Hachette.
- Antheaume, P. et al.** (1995). *Découverte du vivant et de la Terre*. Paris : Hachette.
- Astolfi, J.-P.** (2008). *La saveur des savoirs. Disciplines et plaisir d'apprendre* Paris : ESF éditeur.
- (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF éditeur.
- (1997). Du « tout » didactique au « plus » didactique. *Revue française de pédagogie*, 120, juillet-août-septembre 1997, 67-73.
- (1993). Trois paradigmes pour les recherches en didactique. *Revue française de pédagogie*, 103, 5-18.
- (1992). *L'école pour apprendre*. Paris : ESF Éditeur
- , **Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. et Toussaint, J.** (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Bruxelles : De Boeck.
- et **Houssaye, J.** (1996). Didactique et pédagogie sont dans un bateau... *Éducatons*, 7, janvier-février 1996.
- et **Peterfalvi, B.** (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16, 106.
- et **Develay, M.** (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF.
- et al. (1984). *Expérimenter : sur les chemins de l'explication scientifique*. Toulouse : Privat.
- et al. (1978). *Quelle éducation scientifique, pour quelle société ?* Paris : PUF.
- Bachelard, G.** (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : PUF.
- Bächtold, M.** (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, 38, 6-39.
- Barth, B.-M.** (2001). *L'apprentissage de l'abstraction*. Retz
- Bécu-Robinault, K.** (2007). Utilisation d'une analogie pour l'enseignement de l'électrocinétique en classe de cinquième de collège en France (niveau 7). In *Cinquièmes rencontres de l'ARDIST* (pp. 33-40).
- Bednarz, N., Carnier, C.** (dir.) (1989). *Construction des savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa : Agence d'Arc.
- Biggs, J. et Tang, C.** (2011). *Teaching for Quality Learning at University*. SRHE and Open University Press.

- Bouard, R., Canac, S. et Kermen, I.** (2022). Modélisation des transformations chimiques : Mise en regard d'un programme et de pratiques enseignantes. *Recherches en didactique des sciences et des technologies (RDST)*, 25, 69-100.
- Brousseau, G.** Glossaire de Guy Brousseau. Disponible sur : https://sites.unipa.it/grim/Gloss_fr_Brousseau.pdf
- Bruner, J.** (2002). *Pourquoi nous racontons-nous des histoires*. Paris : Retz.
- (1986). L'éducation, entrée dans la culture : les problèmes de l'école à la lumière de la psychologie culturelle. Paris : Retz.
- Calande, G., De Bueger-Vander Borght, C. et al.** (1990). *Plaisirs des sciences*. Bruxelles, Paris : De Boeck/Éditions Universitaires.
- Calmettes, B.** (2012). *Didactique des sciences et démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation*. L'Harmattan.
- et **Boilevin, J.-M.** (2014). Le modèle « investigation-structuration » et l'actualité des tensions autour des constructivismes. *RDST*, 9, 103-128.
- Canac, S.** (2017). *Le langage symbolique de la chimie en tant que méta-niveau entre registre empirique et registre des modèles: Une problématique de l'enseignement-apprentissage de chimie* [Thèse de doctorat]. Université Paris Diderot-Paris 7-Sorbonne Paris Cité.
- Cariou, J.-Y.** (2013). Démarche d'investigation : en veut-on vraiment? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique. *RDST*, 7, 137-166.
- Cauzinille, E., Mathieu, J., Weil-Barais, A.** (1983). *Les savants en herbe*. Berne : Peter Lang.
- Chalak, H.** (2013). Magmatisme et conditions de construction de textes de savoirs problématisés au collège. *Recherches en éducation*. Disponible sur : <https://journals.openedition.org/ree/9163?lang=en>
- (2012). Problématisation et construction de textes de savoirs dans le domaine du magmatisme au collège. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies RDST*, 6, 119-160.
- Charles, F.** (2020). Pratiques enseignantes en éducation scientifique et technologique à l'école maternelle : perspectives curriculaires. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 22, 21-44.
- Chevallard, Y.** (1985). *La transposition didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Clément, P.** (1998). La biologie et sa didactique, dix ans de recherche. *Aster*, 27, 57-93.
- Clot, Y.** (2010). *Travail et pouvoir d'agir*. Paris : PUF.
- Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre-Derville, I., Lahanier-Reuter, D. et Reuter, Y.** (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux aux didactiques*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.

- COPIRELEM.** *Glossaire de la Copirelem* (Commission Permanente des IREM sur l'Enseignement Élémentaire).
- Coquidé, M.** et **Giordan, A.** (1997). *L'enseignement scientifique à l'école maternelle*. Nice : Z'Éditions.
- Coquidé, M.** (2007). Quels contenus de formation pour enseigner à l'école maternelle ? L'exemple de la formation à l'activité « faire découvrir la nature et les objets ». *Recherche et formation*, 55, 75-92.
- , **Fortin, C.** et **Rumelhard, G.** (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 49, 51-78. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_2009_num_49_1_1520
- De Ketele, J.-M.** (1989). *Guide du formateur*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.
- Demounem, R., Astolfi, J.-P.** (1996). *Didactique des sciences de la vie et de la terre, fondements et références*. Paris : Nathan.
- De Rosnay, J.** (1975). *Le Macroscope : Vers une vision globale*. Paris : Éditions du Seuil.
- De Vecchi, G.** (1990). La construction du savoir scientifique passe par une suite de ruptures et de remodelages. *Recherche et Formation*, 7, 35-36.
- , **Giordan, A.** (1989). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche » ?* Nice : Z'Éditions.
- Develay, M.** (dir.) (1995). *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines*. Paris : ESF.
- (1992). De l'apprentissage à l'enseignement. Paris : ESF.
- (1989). Sur la méthode expérimentale. *Aster*, 8, 3-16.
- (1987). À propos de la transposition didactique en sciences biologiques. *Aster*, 4, 119-138.
- Doussot, S., Hersant, M., Lhoste, Y.** et **Orange Ravachol, D.** (dir.) (2022). *Le cadre de l'apprentissage par problématisation. Apports aux recherches en didactique*. Rennes : PUR.
- Drouin, A.-M.** (1988). Le modèle en question. *Aster*, 7, 1-20.
- Dumas-Carré, A., Weil-Barais, A.** (dir.) (1998). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne : Peter Lang.
- Duval, R.** (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée.
- Fabre, M.** (2005). Deux sources de l'épistémologie des problèmes : Dewey et Bachelard. *Les Sciences de l'éducation-Pour l'Ère nouvelle*, 38(3), 53-67.
- (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF
- et **Orange, C.** (1997). Construction des problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster*, 24, 37-57.
- Forquin, C.** (2008). *Sociologie du curriculum*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

- Fourez, G.** (1994). *Alphabétisation scientifique et technique*. Bruxelles : De Boeck.
- (1988). *La construction des sciences*. Bruxelles : De Boeck.
- Germann, B.** (2016). Apports de l'épistémologie à l'enseignement des sciences. Paris : Éditions Matériologiques.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J. et Elmer, R.** (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert et C. J. Boulter (Éd.), *Developing Models in Science Education* (p. 3-17). Dordrecht : Springer Netherlands.
- Giordan, A.** (2002, nouvelle édition). *Apprendre !* Paris : Belin.
- (1999). *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Paris : Belin.
- (dir.) (1983). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*. Berne : Peter Lang.
- , **Girault, Y., Clément, P.** (dir.) (1994). *Conceptions et connaissances*. Berne : Peter Lang.
- , **Henriques, A., Vinh Bang** (dir.). (1989). *Psychologie génétique et didactique des sciences*. Berne : Peter Lang.
- , **De Vecchi, G.** (1987). *Les origines du savoir*. Neuchâtel/Paris : Delachaux & Niestlé.
- Gould, S. J.** (1991). *La vie est belle*. Paris : Éditions du Seuil.
- Grosbois, M., Ricco, G., Sirota, R.** (1992). *Du laboratoire à la classe, le parcours du savoir*. Paris : ADAPT.
- Guichard, J., Martinand, J.-L.** (2000). *Médiatique des sciences*. Paris : PUF.
- Horoks, J.** (2008). Les triangles semblables en classe de seconde : de l'enseignement aux apprentissages. *Recherches en didactique des mathématiques*, 28 (3), 379-416.
- Houssaye, J.** (2015). *Le triangle pédagogique. Les différentes facettes de la pédagogie*. Paris : ESF.
- (1993). *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris : ESF.
- Jacob, F.** (1981). *Le jeu des possibles*. Paris : Fayard.
- Johsua, S. et Dupin, J.-J.** (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.
- (1989). *Représentations et modélisations : le « débat » scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.
- Jonnaert, P.** (1988). *Conflits de savoirs et didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Jullien, V.** (2020). *Ce que peuvent les sciences*. Éditions Matériologiques..
- Kermen, I.** (2018). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée Savoirs et modèles, raisonnements d'élèves, pratiques enseignantes*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- et **Colin, Ph.** (2017). Trois mises en œuvre d'une transformation chimique pour introduire le thème des piles : des choix didactiques très contrastés. *Éducation & Didactique*, 11-2, 187-212.

- Landsheere de, G.** (1979). *Dictionnaire de l'évaluation et de la recherche en éducation : avec lexique anglais-français*. Paris : PUF.
- Larochelle, M., Désautels, J.** (1992). *Autour de l'idée de science, itinéraires cognitifs d'étudiants*. Bruxelles-Québec : De Boeck/Presses de l'Université Laval.
- Latour, B. et Woolgar, S.** (1988). *La vie de laboratoire*. Paris : La découverte.
- Lebeaume, J.** (2008). *L'enseignement des sciences à l'école : des leçons de choses à la technologie*. Paris : Delagrave.
- (2000). *L'éducation technologique*. Paris : ESF.
- Ledrapier, C.** (2007). *Le rôle de l'action dans l'éducation scientifique à l'école maternelle : cas de l'approche des phénomènes physiques*. Thèse de doctorat, École normale supérieure de Cachan.
- Lemeignan, G., Weil-Barais, A.** (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris : Hachette.
- Mabille, A.** (1994). *Profils de profs : portraits et styles d'enseignants en sciences*. Bruxelles : De Boeck.
- Mangane, D.** (2014). *Enseignement et apprentissage de la stéréochimie en terminale D au Bénin : Raisonnements des élèves et points de vue des enseignants [PhD Thesis]*. Université Paris-Diderot-Paris VII.
- Marsenach, J. et Amade-Escot, C.** (1993). L'enseignement de l'EPS dans les collèges. Le problème des contenus : état des lieux et perspectives. Dans *Enseigner l'EPS*, G. Bui-Xuan et J. Gleyse (Dir), 51-59. Paris : Éditions AFRAPS.
- Martinand, J.-L.** (dir.) (1998). *Enseigner la technologie au collège*. Paris : Hachette.
- (1996). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- (1994). *La didactique des sciences et de la technologie et la formation des enseignants*. Paris : INRP.
- (dir.) (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- (1991). Travailler les contenus. Entretien avec Jean-Louis Martinand. In *Approche de la didactique*. Paris : ADAPT/SNES.
- (1986). *Connaître et transformer la matière*. Peter Lang.
- et al. (1995). *Découverte de la matière et de la technique*. Paris : Hachette.
- Mathy, P.** (1997). *Donner du sens aux cours de sciences*. Bruxelles : De Boeck.
- Mayr, E.** (1989). *Histoire de la biologie*. Paris : Éditions Fayard.
- Meirieu, P.** (1987). *Apprendre... oui, mais comment ?* Paris, ESF Éditeur.
- Morissette, R. et Voynot, M.** (2002). *Accompagner la construction des savoirs*. Montréal, Québec : Chenelière. p. 83.

- Nouviale, M.** (1999). La « Main à la Pâte ». Des chercheurs en culottes courtes à la découverte des sciences. *Échanger*, 41. IUFM, Nantes. <https://fondation-lamap.org/A-L-INTERNATIONAL/L-ACTION-INTERNATIONALE-DE-LA-MAIN-A-LA-PATE>.
- Rau, M. A.** (2017). Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. *Éducational Psychology Review*, 29(4), 717-761.
- Orange, C.** (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck.
- (2010). Situations forcées, recherches didactiques et développement du métier d'enseignant, *Recherches en éducation*, hors-série n° 2, 73-85. Disponible sur : <https://journals.openedition.org/ree/8864>.
 - (1997). *Problèmes et modélisation en biologie. Quels apprentissages pour le lycée ?* Paris : PUF.
 - , **Fourneau, J.-C., Bourbigot, J.-P.** (2001). Écrits de travail, débats scientifiques et problématisation à l'école élémentaire. *Aster*, 33, 111-133.
 - et **Orange Ravachol, D.** (2013). Le concept de représentation en didactique des sciences : sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. *Recherches en éducation*, 17, 46-61.
 - et **Orange Ravachol D.** (2007). Problématisation et mise en texte des savoirs scolaires : le cas d'une séquence sur les mouvements corporels au cycle 3 de l'école élémentaire *Actes des cinquièmes journées scientifiques de l'ARDIST*, La Grande Motte, octobre 2007.
 - et **Orange, D.** (1995). Géologie et biologie : analyse de quelques liens épistémologiques et didactiques. *Aster*, 21, 27-49.
- Orange Ravachol, D.** (2012). *Didactique des SVT, entre phénomènes et événements*. Rennes : PUR, Collection Paideia.
- (2010). Collaboration chercheur didacticien/enseignant et choix de l'enseignant en situation scolaire : une étude de cas en Sciences de la Terre. *Recherches en éducation*. <https://doi.org/10.4000/ree.8713>
 - (2007). Des mises en histoire aux savoirs scientifiques : le cas de lycéens confrontés à quelques problèmes de tectonique des plaques. *Aster*, 44, 41-68.
 - et **Beorchia, F.** (2011). Principes structurants et construction de savoirs en sciences de la vie et de la Terre. *Éducation & Didactique*. vol. 5, n° 1, 7-27.
- Pastré, P.** (2007). Quelques réflexions sur l'organisation de l'activité enseignante. *Recherche et formation*, 56.
- Perrenoud, Ph.** (2004). Qu'est-ce qu'apprendre ? *Enfance & Psy*, 24, 9-10.
- Perrenoud, P.** (1997). *Construire des compétences dès l'école*. Paris : ESF.
- Petitjean, B.** (1984). Formes et fonctions des différents types d'évaluation. *Pratiques*, 44, 5-20.

- Popper, K. R.** (1985). *Conjectures et réfutations*. Paris : Payot.
- Raisky, C.** et **Caillot, M.** (dir.) (1996). *Au-delà des didactiques, le didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Reuter, Y., Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre-Derville, I.** et **Lahanier-Reuter, D.** (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. Bruxelles : De Boeck.
- Reuter Y.** (éd.) et al. (2007). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. Bruxelles : De Boeck.
- Rey, B.** (2009). Conférence-débat « Apprendre... à l'épreuve des compétences », Chartres. https://www.gfen.asso.fr/images/documents/textes_seminaire/114_a_comp_tences_bernard_rey.pdf
- Ridao, C.** (1993). Le concept de représentation en didactique de la biologie, un concept central et opératoire dans une didactique du problème. *Les Sciences de l'éducation, pour l'ère nouvelle*, volumes 4-5, 103-130.
- Robardet, G., Guillaud, J.-C.** (1997). *Éléments de didactique des sciences physiques*. Paris : PUF.
- Rogalski, J.** (2015). *Cahiers du laboratoire de didactique André Revuz 13*. <http://numerisation.irem.univ-mrs.fr/PS/IPS15007/IPS15007.pdf>
- Rumelhard, G.** (2000). *Les formes de causalités et sciences dans les sciences de la vie et de la terre, approche didactique*. Paris : INRP.
- (1994). *La régulation en biologie, approche didactique*. Paris : INRP.
- (1986). *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*. Berne : Peter Lang.
- Sauvageot, M.** (1994). Les trames conceptuelles, outils de formation en didactique de la biologie. *Didaskalia*, 5, 91-103.
- Simonneaux, L.** (dir.) (1999). *Les biotechnologies à l'école, un enjeu éducatif pour la formation à la citoyenneté*. Dijon : Éducagri.
- Soler, L.** (2013). Qu'est-ce qu'un modèle scientifique ? Des caractéristiques du modèle qui importent du point de vue de l'enseignement intégré de science et de technologie. *Spirale*, 52, 177-214.
- Terrisse, A.** (dir.) (2001). *Didactique des disciplines : les références au savoir*. Bruxelles : De Boeck.
- Tiberghien, A.** (2017). Modélisation des savoirs dans la classe en didactique de la physique. *Recherches en éducation*, 29, 72-87.
- Toussaint, J.** (dir.) (1996). *Didactique appliquée de la physique-chimie*. Paris : Nathan.
- Tricot, A.** (2017). *L'innovation pédagogique*. Paris : Retz.
- Venturini, P.** (dir.), et al. (2002). *Étude des pratiques effectives : l'approche des didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

- Vergnaud, G.** (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactiques des Mathématiques*, 10(2-3), 133-170.
- (1989). La formation des concepts scientifiques. Relire Vygotski et débattre avec lui aujourd'hui. *Enfance*, vol. 42, 1-2, 111-118.
- Verret M.** (1975). *Le temps des études*, Paris : Honoré Champion.
- Viennot, L.** (1996). *Raisonnement en physique, la part du sens commun*. Bruxelles : De Boeck.
- (1993). Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique. *Didaskalia*, 1, 13-27.
- (1979). *Raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris : Hermann.
- Walliser C.** (1977). *Systèmes et modèles*. Paris : Éditions du Seuil.

Présentation des auteurs

- **Sophie CANAC** possède une agrégation de chimie et est maîtresse de conférences en didactique de la chimie à l'Université Paris-Est Créteil (UPEC) dans le Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR). Elle intervient dans l'académie de Créteil, pour l'enseignement de la physique et la chimie, à la fois en formation initiale des enseignants du premier degré et des enseignants du second degré, lycée général et lycée professionnel, et en formation continue.

Ses principaux travaux s'articulent autour de trois axes :

- ▶ Le premier axe porte sur le développement de recherches collaboratives pour élaborer et mettre en œuvre des ressources pour l'enseignement de la chimie dans le but de travailler les relations entre modèles, réalité expérimentale et registres sémiotiques.
- ▶ Le deuxième axe porte sur l'étude des pratiques ordinaires des enseignants dans le cadre de l'enseignement des modèles, de l'utilisation de ressources historiques – leur appropriation et leur transformation – et de l'enseignement expérimental.
- ▶ Dans le troisième axe, elle étudie l'impact de la bande dessinée sur les apprentissages des élèves.

Elle est membre du Groupe thématique d'expertise 4 (GTE 4) du programme APPRENDRE depuis 2022.

- **Frédéric CHARLES** possède une agrégation en sciences de la vie et de la Terre. Il est maître de conférences habilité à diriger des recherches en sciences de l'éducation et de la formation. Il mène ses recherches au Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR) et enseigne à l'INSPE de l'académie de Versailles au sein de CY Paris Université. Dans ses travaux à orientation curriculaire, il développe des savoirs sur le *curriculum* possible en éducation scientifique et technologique à l'école primaire en privilégiant des approches collaboratives.

Depuis quinze ans, Frédéric CHARLES s'investit dans les projets de coopération à l'internationale : au sein du programme APPRENDRE, il est membre du GTE4 (Groupe Thématique d'Expertise 4) pour la promotion et l'enseignement des mathématiques et des sciences et du Conseil Scientifique.

- **Olatoundé Amand Léonce AFFOLABI** est docteur en didactique des sciences et technologies, option : didactique des sciences de la vie et de la Terre, à l'Université d'Abomey-Calavi (UAC) au Bénin, dans le Laboratoire de Didactique des Disciplines (LDD). Il est enseignant-chercheur à l'Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP). Il intervient à l'École Normale Supérieure (ENS) de Natitingou en formation initiale, pour l'enseignement de la didactique de la matière et épistémologie de la discipline et, la docimologie et évaluation des apprentissages.

Ses principaux travaux s'articulent autour de trois axes.

- Le premier porte sur la « Transposition de l'information génétique, des programmes d'étude à la préparation du projet de cours ».
- Le deuxième axe porte sur « Apprentissages et problématisation scientifiques en science de la vie au lycée : le cas de débats sur l'expression de l'information génétique en classe de terminale D ».
- Dans le troisième axe de ses recherches, il étudie des pratiques de classe des enseignants dans le secondaire au Bénin en science de la Terre sur le thème « Naissance et évolution d'un paysage ».

Cette recherche s'inscrit dans le cadre d'un projet du programme APPRENDRE mis en œuvre par l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) avec l'appui de l'Agence Française de Développement (AFD) dont la thématique est « Documenter et éclairer les politiques éducatives dans les pays francophones » (appel à projet de novembre 2018).

Depuis bientôt un an, il s'investit dans les projets de coopération à l'internationale : au sein du programme APPRENDRE, il est membre du Groupe thématique d'expertise 4 (GTE4) pour la promotion et l'enseignement des mathématiques et des sciences.

- **S. Eugène OKÉ** est maître-ès sciences en physique, professeur certifié (ancien normalien), maître de conférences (CAMES) en didactique de la physique à l'université d'Abomey-Calavi où il est recruté depuis 2012. Il a d'abord enseigné la physique et la chimie au collège et au lycée avant d'entreprendre des recherches didactiques au Laboratoire de Didactique des Sciences et Technologies (LDST) et au Laboratoire de Didactique des Disciplines (LDD) dans la même université. Ses séjours d'études doctorales à l'Institut Universitaire de Formation des Maîtres (IUFM) et au Centre de Recherche en Éducation de Nantes (CREN) lui ont permis de s'intéresser aux difficultés des élèves et des enseignants dans l'enseignement de la physique en contexte africain. Il a ensuite entrepris et mené des recherches sur l'activité de l'enseignant(e) et des élèves en classe de physique dans les contextes africains en situation ordinaire. Il a participé à plusieurs études sur l'état des lieux et les conditions de l'enseignement des sciences en Afrique francophone. Il a également participé à l'élaboration et à la mise en place des offres de formation initiale et continue des enseignants de sciences sur le continent. Il intervient entre autres dans les formations à la Faculté des Sciences et Techniques (FAST), l'Institut de Mathématique et des Sciences Physiques (IMSP), l'École Normale Supérieure de Natitingou au Bénin et participe aux activités de formation des pairs à travers le Centre de Pédagogie Universitaire et d'Assurance Qualité (CPUAQ) de l'université d'Abomey-Calavi. Il participe également aux activités du Groupe thématique d'expertise 4 (GTE4) du programme APPRENDRE.

- **Denise ORANGE RAVACHOL** est professeure des universités émérite de l'Université de Lille. Elle poursuit des recherches en didactique des sciences de la vie et de la Terre (SVT) et des « Éducatons à » au sein du Centre Interuniversitaire de Recherche en Éducation de Lille (CIREL). Elle est également chercheure associée du Centre de Recherche en Éducation de Nantes (CREN) et chercheure invitée du Centre de Recherches en Sciences de l'Éducation (CRSE) de l'Université Libre de Bruxelles (ULB). Ancienne élève de l'École Normale Supérieure (ENS Paris), agrégée de sciences de la vie et de la Terre, elle a enseigné dans le secondaire, formé des enseignants et enseignantes du primaire et du secondaire, participé au jury de l'agrégation interne en France, tout en conduisant des travaux en didactique des sciences. Ses recherches, à fort ancrage épistémologique, portent sur les problématisations en classe de sciences de la vie et de la Terre et dans les « Éducatons à ». Elles se focalisent sur la dimension historique de ces champs et sur les modes de raisonnement qui les caractérisent. Elles questionnent également les évolutions de la discipline SVT marquées ces dernières années par l'anthropisation des problèmes traités et la nécessaire articulation entre le passé et l'avenir de la Terre et des systèmes vivants. Membre du Conseil scientifique du programme APPRENDRE, elle s'investit dans les travaux du Groupe thématique d'expertise 4 (GTE 4) pour la promotion et l'enseignement des mathématiques et des sciences.

Collection de ressources APPRENDRE pour la formation des formateurs et formatrices en mathématiques et en sciences

Le GTE4 « Promotion en enseignement des mathématiques et des sciences » a produit six documents pour la formation des formateurs et formatrices impliqués dans l'enseignement des mathématiques et des sciences (biologie, géologie, physique et chimie). Ces documents visent à capitaliser les expériences de formation menées depuis le début du programme APPRENDRE. Ils proposent ainsi des outils élaborés et testés dans les différentes activités auxquelles le groupe d'experts a participé. Ces outils synthétisent un ensemble de livrables ayant concerné la quasi-totalité des pays éligibles au programme.

■ Deux documents concernant l'enseignement des sciences :

- **Un guide pour la formation d'enseignants et enseignantes de sciences** présente des repères issus de la recherche en didactique en vue du traitement d'une question (ou d'un problème) professionnelle, par exemple pour élaborer des fiches de classe, construire une progression, analyser une séquence d'enseignement, analyser et traiter des erreurs d'élèves, etc. Le lecteur trouvera ainsi des exemples de productions et de ressources réalisées en classes et en ateliers.
- **Le présent glossaire** complète ce guide en définissant les différents concepts de la didactique des sciences utilisés et des références bibliographiques.

■ Trois documents concernant l'enseignement des mathématiques :



- **Un guide pour la formation d'enseignants et enseignantes de mathématiques** présente des outils pour penser, gérer et analyser la classe de mathématiques ainsi que les concepts et théories didactiques ayant permis de les élaborer. Des exemples décontextualisés illustrent chaque outil.
- **Un glossaire de didactique des mathématiques** complète ce guide en définissant les différents concepts de la didactique des mathématiques utilisés et des références bibliographiques.
- **Un troisième document** présente des exemples d'outils contextualisés élaborés lors de webinaires de renforcement du pôle des experts associés au GTE4 et lors de groupes de production ayant regroupé 13 pays.

Un guide pour l'élaboration, l'expérimentation et le suivi de projets interdisciplinaires élaboré en collaboration avec le GTE5, dédié à l'apprentissage de la lecture et langues d'enseignement, complète ces documents. Il présente des principes pour assurer les étapes de l'élaboration à l'analyse des effets de projets interdisciplinaires sur les apprentissages des élèves illustrés par des exemples issus de la recherche.

www.apprendre.auf.org

 <https://www.facebook.com/ProgrammeAPPRENDRE>

 <https://www.linkedin.com/company/programme-apprendre>

 <https://www.youtube.com/c/programmeapprendre>