



1^{ÈRE} PARTIE

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation



Qu'est-ce qu'un enseignement des sciences fondé sur l'investigation ?

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI) s'appuie sur la compréhension des modes d'apprentissage des élèves, sur la nature de l'investigation scientifique et sur l'identification des connaissances et compétences que les élèves devront maîtriser. Il présuppose également que les élèves *comprennent réellement ce qu'ils apprennent* et ne se limitent pas à apprendre des contenus et des informations. Contrairement au processus d'apprentissage dans lequel la satisfaction d'être récompensé constitue la seule motivation, l'ESFI recherche à motiver les élèves par la satisfaction d'avoir appris et compris quelque chose. Il ne s'agit pas de mémoriser sur le court terme des quantités d'informations mais, plutôt, de s'attarder sur certaines notions pour les consolider et les renforcer à mesure que l'élève grandit.

Mode d'apprentissage des élèves

L'ESFI s'appuie sur des expérimentations et recherches qui permettent de comprendre plus finement la manière dont les élèves apprennent les sciences¹. Ces recherches suggèrent que la curiosité naturelle des élèves leur permet, au moins en partie, de donner du sens au monde qui les entoure en participant à le rendre prévisible. Elles suggèrent aussi que les élèves cherchent notamment à dégager, de leurs propres expériences et de leur interaction avec les autres élèves, des modèles explicatifs. C'est en se référant à leurs expériences antérieures que les élèves construisent leur compréhension du monde. Une remarque importante à ce sujet : cette démarche de l'élève conduit souvent à des conceptions que l'on pourrait qualifier de naïves car elles résultent d'un mode de pensée, certes logique, mais souvent scientifiquement incorrect. Un exemple est souvent cité pour illustrer ce point : beaucoup d'élèves (mais aussi d'adultes) pensent que c'est l'ombre de la Terre qui est la cause des différentes phases de la Lune. Si on se base sur l'expérience quotidienne qui nous montre qu'un objet produit une ombre lorsque les rayons du Soleil sont dirigés sur lui et sur le fait que le Soleil éclaire la Terre, cette idée n'est pas irrationnelle. Elle révèle tout simplement des connaissances et des expériences inappropriées. Il faut donc que l'enseignement des sciences apporte aux élèves des expériences supplémentaires, soigneusement choisies et structurées. Elles leur permettront de poursuivre leur développement intellectuel en s'appuyant sur une réflexion scientifiquement plus exacte.

La nature de l'investigation scientifique

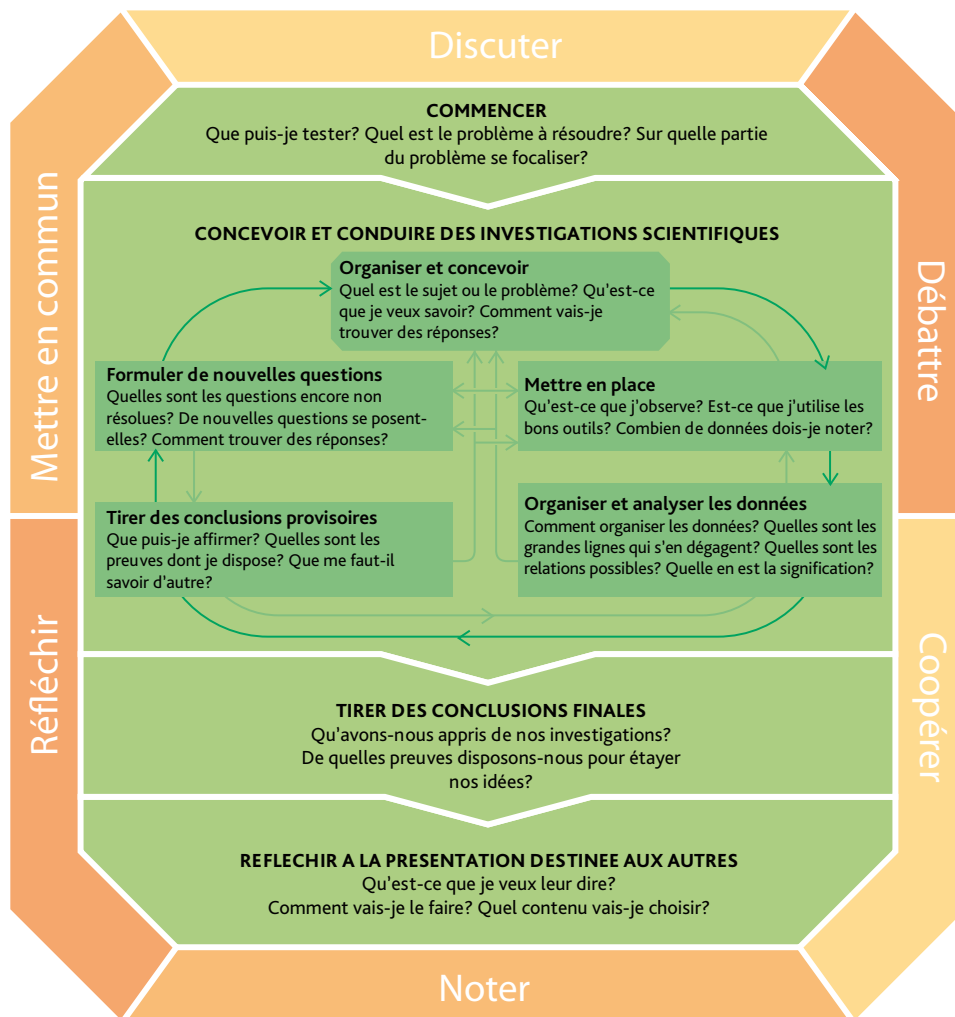
La compréhension du processus d'investigation scientifique constitue un des fondements de l'ESFI. Il est illustré dans la figure ci-contre par un système ou un ensemble d'étapes assez proches de la façon dont les scientifiques procèdent dans leur travail. Mais quelques précautions s'imposent.

Ce système ne se résume pas à un ensemble d'étapes à suivre. Ces étapes servent plutôt de cadre au processus. Pour les élèves, cela débute par une phase d'exploration qui leur permet de se familiariser avec le phénomène qu'ils vont étudier. On passe, ensuite, à une phase d'investigation constituée de plusieurs parties. Les nombreuses flèches de la phase de conception et de conduite d'investigations indiquent **qu'il ne s'agit pas d'un processus linéaire**. L'investigation scientifique, qu'il s'agisse de celle de l'élève ou du scientifique, est un processus compliqué. Les étapes décrites dans la figure risquent d'avoir besoin d'être repensées, certaines méritant que l'on s'y attarde ou parfois même qu'on les saute. Par exemple, si les résultats des investigations des élèves ne viennent pas valider leur prédiction ou suggestion (voire hypothèse) de départ, ils auront besoin de questionner ces dernières, de revenir au point de départ de leur recherche et de concevoir une nouvelle

¹ Duschl, Richard A., Heidi A. Schweingruber, et Andrew W. Shouse, eds. 2007. *Taking Science to School : Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington, DC : The National Academies Press.

expérience. Si l'investigation conduite par leurs soins n'aboutit pas, ils devront en imaginer une autre. Lorsqu'ils parviennent à une première conclusion, mais que celle-ci diffère de celle proposée par un autre groupe, ils devront procéder à une vérification de leurs résultats. On passe à la troisième phase de ce processus lorsque les élèves ont effectué un certain nombre d'investigations et qu'ils sont prêts à faire une synthèse de ce qu'ils ont appris pour en tirer des conclusions finales (travail souvent réalisé en classe entière). On passe alors à la quatrième phase : celle où les élèves communiquent leurs nouveaux acquis à un public plus large. Pour finir, précisons deux points. D'une part, selon les sujets traités et la nature de l'investigation envisagée, il faudra que l'enseignant prévoie d'insister sur certaines phases du processus. D'autre part, l'ensemble des étapes de ce processus ne sera pas forcément présent dans chaque séance.

Cadre de la démarche scientifique d'investigation



Plusieurs investigations seront nécessaires à certains modules ou parties de module pour parvenir à la phase « Tirer des conclusions finales ».

Il est rare qu'une séance ou leçon faisant partie d'un module contienne l'ensemble des parties de la phase « Concevoir et conduire des investigations scientifiques » présentées dans le schéma. Aucune séance ou leçon ne comprend la totalité des phases présentées dans le schéma.



Contenu scientifique

Les contenus qu'il convient de proposer aux élèves à chacun des niveaux de leur scolarité est une question récurrente et cruciale pour les enseignants. A quel moment un contenu particulier devra t'il être introduit ? A quel niveau de compréhension doit-on s'attendre ? Les réponses précises à ces questions seront donc souvent fournies par les programmes, le contexte local et les centres d'intérêt des élèves et des enseignants. Par exemple, il est important que les élèves commencent à étudier les notions de base sur les écosystèmes mais le choix du type d'écosystème dépendra de l'environnement de l'école : bord de mer proche ? parc à proximité ? Ou lorsqu'il s'agit de l'étude des notions liées à l'électricité, ils pourront se concentrer sur le thème de l'utilisation de l'électricité ou sur la façon d'installer l'électricité dans une maison de poupée ou bien encore créer un jeu utilisant des circuits électriques.

Quels sont les principes importants d'un enseignement fondé sur l'investigation ?

L'ESFI sera différent d'une classe à l'autre. Chaque professeur dispose d'une grande latitude pour élaborer et adapter son travail à partir de ses propres connaissances, compétences et centres d'intérêt ainsi que de ceux de ses élèves. Mais toutes les activités fondées sur la démarche d'investigation doivent respecter certains principes importants que nous décrivons ci-après.

Expérimenter soi-même est au cœur de l'apprentissage scientifique

Les élèves doivent, dans la mesure du possible, conduire des expériences se rapportant au phénomène qu'ils étudient. Deux raisons fondamentales à cela. La première est que nous savons, grâce aux recherches en éducation, que l'expérience directe est essentielle à la compréhension des concepts. La seconde est que les élèves construisent en permanence la compréhension du monde qui les entoure à partir de leurs expériences. Ceci étant, ils arrivent à l'école avec leurs propres idées et explications du fonctionnement du monde. Qu'elles soient scientifiquement exactes ou non, ces représentations font sens pour les élèves. Les mots seuls auront peu de poids pour les modifier. Le plus souvent, il ne suffit pas de leur dire ou de leur montrer qu'une expérience produit un résultat en contradiction avec leurs idées ou que leurs conclusions se basent sur des idées erronées pour faire évoluer leur point de vue. Les élèves ont besoin de s'en rendre compte par eux-mêmes, comme ils le font à l'extérieur de l'école. Ils ont besoin de se poser des questions, de les tester et d'en tirer de nouvelles conclusions. Cela ne nécessite nullement des sorties particulières ou des expérimenta-

Exemple



Dans une classe que décrit un article de Konicek et Watson², des élèves sont en train de parler des notions de chaleur et de température. Ils affirment que ce sont leurs pulls et leurs manteaux « chauds » qui produisent la chaleur qui les réchauffe. Ils ont effectué un certain nombre d'expériences avec différents matériaux dans lesquels ont été insérés des thermomètres. Ils continuent à affirmer que c'est à cause du froid qui pénètre à l'intérieur de ces matériaux qu'aucune hausse de température ne se produit. Ce n'est qu'à la suite de plusieurs expériences et discussions que la plupart des élèves ont accepté de renoncer à leur idée de départ.

² Konicek, Richard et Watson, Bruce. (1990). *Teaching for Conceptual Change : Confronting Children's Experience*. Phi Delta Kappan, May, pp 680-685.

tions compliquées, il suffit souvent d'expériences, très simples, qui ne demandent rien de plus que de sortir de la classe ou de disposer d'un équipement ordinaire et bon marché. Les exemples d'activités présentées sur les sites de *La main à la pâte* illustrent ce qui peut être fait par les élèves. (→ www.lamap.fr et → www.pollen-europa.net)

Les élèves doivent s'appropriier et comprendre la question ou le problème qui est au centre de leur travail

Pour que les élèves s'engagent véritablement dans des investigations scientifiques et qu'ils fassent des efforts pour comprendre, il est indispensable qu'ils appréhendent parfaitement la question ou le problème sur lequel ils travaillent. Celui-ci doit avoir du sens pour eux. Pour y parvenir, il faut que les élèves participent au processus qui déterminera la question ou le problème. Quoi qu'il en soit, les élèves ont besoin de temps pour découvrir le sujet, pour discuter des éventuels problèmes et questions qui se posent, pour réfléchir à ce qui va être recherché et à la manière de faire.

Exemple



Imaginons qu'un professeur mette en place un module sur la mesure du temps, au cours duquel le sablier en tant qu'instrument de mesure est étudié par les élèves. L'enseignant demande à la classe de réfléchir à la façon dont les sabliers sont fabriqués et aux paramètres importants pour évaluer le temps que mettra le sable à s'écouler. Un des objectifs importants de ce module est que les élèves se rendent compte qu'ils ne sont en mesure d'obtenir des résultats utilisables que s'ils font varier un paramètre à la fois (en gardant tous les autres constants). La façon dont le professeur organise la phase d'investigation peut avoir une influence sur la manière dont les élèves vont s'approprier et comprendre le problème.

- a) Le professeur peut montrer un sablier à ses élèves, leur déclarer que le temps qu'il faudra au sable pour s'écouler dépend de différents paramètres, leur dire qu'ils vont pouvoir observer cela par eux-mêmes et leur donner des instructions précises pour la réalisation des expériences. Cette méthode est proche de la méthode traditionnelle dite du cours magistral dans lequel le professeur donne les résultats. Cela n'a rien à voir avec la démarche préconisée par l'ESFI
- b) Un autre professeur pourra faire observer, dessiner et décrire un sablier par ses élèves et leur demander quels sont les facteurs qui déterminent la durée d'écoulement du sable pour ensuite discuter avec eux de l'investigation qu'ils vont mener. Il est possible que ce problème ait du sens pour certains élèves mais probablement pas pour ceux qui n'ont pas une véritable expérience des sabliers.
- c) Enfin, un autre professeur pourra présenter au moins trois sabliers dont un mettra plus de temps que les autres au niveau de l'écoulement du sable. Les élèves, divisés en groupes, observent, dessinent et décrivent les sabliers en notant les caractéristiques distinctives de chacun d'eux et en remarquant que l'écoulement du sable a une durée différente selon les sabliers. Beaucoup d'élèves s'interrogeront alors sur les raisons de cette différence de temps. Ceci conduit les élèves à une investigation au cours de laquelle ils seront plus à même de s'approprier le problème.

L'investigation scientifique requiert de nombreuses compétences de la part des élèves. Une des plus fondamentales est d'être capable de réaliser une observation ciblée.

L'investigation scientifique met en jeu un grand nombre de compétences : poser des questions, faire des suggestions (ou prévisions), concevoir des expérimentations, analyser les données et étayer ses affirmations par des preuves... Une des plus importantes reste cependant la précision avec laquelle les élèves vont déterminer et observer leur l'objet d'étude.



Les élèves sont sensibles et réagissent à leur environnement, mais ils peuvent laisser de côté (comme le font les adultes eux-mêmes) des observations intéressantes. La compréhension d'un phénomène demande d'examiner attentivement ses principales caractéristiques. Sans cet examen précis, les observations – et les données collectées – risquent de ne pas aider à résoudre la question ou le problème soulevé. En d'autres termes, pour pouvoir « voir » quelque chose, il faut savoir ce que l'on essaie de voir et ce que l'on cherche. Il n'est pas rare de demander aux élèves d'observer attentivement. Mais qu'est-ce que cela signifie ? Que sont-ils en train de chercher ? Beaucoup d'entre eux auront besoin d'aide pour le déterminer. Par exemple, demander à quelqu'un d'observer deux fleurs ne revient pas au même que de lui demander d'observer les fleurs et de noter leurs ressemblances et différences. Pour que les élèves apprennent à utiliser les compétences nécessaires à l'investigation scientifique, ils ont besoin d'être accompagnés dans leur apprentissage et ont souvent besoin qu'on leur enseigne directement les compétences que cela suppose.

Exemple



Dans une classe étudiant l'air, un professeur³ avait pour objectif de montrer qu'une bougie placée sous un bocal brûlerait plus longtemps si le bocal était plus grand. Le professeur utilisa trois bols de taille différente et expliqua à ses élèves comment les placer en même temps par-dessus les bougies. Tout se passa très bien. Cependant lorsqu'il leur demanda quelles différences ils avaient pu constater entre les bols, il fut déçu de les entendre dire : « Aucune. Ils étaient tous pareils. Toutes les bougies se sont éteintes. » Visiblement aucun des élèves n'avait remarqué ce que le professeur espérait leur faire voir. Les élèves auraient réagi différemment s'ils avaient d'abord remarqué que la bougie s'était éteinte puis s'ils avaient observé les trois bocaux installés au-dessus d'une bougie et enfin si on leur avait demandé de repérer en combien de temps les trois bougies s'étaient éteintes.

Apprendre les sciences ne consiste pas seulement à agir sur et avec les objets, cela consiste aussi à raisonner, échanger avec les autres et à rédiger pour soi et pour les autres.

On considère parfois l'ESFI comme de simples activités pratiques. Pour que l'expérience réalisée par les élèves soit comprise et aboutisse à une acquisition de connaissance, les élèves ont besoin de réfléchir à ce qu'ils sont en train de faire, d'en discuter avec les autres et de passer par l'écrit. Les idées, les prédictions, la conception des investigations, les conclusions, tout doit être explicité, partagé oralement et par écrit ainsi que débattu. Dans de nombreux cas, c'est en essayant de communiquer son point de vue à d'autres personnes que l'on trouve les réponses à ses propres questions. Qui n'a pas constaté qu'il parvenait à résoudre en partie un problème en essayant de le mettre par écrit ou de l'expliquer à un tiers ? Et le contraire est également vrai. C'est souvent en essayant d'expliquer quelque chose à quelqu'un que l'on se rend compte de la faiblesse de sa propre compréhension du sujet. De nombreux élèves (et adultes aussi) préfèrent d'abord passer par l'oral qui facilite l'explication et par là même sa transcription.

L'utilisation des sources documentaires pour finaliser l'investigation.

On pense souvent que l'ESFI exclue l'utilisation de sources documentaires telles que les livres et Internet ainsi que le recours aux spécialistes du domaine étudié. Cependant l'expérimentation ne suffit pas toujours à elle seule à faire découvrir aux élèves ce qu'ils ont besoin de savoir. Le recours à des ressources documentaires est alors conseillée, bien qu'il diffère des utilisations plus traditionnelles car il se rapproche de celle qu'en font les scientifiques. Les ressources sont, dans ce cas, au service des expérimentations des élèves sans pour autant les remplacer. Par exemple, il n'est pas rare qu'une démarche d'investigation aboutisse à des questions auxquelles l'expérience directe ne peut répondre ou conduire à des conclusions provisoires. Il est alors conseillé de s'appuyer sur des ressources documentaires car les élèves

³ Harlen Wynne, *Enseigner les sciences : comment faire ?* - Le Pommier, pp.220. 2004

ils trouveront non seulement les informations nécessaires à leurs investigations mais acquerront également une méthode et un regard critique pour rechercher et exploiter ses ressources.

Exemple



Dans une classe, des élèves travaillent sur une séquence portant sur le corps humain. Au cours de la première séance, chaque élève a dessiné, tels qu'ils les imaginaient, les os sur la silhouette d'un corps. Au cours de la séance qui nous intéresse ici, les élèves sont divisés en groupes de 4 et dessinent sur une nouvelle silhouette les os dont l'existence a été validée par chaque membre du groupe. Au cours de la discussion collective qui suit, des zones de désaccords et des questions apparaissent. L'une d'elles concerne le nombre d'os qui constitue la colonne vertébrale : un ou plusieurs ? Un enfant fait alors remarquer que si la colonne vertébrale était constituée d'un seul os, elle aurait dû se casser lorsqu'il s'est baissé pour ramasser un crayon. D'où la question : de combien d'os est constituée la colonne vertébrale ? D'autres questions ont également été soulevées et les élèves sont allés chercher les réponses dans leur livre, sachant parfaitement bien ce qu'ils étaient en train de chercher.

La science est un travail de collaboration.

L'investigation scientifique est le plus souvent le fruit d'une collaboration. Il est vrai qu'il existe des contre-exemples comme les naturalistes qui passent du temps à étudier, seuls, le comportement d'une espèce donnée. Mais ils sont tenus de soumettre leur travail à un public plus large pour en discuter et en débattre. Lorsque les élèves travaillent ensemble en petits groupes, ils se retrouvent dans des conditions de travail similaires à celles de beaucoup de scientifiques : partage des idées, débats, réflexion sur ce qu'ils doivent faire et leur manière de procéder. Le groupe les oblige à travailler ensemble à l'organisation de leur projet, à l'attribution des responsabilités et à une communication efficace avec les autres. Ils doivent aussi se préparer à présenter leurs idées à l'ensemble de la classe. C'est une occasion importante d'apprendre à exposer, à argumenter, à écouter les autres, à questionner et à débattre, et de se rendre compte qu'il peut y avoir différentes façons d'aborder le même problème.

Quelles sont les principales stratégies pédagogiques pour mettre en oeuvre l'ESFI ?

De la même façon qu'il existe des principes importants à prendre en compte lorsque l'on s'engage dans l'ESFI, il existe également des stratégies pédagogiques particulières auxquelles il faut être attentif. Nous en détaillerons quelques unes ci-dessous.

Organiser la classe

L'environnement matériel

Pour que les élèves puissent s'engager dans des investigations en groupe, la classe doit être organisée en conséquence. Les élèves ont besoin d'espace pour pouvoir travailler en groupe, accéder au matériel et ranger leurs travaux en cours. Certaines écoles disposent d'une salle de sciences adaptée à ces exigences. Quand ce n'est pas le cas, il sera sans doute nécessaire de déplacer chaises et tables, d'utiliser des petits casiers ou des meubles de rangement pour le matériel et les travaux d'élèves.



A l'école primaire, l'équipement utilisé pour les expériences est en général du matériel courant et bon marché qui va des graines et de la terre à de la ficelle et des trombones. Certains équipements, mais relativement peu nombreux, comme les piles, les instruments de mesure, les balances ou les loupes binoculaires sont un peu plus chers. Dans certains domaines comme l'astronomie ou les sciences de la vie, il est extrêmement difficile d'expérimenter. Il faudra alors recourir à des modèles, des schémas ou des documents. Quelle que soit la nature du matériel utilisé, il est essentiel que les élèves puissent y accéder facilement et en avoir la responsabilité.

Conseils pratiques

- L'espace pour ranger le matériel et les travaux en cours ou pour exposer des travaux peut constituer un problème dans de nombreuses classes. Il existe, cependant, des solutions collectives où les enseignants font en sorte de trouver des espaces communs au sein de l'école.
- Les écoles mal dotées en équipement et matériel peuvent parfois les emprunter à des centres de ressources, à des scientifiques ou encore faire appel aux élèves et à leurs parents. Par ailleurs, les collectivités locales ou parfois des entreprises privées peuvent être sollicitées pour équiper l'école.

L'ambiance de travail dans la classe

L'ESFI préconise que les élèves construisent leur savoir en travaillant ensemble, en procédant par essais et erreurs, en partageant de nouvelles idées, ce qui n'est pas le cas de certaines approches où les élèves n'ont qu'une seule préoccupation : donner la bonne réponse. Pour ce faire, il est important que les relations entre élèves soient basées sur le respect mutuel. Il importe notamment d'éviter que dans un groupe, un leader impose son point de vue ou bien parfois de considérer que seuls les garçons sont capables de mener des activités pratiques. Pour un ESFI efficace, on veillera à ce que l'ambiance de travail permette à tous les élèves de se sentir bien dans la classe et de participer à tous les aspects du travail scientifique : l'aspect pratique, la réflexion, le débat, la communication orale et écrite

Conseils pratiques

- Si des élèves font preuve de réticence à partager leurs idées, bien qu'ils soient sûrs d'avoir raison, il peut être utile de parler avec eux de l'importance que revêtent les idées de chacun et du bénéfice que l'on peut tirer de la confrontation des points de vue.
- Les questions que vous posez peuvent aider : « *Que pensez-vous qu'il va se passer ?* » sera plus explicite que « *Que va-t-il se passer ?* ». Le fait d'accorder aux élèves quelques minutes pour réfléchir à la question ou leur permettre d'en parler avec un camarade peut également encourager les élèves les plus réticents à s'exprimer.
- Il n'est pas facile de créer de bons groupes de travail. Le travail en groupe est une situation d'apprentissage en soi aussi bien pour les élèves que pour l'enseignant. Il est conseillé d'établir explicitement quelques règles de vie telles que la façon d'exprimer son désaccord avec respect, de s'écouter mutuellement, de partager le matériel et de permettre à chacun de prendre la parole. L'attribution de rôles (par exemple, le secrétaire, le responsable du matériel, le rapporteur...) qui devront être redistribués régulièrement⁴ facilitera un apprentissage basé sur la collaboration.
- Le travail en équipe sera plus efficace si les groupes sont petits (4 personnes est le nombre idéal) et si les objectifs de travail sont clairs. En fonction du matériel utilisé, de l'habitude des élèves à travailler ensemble, de leur âge... le groupe de quatre pourra fonctionner sur la base de deux binômes pour la partie pratique, voire même individuellement.

⁴ Kagan Stephen. 1993. *Cooperative Learning*. Kagan Publishing ; Johnson, David & Johnson, Robert. 1999. *Learning Together and Alone*. Edina, MN. Interaction Book Company.

Construire et poser les bonnes questions

L'ESFI accorde un rôle très important aux questions posées par le professeur, que ce soit au groupe classe, à des petits groupes ou à un élève. Les « bonnes questions » permettent de faire avancer le travail ; les questions moins bonnes y parviennent rarement. Jos Elstgeest dans le livre de Wynne Harlen *Enseigner les sciences, comment faire ?*⁵ affirme : « Une bonne question est la première étape vers la réponse ; c'est un problème pour lequel il existe une solution. Une bonne question doit être stimulante, une invitation à un examen plus attentif, à une nouvelle expérimentation ou à un nouvel exercice... J'appellerais ces questions des questions « productives » car elles stimulent une « activité productive. » Les questions productives⁶ encouragent les élèves à réfléchir à leurs propres questions et à la façon d'y apporter des réponses. Elles pourront amener un groupe d'élèves à un travail et à un raisonnement plus approfondi. Les questions non productives appellent une réponse orale courte et c'est tout. (Quel est le nom de cet objet ? Qu'est-ce qu'une pile ? Le courant s'est-il déplacé du pôle positif au pôle négatif ? Quels sont les noms des planètes ?). Il n'est pas interdit au professeur de poser ce type de questions mais elles sont très différentes des questions soigneusement construites qui amènent les élèves à s'interroger.

Conseils pratiques

- Au début de l'investigation ou lorsqu'on commence une nouvelle recherche, la question de départ revêt une importance toute particulière. Elle est suffisamment spécifique pour que les élèves partent dans la direction désirée, mais elle doit être suffisamment ouverte pour stimuler leur questionnement. Par exemple « *D'après vous, que faut-il savoir pour allumer une ampoule avec une pile ?* » diffère de « *qu'est-ce qui permet d'allumer une ampoule ?* ». Ou « *Quelles parties de la plante se développent lorsqu'elle grandit ?* » est une question moins productive que « *Comment pourrions-nous, selon vous, décrire le cycle de vie d'une plante ?* ».
- D'autres questions seront à poser aux élèves au cours de leur travail. Ces dernières peuvent, elles aussi, être plus ou moins productives. Les questions suivantes permettent de stimuler leur travail et une nouvelle réflexion. « *Quelles différences et similitudes observez-vous entre ces objets (situations) ?* », « *Pourquoi pensez-vous que ces résultats sont différents des autres essais ?* » « *Selon vous, que se passerait-il si ?* » « *Comment pensez-vous y prendre pour...* », « *Comment expliquez-vous ?* », « *Comment peut-on être sûr ?* ». L'utilisation des « selon vous » et « pensez-vous » ou encore « à votre avis » est ici très importante car elle signifie que l'on ne demande pas à l'élève de fournir la bonne réponse mais qu'on lui demande d'exprimer son opinion.
- Sheila Jelly déclare, dans le livre de W. Harlen, que « *la capacité de formuler des questions spécifiques dans des situations particulières n'est qu'une question d'entraînement* ». Pour pratiquer cet entraînement, elle conseille d'examiner les questions posées dans des livres de science pour enfants en se demandant si elles sont stériles ou productives ou bien en cherchant quelle expérience scientifique est encouragée. Il est également possible, hors de l'école, de s'exercer à rechercher des questions productives. Le travail en équipe entre professeurs peut également contribuer à vous aider dans cette tâche.

Tenir compte des expériences et des idées initiales des élèves

Les élèves ont en général plein d'idées sur les phénomènes qu'ils rencontrent au quotidien. Assez souvent ces idées sont partielles ou en contradiction avec les explications scientifiques des phénomènes étudiés. Il est important de garder à l'esprit que certaines de ces idées que l'on appelle « idées préalables », « représentations initiales » ou « conceptions naïves » peuvent être justes, mais construites sur une expérience et un savoir limités. Donnons un exemple pour illustrer ce point : le fait de croire que les graines ont besoin de lumière pour germer. Au cours de leur croissance, les plantes en ont besoin mais, tout au début, elles peuvent pousser sans lumière. Il est important de permettre aux élèves de mettre

⁵ voir note 3

⁶ cf. page 8 du document « Enseigner les sciences à l'école » accessible à l'adresse www.lamap.fr/?Page_Id=77&Element_Id=393&Referrer_Id=13



leurs idées ainsi que la façon dont ils les ont acquises en commun. Cette mise en commun les aide à faire le point sur leurs représentations et à comprendre sur quoi elles se fondent. Entendre les idées des autres, qu'elles soient correctes ou non, pourra les ouvrir à d'autres façons de penser.

Les professeurs, qui ont connaissance des recherches sur les représentations initiales les plus courantes, qui sont à l'écoute de leurs élèves et prennent leurs idées au sérieux, parviennent à adapter et conduire des activités de classe afin de donner aux élèves l'occasion de découvrir que d'autres idées donnent une explication plus efficace que la leur. (→ Voir la partie sur l'évaluation formative)

Exemple



Un exemple tiré de l'étude de l'électricité. Un groupe d'élèves pense que le fait de poser une ampoule sur une des bornes d'une pile suffit à l'allumer. Rien de tel que de les laisser expérimenter et de découvrir que l'ampoule ne s'allumera pas. D'autres élèves pensent que l'électricité vient des deux bornes et qu'elle entre dans l'ampoule. Certains précisent même que l'ampoule s'allume lorsque l'électricité sort des deux bornes en même temps. Bien qu'incorrectes, ces deux explications font preuve d'une certaine logique. Ils savent que l'ampoule a besoin de l'« énergie » de la pile (beaucoup possèdent des jouets à piles) et que cette énergie doit aller vers l'ampoule. Mais ils ne savent pas exactement comment tout cela se passe. Réaliser l'expérience qui consiste à allumer une ampoule avec des fils électriques et à utiliser plus d'une ampoule en série peut les aider à élargir leurs expériences et à parvenir à une conclusion différente.

Une autre conception naïve chez quelques élèves concerne les fonctions de leur corps. Lorsqu'on leur demande ce que devient la nourriture⁷ qu'ils mangent, beaucoup pensent qu'il y a deux tuyaux, un pour les liquides et l'autre pour les solides. Cette idée est renforcée par le fait qu'il y ait deux sorties, l'anus et une autre pour l'urine. Dans ce cas comme dans les autres, il faut s'assurer que les élèves expriment d'abord leurs idées et, par la suite, soient encouragés, à travers des questions et des discussions, à réfléchir à nouveau. « Que se passe-t'il lorsque tu manges de la soupe ? » « As-tu jamais avalé de travers ? » « Qu'est ce que cela signifie pour toi ? »



Nanjing (Chine)

Sao Carlos (Brésil)

Paris (France)

⁷ Voir le site de Pollen (<www.pollen-europa.net>) section « Learning Units » et Giordan André, De Vecchi Gérard., 2002. *L'enseignement scientifique. Comment faire pour que ça marche ?* Delagrave . Collection Pédagogie et formation, 271pp.

Conseils pratiques

- La recherche a permis d'identifier quelques-unes des représentations initiales les plus courantes chez les élèves en fonction de leur âge. Les connaître vous permet d'y être préparé et de pouvoir proposer des expériences qui permettront à vos élèves d'élargir les leurs. Vous pouvez trouver des ressources intéressantes sur Internet et dans des publications consacrées aux modes d'apprentissage des élèves⁸.
- Aussi souvent que possible, pensez à commencer votre module ou une nouvelle investigation par un débat sur ce que les élèves pensent du sujet. Ainsi vous parviendrez, et eux aussi, à avoir un aperçu de leurs expériences, leurs idées et leurs manières de raisonner. Au cours des investigations, vous pourrez également mieux comprendre leur raisonnement à partir de ce qu'ils verbalisent et font.
- Pour que les élèves puissent exprimer leurs représentations initiales, il est nécessaire qu'ils comprennent qu'ils ont le droit de se tromper et que leurs idées seront respectées. En d'autres termes, ils doivent se sentir rassurés pour pouvoir partager ce qu'ils pensent. On peut utiliser plusieurs stratégies pédagogiques pour encourager ce partage à l'oral et/ou à l'écrit. Cela demande de prendre en considération les idées des élèves, même si elles sont « incorrectes ». Demander aux élèves de préciser leurs idées (« *Qu'est-ce qui te fait penser cela ?* », « *Comment sais-tu cela ?* ») contribue également à valoriser leur expérience individuelle.
- Si certains élèves expriment des idées correctes, il faut se contenter de les traiter sur un même plan que les autres. Tout signe montrant que ce sont les bonnes réponses risque d'inhiber les autres élèves qui ne voudront plus continuer à faire part de leurs idées.
- Les élèves peuvent mettre du temps à renoncer aux idées qu'ils considéraient comme correctes et en accord avec leurs expériences antérieures. L'investigation effectuée au sein de la classe ne l'emportera pas forcément sur leur vécu et leur expérience personnelle. Ils auront besoin de faire plusieurs expériences et d'avoir plusieurs discussions avant de ressentir le besoin de questionner et de changer leurs idées initiales..

Organiser des débats

Le débat entre pairs est une des caractéristiques essentielles de l'ESFI. Il intervient tout au long du processus d'investigation entre deux élèves, en petits groupes ou bien en classe entière. S'ils sont engagés, en petit groupe, dans un travail intéressant, la plupart des élèves parleront à leurs pairs sans que le professeur ait besoin d'intervenir sauf pour un recadrage éventuel de la discussion. Dans un grand groupe, le débat est plus difficile et les élèves devront acquérir de nouvelles compétences et habitudes, tout comme le professeur. Il ne s'agit pas ici des débats traditionnels au cours desquels le professeur pose une question, choisit un élève qui donnera la réponse et, en fonction de cette dernière, la valide ou non avant de passer à une autre question ou à un autre élève. Au contraire, ces débats se caractérisent par une interaction réelle entre les élèves. Ces derniers sont incités à compléter les propos d'un autre, poser des questions, présenter un autre point de vue, ou contester celui de leurs pairs. Il est souhaitable de consacrer du temps à l'apprentissage de ces compétences.

Les débats en grand groupe jouent un rôle important. Ils permettent aux élèves d'explicitier leurs propres idées, d'entendre et de discuter les idées des autres, de s'apercevoir que ces idées peuvent être fondées sur des faits auxquels ils n'avaient pas pensé (comme dans l'exemple des os de la colonne vertébrale, cité plus haut) et qu'ils peuvent, dans certains cas, les tester en les soumettant à l'expérimentation. Les débats peuvent aussi être le moment de se mettre d'accord sur les conclusions.

⁸ Par exemple en allant sur le site de la main à la pâte à la rubrique « comment faire », à l'adresse suivante www.lamap.fr/?Page_Id=18&Action=1&Element_Id=1205&DomainPedagogyType_Id=1 ou encore en consultant les fiches connaissances à l'adresse suivante : www.lamap.fr/?Page_Id=77&Element_Id=394&Referrer_Id=13
Voir aussi Astolfi J.P., Péterfalvi B., Vérin A. *Comment les enfants apprennent les sciences ?* 1998 Reitz.



Conseils pratiques

- Le fait d'installer les élèves de façon à ce qu'ils se voient tous, peut faciliter le débat et contribuer à sa dynamique, comme le préconisent les formateurs de l'Espace des sciences de Bergerac⁹. Cette configuration suppose des classes relativement spacieuses. Pour cela, les élèves peuvent être installés, avec l'enseignant, dans le même cercle. Il est souhaitable également de faire en sorte qu'il n'y ait plus de premier rang dans la classe. Cela risque d'être parfois difficile dans les petites classes mais en tournant les chaises, en poussant les meubles, ou en demandant aux élèves de se tourner, on peut y arriver.
- Le fait de ralentir le rythme de la discussion peut aider certains élèves à y participer. Demander aux élèves de réfléchir un instant avant de répondre à une question leur permet de mieux organiser leur pensée avant de prendre la parole. Ménager 5 ou 10 secondes de silence, peut également permettre d'approfondir la discussion ou de donner naissance à de nouvelles idées.
- Il peut s'avérer difficile d'empêcher les élèves de s'adresser à vous et de les amener à s'adresser à leurs pairs. Un message direct et explicite à ce sujet peut les y aider : « Adresse-toi à Louis et pas à moi » « Amal voulait te poser une question » « Marie, que penses-tu de ce qu'a dit Sam ? » « Alain, as-tu quelque chose à ajouter à ce qu'a dit Jeanne ? ».
- Comme dans l'ESFI, le rôle de l'enseignant est plutôt celui qui facilite et guide - et pas uniquement celui qui questionne et dit - il est crucial de parler moins et de s'empêcher de fournir aux élèves les « bonnes réponses ». En revanche, vous serez attentif à intervenir pour trouver une issue à un désaccord entre deux élèves. Des questions et des commentaires du type « Comment faire pour se renseigner ? » « Nous devrions essayer de ... » « Regardons dans nos données » « Comment faire pour être sûr ? » tout comme l'attribution de rôles (définie dans les conseils pratiques pour l'ambiance de travail dans la classe) pourront encourager les élèves à poursuivre le débat.
- Permettre aux élèves de débattre entre eux soulève le problème de savoir quoi faire des représentations initiales quand l'ensemble du groupe y adhère. Cela dépend beaucoup du moment où cela se produit. Au début du module ou de l'investigation et même au cours de son déroulement, il est généralement préférable d'accepter les idées naïves tout en mettant en évidence celles qui posent problème. A la fin de l'investigation ou du module, il est, cependant, important de guider la classe vers une conception plus exacte.
- Des discussions plus ouvertes encouragent également l'élève à poser des questions auxquelles la seule investigation ne pourra apporter de réponses et sur lesquelles vous risquez de ne pas être en mesure de répondre vous-même. Une façon de prendre en considération toutes les questions des élèves est de les noter au tableau, sans en écarter aucune. Elles peuvent être triées par catégories : par exemple les questions auxquelles on pourra répondre par l'expérience qu'ont réalisées les élèves et celles auxquelles l'expérience ne pourra pas apporter de réponse. Les élèves pourront trouver certaines des réponses auprès de vous, d'un scientifique, dans des livres ou sur Internet. Vous induirez chez vos élèves un comportement notamment plus actif si, en réponse aux questions auxquelles vous ne pouvez pas répondre, vous dites « Je ne connais pas la réponse, mais nous allons essayer de la trouver tous ensemble. »

Guider les élèves dans la réalisation de leur cahier d'expériences (ou de sciences)

La réalisation d'un cahier d'expériences contenant du texte, des dessins, des schémas, des graphiques, des tableaux, des affiches est un point essentiel de la démarche de l'ESFI. En effet, le passage à l'écrit aide les élèves à clarifier leurs idées, à prendre conscience des progrès réalisés et permet de garder une trace de ce qui a été fait et réfléchi au fur et à mesure de l'avancée des travaux. A la lecture de ces notes, le professeur pourra se rendre compte qu'une notion particulière qu'il

⁹ Voir la plaquette de présentation du centre pilote de Bergerac à l'adresse : www.lamap.fr/bdd_image/plaquette_bergeracFRA.pdf

pensait acquise n'est pas vraiment claire ou qu'elle est mal comprise. Il pourra alors modifier et ajuster rapidement son enseignement au lieu d'attendre le moment de l'évaluation finale qui peut avoir lieu plusieurs semaines plus tard.

En sciences, l'acte d'écrire se produit dans diverses situations. Les élèves tiennent un journal de leur travail dans leur cahier d'expériences (ou de sciences), produisent des documents de présentation (textes, dessins, schémas, graphiques), et préparent des comptes rendus. Différents types d'écrit et différentes formes de documentation sont envisageables. Ces activités de production d'écrits offrent aux élèves des occasions riches et authentiques de pratiquer l'écrit et l'oral et, par voie de conséquence, de construire des compétences en français. Cependant, il faut faire attention à ne pas transformer les activités scientifiques en leçons d'écriture et de lecture. La langue doit être ici au service des sciences et non le contraire.

Le cahier d'expériences (ou de sciences)

Le cahier d'expériences comprend des écrits individuels, des écrits de groupe et l'écrit synthétisant les savoirs construits par la classe

- Les écrits individuels

Quelle que soit sa structure, le cahier d'expériences contient l'historique de l'investigation des élèves tout au long des séances, sur plusieurs modules ou même sur plusieurs années. Il présente, d'une certaine façon, la question et l'objet de l'étude, les prédictions, les suggestions, les idées et les contours de l'investigation. C'est dans ce cahier que seront notés les données recueillies, leur analyse, les idées et les réflexions naissantes ainsi que les conclusions provisoires et finales. Ces comptes rendus écrits aident les élèves à revenir aux travaux et idées antérieurs, à réfléchir à ce qu'ils ont fait, et, dans de nombreux cas, à modifier ou à approfondir leur raisonnement. Ces écrits individuels, contrairement aux écrits de groupe et à l'écrit de la classe reste relativement informels et permettent aux élèves de développer petit à petit les compétences nécessaires à l'organisation et à la mise par écrit de l'ensemble de leur travail.

- Le compte rendu de groupe

Lorsque les élèves entreprennent un projet de groupe, le professeur pourra leur demander de préparer une présentation écrite de leur travail sous la forme d'une affiche, d'un protocole d'expérience, d'une fiche technique, etc. le tout apparaissant aussi dans le cahier d'expériences. Ces supports permettront aux élèves de présenter leurs idées et leurs conclusions provisoires à toute la classe. Ils les aideront à faire la synthèse de leur raisonnement et à réfléchir aux moyens de communiquer aux autres ce qu'ils pensent et/ou ont fait. Ces présentations devront être plus travaillées que les comptes rendus rédigés individuellement dans les cahiers d'expériences. Destinées aux autres élèves de la classe, elles nécessitent plus de clarté et de concision.

- Le compte rendu de classe

La rédaction du compte rendu permet à l'enseignant de faire émerger puis d'établir des conclusions collectives avec sa classe. Il a pour but d'exprimer la pensée de l'ensemble de la classe tout en s'assurant en fin de séquence que les conclusions sont conformes aux savoirs établis par la communauté scientifique. S'agissant de ce type d'écrit, certains parleront de résumé et/ou du « savoir » auquel est parvenue la classe. Dans la mesure où ces comptes rendus de classe présentent les conclusions finales, le savoir acquis, au cours de l'investigation, on considère qu'ils doivent être plus aboutis et complets que les autres formes d'écrits



Conseils pratiques

- Les élèves ne prendront de notes dans leur cahier qu'à des moments particuliers. On pourra avantageusement consacrer des moments courts à chacune des étapes importantes de l'investigation. On peut prendre, par exemple, quelques minutes pour mettre par écrit un objectif ou une question et une prédiction (suggestion ou prévision) avant de démarrer une investigation ; pour décrire le protocole qui va être mis en œuvre ; ou faire une pause au cours de l'investigation afin de noter rapidement les nouveaux résultats. Un court moment à la fin d'une séance pour une réflexion peut également s'avérer utile. Lorsqu'on demandera aux élèves d'arrêter leur travail, d'y réfléchir et de proposer une ébauche de conclusion, il faudra prévoir une plage de temps plus longue.
- Les élèves ne tireront véritablement profit de leur cahier d'expériences que s'ils maîtrisent et s'entraînent à rédiger des comptes rendus. Il faudra sans doute prévoir une activité spécifique à ce sujet (à prévoir dans le créneau horaire de français). Il pourrait également être utile de construire avec les élèves des modèles de comptes rendus¹⁰ et de leur accorder du temps pour qu'ils mettent en commun leur travail. Même les élèves les plus jeunes peuvent et doivent avoir leur cahier d'expériences. S'ils ne savent pas écrire, vous pouvez leur demander de dessiner et de vous dicter ce qu'ils ont envie d'y inscrire¹¹. Les élèves plus âgés auront sans doute, eux aussi, besoin d'aide pour rédiger les comptes rendus détaillés, préciser le vocabulaire ou pour réaliser des diagrammes et autres graphiques.
- Il est nécessaire que chaque élève puisse écrire dans son cahier sans crainte d'être jugé et corrigé par leur enseignant (erreurs d'orthographe, interprétation erronée, dessins incomplets ou trop soignés, mauvaises conclusions, etc.). Au lieu de corriger individuellement leur cahier, il serait plus profitable d'interagir avec l'élève et de lui faire des commentaires l'amenant à faire évoluer ses écrits comme par exemple « *Comment pourrais-tu organiser tes données pour qu'elles soient plus faciles à lire la prochaine fois ?* » « *Pourquoi as-tu abouti à cette hypothèse ?* » « *J'ai remarqué que tu n'as pas indiqué la quantité de liquide utilisée pour...* » « *Essaie de développer cette idée* »
- Il est important que les élèves utilisent leur cahier comme un véritable outil : revenir sur ce qu'ils ont fait, comparer des données avec un ami, contrôler leur résultat, trouver des preuves pour étayer leurs affirmations... Sans cela, ils risquent de ne pas comprendre l'utilité de ce cahier et de le percevoir comme un objet contraignant qui ne répond qu'à vos seules préoccupations.
- Il faut s'assurer que le travail de rédaction effectué par les élèves est vraiment utile à leur travail scientifique. Parfois, au lieu de copier ce qui est écrit au tableau, par exemple, on préférera leur donner un document photocopié à coller dans leur cahier, surtout si ce document a été construit collectivement.
- Pour aider les élèves à écrire dans leur cahier d'expériences, il pourra être utile de leur proposer des structures de présentation¹². Cela les aidera à organiser la page, y indiquer les éléments essentiels et mettre en forme les données (tableaux, graphiques, etc.). Ces modèles seront d'autant plus profitables qu'ils permettront de guider les élèves dans leur rédaction sans brider leur réflexion.

Quelques stratégies pédagogiques spécifiques

Les stratégies décrites ci-dessus sont plutôt d'ordre général et s'appliquent à l'ensemble du module. Il existe, cependant, certaines phases d'un module d'ESFI qui peuvent poser problème aux élèves. Nous vous conseillons de recourir aux stratégies décrites ci-dessous en cas de difficultés.

¹⁰ Voir dossier primé à l'adresse <www.lamap.fr/?Page_Id=6&Element_Id=110&DomainScienceType_Id=11&ThemeType_Id=24>

¹¹ cf. thèse d'Evelyne Villard « Le cahier de sciences au cours préparatoire de l'école primaire en France » Université lumière Lyon 2

¹² Voir par exemple le site du centre pilote de Pamiers :

<pedagogie.ac-toulouse.fr/ariege-education/sciences09/php/Le-cahier-d-experiences>

Guider les élèves lors de la phase de conception de leur investigation

Apprendre à concevoir une investigation est un objectif important pour comprendre la nature des sciences. Mais cette approche n'est pas facile et les élèves ont besoin d'y être préparés. Cela nécessite de travailler étroitement avec eux, surtout au début. Le processus débute souvent par une discussion collective permettant de clarifier la question ou le problème et de déterminer quels sont les éléments qu'il sera important d'étudier. Dans une recherche expérimentale, l'étape suivante consiste à parler de la façon de tester les facteurs, les uns après les autres, en utilisant le matériel disponible. Les élèves ont souvent du mal à comprendre que pour pouvoir interpréter l'expérience, un seul paramètre doit varier et tous les autres rester constants : ils doivent également apprendre à réaliser une expérience témoin. Il leur faudra du temps pour acquérir cette compétence. On demandera aux très jeunes élèves de n'identifier qu'une seule variable. Si l'investigation repose plutôt sur l'observation que sur l'expérimentation, les élèves devront se mettre d'accord sur ce qu'il est important d'observer, sur la façon de le faire et de collecter les données.

Exemple



Revenons à l'exemple du sablier cité plus haut. Si, dans une classe, les élèves veulent savoir si le temps d'écoulement du sable dépend ou non de la taille du goulot, ils doivent se rendre compte qu'il leur faudra construire deux sabliers en ne changeant que la taille du goulot. La quantité de sable doit rester la même, ainsi que la taille des sabliers et celle des grains de sable, etc. Dans cette classe, plusieurs groupes, placés dans la situation d'un travail en totale autonomie, ont fait varier plusieurs paramètres en même temps. La discussion collective qui a suivi, leur a permis de réaliser, par eux-mêmes, que leurs résultats n'étaient pas exploitables ou comparables et qu'il leur fallait concevoir une nouvelle expérience.

Une autre classe étudie l'habitat des escargots qu'ils ont découverts dans les alentours de l'école. Les élèves sont tout excités à l'idée de sortir de la classe pour aller chercher des escargots. Le professeur accompagne le groupe et les incite à réfléchir plus attentivement à ce qu'ils vont faire en leur disant « lorsque vous trouverez un escargot, qu'allez-vous chercher à savoir ? » « Quelles informations avons-nous besoin de réunir pour savoir de quoi l'escargot a besoin pour vivre ? » « Comment allez-vous noter ce que vous voyez ? » Des groupes d'élèves font une cueillette collective, chacun ayant sa propre idée de ce qu'il faut faire. Lors d'une discussion collective, ils décident de se répartir les zones à explorer. Une discussion est soulevée au sujet de ce qu'il faudra faire si certains groupes ne trouvent pas d'escargots. Le professeur les amène doucement à comprendre que les données collectées dans les zones dépourvues d'escargots peuvent se révéler aussi importantes que celles collectées là où ils trouveront des escargots.

Conseils pratiques

- Lors de la conception de l'expérience, il est important que les élèves réalisent que l'utilisation de plusieurs variables ne leur permettra pas d'aboutir à des conclusions fiables. Lors de la mise en commun des résultats, il est conseillé d'aider les élèves à comprendre ce problème en leur posant des questions telles que « D'après toi, pourquoi ces résultats sont-ils aussi différents les uns des autres ? » « Comment as-tu décidé que ... » « Quelles sont tes suggestions pour les prochaines étapes ? » « Comment pourrait-on refaire l'expérience ? ».
- Les élèves sont souvent réticents à répéter une expérience plusieurs fois pour s'assurer qu'aucune erreur n'a été commise et que les résultats sont fiables. Lorsqu'on les y encourage, ils peuvent identifier certaines erreurs et obtenir des résultats différents. Ils prennent ainsi conscience que la reproduction de l'expérience ou des observations fait partie de la démarche scientifique. Ils réaliseront également que si une expérience réalisée plusieurs fois par un groupe, donne des résultats différents de ceux des autres groupes, il sera alors nécessaire de la répéter.



- Lorsque les élèves envisagent une étude reposant davantage sur l'observation, vous pouvez dans un premier temps les emmener sur le site d'observation ou bien leur montrer en classe ce qu'ils vont observer¹³. Cela leur donnera une idée du contexte dans lequel concevoir leur investigation et leur permettra de mieux comprendre ce qu'ils devront chercher.
- Un des problèmes qui se pose lors de la phase de conception de l'investigation est celui de l'équipement dont les élèves pourront disposer. Il existe plusieurs options : soit vous donnez à chaque groupe le matériel nécessaire à l'investigation proposée, soit vous posez le matériel sur une table et les élèves décident ensemble de leur protocole expérimental et du matériel dont ils vont avoir besoin.
- Les élèves doivent apprendre à utiliser divers outils tels que les tableaux, les graphiques, les diagrammes... pour collecter les données nécessaires à leurs investigations. Ils auront sans doute besoin d'aide pour effectuer et rendre compte des observations d'ordre quantitatif. Ils devront probablement utiliser des termes tels que « plus grand que/ plus petit que », « beaucoup/quelques-uns », « plus rapide/plus lent ». Ils ont besoin qu'on leur rappelle - et parfois même qu'on leur donne - des consignes explicites sur la façon de quantifier leurs observations et d'utiliser les outils appropriés..

Aider les élèves à analyser leurs résultats pour arriver à des conclusions valides

Au cours de la phase expérimentale d'une étude, les élèves construisent des expériences et une ébauche de savoir. Cependant, sans une certaine rigueur dans la réflexion, ce savoir peut se révéler incomplet, fragile, voire même précaire. Une analyse des résultats des expérimentations et les conclusions qui en seront tirées permettront aux élèves de construire des connaissances plus solides car faisant sens pour eux. A la suite de chaque investigation, il est important d'amener chaque groupe de travail à établir des ébauches de conclusion. « Quelles déductions ou propositions peuvent-ils faire à partir de leurs résultats ? », « À quelles explications peuvent-ils arriver ? » « Comment comparer ces éléments avec les suppositions et les hypothèses de départ ? » Ceci sera suivi d'un débat collectif portant sur des questions importantes telles que « Quelles différences y-a-t'il entre les groupes ? Des doutes subsistent-ils à propos des conclusions ? » « Certaines expériences doivent-elles être répétées ? » « D'autres observations sont-elles nécessaires ? » « Quelles hypothèses ont-elles été confirmées et lesquelles ne le sont pas ? » « Est-il nécessaire de trouver d'autres idées et expériences, si oui, lesquelles ? ». Ceci risque de les obliger à revenir au tout début de la phase de recherche de la démarche d'investigation.

Conseils pratiques

- Il sera utile de bien faire la distinction entre les affirmations étayées par les preuves réunies par les élèves (« *L'eau s'évapore plus vite dans les récipients ayant une plus grande surface* ») et des affirmations spécifiques qui tentent d'expliquer les causes ou le problème globalement (« *Je pense que c'est parce que l'eau s'évapore depuis la surface et qu'il y en a donc plus qui peut s'échapper lorsque la surface est plus grande. Cela va plus vite* »).
- L'efficacité des débats ne dépend pas de la seule compétence des élèves à parler de leur travail et à s'exprimer oralement, mais aussi de leur capacité à s'écouter attentivement les uns les autres et de débattre entre eux au lieu de s'adresser à vous (voir la partie sur la conduite des débats).
- Les débats demandent du temps. Une façon de gagner du temps consiste à demander aux groupes de communiquer leurs résultats en les notant sur un tableau ou sur une affiche que l'on accrochera sur les murs de la classe avant que la discussion ne débute. Ainsi la discussion peut tout de suite porter sur le problème central et ne s'éternise pas sur la mise en commun des résultats de chaque groupe.

¹³ Cf le mémoire professionnel de cette enseignante stagiaire sur l'observation qui a souffert en classe de 4^{ème} à l'occasion d'une sortie au cours de laquelle elle devait ramener des fossiles. Elle est revenue bredouille car ne savait absolument à quoi pouvait ressembler un fossile !

- Il est essentiel de focaliser l'attention des élèves sur la question ou le problème de départ. Pour cela, insistez sur l'utilisation des résultats notés dans leur cahier d'expériences et donnez-leur un résumé clair à la fin de la séance (éventuellement élaboré collectivement). Les élèves doivent comprendre que ce sont les preuves et les raisonnements scientifiques qui détermineront les conclusions et non pas l'opinion la plus largement défendue ou les arguments des élèves les plus brillants.
- Un court résumé écrit de ce qui a été appris (ou nécessite d'être réexaminé) est en général une bonne façon de conclure une séance.



Exemple

Une classe étudie les besoins des plantes pour grandir et se développer. Les élèves émettent l'hypothèse que les plantes ont besoin de lumière et procèdent à la plantation de plusieurs graines dans deux bacs, plaçant l'un d'eux à la lumière et l'autre dans le noir. A leur grande surprise, les graines ont poussé dans les deux endroits et ont même des feuilles. Lors de la discussion collective autour des plantes, ils constatent que les plantes qui ont poussé dans le noir sont hautes mais maigres et jaunâtres et que celles qui ont poussé à la lumière sont plus fournies : « en meilleure santé » précisent-ils. La discussion s'enflamme car certains élèves maintiennent que les plantes vertes ont besoin de lumière. S'étant rassemblés en groupes, ils décident de continuer leur investigation et de voir ce qui se passera au cours des prochaines semaines. Ils continuent ainsi à reproduire la même expérience avec différentes graines.

Une classe travaille sur le module portant sur les propriétés des matériaux et mène des expériences sur le « mélange des solides et des liquides ». A la fin de la séance, plusieurs groupes présentent leurs résultats concluant que « l'eau et le sel ne se mélangent pas » alors que d'autres démontrent qu'ils se mélangent (les élèves ont utilisé la même quantité de sel mais pas la même d'eau !). Le professeur ne réagit pas sur les « conclusions des élèves » mais leur demande ce qu'il faut faire. Les élèves parlent des problèmes qui ont pu survenir et en arrivent ainsi à évoquer les différences de quantité d'eau. Dans une séance suivante, ils augmentent, avec l'aide de leur professeur, la quantité de liquide, ce qui les conduit à la « bonne » conclusion à savoir, qu'à température donnée, il faut une certaine quantité d'eau pour dissoudre une certaine quantité de sel.

Comparer les savoirs obtenus au sein de la classe et les confronter aux « savoirs établis »

Les élèves « découvrent » les propriétés et les phénomènes de la nature. Ils expérimentent et comparent leurs conclusions entre eux comme le feraient des scientifiques (l'exemple de l'eau et du sel en est une illustration : ici, le professeur guide les élèves vers une nouvelle investigation plus structurée). Cependant, contrairement aux chercheurs, les élèves ne sont pas en train de découvrir des phénomènes et des lois inconnus. Les notions qu'ils apprennent à l'école sont des notions scientifiquement établies. Dans d'autres situations, le professeur pourra plutôt se référer à d'autres sources telles que les livres, Internet ou des scientifiques qu'il sera possible de contacter. Dans les deux cas, le but est d'amener les élèves à une compréhension renvoyant à une connaissance scientifique adaptée à leur niveau. Aussi la phase de comparaison et de confrontation est-elle essentielle.

Évaluation formative

Nous consacrerons ici toute une partie à l'évaluation formative. D'aucuns considéreront qu'elle constitue une des stratégies pédagogiques les plus importantes de l'ESFI. On ne parlera pas ici de l'évaluation sommative qui prend place à la



fin d'un module ou de l'année. Cette dernière consiste en une évaluation (souvent en fin de module) ayant pour but de noter et de classer les élèves, ce qui peut entraîner chez quelques uns une certaine angoisse.

L'évaluation formative a lieu à différents moments de l'enseignement puisqu'elle a pour but de fournir des éléments utiles à l'enseignant et à l'élève.

Grâce à l'évaluation formative, le professeur cherche à savoir quels sont les modes et le niveau de compréhension d'une notion par les élèves et la façon dont ils évaluent eux-mêmes leur travail. En observant tous les aspects de la démarche d'investigation de l'élève – par exemple. comment ils effectuent leurs observations, les questions qu'ils se posent, les investigations qu'ils conçoivent, leurs hypothèses (prévisions ou suggestions), explications et protocoles d'expérience - les professeurs peuvent parvenir à cerner ce qui est clair pour leurs élèves et ce qui reste confus. Ils appréhendent aussi la compréhension qu'ont les élèves de la démarche d'investigation et leurs capacités à raisonner scientifiquement. L'évaluation formative permet aux professeurs d'orienter leur enseignement. En effet, les évaluations peuvent mettre en évidence le besoin qu'ont les élèves de disposer de plus de temps pour travailler sur une notion, une compétence ou un concept particuliers. L'évaluation peut également révéler une idée fautive (non perçue durant la séance par l'enseignant) qui se retrouve chez plusieurs élèves et à laquelle il faudra remédier. En révélant la pensée de l'élève, l'évaluation permet (à l'aide de questions, de commentaires) de réagir auprès de l'élève sans qu'il se sente jugé.

L'évaluation formative est non seulement utile au professeur pour guider son enseignement, mais également à l'élève pour guider son apprentissage. Lorsque les élèves sont impliqués dans le processus de prise de décision concernant la façon de procéder et qu'ils peuvent réfléchir à leur propre apprentissage, ils deviennent des apprenants de plus en plus autonomes.

Le professeur dispose d'une grande quantité d'occasions et de situations pour rassembler des informations sur ses élèves. Le cahier d'expériences est une source très utile, de même que l'observation des élèves lors du travail de groupe et des questions qu'ils posent aux autres. Les grands groupes de discussion, s'ils sont correctement conçus, sont également riches en informations sur la façon de penser des élèves. Quelle que soit la source, il est indispensable de prévoir une stratégie efficace pour recueillir ces données.

Exemple



Voici quelques exemples d'évaluations formatives. Leur présentation n'obéit à aucun ordre particulier ni à aucun système précis.

Par exemple, au cours d'un module consacré aux circuits électriques

- une fiche, distribuée aux élèves, comprend les dessins de montages représentant une pile et une ampoule. Les élèves doivent choisir les montages susceptibles de fonctionner et de ne pas fonctionner en expliquant pourquoi. Après avoir répondu ils testent les montages et identifient leurs bonnes et mauvaises réponses en justifiant leurs réponses.
- demander aux équipes de dessiner toutes les façons de connecter une pile, une ampoule et des fils électriques dans des circuits électriques simples, en indiquant ceux qui fonctionnent et ceux qui ne fonctionnent pas. Après avoir testé les montages avec le matériel à disposition, ils expliquent pourquoi leurs hypothèses étaient valides ou pas.

Dans le cadre de l'étude des ombres, avec de jeunes enfants, voici quelques exemples d'évaluation formative.

- en extérieur, demander aux élèves de raccourcir/allonger/faire disparaître leur propre ombre ;
- construire un théâtre d'ombre et observer comment les élèves procèdent pour maîtriser les ombres formées.

Conseils pratiques

- Elaborer des exercices pour une évaluation formative n'est pas facile. Vous pourrez en trouver dans les programmes en vigueur, prêts à être utilisés ou adaptés. Internet en fournit également des exemples.
- Il est utile d'identifier et de planifier les objectifs et les compétences à évaluer. Etant donné leur grand nombre, il est vain d'espérer pouvoir repérer les comportements de chacun des élèves.
- Chaque élève a sa façon d'exprimer ce qu'il comprend. Faites attention à ne pas partir du principe que les élèves qui ont des difficultés à l'écrit ou à l'oral ne comprennent pas les sciences. Ils ont peut-être besoin d'améliorer leur compétence dans le domaine de la communication sans que soit forcément en cause la compréhension des sciences.
- La collecte systématique de données par le professeur fait partie de l'évaluation formative. Pour les travaux écrits, ce n'est pas compliqué. Les données issues de l'observation sont plus difficiles à gérer car elles doivent être collectées sur le vif. Beaucoup de professeurs ont développé différentes stratégies. L'une consiste à créer un tableau à double entrée avec les notions et les compétences ainsi que le nom des élèves et de prévoir un espace de commentaire pour chaque élément évalué. Une autre est d'avoir un cahier avec une page réservée à chaque élève sur laquelle vous couchez des notes rapides, des commentaires, des « post-it » que vous analyserez plus tard. Une autre consiste à utiliser simplement des fiches que vous organiserez plus tard.
- Les données recueillies doivent, bien sûr, être analysées et utilisées afin que votre enseignement atteigne ses objectifs. Que signifie le fait que l'élève X ait répondu de cette façon à un problème ? Comment adapter mon enseignement ? Beaucoup de professeurs se sont rendu compte que l'observation des élèves travaillant en groupe était très précieuse pour répondre à ces questions.