

pollen.

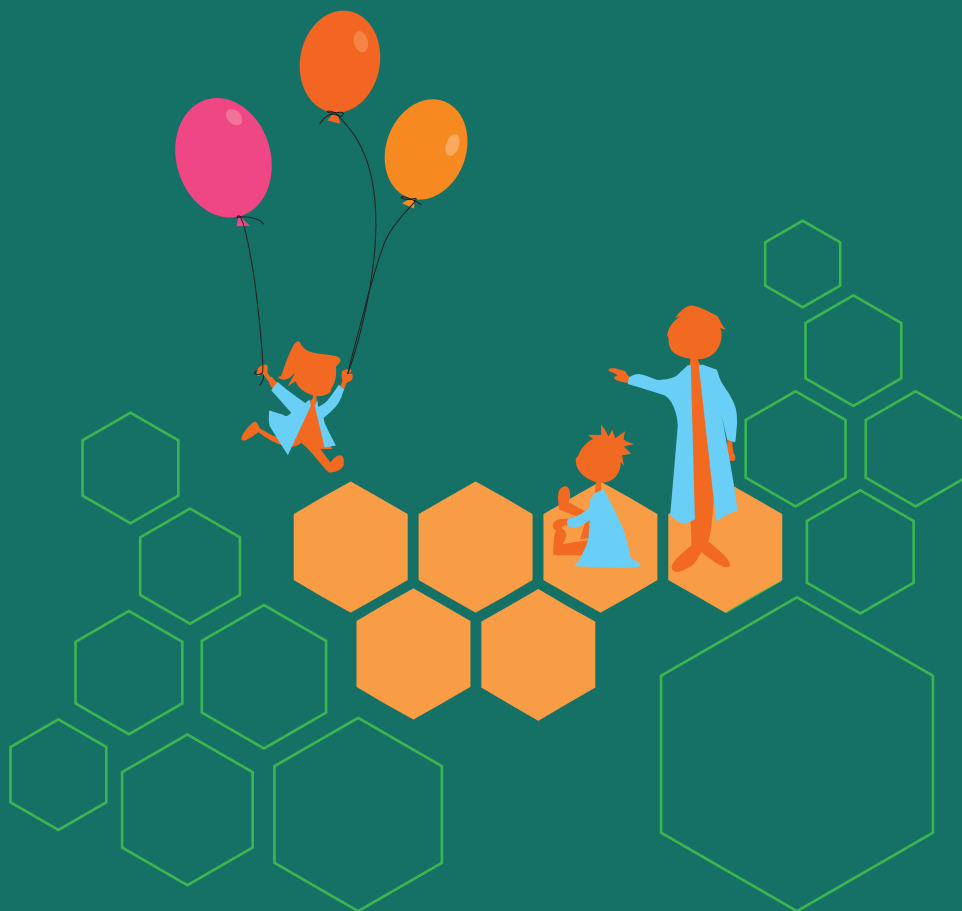


Villes Pépinières de Sciences

UNE APPROCHE PARTICIPATIVE POUR UN DÉVELOPPEMENT
DURABLE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES EN EUROPE



L'enseignement des sciences
fondé sur l'investigation.
Conseils pour les enseignants



© Pollen, Juin 2009

Texte

Edith Saltiel, *La main à la pâte*, France.

Karen Worth, *Center for Science Education, Education Development Center, Inc*, USA.

Mauricio Duque, *Universidad de los Andes*, Colombia.



La main à la pâte

1, rue Maurice Arnoux
92 120 Montrouge
France

Tél. : +33 (0)1 58 07 65 97

Fax : +33 (0)1 58 07 65 91

E-mail : contact-lamap@inrp.fr

Traduction

Christine Laugier, ProVerbis.

Révision et édition de la traduction

Edith Saltiel, Frédéric Perez et Alain Chomat.

Design et conception

Michael Krawczyk

Mise en page

Brice Goineau

Tous droits de reproduction et de traduction réservés pour tous pays.



Villes Pépinières de Sciences

UNE APPROCHE PARTICIPATIVE POUR UN DÉVELOPPEMENT DURABLE DE
L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES EN EUROPE

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. Conseils pour les enseignants

www.pollen.europa.net

Pollen est un projet européen de recherche et développement soutenu par la Direction générale à la recherche de la Commission européenne (6e PCRD). Il a été sélectionné comme projet de référence afin de promouvoir l'enseignement et la culture scientifiques en Europe.

Curt





Table des matières

Préambule	6
-----------------	---

P R E M I È R E P A R T I E

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation.....	7
---	----------

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation ?	9
---	---

Quels sont les principes importants d'un enseignement fondé sur l'investigation ?	11
---	----

Quelles sont les principales stratégies pédagogiques pour mettre en œuvre l'ESFI ?	14
--	----

Quelques stratégies pédagogiques spécifiques	21
--	----

Evaluation formative	24
----------------------------	----

Résumé	27
--------------	----

D E U X I È M E P A R T I E

Guide pour l'élaboration de modules de sciences fondés sur l'investigation.....	31
--	-----------

Introduction.....	32
-------------------	----

Concevoir la structure d'ensemble d'un module.....	33
--	----

Concevoir les séquences d'apprentissage	39
---	----

Exemples.....	45
---------------	----

◆ Une graine ? une plante ?.....	46
----------------------------------	----

◆ Le clown dont le nez s'allume	55
---------------------------------------	----

Résumé	62
--------------	----

Bibliographie	67
---------------------	----

Notes	69
-------------	----



Préambule

Ce document est destiné aux enseignants et aux formateurs de l'école primaire. Il présente dans sa première partie certains aspects de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI) ainsi que ses implications pour la classe en s'appuyant sur des outils pédagogiques créés dans différents pays. La seconde partie propose des conseils permettant d'adapter et de concevoir des modules d'activités pour la classe.



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

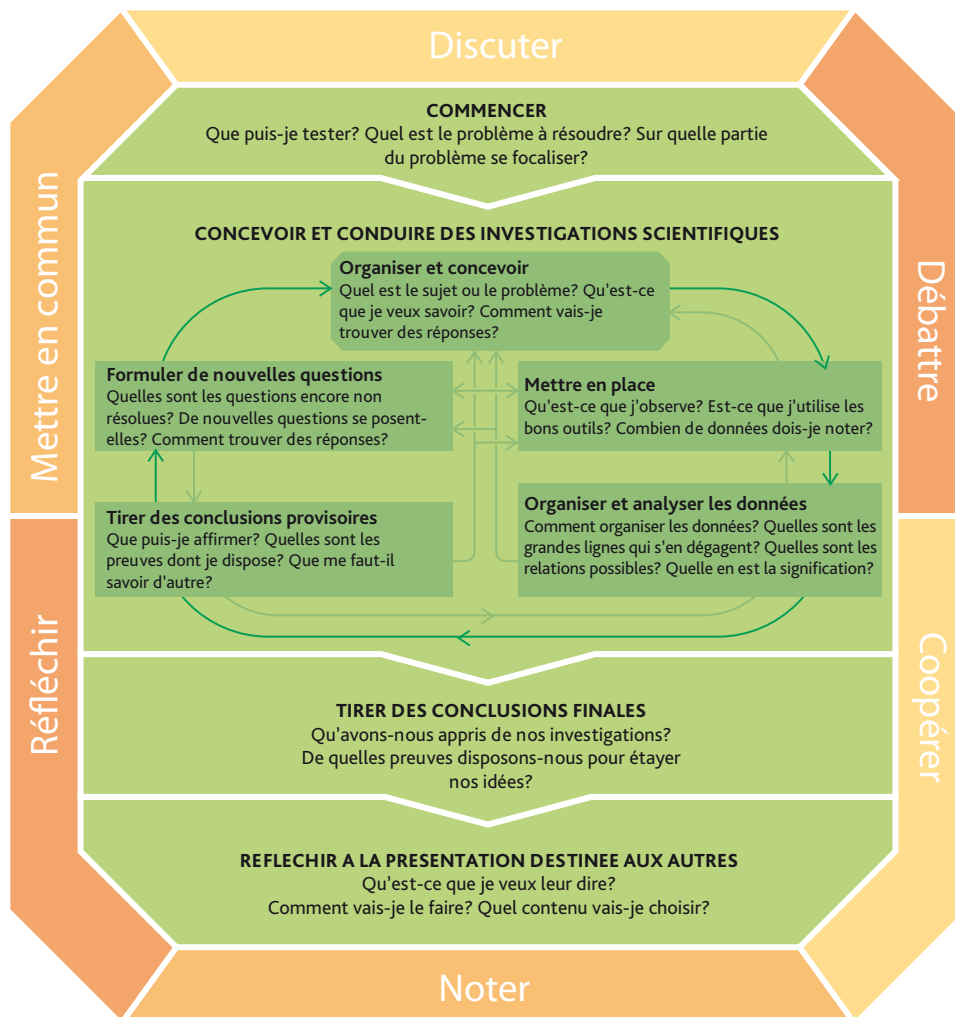
La compréhension du processus d'investigation scientifique constitue un des fondements de l'ESFI. Il est illustré dans la figure ci-contre par un système ou un ensemble d'étapes assez proches de la façon dont les scientifiques procèdent dans leur travail. Mais quelques précautions s'imposent.

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 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.

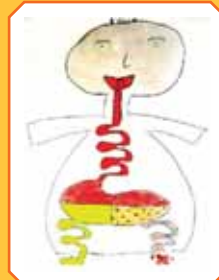
Les professeurs, qui ont connaissance des recherches sur les représentations initiales les plus courantes, qui sont à l'écoute de leurs élèves et prennent leurs idées au sérieux, parviennent à adapter et conduire des activités de classe afin de donner aux élèves l'occasion de découvrir que d'autres idées 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.



→ Résumé

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI)

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation présuppose que les élèves comprennent réellement ce qu'ils apprennent et ne se limitent pas à apprendre des contenus et des informations.

Cet enseignement s'appuie sur :

1. Une compréhension des modes d'apprentissage des élèves

- les élèves cherchent à donner du sens au monde qui les entoure en participant à le rendre prévisible
- les élèves cherchent à dégager de leurs propres expériences et de l'interaction avec les autres élèves des modèles explicatifs

2. La nature de l'investigation scientifique

Le processus d'investigation scientifique peut être représenté par quatre étapes

- explorer : les élèves se familiarisent avec le phénomène à étudier
- chercher : les élèves planifient et mènent l'investigation
- aboutir à des conclusions finales : les élèves font une synthèse de ce qu'ils ont appris pour en extraire des conclusions
- communiquer : les élèves communiquent leurs nouveaux acquis à un public plus large.

Il est important de noter que ❶ le processus d'investigation scientifique n'est pas un processus linéaire et ne se résume pas à un ensemble d'étapes à suivre, ❷ selon les sujets traités et la nature de l'investigation envisagée, l'enseignant devra insister sur certaines phases du processus, ❸ l'ensemble des étapes de ce processus ne sera pas forcément présent lors de chaque séance.

3. Le contenu scientifique

Les notions importantes sont explicitées dans les programmes mais certaines plus spécifiques dépendent du contexte local et des centres d'intérêt des élèves et des enseignants.

Principes importants d'un enseignement fondé sur l'investigation

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

Les élèves doivent dans la mesure du possible conduire des expériences se rapportant au phénomène qu'ils étudient car :

- l'expérience directe est essentielle à la compréhension des concepts
- les élèves construisent en permanence la compréhension du monde qui les entoure à partir de leurs propres expériences et arrivent à l'école avec leurs propres idées (qu'elles soient ou non scientifiquement exactes)
- les mots seuls ont peu de poids pour changer les idées.

Les élèves doivent s'approprier 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.

L'investigation scientifique requiert de nombreuses compétences de la part des élèves

L'investigation scientifique met en jeu de nombreuses compétences : poser des questions, faire des observations, des prévisions, concevoir des expériences, analyser des données et étayer ses affirmations par des preuves. L'une des plus importantes est la précision avec laquelle les élèves savent observer et déterminer leur objet d'étude.

Apprendre des 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.

Pour que l'expérience réalisée par les élèves soit comprise et aboutisse à une acquisition de connaissances, 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.

L'utilisation de sources secondaires complète l'expérience directe.

L'expérimentation ne permet pas toujours de faire découvrir aux élèves ce qu'ils ont besoin de savoir. L'utilisation de ressources documentaires, par exemple, est utile. Les ressources sont au service de l'expérimentation des élèves sans pour autant les remplacer.

La science et le travail de collaboration.

L'investigation scientifique est le plus souvent le fruit d'une collaboration. Lorsque les élèves travaillent ensemble en petits groupes, ils partagent des idées, débattent, réfléchissent sur ce qu'ils doivent faire et comment ils vont le faire.

Quelques stratégies pédagogiques importantes pour une mise en œuvre de l'ESFI

Organiser la classe

Pour que les élèves puissent s'engager dans des investigations en groupe, les élèves doivent s'organiser en conséquence : les élèves ont besoin d'espace pour pouvoir travailler en groupe, accéder au matériel et ranger leurs travaux en cours. Pour que les élèves puissent travailler et apprendre ensemble, il est nécessaire que tout soit fait pour qu'ils puissent expérimenter, penser, parler et écrire.

Construire et poser les bonnes questions

L'ESFI accorde un rôle très important aux questions posées par le professeur. Les questions productives encouragent les élèves à réfléchir et travailler. Les questions non productives appellent une réponse orale courte et c'est tout.

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, certaines de ces idées pouvant être partielles ou en contradiction avec les explications scientifiques des phénomènes étudiés. Les professeurs ont besoin de prendre ces idées au sérieux et d'adapter les activités en classe afin de permettre de faire émerger de nouvelles explications plus cohérentes.

Organiser des débats



Les discussions entre élèves leur permettent de clarifier leurs idées en écoutant, en discutant les idées des autres, et en se mettant d'accord sur les conclusions. Les débats font partie du processus d'investigation que ces débats aient lieu entre pairs, en petits groupes ou en classe entière.

Guider les élèves dans la réalisation de leur cahier d'expériences

Le passage à l'écrit aide les élèves à clarifier leurs idées, à prendre conscience des progrès réalisés, de se souvenir de ce qui a été fait et réfléchi au fur et à mesure de l'avancée des travaux. Ces écrits comprennent du texte, des dessins, des schémas, des graphiques, des tableaux, des affiches, etc... Les élèves conservent leurs cahiers, ce qui leur permet de produire des documents écrits en vue d'une présentation ou d'un rapport. Les professeurs, à la lecture de ces cahiers, peuvent évaluer ce qui a été ou non compris par l'élève et ainsi avoir accès à leurs pensées.

Quelques stratégies pédagogiques spécifiques

Guider les élèves lors de la phase de conception des investigations

Apprendre à concevoir une investigation est un objectif important pour comprendre la nature des sciences. Le processus débute souvent par une discussion collective permettant de clarifier la question ou le problème et de déterminer les éléments qu'il sera important d'étudier. Dans une recherche expérimentale, l'étape suivante consiste à discuter sur la façon de tester les facteurs, les uns après les autres, en utilisant le matériel disponible. 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 faire et de collecter les données.

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

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. Cette analyse a lieu après chaque investigation et à la fin d'une partie ou de l'ensemble d'un module.

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

Au cours de l'investigation, les élèves comparent leurs conclusions entre eux et construisent ainsi de nouvelles connaissances. Cependant, contrairement aux scientifiques, 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. Ils auront besoin de comparer leur travail à un savoir établi en interrogeant d'autres sources, comme des livres, Internet ou des scientifiques locaux.

Evaluation formative

L'évaluation formative a lieu de façon continue au cours du module étudié. C'est un outil non seulement utile pour les professeurs pour guider son enseignement, mais également pour les élèves pour guider leur apprentissage. L'évaluation formative diffère d'une évaluation sommative qui prend place à la fin d'un module..



2ÈME PARTIE

Guide pour
l'élaboration
de module
de sciences
fondés sur
l'investigation

Introduction

Après avoir, dans la première partie du guide, présenté le type d'approche préconisé pour l'enseignement des sciences, il nous faut à présent répondre à la question suivante : « A quoi ressemble un module entièrement construit à partir de cette approche ? ». Avant tout, il faut savoir que d'autres approches que l'ESFI existent. Certains concepts ou certaines notions pourront être enseignés à partir de modules reposant davantage sur la lecture de documents, d'autres pourront être plus thématiques. L'important pour les élèves est de vivre chaque année des modules d'ESFI afin de développer une compréhension profonde de certains concepts ou notions scientifiques. Mais il est également important qu'ils comprennent ce que faire des sciences veut dire, ainsi que le mécanisme d'élaboration des concepts ou notions scientifiques lorsqu'ils expérimentent par eux-mêmes.

Un module d'ESFI possède plusieurs caractéristiques. **1** Il demande aux élèves de s'engager dans une démarche d'investigation scientifique par la manipulation d'objets et de matériel. **2** Il se concentre sur un petit nombre d'idées et de notions simples mais fondamentales. **3** Il a une durée suffisante pour que la construction des concepts (ou des notions) puisse se faire sur plusieurs semaines. **4** Les séquences d'apprentissage se succèdent dans un ordre soigneusement établi, chaque séquence trouvant une articulation logique avec celle qui précède et la suit.

De façon générale, tous les modules d'ESFI sont le reflet du principe fondamental suivant : l'enseignement des sciences ne pouvant se contenter d'être un enseignement de résultats, il est important de donner aux élèves l'opportunité d'exprimer leurs idées, d'exposer leur raisonnement, de tester leurs prévisions (prédictions, suggestions ou hypothèses) afin de s'engager dans une démarche d'investigation scientifique rigoureuse. La démarche suivie par les élèves inclura différentes méthodes dont la réalisation d'expériences qu'ils auront conçues, la production d'un objet ou d'un modèle, l'utilisation d'instruments d'observation et d'enregistrement, la recherche basée sur des documents et la réalisation d'une présentation en utilisant diverses ressources.

De nombreux modules, reflétant une partie ou l'ensemble de ces caractéristiques, existent déjà. Vous les trouverez en version papier ou sur Internet (dans des parutions labellisées, sur le site de *La main à la pâte*, <www.lamap.fr> et sur les sites académiques).

On trouve beaucoup d'autres ressources décrivant des activités scientifiques ou des séries d'activités portant sur le même thème existant. Elles vous fourniront des idées intéressantes à utiliser dans un module d'ESFI et permettront d'enrichir les activités. Mais elles ne pourront remplacer un tel module lorsqu'elles ne répondent pas aux caractéristiques décrites ci-dessus. Il existe également de nombreux modules thématiques ou intégrés tel qu'un module sur la pollution de l'air, de l'eau ou sur la santé. Mais bien souvent ils ne répondent pas aux caractéristiques décrites ci-dessus. Ils couvrent en général beaucoup de concepts en lien avec le thème et ne consistent souvent qu'en des démonstrations sur la science concernée au lieu de se centrer sur la démarche d'investigation de l'élève. De tels modules présentent aux élèves des problématiques et des informations importantes et peuvent être un point de départ à un module d'ESFI tel qu'il est décrit ici.

Vous trouverez dans les pages suivantes des conseils qui vous aideront à élaborer un module d'ESFI. Nous illustrerons ces conseils de façon concrète en utilisant deux modules déjà existants dont le contenu et les thèmes sont connus d'une grande majorité de lecteurs. Cela nous permettra de nous concentrer sur la structure et la conception du module lui-même et non pas sur son contenu scientifique. Nous ne fournirons donc pas ici l'intégralité des modules, mais en proposerons plutôt une description détaillée afin d'illustrer notre propos. Toutefois, afin que les conseils donnés dans ce guide puissent aider le lecteur à élaborer des séquences d'apprentissage, les descriptions des modules sont suivies d'un seul exemple de ce type de séquence.

Il est utile de préciser le vocabulaire qui sera utilisé dans les pages suivantes ; nous parlerons de module, de séquence d'apprentissage et de séances. Par module, nous entendons l'étude complète de quelques concepts ou notions sélectionnés, étude qui se déroulera sur une longue durée (plusieurs semaines). Un module comprend des séquences d'apprentissage qui sont en général centrées sur une seule investigation. Une séquence d'apprentissage peut être réalisée en une séance ou plusieurs.



Concevoir la structure d'ensemble d'un module

La conception ou l'adaptation d'un module est un processus compliqué. Les cinq étapes décrites par la suite constituent une suite logique. Cependant, dans la réalité, cette élaboration est un **processus itératif** au cours duquel il est souvent nécessaire de revenir en arrière. Par exemple, lorsque vous commencerez à choisir les séquences d'apprentissage, vous risquez d'avoir besoin de revoir une partie du scénario conceptuel ou de changer son point de départ parce que vous en aurez trouvé un meilleur ou encore de supprimer une séquence d'apprentissage. Tout cela aura une incidence sur l'évaluation conçue pour le module.

Sélectionner le contenu

Pour commencer, il est important de réfléchir au contenu du module en fonction des élèves auxquels il est destiné. Les questions que l'on peut se poser sont les suivantes :

- Quels phénomènes et quels concepts ou notions scientifiques de base seront au centre de ce module ?
- Quelles sont les idées et expériences antérieures que les élèves en auront ?
- A quel niveau de compréhension des notions choisies pensons-nous que les élèves parviendront ? Quelles questions et tâches utiliserons-nous pour l'évaluation et à quels résultats s'attendre ?
- Sur quelles compétences de la démarche d'investigation scientifique et/ou de la conception technologique insisterons-nous ?
- Quels états d'esprit propres aux sciences devront-ils être identifiés ?

Exemples extraits des deux modules

Les descriptions des deux modules servant d'exemples débutent par des réponses à ces questions. Nous donnons ensuite une description des séquences d'apprentissage, une liste des notions et connaissances de base, et un schéma du scénario conceptuel.

Vous remarquerez que les 5 séquences d'apprentissage (14 séances) du thème *Une graine ? Une plante ?* (voir page 46) ne comprennent qu'un nombre restreint de notions. Le module se focalise sur le rôle de la graine dans le cycle de vie d'une plante, sur les conditions nécessaires à sa croissance et sur les étapes de la germination telles que les définit le développement des différentes parties de la graine et du plant. Ce module ne traite pas de la photosynthèse ni de la façon dont l'eau parvient jusqu'aux feuilles.

Dans les 5 séquences d'apprentissage (12 séances) du *Clown dont le nez s'allume*, (voir page 55) on se focalise sur les caractéristiques et le fonctionnement d'un circuit électrique simple. Les thèmes (absents des programmes français) tels que les circuits complexes, les moteurs ou les électro-aimants ne sont pas traités ici. Le choix de limiter le nombre de notions ici étudiées répond au double désir de

- nous concentrer sur les idées fausses des élèves que les recherches ont permis d'identifier afin de les modifier,
- de proposer des expériences variées autour du thème du circuit fermé.

Grâce au nombre restreint de notions abordées et au grand nombre de séances qui y sont consacrées, les élèves disposent du temps nécessaire pour

- concevoir et conduire les investigations,
- répondre aux questions qu'ils se posent,
- réfléchir, discuter et écrire sur ce qu'ils pensent et sur la nature de ce qu'ils apprennent.

Conseils pratiques

- Lorsque vous fixerez le niveau de compréhension auquel vous souhaitez que vos élèves parviennent, il vous sera utile de réfléchir à ce que vos élèves seront capables de dire (avec leurs propres mots) ou de faire à la fin du module.
- Au début de votre travail d'élaboration ou d'adaptation d'un module, il pourra être intéressant pour vous d'échanger avec de petits groupes d'élèves sur le phénomène et les thèmes, questions et/ou défis. Qu'est-ce qui les intéresse sur ce sujet ? Quelles notions sur ce thème leur sont familières ? Cela peut vous aider à déterminer les connaissances et les expériences qu'ils pourront apporter à ce module, ainsi qu'à déterminer les contextes éventuellement intéressants et signifiants.
- Tout thème ou problématique scientifique comporte une certaine complexité et peut être abordé de différentes façons. Par exemple, l'étude d'un écosystème tel que la forêt pourrait inclure l'étude du concept d'habitat et des besoins des différents organismes, de l'interdépendance entre les éléments vivants, ainsi que l'idée de chaîne alimentaire, de population et de son contrôle.... On pourrait allonger cette liste à l'infini. Il est donc essentiel de ne sélectionner qu'une ou deux notions pour ce module.
- Même à ce stade précoce de l'élaboration, nous vous conseillons de réfléchir à la nature des investigations que les élèves devront entreprendre afin de vous assurer qu'un travail fondé sur l'investigation sera possible.

Choisir le contexte

Une fois les notions déterminées, l'étape suivante consiste à décider dans quel contexte ils seront explorés. Par exemple, un module sur les leviers et autres machines simples pourra avoir comme contexte la construction d'un immeuble en cours à proximité de l'école ou les pyramides d'Égypte, ou bien encore une étude des installations de la cour de récréation. Certains phénomènes sont intéressants en eux-mêmes et n'ont pas besoin d'être contextualisés (par exemple, l'étude des propriétés de l'eau, le corps humain). Le contexte peut avoir une influence non seulement sur la façon dont les élèves vont adhérer au module, mais aussi sur les liens et les applications qu'ils feront avec leur quotidien ou avec d'autres thèmes d'étude.

Voici les questions à se poser lors du choix du contexte ou du thème :

- Dans quelles situations de la vie quotidienne des élèves trouve-t-on ces phénomènes, objets et matériels qui permettent d'aborder ces notions ?
- Quel contexte permet une investigation signifiante, approfondie et sur une longue durée ?
- Qu'est-ce qui pourra séduire et/ou intéresser les élèves ?
- Quelles sont les ressources et le matériel disponibles ?

Exemples extraits des modules

Le contexte choisi pour le module sur les circuits électriques est un problème d'ordre technique : comment faire pour que le nez du clown s'éclaire ? Les élèves pourront également approcher la notion de circuit fermé en réfléchissant à la manière de construire un jouet pour qu'il soit doté de mouvements ou par la simple question : *Comment pouvons-nous allumer une ampoule en utilisant une pile et des fils électriques ?* Le problème est posé au tout début du module et les élèves y reviendront à la fin.

Pour l'étude des graines et de leur germination, il est également possible de choisir parmi plusieurs contextes. Dans le



module sur les graines, ce sont les graines découvertes près de l'école qui servent de prétexte. Le projet et la réalisation d'un petit jardin à l'école pourrait également constituer un contexte approprié à ce module. Ce dernier débute par une sortie scolaire et par la question : « Qu'est-ce qu'une graine ? » Cette question sera suivie plus tard par une autre : « De quoi une graine a-t-elle besoin pour germer ? » Enfin une troisième question à partir de laquelle seront construites quatre séquences d'apprentissage : « Comment grandit une graine ? ».

Conseils pratiques

- Une fois de plus, les discussions que vous pourrez avoir avec des groupes d'élèves, leurs questions et la connaissance des expériences issues de leur vie quotidienne vous aideront à avoir des idées intéressantes pour le futur module.
- Si le contexte peut se rattacher à un événement local (construction d'un pont, cycle d'une culture locale) ou à l'environnement de la région (littoral, rivière), les élèves pourront plus facilement relier et appliquer ce qu'ils ont appris au monde dans lequel ils vivent.
- L'ESFI nécessite des ressources, des moyens matériels et humains. Votre décision quant aux contextes dépendra, bien entendu, des moyens humains et matériels dont vous disposerez pour réaliser une étude approfondie.

Élaborer le scénario conceptuel

Il est très important que les idées et les séquences d'apprentissage (SA) suivent une progression au sein du module. Un module ne peut être constitué d'expériences qui ne seraient qu'un ensemble d'activités portant sur le même sujet. Ces dernières doivent pouvoir s'enchaîner dans un ordre précis, prévu pour permettre aux élèves de construire des connaissances précises. Notez qu'il est fortement conseillé de présenter ce scénario conceptuel dans un langage accessible aux élèves, non pour que les élèves apprennent par cœur son contenu, mais pour s'assurer que ce qui est programmé soit accessible aux élèves et adapté à leur niveau. Loin de nous l'idée qu'un seul type de module soit possible ou qu'il puisse y en avoir un meilleur qu'un autre. Ceci ne signifie pas qu'il ne faille pas consacrer du temps à une question soulevée par un élève au cours du module. Mais les raisons qui font qu'une séquence d'apprentissage vient avant ou après une autre devront être tout à fait claires pour le professeur et les élèves eux-mêmes. Il en ira de même pour le mode de développement de la compréhension et des compétences des élèves. Voici les questions à se poser :

- Quelle est la progression de l'apprentissage pour chaque concept ou notion ?¹⁴
- Quelles seront les idées fausses que les élèves risquent d'avancer ?¹⁵
- Comment chaque séquence d'apprentissage se construira t'elle sur ce qui précédait et conduira aux séquences d'apprentissage suivantes ?
- Qu'est-ce qui, selon vous, permettra de préparer la prochaine séquence d'apprentissage parmi ce qui aura été expérimenté/compris à la fin de chacune d'elle ?
- Comment la compréhension s'approfondit-elle au fur et à mesure de la progression des séquences d'apprentissage ?

¹⁴ Il existe de nombreuses recherches à ce sujet. Voici trois sites présentant une synthèse de ces recherches.

<www.eskimo.com/~billb/miscon/opphys.html>, Children's Misconceptions in Science, American Institute of Physics ;

<www.newyorkscienceteacher.com/sci/miscon/index.php>, Science Misconceptions, New York Science Teacher ;

<homepage.mac.com/vtalsma/misconcept.html>, Children's Ideas in Scienc

¹⁵ Voir aussi les notes 9 et 10 de la première partie.

Exemples extraits des deux modules

Chacun de ces deux modules comprend un schéma du scénario présenté dans un langage accessible aux élèves. Cela ne correspond pas forcément à la logique qu'un scientifique aurait choisie pour ces modules. Vous remarquerez que les encadrés et les flèches essentielles sont en gras. Elles constituent la progression principale ou le développement des notions essentielles du module. Les encadrés et les flèches qui ne sont pas en gras présentent les notions secondaires.

Vous remarquerez également qu'une même séquence d'apprentissage peut être présente dans plusieurs encadrés. C'est parce qu'une notion particulière peut être abordée dans une séquence d'apprentissage et se poursuivre dans une autre. Dans le module sur les graines, par exemple, les élèves font germer plusieurs fois des graines afin de construire petit à petit leur compréhension des conditions nécessaires à la germination. Les besoins de la graine pour sa germination sont, cependant, l'élément central de la séquence d'apprentissage n°3, ce qui est indiqué en caractères gras. Dans le module sur le clown, l'idée que certains matériaux sont conducteurs émerge dans une séance de la 2^{ème} séquence d'apprentissage au moment où les élèves examinent l'intérieur d'une ampoule. Mais il ne deviendra le sujet d'étude principal qu'à la 5^{ème} séquence d'apprentissage.

Conseils pratiques

- Il peut être très utile d'étudier certains modules¹⁶ et de les essayer pour se familiariser avec cette approche. Plus tard, vous pourrez ainsi adapter ou concevoir vos propres modules.
- Passer en revue les idées fausses que pourront proposer les élèves vous aidera à concevoir le scénario et, plus particulièrement, à réfléchir aux notions secondes par rapport aux notions premières.
- Une fois élaboré, le scénario est un guide très utile à l'élaboration des stratégies d'évaluation formative nécessaires tout au long du module.

Élaborer l'évaluation finale du module ainsi que les évaluations en cours de module

Une fois établis les objectifs (concepts, notions, compétences et attitudes¹⁷), les situations et le scénario conceptuel, nous vous conseillons fortement de revenir au problème de l'évaluation des progrès réalisés par les élèves. L'évaluation conçue à ce stade devra, sans doute, être révisée plus tard au cours du processus final d'élaboration. Mais elle constitue une partie essentielle du processus d'élaboration initial, dans la mesure où elle permet de comprendre exactement la signification des principaux objectifs du module et le niveau de compréhension attendu (cf. SA1 du module électricité).

Beaucoup d'évaluations finales comprennent une partie écrite et une autre pratique. Ainsi les élèves disposent de deux façons de montrer ce qu'ils ont appris et compris, dont l'une dépend moins de leur compétence en français. De plus, les évaluations pratiques constituent bien souvent une meilleure solution à l'évaluation des compétences des élèves que celles qui se font par écrit.

L'évaluation finale ne suffit pas en elle-même pour observer les progrès des élèves. Les informations qu'elle fournit viennent s'ajouter aux informations collectées par le professeur et les élèves au cours du processus continu d'évaluation formative. Dans un certain nombre d'exemples, les modules de l'ESFI comprennent une pré-évaluation similaire ou identique à l'évaluation finale permettant au professeur et à l'élève de se rendre compte des progrès réalisés.

L'élaboration des évaluations (formatives et sommative) est une tâche difficile et cette courte partie est conçue pour vous permettre de prendre conscience qu'elle fait partie intégrante du processus de conception du module. Il s'agit également de vous rappeler que la réflexion sur l'évaluation peut vous aider à développer ou adapter un module. Voici quelques questions à se poser au cours de l'élaboration des évaluations de module.

¹⁶ Voir le site de <www.lamap.fr> section « activités pour la classe », ainsi que les évaluations en cours de module ou le site Pollen <www.pollen-europa.net>, section « Modules d'apprentissage ».

¹⁷ Voir le socle commun de connaissances et de compétences.



- Quels sont les principaux points du module qu'il convient d'évaluer ? Quelles compétences ?
- Quelles questions et quelles tâches permettront aux élèves de montrer ce qu'ils ont compris plutôt que ce qu'ils ont retenu ?
- Comment cette question ou cette tâche vous permettra-t-elle de faire la distinction entre les compétences des élèves en français et leur compréhension scientifique ?
- Ces tâches et ces questions autorisent-elles des réponses autres qu'une bonne ou mauvaise réponse ? Si oui, lesquelles ?
- Ces questions et tâches portent-elles sur des expériences réalisables par les élèves ?
- Comment les résultats seront-ils analysés et évalués ?

Exemples extraits des deux modules

Dans les deux modules qui nous servent d'exemples, les évaluations finales ne sont que très brièvement décrites. Dans le module sur le clown, les élèves commencent par construire leur propre circuit pour allumer le nez du clown et doivent ensuite prendre une seconde ampoule pour qu'un œil s'allume. Pour chacune de ces évaluations, on leur demande d'expliquer par écrit le mode de fonctionnement des circuits.

Dans le module sur les graines, on demande aux élèves de réaliser une petite affiche décrivant les étapes de développement de la graine au cours de sa germination et de réaliser une brève présentation sur les raisons pour lesquelles chaque étape est importante. On leur demande également d'écrire, à deux, une courte note destinée à une autre classe afin de lui expliquer comment planter les graines pour qu'elles poussent correctement. Il leur faudra également indiquer en quoi il est important de bien suivre les instructions proposées.

Conseils pratiques

- Vous vous rendrez souvent compte que les élèves interpréteront la tâche ou la question que vous aurez élaborée de façon très différente de celle que vous aurez prévue. C'est pour cela qu'il faut en parler avec eux et tester les questions ou les tâches lorsque vous êtes en train de concevoir l'évaluation.
- Les évaluations pratiques peuvent être conçues comme une conclusion au module. Elles demandent aux élèves de travailler à deux ou en petit groupe, tout en faisant en sorte que chacun y participe individuellement par le biais d'un travail écrit ou d'un dessin. Si ces tâches réclament une interprétation personnelle ou une explication, vous pourrez, en circulant parmi les groupes, évaluer chaque membre des groupes.
- Les ressources pour évaluer la compréhension et les compétences des élèves sont de plus en plus nombreuses. Il existe des sites offrant une large sélection d'évaluations. Mais vous devrez être attentif à la qualité des documents proposés dans la mesure où cette dernière varie énormément. Le projet TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) ainsi que de nombreux sites français diffusent des informations tout à fait intéressantes.
- Au cours de l'élaboration des évaluations, nous vous conseillons de prévoir une rubrique explicitant plusieurs types de réponse.

Identifier les séquences d'apprentissage

Une fois que vous avez effectué ou analysé, dans le cas de l'adaptation d'un module, tout ce qui précède, l'étape suivante consiste à déterminer les séquences d'apprentissage spécifiques – le détail de ce que les élèves seront amenés à faire ainsi que ce à quoi ils devront penser et réfléchir. Une séquence d'apprentissage se déroulera en général sur plus d'une séance en fonction de son sujet et de la durée de la séance.

Le point de départ de la séquence d'apprentissage est essentiel. Qu'il s'agisse d'une question ou d'un problème, il faut qu'il captive la curiosité des élèves et plante le décor pour le travail à venir. Il ne pourra s'agir d'un élément de motivation superficielle ou « d'un tour de magie » dans la mesure où ce point de départ constituera un point de référence permanent au cours du déroulement du module. Dans certains cas, une nouvelle question, un nouveau défi ou problème ayant cependant un lien avec le travail en cours pourra servir de point de départ à une nouvelle partie du module.

Voici les questions à se poser au moment de la sélection et de la conception des séquences :

- Qu'est-ce qui séduira et motivera les élèves ?
- Comment débutera le module ?
- Quels types d'expérience leur permettront de mener des investigations de la façon la plus autonome possible ?
- Combien de séquences d'apprentissage seront utiles pour l'étude d'un concept ou d'une notion ?
- De quelle façon les expériences attirent-elles l'attention des élèves sur les notions importantes et les mettent-elles en lumière ?
- Quel matériel sera nécessaire ?

Exemples extraits des deux modules

Chaque module comporte une courte description de chacune des séquences d'apprentissage. ❶ Le nombre de séquences d'apprentissage est plutôt restreint et le nombre de séances prévues pour chacune d'elles varie d'une séquence à l'autre : il y a une séance dans la séquence d'apprentissage 5 du module sur le clown et 4 ou 5 dans la première séquence d'apprentissage du module sur les graines. ❷ Chaque séquence d'apprentissage de ces deux modules, bien plus qu'une courte activité, constitue quelquefois une étape du processus d'investigation : la phase de démarrage, les phases de conception ou de conduite d'investigations scientifiques (voir le schéma sur la démarche d'investigation scientifique). Deux séquences d'apprentissage dans le module sur le clown et une dans celle des graines sont conçues à la fois comme des évaluations et comme moment servant à faire avancer les élèves vers l'étape suivante. ❸ Les deux modules s'ouvrent sur une question ou un problème et une activité séduisante (le clown, la sortie scolaire).

Conseils pratiques

- Il existe de nombreux exemples d'activités destinées aux élèves. Vous les trouverez sur Internet, dans les programmes scolaires et dans des livres d'activités. Ils vous seront d'une grande aide lorsque vous serez à la recherche de détails particuliers, d'une bonne documentation, de stratégies pédagogiques utiles, d'éléments auxquels il faut être particulièrement attentif, etc.
- Pensez aux éventuelles conceptions naïves¹⁸ des élèves lors de l'élaboration des activités d'apprentissage. Vous aurez sans doute envie de prévoir différentes expériences dans le domaine sur lequel vos élèves ont des idées fausses.
- Il va sans dire que vous testerez toutes les activités prévues dans vos séquences d'apprentissage. Même les activités proposées par les ouvrages spécialisés peuvent contenir des imperfections et des éléments qui n'aboutissent pas. Certaines activités peuvent donner l'impression de convenir mais se révèlent être une véritable source de confusion au lieu d'aider vos élèves à y voir plus clair.
- Pour chaque expérience, veillez à ce que le temps passé par les élèves à la mise en place de leur investigation n'empiète pas sur le temps dédié à l'investigation elle-même. Le module du clown en est un bon exemple. Lorsque les élèves passent trop de temps à dessiner, découper et décorer la tête du clown, ils le font au détriment du temps prévu à l'investigation elle-même¹⁹. Cependant, il faut avoir conscience que la construction du

¹⁸ 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

Voir aussi les fiches connaissances.

¹⁹ Il est possible également de prévoir une séance consacrée aux arts plastiques pour la construction du visage du clown afin de différencier activités plastiques de l'activité d'investigation.



clown peut constituer un élément important de leur motivation et de leur enthousiasme.

- Lors de l'adaptation ou de l'élaboration du module, il serait utile de préparer un tableau, tel que celui proposé dans le module du clown, présentant son déroulement.

Concevoir les séquences d'apprentissage

Une fois déterminés les éléments de la structure du module dans son ensemble, il est temps de concevoir les séquences d'apprentissage. Il existe plusieurs façons de présenter une séquence d'apprentissage. Mais au-delà de la présentation, ce qui compte le plus, c'est de la concevoir de façon réfléchie et d'être attentif aux éléments essentiels du travail fondé sur l'investigation. Dans cette partie, nous identifierons quelques-uns de ces éléments essentiels et nous proposerons des exemples extraits des deux séquences d'apprentissage détaillées ici afin de vous montrer comment y intégrer ces éléments. Des éléments tels que la durée, le matériel et le lexique sont également présentés dans les exemples proposés. Mais nous ne nous attarderons pas sur eux dans la mesure où ils sont plus classiques.

Clarifier les buts et objectifs

Il va sans dire que chaque séquence d'apprentissage doit posséder un objectif clair (qui peut rester le même sur plusieurs séquences d'apprentissage). Elle devra également posséder un ensemble d'objectifs que l'on indiquera aux élèves. Les objectifs dépendent souvent de la place à laquelle la séquence d'apprentissage apparaît dans le scénario conceptuel et de sa raison d'être dans la démarche d'investigation. L'élaboration d'une courte évaluation centrée sur ce que l'élève devrait savoir et être capable de faire à la fin de la séquence d'apprentissage peut permettre de clarifier et de guider la conception de cette séquence. (Voir la partie consacrée à l'évaluation ci-dessous).

Exemples extraits des deux modules

Module du clown : Le but de cet exemple de séquence d'apprentissage, intitulée *L'ampoule est éloignée*, est de développer la compréhension par l'élève de la notion de circuit fermé. Cette notion est au centre du module et a déjà été abordée dans des expériences antérieures bien que l'ampoule ait toujours été en contact avec la pile. Les objectifs se concentrent ici sur la façon de construire un circuit lorsque l'ampoule ne touche pas la pile et sur les connaissances nécessaires pour y parvenir.

Module de la graine : Après l'étude de la graine elle-même, l'objectif de la séquence d'apprentissage 3, intitulée « *De quoi une graine a-t-elle besoin pour germer ?* », est de déterminer les conditions nécessaires à la germination d'une graine. Trois séances sont prévues : chacune avec des objectifs spécifiques en lien avec les compétences sur le contenu et sur la démarche d'investigation.

Conseils pratiques

- Le scénario conceptuel et la description de la séquence d'apprentissage devraient avoir mis en lumière les objectifs recherchés. Cependant il est possible d'être amené à les ajuster afin qu'ils soient cohérents avec les éléments contenus dans la séquence d'apprentissage et réciproquement.
- Plus les objectifs sont précis et succincts, plus il vous sera facile de les garder à l'esprit lorsque vous serez en situation d'enseignement.

- Les questions à vous poser au sujet de chaque séquence d'apprentissage et de chaque séance sont : « Comment cette séquence va-t-elle venir se greffer sur ce que savent les élèves ? Comment cette séquence va-t-elle les amener vers la compréhension visée ? »

Développer la structure de la séquence d'apprentissage

Il est important de détailler l'ensemble de la structure de la séquence d'apprentissage ainsi que de décrire dans le détail ce qui va se passer dans chaque séance. Pour cela plusieurs questions doivent être prises en considération :

- Quelle est le déroulement ou le mini-scénario de la séquence d'apprentissage ?
- Comment les élèves vont-ils relier le travail effectué lors de la séquence d'apprentissage avec ce qui a été fait auparavant ? A quelle phase de leur démarche d'investigation en sont-ils ?
- Pour chaque séance, quels sont les types d'activités mises en place : activités pratiques, débat, production d'écrit, lecture, etc. ?
- Quelle(s) phase(s) de l'investigation les élèves travailleront-ils dans chaque séance ?
- De quelle façon se concluront la séance et la séquence d'apprentissage : par un débat, des présentations de groupe, des productions d'écrit ?

La quantité des détails donnés pour chaque séance est très variable. De courtes descriptions de chaque étape d'une activité suffiront aux enseignants ayant une grande expérience de l'ESFI mais seront insuffisantes pour d'autres.

Exemples extraits des deux modules

Dans le module de la graine, la séquence d'apprentissage 3 comporte trois séances. Notez que la deuxième séance au cours de laquelle les élèves conçoivent et construisent leurs expériences, sera suivie d'une série d'observations qui se dérouleront approximativement sur une semaine. Ainsi les élèves passent du débat lors de la séance 8 à la conception, à la mise en place de l'investigation et à la collecte de données. Dans cette séquence d'apprentissage, les élèves travaillent sur de nombreux points de la phase de la démarche d'investigation intitulée « Concevoir et conduire les investigations scientifiques » (séances 1 et 2) et terminent par la phase intitulée « Tirer une conclusion » (séance 3).

La séquence d'apprentissage 3 du clown est plus courte car le problème qui se pose aux élèves est issu du travail qu'ils ont fait précédemment. Il peut donc être résolu au cours d'une séance. On passe d'une présentation du problème à l'ensemble de la classe à la planification et à la phase de test des solutions possibles réalisée par groupes de deux, à une mise en commun qui renforce la notion de circuit fermé. En termes d'investigation, les élèves réalisent une dernière investigation faisant partie de la phase intitulée « Concevoir et conduire des investigations scientifiques » et passent enfin à la phase intitulée « Tirer les conclusions finales ».

Vous remarquerez que pour ces deux séquences d'apprentissage, le professeur démarre la séquence par une brève présentation qui relie cette expérience au travail précédent et qu'il la termine en annonçant ce qui va suivre.

Conseils pratiques

- Il est difficile d'obtenir un équilibre parfait entre les différents types d'activités. Mais l'utilisation d'un tableau tel que celui que propose le module du clown pourra vous permettre de repérer les déséquilibres éventuels entre, par exemple, l'expérience et la réflexion sur cette expérience.
- Les séances prévues au sein d'une séquence d'apprentissage ainsi que les séquences prévues au sein d'un module correspondent à une ou plusieurs phases de la démarche d'investigation. Une séance pourra être entièrement consacrée à l'expérimentation (« Concevoir et conduire des investigations scientifiques »). Une autre pourra se consacrer au développement d'une conclusion par le biais de débats et de production d'écrits (« Tirer les conclusions finales »). Lors de la conception de la séquence d'apprentissage, il peut être utile de tenir compte du type d'activités qu'elle exigera de la part des élèves.



Concevoir l'évaluation formative (Voir dans la première partie, l'évaluation formative)

Chaque séance d'une séquence d'apprentissage constitue une occasion d'évaluer les compétences des élèves, leur raisonnement et leur compréhension. L'identification des points qu'il est important et possible d'évaluer, les stratégies pour y parvenir ainsi que les méthodes pour collecter ces informations font partie intégrante de l'élaboration des séquences d'apprentissage et de leurs différentes séances. Ces évaluations sont bien évidemment fondées sur les buts et les objectifs de la séance. Certaines évaluations porteront sur le travail de groupe et d'autres se concentreront davantage sur l'individu. Il pourra s'agir de simples questions posées aux élèves de façon informelle, d'une observation des comportements ou de remarques faites par les élèves au cours de leur travail de groupe. On pourra aussi effectuer des évaluations plus structurées : analyse des cahiers des élèves, interrogation orale d'un groupe sur une question particulière. Pour finir, rappelons qu'il est important de mettre en place une stratégie permettant de noter les données recueillies lors de l'évaluation. Voici les questions à considérer

- Quels sont les buts et les objectifs de la séance ?
- Quels sont ceux sur lesquels il est particulièrement important de se concentrer ?
- Dans quelle partie de la séance les élèves utiliseront-ils une compétence ou un savoir particulier ? Quelles questions permettront d'avoir un aperçu de la façon de penser et de comprendre des élèves ?
- Comment analyserez-vous et utiliserez-vous les données recueillies ? Mêmes types de questions pour les élèves.

Exemples extraits des deux modules

Module du clown : Pour la séquence d'apprentissage détaillée de ce module, deux moments d'évaluation formative sont suggérés. Le premier interviendra lorsque les élèves seront en train d'élaborer leurs solutions. Il faudra alors circuler dans les groupes pour évaluer de façon informelle leur compréhension de ce qu'est un circuit fermé. Le second, à la fin de la séance, lorsque les élèves seront en train de débattre de leurs solutions et sont censés avoir progressé vers les objectifs de la séquence.

Module de la graine : Chaque séance comprend des suggestions concernant les points sur lesquels centrer l'évaluation ainsi que des questions qu'il faudra prendre en compte à certains moments de la séance.

Conseils pratiques

- Il peut être utile de commencer par examiner attentivement ce qui se passe et ce qui se fait durant l'expérience et de vous demander si les objectifs prévus initialement ont été atteints. Puis, après avoir repéré la nature de l'activité effectuée par les élèves, vous pourrez déterminer ce qui permettra d'évaluer au mieux ce qu'ils auront compris : leurs cahiers d'expériences ? un débat ? le travail d'équipe ?
- Ecrire les questions que vous pourrez leur poser vous aidera à vous concentrer sur les objectifs essentiels lorsque vous vous retrouverez plongé au cœur de l'activité de la classe.

Constituer les groupes d'élèves (Voir première partie, La science est un travail de collaboration)

Il existe plusieurs façons de constituer des groupes d'élèves. Les choix effectués sont fortement influencés par le contexte de la classe : le nombre d'élèves, leurs capacités de collaboration, leur âge, etc. Cependant ce choix devra également s'effectuer en fonction du contenu de la séquence d'apprentissage et de la phase de la démarche d'investigation. Ces éléments ont une influence sur le choix de faire travailler les élèves individuellement, en binôme, en petits groupes ou en classe entière. Posez-vous les questions suivantes :

- Quelle expérience les élèves ont-ils du travail de groupe ? Parviennent-ils à travailler correctement en autonomie ?
- Quelle taille de groupe sera la plus adaptée au matériel spécifique ?
- Quel espace sera nécessaire ?

Exemples extraits des deux modules

Dans la séquence d'apprentissage du module du clown, les élèves effectuent leurs activités pratiques en binôme car il faudra plus d'une paire de mains pour construire le circuit mais en général deux paires de mains suffisent. Le travail à deux permettra à tous les élèves de manipuler le matériel. La présentation du problème et le débat se feront en classe entière.

Dans le module de la graine, les élèves sont en équipe de quatre lors de leur travail d'investigation. Dans ce cas, le nombre de tâches à effectuer lors de la mise en place permet la participation de tous les élèves. Les données sont collectées individuellement et consignées dans le cahier d'expériences, mais on encouragera les élèves à discuter de ces données au sein de leur équipe.

Conseils pratiques

- D'autres facteurs viendront influencer votre choix dans la détermination des groupes : la quantité de matériel disponible, l'espace disponible pour stocker les travaux en cours et la capacité de vos élèves à travailler en groupe sur une longue durée.
- Pensez à attribuer des rôles aux membres de l'équipe pour les aider à organiser leur travail (cf. première partie les conseils pratiques pour l'ambiance de travail dans la classe).

Organiser les débats et les questions

(voir première partie, Organiser des débats et Construire les bonnes questions et les poser clairement)

Il faut prévoir des moments de débat permettant aux élèves de discuter de leur travail pour chaque séance du module. En fonction de la séance et de la phase de la démarche d'investigation, ces discussions se feront en binôme ou en groupe de travail ou bien en classe entière. Leur durée variera de quelques minutes lors d'une discussion au sein de l'équipe à un échange continu lorsque les équipes sont dans la phase de démarrage de leurs investigations et pourra se prolonger lors d'un débat en classe entière. Les questions et les commentaires de l'enseignant revêtent pour toute la classe une importance toute particulière lors de ces débats. Voici une liste de questions auxquelles il est bon de penser :

- A quel moment est-il important de recourir à un débat en classe entière ?
- Que doivent faire/préparer les élèves pour ces débats ?
- Quelles questions permettront d'obtenir un débat productif ?
- Comment conclure le débat ?

Exemples extraits des deux modules

Dans l'activité d'apprentissage du clown comme dans celle de la graine, on retrouve les trois types de débats. Trois éléments doivent retenir votre attention. **1** Le sujet de chacun des débats en grand groupe est clairement exposé. **2** Des questions particulières y sont intégrées. Bien qu'en général le professeur ait l'habitude de poser spontanément de nombreuses questions à ses élèves à propos de ce qu'ils font ou disent, nous vous conseillons de préparer à l'avance les questions essentielles au débat pour être sûr qu'elles seront vraiment posées. **3** Vous trouverez aussi une courte description de la façon de conclure chaque séance. Même si ces conclusions sont susceptibles de changer selon la façon dont s'est déroulée la séance, il est absolument nécessaire de les prévoir à l'avance étant donné leur importance.



Conseils pratiques

- Les débats en classe entière sont les plus difficiles à conduire. Il ne sera pas utile de prévoir de tels débats à chaque séance mais nous vous conseillons de les prévoir à chaque fois que les élèves arriveront à un moment de leur travail où un débat de ce type leur sera nécessaire (au début de l'activité, lors de la conception de l'investigation, à la conclusion).
- Lors de la construction des questions, il pourra vous être utile d'essayer d'y répondre pour déterminer si elles sont suffisamment ouvertes et productives. Tout comme dans les exemples fournis ici, il est préférable d'en préparer plusieurs, car même les questions les meilleures peuvent tomber à plat !
- La mise en commun et le débat sont deux choses différentes. Les élèves préfèrent souvent mettre en commun leurs idées et leur travail que d'en débattre. Cependant, il est difficile d'écouter les comptes-rendus effectués par chaque équipe. Il vous faudra réfléchir à la façon de mettre en commun un travail avant que ne s'engage un débat (par exemple avec des affiches réalisées par l'équipe et exposées dans la classe ou un tableau conçu pour que toute la classe y intègre ses résultats). Ainsi le débat en groupe pourra-t-il vraiment se centrer sur les problématiques soulevées par le travail et les conclusions qui en sont tirées et non sur la mise en commun des données.

Organiser la production d'écrits/la prise de notes

(voir première partie, guider les élèves dans leur production d'écrit)

Tout comme les débats, la mise par écrit dans les cahiers d'expériences demande du temps. Il est facile de dire que les élèves doivent écrire mais il est important, pour le professeur et pour eux, de déterminer à quel moment et de quelle façon ils devront écrire. Cela n'exclut pas des activités de production d'écrits supplémentaires. Il s'agit ici de vérifier que l'écrit indispensable est effectué. Il est également important de préciser, pour chaque séance, le type d'écrit qui sera demandé. Voici des questions à se poser :

- À quel niveau du processus d'investigation les élèves en sont-ils ? Qu'est-ce que cela implique pour la production d'écrit ?
- Les élèves disposent-ils des compétences appropriées ?
- La production d'écrit est-elle surtout centrée sur les sciences et pas seulement sur les compétences d'écriture ?
- La production d'écrit est-elle collective ou individuelle ?

Exemples extraits des deux modules

Dans les deux exemples, on indique les moments au cours desquels l'écrit est utilisé. Cependant, il est conseillé de mettre également l'accent sur le type d'écrit utilisé.

Conseils pratiques

- Lorsque les élèves sont au milieu d'une recherche, il peut être utile de prévoir du temps pour que les élèves fassent une pause et écrivent. Il peut être utile de leur demander à quel moment ils souhaitent faire une pause et passer à l'écrit.
- Pensez à fournir à vos élèves des modèles pour organiser la mise par écrit de leurs données. Ainsi ils ne perdront pas de temps à créer des tableaux et des graphiques.
- Réfléchissez attentivement aux moments où vous souhaitez que les élèves utilisent une grammaire correcte, des phrases complètes, etc. afin de ne pas les détourner de leur activité de collecte de données ou de réflexion.
- Beaucoup de professeurs constituent pour les élèves une liste (au tableau ou sur une affiche, par exemple) des mots de vocabulaire importants qu'ils ont appris à utiliser.



2ÈME PARTIE

Exemples



AGE : 7-8 ANS

Une graine? Une plante?

Une graine? Une plante? *

Il s'agit ici d'un module essentiellement descriptif au cours duquel les élèves s'attachent aux premières étapes du cycle de vie d'une plante verte. Ils étudieront la graine elle-même, les étapes de sa germination et les conditions nécessaires à cette germination. Ils tireront ensuite des conclusions au sujet du développement initial des plantes vertes. Dans trois des séquences d'apprentissage, les élèves font germer des graines différentes. Ils observent et prennent des notes sur ce processus sur une période pouvant aller d'une semaine à 10 jours. Notons qu'il est possible que les séquences d'apprentissage se superposent.

Séquence d'apprentissage 1 : Est-ce une graine ou pas ?

Séance 1/2 : Mise en commun des premières idées et évaluation initiale (Démarrer)

La première séance permet à la fois de lancer le module et d'évaluer le savoir existant des élèves ainsi que leurs conceptions initiales au sujet des graines. En fonction du temps disponible et de l'environnement présent aux alentours de l'école, soit le professeur organise une sortie nature pour que les élèves ramassent des échantillons de ce qu'ils pensent être des graines, soit il leur fournit un ensemble d'échantillons qu'il aura préparés à l'avance. Par équipe de 4, on demande aux élèves d'observer et de dire ce qu'ils pensent être des graines, de les dessiner dans leur cahier d'expériences et d'écrire leurs idées sur ce qu'est une graine.

Séance 3 : classer le matériel récolté et concevoir une investigation (Démarrer, Concevoir et conduire des investigations scientifiques.)

En préparant cette séance, le professeur s'assure que chaque échantillon comprend à la fois des éléments qui sont des graines et d'autres qui n'en sont pas. On demande aux élèves de les classer par catégorie. Dans un premier temps, ils les classent comme ils le souhaitent (ce qui informe l'enseignant sur les idées que peuvent avoir les enfants) puis en deux catégories : graines et non-graines. Les élèves débattent entre eux de la façon de déterminer si une chose est une graine ou pas et planifient leurs investigations.

Séance 4 : Mener une recherche à partir de semis de graines (Concevoir et conduire des investigations scientifiques)

Les équipes d'élèves effectuent des semis avec les échantillons tirés des groupes de graines et de non-graines qu'ils ont constitués. Ils notent dans leur cahier d'expériences ce qu'ils ont fait et déterminent les données qu'ils vont consigner et la façon dont ils vont le faire.

Séance 5 : observer et consigner les changements apparus dans les semis ; interpréter les données (Concevoir et conduire des investigations scientifiques).

Les équipes d'élèves observent les semis sur une période d'à peu près 10 jours tout en inscrivant leurs observations et réflexions dans leur cahier d'expériences. Lorsque des changements significatifs se sont produits, ils reviennent à la question initiale et tirent leurs conclusions à partir des données recueillies en constatant que les graines se modifient et commencent à grandir, que deux graines semblables produisent deux pousses similaires et que les objets qui ressemblent à des graines, mais qui ne poussent pas, ne sont probablement pas des graines.

Séquence d'apprentissage 2 : Qu'y a-t-il à l'intérieur d'une graine ?

Séance 6 : mise en commun des idées de départ (Démarrer)

* Ce travail est construit à partir d'un module que l'on peut trouver sur :

www.pollen-europa.net/?page=Prj0nqpx9f8%3D



Cette séance sert à la fois de début à une nouvelle phase du module et d'évaluation initiale. Après avoir observé l'aspect extérieur des graines et conclu que les graines se développent, les élèves reviennent à la question de savoir ce qu'il y a à l'intérieur d'une graine. Les élèves mettent leurs idées en commun lors d'un débat en grand groupe et écrivent leurs idées dans leur cahier d'expériences.

Séance 7 : découvrir l'anatomie d'une graine (Concevoir et conduire des investigations scientifiques, tirer des conclusions finales).

Au sein de chaque équipe, les élèves dissèquent et observent l'intérieur de plusieurs graines à l'aide d'une loupe. Ils dessinent ce qu'ils voient et écrivent leurs autres observations et réflexions dans leur cahier d'expériences. Lors d'un débat collectif, ils arrivent à la conclusion qu'il existe des éléments de base communs à toutes les graines observées : l'embryon, les réserves nutritives et l'enveloppe de protection. Ils effectuent alors une distinction définitive entre les graines et les non-graines de leur collection.

Séquence d'apprentissage 3 : De quoi une graine a-t-elle besoin pour germer ?

Séance 8 : mise en commun des idées (Démarrer, Concevoir et conduire des investigations scientifiques).

Après l'étude de la graine elle-même, les élèves passent à la question des besoins de la graine pour germer. Cette séance sert d'évaluation initiale et permet également aux élèves de disposer de temps pour parler et écrire dans leur cahier d'expériences ce que sont, d'après eux, les besoins en général des plantes et les besoins spécifiques des graines pour germer. Pour cela, ils rechercheront des informations dans les notes prises lors des dernières expériences effectuées sur les semis (Voir séances 3, 4 et 5). Ils débattent de la liste des besoins qu'ils ont identifiés et en choisissent un sur lequel ils mèneront de plus amples recherches.

Séance 9 : Mener une investigation sur un des besoins de base (Concevoir et conduire des investigations scientifiques).

Les prochaines séances porteront sur les besoins en eau (il serait tout à fait possible de mener une recherche sur d'autres besoins). Les élèves explicitent la question : « La graine a-t-elle besoin ou non d'eau pour grandir ? », ils discutent des projets d'expérience possibles, se mettent d'accord sur le protocole, y compris sur un contrôle de ce protocole (consistant à vérifier que le protocole permettra de répondre à la question) et se répartissent le travail au sein des différentes équipes. Ils mettent leurs projets en œuvre, notent leurs observations et réflexions sur leur cahier d'expériences pendant environ une semaine.

Séance 10 : analyser les données et tirer des conclusions (Concevoir et conduire des investigations scientifiques, tirer des conclusions finales).

Par équipe, les élèves revoient leur travail, analysent les données, font des déductions et écrivent leur réflexion sur leur cahier d'expériences. Lors d'un débat collectif, ils arrivent à la conclusion qu'une graine a besoin d'eau pour germer et que, sans eau, la graine ne peut germer.

Séquence d'apprentissage 4 : comment les graines germent-elles ?

Séance 11 : Mener une investigation sur la germination (Concevoir et conduire des investigations scientifiques).

Les élèves ont observé la croissance d'un plant issu de la germination, discuté et mené des recherches sur les besoins essentiels à la germination. Dans cette séquence d'apprentissage, ils vont, une fois de plus faire des semis pour observer attentivement la façon dont les graines « s'éveillent » et comment elles deviennent des plants. La séance débute par un débat qui

sert également d'évaluation initiale sur les idées des élèves. Les élèves planifient alors la façon dont ils vont créer leurs semis et la façon dont ils vont consigner leurs données. Dans leur cahier d'expériences, ils mettent leur projet et leurs propositions par écrit.

Séance 12 : analyser les données et tirer des conclusions (Concevoir et conduire des investigations scientifiques, tirer des conclusions finales).

Les élèves inscrivent régulièrement leurs observations tout au long du processus qui permet aux plants de commencer à développer de véritables feuilles. Au fil de leurs observations, prises de note et discussions au sujet de ce qu'ils voient, ils découvrent que les parties de la plante qu'ils ont observées dans la graine sortent dans un ordre précis. En groupe classe, ils arrivent à la conclusion que chacune possède un rôle bien défini : la racine se développe en premier, elle pousse vers le bas et s'alimente en eau ; la tige se développe alors vers le haut ; les deux moitiés de la graine (les cotylédons) servent de « réserves nutritives » lorsque le plant pousse. Après l'apparition des premières véritables feuilles, les cotylédons tombent.

Séquence d'apprentissage 5

Séance 13/14 : évaluation

Il est demandé aux élèves de dessiner et de nommer les étapes de développement du plant depuis la graine jusqu'aux premières feuilles et de décrire en quoi chaque étape est importante. Lorsqu'ils ont terminé, ils travaillent en équipe pour créer un guide destiné à une autre classe²⁰.

²⁰ Ce peut être l'occasion de confronter les savoirs acquis au savoir établi.



Une graine ? Une plante ?

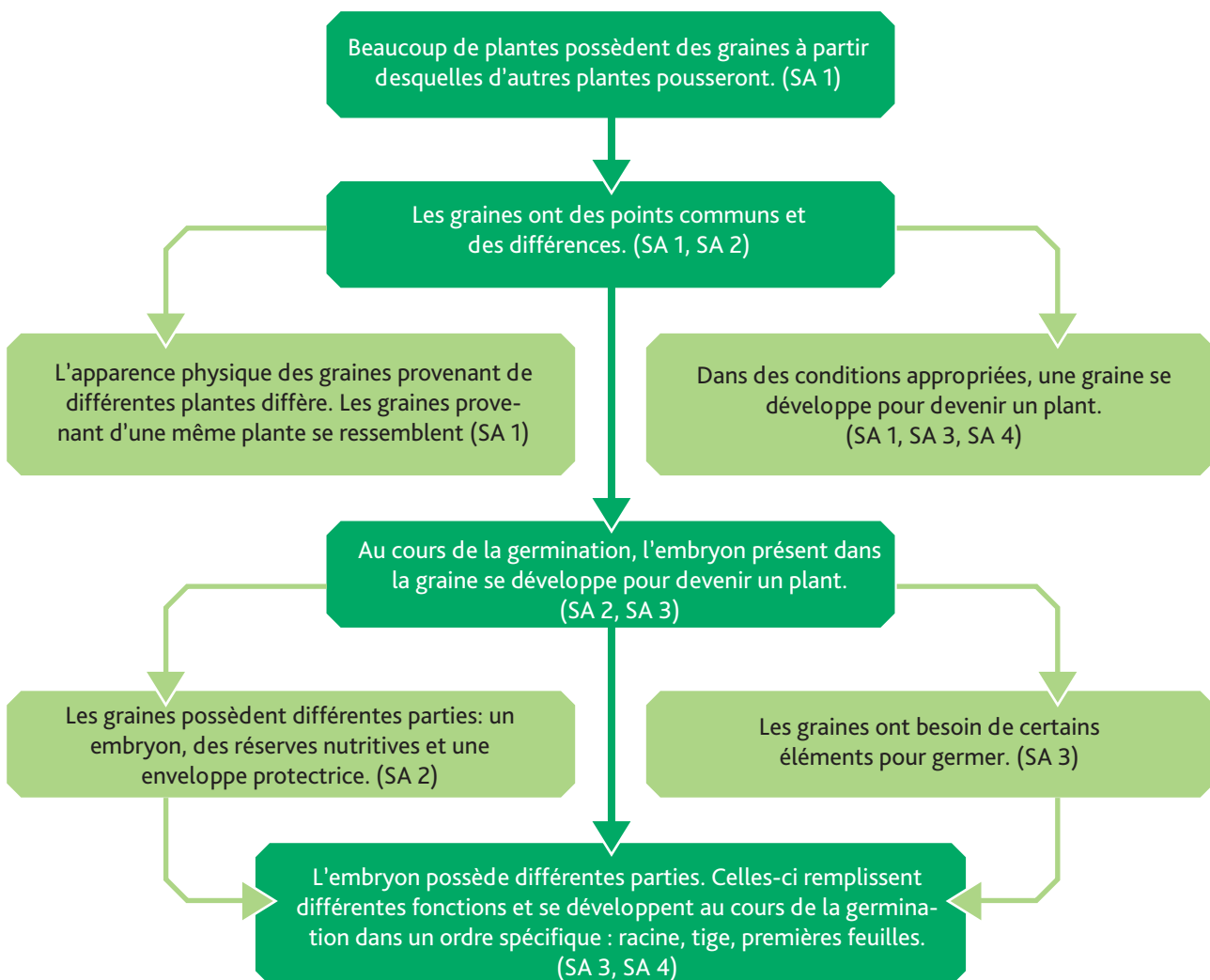
Objectif : Les élèves vont construire une première compréhension du rôle de la graine dans la croissance et le développement de la plante. Ils vont ainsi se familiariser avec les étapes initiales du cycle de vie d'une plante verte.

Notions et/ou connaissances du module

- 1 Beaucoup de plantes possèdent des graines à partir desquelles de nouvelles plantes vont pousser.
- 2 Toutes les graines ont des points communs et des différences.
- 3 S'il bénéficie de conditions appropriées, l'embryon présent dans la graine se transforme en plant.
- 4 Les différentes parties de l'embryon et du plant ont des fonctions différentes.

Schéma du Scénario conceptuel

NdT : SA signifie séquence d'apprentissage



Séquence d'apprentissage 3 (SA3) : De quoi une plante a-t-elle besoin pour germer ?

Les élèves ont étudié la graine elle-même. Ils ont ramassé des graines dans les environs de l'école et observent attentivement leur structure externe et interne ainsi que leurs caractéristiques. Au cours des activités, ils étudient la germination : ce qui est nécessaire pour qu'elle se produise et les étapes de son développement.

Séance 8 : mise en commun des idées initiales

Après avoir achevé l'étude de la graine elle-même, les élèves reviennent à la question concernant les besoins de la graine pour germer. Ils parlent et mettent par écrit ce qui, d'après eux, est nécessaire aux plantes et aux graines pour germer. Ils discutent de la liste des besoins et en choisissent un pour une étude plus poussée. La séance sert également d'évaluation de leur connaissance existante sur le sujet.

Objectifs

- Les élèves décriront et discuteront de leurs idées sur les besoins nécessaires à la germination
- Les élèves établiront une liste des besoins qu'ils étudieront

Évaluation

Utilisez ce que les élèves disent lors des débats, ce qu'ils écrivent et inscrivent dans leur cahier d'expériences :

- qu'est-ce que la plupart des élèves comprennent au sujet des besoins des plantes ?
- quelles sont les difficultés rencontrées par la classe ou par certains élèves ?

Commencer la séance

- Le professeur demande à chaque élève d'ouvrir son cahier d'expériences, de dater la nouvelle page et de répondre à cette question : « *A votre avis, de quoi chaque graine a-t-elle besoin pour commencer à se développer ?* »
- Il leur rappelle de consulter leurs notes des séances 3, 4 et 5 pour voir quelles étaient alors leurs propositions et pour voir si certaines de leurs notes pourraient les aider à répondre à cette question.

Moments essentiels de la séance

- Après quelques minutes, la classe se regroupe pour débattre des questions suivantes :
« *De quoi les graines ont-elles besoin pour germer, selon vous ?* »
« *Sur quoi appuyez-vous vos affirmations ?* »
- Les élèves créent une liste commune à la classe sur une affiche et discutent des raisons qui font que, selon eux, chacun de ces besoins importe. Ils se réfèrent pour cela aux données pertinentes tirées de leurs cahiers.
- Les élèves débattent des questions suivantes :
« *Quels sont les facteurs que nous serons en mesure d'étudier en classe ?* »
« *Quels sont ceux qui nous intéressent le plus ?* »

Remarque : Les élèves voudront sûrement étudier plusieurs de ces facteurs. En fonction du temps disponible et du groupe classe auquel vous avez à faire, vous pourrez choisir de répartir les différentes questions sur différents groupes, de laisser les élèves décider du facteur qui sera étudié par la classe ou d'en choisir un vous-même. Il est important pour les élèves de participer au processus de détermination de la question qui sera étudiée. En effet, cela exige d'eux réflexion et échange sur ce qui est observable et sur ce qui sera possible dans le cadre de leur classe. Ce qui suit est un exemple de l'étude d'un des facteurs.

Clore la séance

- La séance se termine par un retour rapide sur la liste des facteurs et sur le(s) facteur(s) qui sera (ont) étudié(s).
- On demande aux élèves de réfléchir à la question « *Comment savoir si ce facteur est important ?* » Les réponses seront débattues lors de la prochaine séance.

☞ **Matériel :** cahiers d'expériences

Vocabulaire supplémentaire :

- germination
- terre

Remarque : En fonction des données tirées de l'évaluation, vous pourrez choisir de passer rapidement à la séance suivante ou de passer un peu plus de temps à discuter des facteurs possibles.

☞ Voici un échantillon de ce que les élèves pourraient suggérer : « *peut-être qu'il ne faut pas planter les graines trop profondément* », « *peut-être faut-il les exposer à la lumière* », « *peut-être ne faut-il pas leur donner trop d'eau* », « *peut-être qu'il ne faut pas appuyer trop lourdement sur elles* »

☞ **Évaluation :** les élèves ont-ils une connaissance générale des besoins des plantes pour grandir ? Les élèves peuvent-ils faire la distinction entre ce qui pourra être testé et ce qui ne pourra pas l'être ?



Séance 9 : Etude d'un des besoins

Les prochaines séances portent sur les besoins en eau. Les élèves explicitent la question « *La graine a-t-elle besoin d'eau pour se développer ou non ?* », débattent sur leurs projets d'expériences et se mettent d'accord sur le protocole (y compris son contrôle, à l'aide d'une expérience témoin). Ils mettent leurs projets en œuvre, notent leurs observations et réflexions dans leur cahier d'expériences chaque jour pendant environ une semaine.

Objectifs

- Les élèves expliciteront la question sur laquelle ils vont mener une étude et faire des hypothèses.
- Les élèves concevront une expérience (y compris une expérience témoin)
- Les élèves réaliseront leur expérience et consigneront leurs observations et idées dans leur cahier d'expériences.

Évaluation

- En vous appuyant sur les observations que vous aurez faites lors des discussions sur la conception des expériences et en vous appuyant sur la façon dont les élèves mettent en place leurs expériences, vérifiez jusqu'à quel point les élèves comprennent la nécessité d'une expérience témoin pour laquelle ils ne modifient que le facteur eau.
- A partir des cahiers des élèves, vérifiez les détails et le soin apportés à la consignation des données et l'intérêt des réflexions au sujet des graines et de leur germination.

Commencer la séance

- En groupe entier, les élèves revoient la liste des facteurs et parlent de ceux qu'ils ont choisis. Ici il s'agit de l'eau ; ils débattent de la question « *Que voulons-nous trouver ?* »
- Ils explicitent les questions et se mettent d'accord sur elles : « *La graine grandit-elle ou pas lorsqu'on lui donne de l'eau ?* » « *La graine grandit-elle ou pas si on la prive d'eau ?* »

Remarque : Dans une classe, les élèves se sont lancés dans une discussion au sujet de la formulation de la première affirmation notée sur leur liste : « Peut-être ne faut-il pas leur donner trop d'eau ». La discussion tournait autour de l'expression « pas trop d'eau ». Certains élèves ont suggéré que « pas trop d'eau » ne signifiait pas une « trop grande quantité ». D'autres ont affirmé « nous ne savons pas ce que représente « pas trop d'eau ! » L'échange s'est poursuivi et une idée a été suggérée : « Nous ne devrions pas parler d'eau mais d'une quantité d'eau ». Ce type de discussion pousse les élèves à une réflexion plus précise sur leurs recherches

- Le professeur indique aux élèves le matériel qu'ils auront à disposition.

Moments essentiels de la séance

- Les élèves se mettent en équipe pour développer leurs hypothèses et planifier leur expérience. Ils écrivent leurs hypothèses et projet dans leur cahier.
- Les équipes se remettent en groupe classe pour discuter de leurs projets :
 - « *Comment allez-vous mettre en place vos expériences ?* »
 - « *Que faut-il, selon vous, pour que cette expérience soit correcte ?* »
 - « *D'après vous qu'est-il important d'observer et de consigner ?* »
- Si nécessaire, les équipes revoient les projets qu'ils ont notés dans leur cahier en y apportant explication et légende pour chaque dessin. (Voir l'exemple ci-dessous). Ils revoient leurs hypothèses et indiquent pourquoi ils pensent qu'elles ont été ou non validées. Au sein de l'équipe, ils décident de la façon dont chacun consignera ses observations

☞ **Matériel** : graines, bacs (Les bacs devront permettre la germination de deux semis, l'un sera maintenu humide et l'autre sec. Les bacs seront identiques, remplis d'une même quantité de terre et placés au même endroit), étiquettes, terre.

Remarque : Il est préférable de choisir deux ou trois types de graines différentes. Cela permet aux élèves de remarquer que les conditions nécessaires à la germination sont communes à plus d'un type de graines. On peut décider que tous utiliseront un certain type de graines (par exemple, le haricot, le blé ou le pois) comme « graines de référence » afin d'être sûr de pouvoir comparer les résultats. Les élèves pourront en choisir d'autres provenant de leurs collectes.

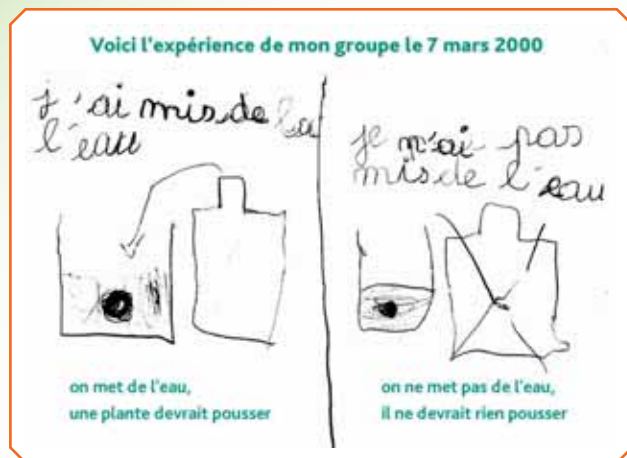
Vocabulaire supplémentaire :

- variable
- contrôle
- pousse

☞ **Évaluation** : Que savent les élèves de la mise en place d'une expérience ? Qu'oublient-ils ?

Remarque : Le professeur se déplace de groupe en groupe en commentant et en posant des questions pour s'assurer que les équipes ont un projet susceptible d'aboutir à un résultat et qui soit suffisamment détaillé (quelles graines vont-ils utiliser et en quelle quantité. A quelle fréquence et combien d'eau vont-ils utiliser pour l'arrosage ? etc.)

Exemple tiré de la page du cahier d'un élève illustrant le projet d'expérience.



Clore la séance

- Le professeur demande aux équipes ayant des projets d'expérience différents de les mettre en commun et d'en débattre en classe entière. Si les élèves ne soulèvent pas de questions, le débat pourra débiter :
 - « Comment serez-vous sûrs que vos résultats ne porteront que sur l'eau ? »
 - « Quelle est la différence entre le projet de cette équipe et celui de celle-là ? »
 - « Pensez-vous que les deux aboutiront ? »
 - « Pensez-vous que nous serons en mesure de comparer les résultats ? Si oui, pourquoi / si non, pourquoi ? »
- Le professeur demande à une équipe de dévoiler ses hypothèses. Il demande des hypothèses différentes à d'autres, puis guide les élèves dans leur débat. (*Pourquoi cela sera-t-il vrai selon vous ?*).
- Le professeur passe alors en revue ce que les élèves devront faire au cours des prochaines semaines : actions, observations, consignation des données. Il leur rappelle de rester fidèles à leur projet de base et de s'assurer que chaque élément noté est daté, clair, détaillé et contient des données numériques quand cela est nécessaire.

Question pour l'évaluation : jusqu'à quel point les hypothèses des élèves sont-elles basées sur leur expérience antérieure ?

Question pour l'évaluation : au cours de leurs observations des graines, les élèves consignent-ils les données importantes ?



Séance 10 : analyser les données et tirer des conclusions

Une fois que les résultats sont clairs, les équipes revoient leur travail, analysent les données, font des déductions et écrivent leurs réflexions dans leur cahier. Au cours d'une discussion de groupe, ils parviennent à des conclusions fondées sur les preuves qu'ils ont obtenues : les graines ont besoin d'eau pour germer ; sans eau, elles ne germent pas.

Objectifs

- Après consultation des données collectées, les élèves vont effectuer une première synthèse et conclusion
- Ils présenteront leurs idées à la classe
- Ils devront défendre leurs résultats et débattre des résultats des autres
- Les élèves vont construire un savoir sur le fait que les graines ont besoin d'eau pour germer, se développer et grandir.

Évaluation

En vous appuyant sur les discussions en équipe, relevez :

- la façon dont les élèves utilisent les données tirées de leurs cahiers
- s'ils restent centrés sur la question posée
- La façon dont ils argumentent leurs idées

Commencer la séance

- Le professeur invite les élèves à analyser les résultats de l'expérience. Il leur rappelle qu'ils disposent tous de données et d'idées qu'ils ont notées dans leur cahier au cours de leur recherche. Ils doivent travailler ensemble, développer une théorie et l'étayer par des preuves. Ils doivent réfléchir au sein de l'équipe à la façon d'interpréter les résultats obtenus. Ils devront répondre aux questions suivantes : « *Que pouvez-vous dire sur le besoin en eau des graines ? De quelles preuves disposez-vous ? Pourquoi pensez-vous que votre réponse est juste ?* ».

Moments essentiels de la séance

- Les élèves travaillent en équipe pour préparer une réponse commune. Ils écrivent cette réponse sur une petite affiche tout en notant dans leur propre cahier leurs idées personnelles (Voir l'exemple ci-dessous). Ils font des déductions à partir des résultats obtenus grâce à l'expérience effectuée et écrivent leurs conclusions. Ils affichent ensuite leur document.
- Lorsque toutes les affiches sont prêtes, le professeur demande aux élèves de circuler parmi elles et de les lire toutes. On demandera aux élèves : « *Quelles sont les similitudes ? les différences ? Qu'est-ce qui explique qu'il y ait des différences ?* ».

Clore la séance

- La classe se regroupe et le professeur demande aux élèves de débattre de ce que l'on peut conclure après avoir vu toutes les affiches. On pourra leur poser les questions suivantes, en adaptant son langage au niveau des élèves
« *Quelles grandes lignes ressortent des affiches ? Quelle est leur signification ?* »
« *Pensez-vous que toutes nos preuves débouchent, en l'étayant, sur une conclusion unique ? Qu'est-ce qui vous fait penser que c'est le cas ?* »
« *Que pourrions-nous faire pour être sûrs de notre conclusion si la preuve apportée n'est pas suffisante ?* »

Matériel

- Cahiers d'expériences
- Matériel pour les expériences

Vocabulaire supplémentaire

- Preuve
- Conclusion

☞ **Évaluation** : Les élèves ont-ils utilisé les données collectées dans leur cahier ? Leur raisonnement sur la question est-il rigoureux ?

☞ **Évaluation** : De quelle façon les élèves défendent-ils leurs idées ? Jusqu'à quel point leur conclusion est-elle une conclusion raisonnée ?

Remarque : Il est possible que certaines graines placées dans l'eau n'aient pas germé. Il est important d'en parler. Il existe un grand nombre de raisons à cela mais il est important que les élèves se rendent compte qu'ils ont rassemblé des preuves pour affirmer qu'aucune graine ne germe sans eau et que beaucoup germent avec de l'eau même si toutes les graines dans l'eau n'ont pas germé.

- Si on en a obtenu la preuve, le professeur amène la discussion sur la conclusion que les graines ont besoin d'eau pour germer car aucune des graines dans les emplacements sans eau n'ont germé et qu'à l'inverse, dans les emplacements avec de l'eau, des pousses sont apparues..
- Le professeur (ou un élève) résume alors la conclusion finale qui est notée dans un tableau et inséré dans le cahier de l'élève. Le professeur doit toujours établir une liste des questions qui pourraient être soulevées.
- Le professeur clôt la séance en demandant aux élèves d'observer attentivement ce qui se passe pour la graine à partir du moment où elle dispose de tous ses besoins pour germer.

Exemple extrait d'un cahier d'élève montrant les résultats de l'expérience





AGE : 7-8 ANS

Le clown dont le nez s'allume

Le clown dont le nez s'allume *

Ce module explore la notion de circuit électrique, continu parcouru par l'électricité. Les élèves disposent d'une pile, d'une ampoule et de fils électriques. Ils testent la conductivité de différents matériaux et mobilisent leurs connaissances pour concevoir un circuit destiné à un visage de clown sur lequel ils doivent pouvoir allumer ou éteindre l'ampoule située à la place du nez.

Etant donnée la nature de l'électricité, les élèves ne l'observent pas directement mais observent les effets qu'elle produit. Ils devront connaître des termes tels qu'*électricité*, *courant électrique*, *voltage* et *énergie* même s'ils n'en maîtrisent pas complètement le sens. Ce module ne porte pas sur le vocabulaire ou la nature de l'électricité. Il a pour but de poursuivre le développement de la notion de circuit complet ou fermé.

Séquence d'apprentissage 1 : l'évaluation initiale

Première séance

Cette séance est conçue comme une évaluation initiale permettant de déterminer quelles sont l'expérience et les connaissances des élèves en matière d'électricité et plus particulièrement quelles sont les conditions nécessaires à la conception d'un circuit fermé, ce qui aidera le professeur pour la suite. Cette évaluation servira également de point de référence à la fin du module.

Deuxième séance (Démarrer)

Le professeur montre à la classe le visage du clown qui possède une ampoule allumée à la place du nez. Il ne montre pas le circuit placé à l'arrière qui le fait fonctionner. On demande aux élèves d'imaginer comment ça marche et de dessiner et d'écrire leurs propositions dans leurs cahiers. Le professeur leur demande ensuite de préciser de quel matériel ils auront besoin pour allumer une ampoule semblable à celle présente sur le visage du clown. Les élèves établissent collectivement une liste de ce matériel.

Séquence d'apprentissage 2 : allumer l'ampoule

Première séance (Concevoir et conduire des investigations scientifiques)

Le professeur fournit le matériel demandé par les élèves. Il partage la classe en groupes de deux et demande aux élèves de reprendre les dessins de la veille, de les modifier s'ils le souhaitent et de tester, à l'aide du matériel fourni, leurs idées sur l'allumage de l'ampoule. Ils mettent leurs résultats en commun, choisissent d'autre matériel si nécessaire et, finalement, tous les élèves parviennent à allumer l'ampoule.

Deuxième séance (Concevoir et conduire des investigations scientifiques)

Le professeur demande aux élèves d'essayer d'allumer l'ampoule de toutes les façons possibles en n'utilisant qu'une pile, un fil électrique et une ampoule. Les élèves effectuent différents essais et les notent dans leur cahier à l'aide de schémas tout en indiquant ceux qui fonctionnent et ceux qui ne fonctionnent pas. Ils discutent par groupe de quatre sur ce qui leur semble important pour parvenir à allumer une ampoule.

Le professeur présente ensuite les différentes parties de l'ampoule en les nommant. Les élèves observent attentivement à leur tour une ampoule dont on a retiré la partie en verre. En groupe classe, ils discutent du chemin suivi par l'électricité depuis l'une des bornes de la pile jusqu'à l'autre borne en passant par l'ampoule, et s'assurent ainsi que le circuit est fermé.

* Cette idée a été présentée par Josiane Favrot lors du colloque de *La main à la pâte*, Les Sciences et l'Ecole Primaire, Janvier 1999. On en trouve plusieurs versions sur Internet.

Séquence d'apprentissage 3 : l'ampoule se trouve loin de la pile

(Concevoir et conduire des investigations scientifiques, tirer des conclusions finales)

En se référant au clown, le professeur demande aux élèves de concevoir un système dans lequel la pile se trouve sur la table et l'ampoule à l'emplacement du nez du clown. Au sein de chaque groupe, les élèves confrontent leurs idées et les représentent par des dessins. Ils mettent ensuite par écrit les raisons qui font que, d'après eux, leurs propositions vont aboutir au résultat recherché. Lorsqu'ils sont prêts, ils testent ces propositions à l'aide de la pile, de l'ampoule et de fils de différentes longueurs. Au cours d'un échange en classe entière, ils corrigent et confirment leur compréhension de ce qu'est un circuit fermé.

Séquence d'apprentissage 4 : allumer et éteindre l'ampoule

(Démarrer, concevoir et conduire des investigations scientifiques)

Le professeur présente à nouveau le clown et, cette fois, allume et éteint son nez. Il demande : « *Comment cela marche-t-il ?* » Les élèves confrontent leur point de vue, discutent, dessinent et essaient un mécanisme capable de produire cet effet : un interrupteur. Pour ce travail, le professeur fournit des supports de pile ainsi que des supports d'ampoule. Il discute avec les élèves de la façon dont l'électricité se déplace à travers ces éléments. Les élèves fabriquent leur interrupteur.

Le professeur leur demande ensuite de placer, à la place de l'interrupteur, différents objets ou matériaux, ce qui ferme le circuit. La séance se termine par une discussion en groupe sur comment fabriquer un interrupteur et sur les idées initiales des élèves en matière de conducteurs et d'isolants.

Séquence d'apprentissage 5 : conducteurs et isolants

(Concevoir et conduire des investigations scientifiques)

Le professeur revient sur la séance précédente en demandant aux élèves de placer à la place de l'interrupteur deux matériaux différents - un qui fonctionne et l'autre pas - pour fermer un circuit qui a été interrompu (ouvert). Les élèves cherchent différents connecteurs possibles et les classent selon qu'ils sont conducteurs ou isolants. La séance se termine par une discussion en groupe entier et par une première conclusion sur la nature des conducteurs et des isolants et sur leur rôle dans un circuit.

Séquence d'apprentissage 6 : l'évaluation finale

Première séance (Tirer des conclusions finales)

Au sein de leur équipe, les élèves décident de la façon dont ils vont construire leur propre clown équipé d'une ampoule située à la place du nez et d'un interrupteur permettant de l'allumer et de l'éteindre. Ils commencent par dessiner leur projet dans leur cahier en indiquant les raisons pour lesquelles ils pensent qu'il devrait marcher puis construisent le clown.

Deuxième séance (Tirer des conclusions finales)

Lors de cette dernière séance, le professeur demande aux élèves d'ajouter une seconde ampoule sur le visage de leur clown afin qu'un des yeux puisse également s'allumer. L'interrupteur devra allumer et éteindre les deux ampoules en même temps. Là aussi, les élèves doivent écrire dans leur cahier les raisons pour lesquelles leurs circuits marcheront. Cette activité ainsi que la précédente fournissent des éléments permettant d'évaluer si les élèves ont compris ce qu'est un circuit fermé ou complet et la façon d'en construire un.



Le clown dont le nez s'allume

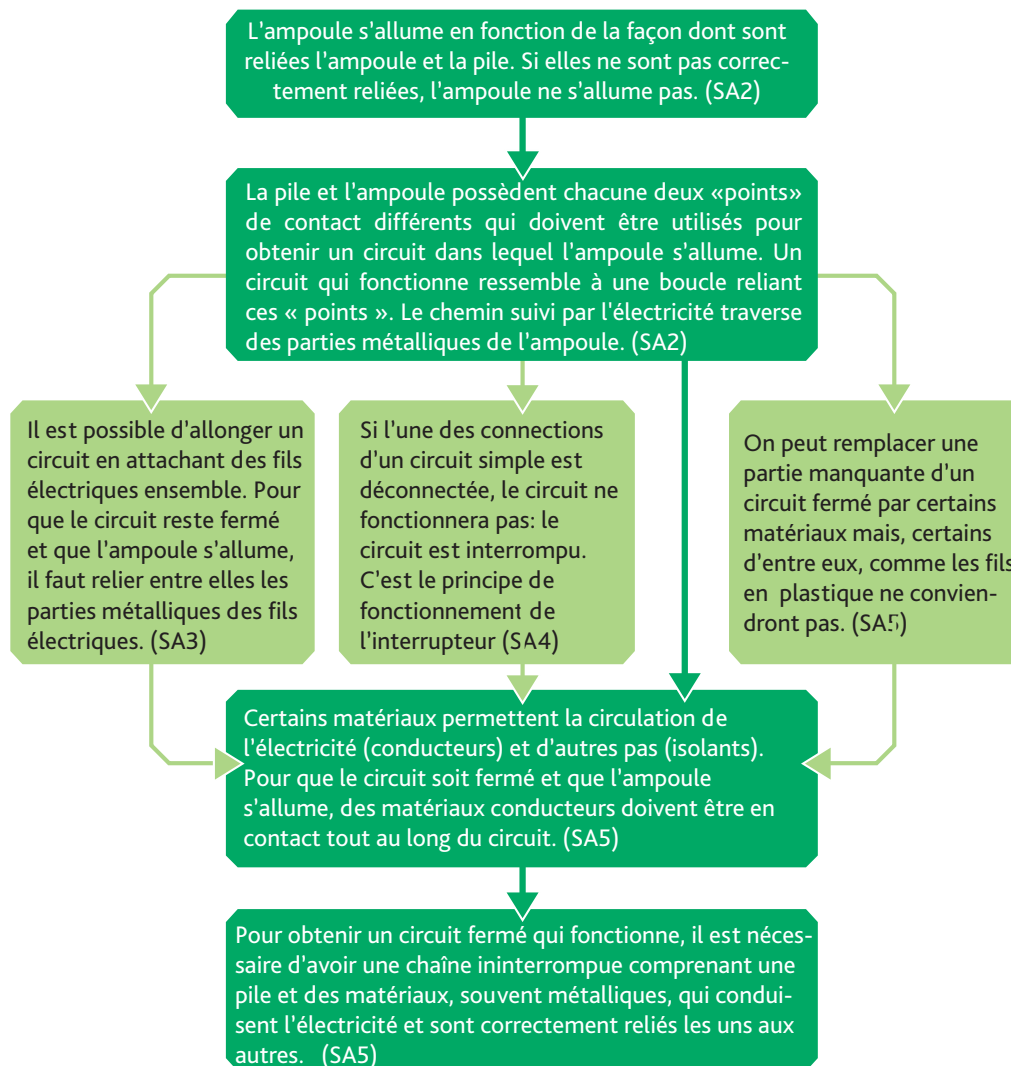
Objectif du module :

Les élèves vont aborder les notions de circuit simple fermé, de conducteurs et d'isolants.

Notions, connaissances du module

- 1 Un circuit électrique simple est constitué d'une boucle comprenant une pile et une suite continue de matériaux qui conduisent l'électricité.
- 2 Certains matériaux conduisent l'électricité (les conducteurs). On peut les utiliser pour faire fonctionner un circuit. D'autres, les isolants, ne peuvent être utilisés.

Schéma du scénario conceptuel



Séquence d'apprentissage 3 : Allumer une ampoule située à distance de la pile

Durée : 45 minutes

Que savons-nous à présent ?

A ce stade, on s'attend à ce que les élèves soient capables d'allumer l'ampoule et qu'ils aient identifié les montages qui fonctionnent et ceux qui ne fonctionnent pas. Les élèves sont capables de dessiner des schémas approximatifs des montages.

Les élèves ont également constaté que le circuit, pour fonctionner, est constitué d'une pile et de matériaux métalliques. Cette notion a été confirmée par leur travail sur l'ampoule. Ils commencent à maîtriser la notion de circuit complet en tant que boucle fermée.

Courte description

Jusqu'à présent, l'ampoule a été allumée par la mise en contact directe entre l'ampoule et une des bornes de la pile et par un fil électrique relié à l'autre borne. La problématique de cette séquence d'apprentissage consistera à trouver la façon de construire un circuit qui permettra d'allumer l'ampoule lorsque celle-ci est éloignée de la pile. Dans ce contexte, il faudra placer l'ampoule à l'opposé de la pile sur le bureau des élèves (au moins à une distance de 40 cm).

Le professeur présente le problème et les élèves tentent de le résoudre en binôme. Ils planifient la façon dont ils vont s'y prendre et dessinent leur projet. Après avoir dessiné et expliqué les circuits qu'ils projettent de réaliser, ils les testent.

A la fin de la séance, les élèves réfléchissent aux différentes solutions trouvées et confirment quels sont les éléments nécessaires à un circuit fermé continu ainsi que l'importance de la continuité au sein de ce circuit.

Objectif pédagogique

- Les élèves vont résoudre le problème de l'allumage d'une ampoule située loin de la pile.
- Ils vont relier l'ampoule à la pile avec au moins deux fils électriques pour créer un circuit fermé qui permettra à l'ampoule de s'allumer.
- Les élèves expliqueront en quoi la continuité du circuit, l'utilisation de matériaux appropriés et la réalisation de connections correctes sont importantes.

Commentaires sur le rôle de l'enseignant

Il est fondamental que le professeur pose des questions. Des exemples de questions sont proposés dans les parties suivantes.

Il importe de s'assurer que les conclusions des élèves se basent bien sur des preuves. Par exemple, les élèves penseront peut-être que la longueur des fils n'a aucune importance. S'ils abordent ce sujet, il faut leur dire que, dans le cas présent, ils n'ont réuni aucune preuve le démontrant, mais que pour cela, ils devront faire des expériences avec des longueurs de fils beaucoup plus grandes entre la pile et l'ampoule.

Préparation

Pour chaque binôme, le professeur prépare une boîte contenant une pile et une ampoule. Dans une autre boîte, il prépare un grand nombre de fils électriques de tailles et de couleurs différentes dont les extrémités sont dénudées. Il vaut mieux ne pas utiliser de fils trop fins car leur manipulation est difficile. Les élèves décideront des fils dont ils auront besoin.

Matériel :

- Une ampoule
- Une pile pour chaque binôme
- Une boîte contenant des fils électriques (de plusieurs longueurs différentes pour chaque groupe)

Remarque : Aucun support de pile ou d'ampoule n'est utilisé dans cette séance afin que les élèves puissent voir clairement le chemin suivi par l'électricité. Ces éléments seront introduits dans la prochaine séance.

Sécurité : Il est très important de rappeler aux élèves qu'il ne faut jamais faire d'expérience avec l'électricité à la maison et jamais avec des matériaux ou d'autres sources d'électricité telles que les prises électriques placées sur les murs ou d'autres types de piles.



Démarrer la séance

- Le professeur commence la séance avec la classe entière en demandant aux élèves de décrire comment ils s'y sont pris pour allumer l'ampoule au cours des séances précédentes.
- Le professeur montre à nouveau le clown mais sans montrer le circuit situé à l'arrière et décrit le problème qui se pose. L'ampoule ne touche pas la pile puisqu'elle est placée plus haut sur le visage du clown et que la pile se situe en bas.
- On demande à quelques élèves de proposer des solutions que le professeur écrit au tableau

Moments essentiels de la séance

Concevoir une solution :

- Travaillant par groupe de deux, les élèves discutent des solutions au problème. Ils font chacun un dessin dans leur cahier d'expériences et expliquent pourquoi ils pensent que leur projet marchera. Ces dessins peuvent être identiques ou différents.

Tester les solutions proposées :

- Après avoir discuté et dessiné leurs idées, un des élèves prend deux piles, deux ampoules et une boîte contenant les fils électriques.
- Si les deux dessins sont différents, les élèves travaillent ensemble pour construire les deux montages proposés. Voici le type de questions que le professeur pourra poser en se déplaçant de groupe en groupe :
 - « *Que se passe-t'il lorsque vous utilisez des fils de couleurs différentes ?* »
 - « *Quelle différence remarquez-vous lorsque vous utilisez tantôt plusieurs fils courts tantôt un seul long ?* »
 - « *Que se passerait-il si vous changiez l'ordre dans lequel vous avez relié les fils ?* »
- Si un circuit ne fonctionne pas, le professeur propose aux élèves de réfléchir à ce qui ne va pas et à la façon de le corriger. Il vaut mieux ne pas intervenir trop tôt et laisser les élèves trouver leurs propres solutions. Voici quelques questions à leur poser pour les aider :
 - « *De quelle façon avez-vous réalisé ce montage ?* » « *Pourquoi pensez-vous qu'il devrait marcher ?* »
 - « *Où se situe le problème d'après vous ?* »
 - « *Comment allez-vous procéder pour vérifier votre circuit ?* »
- Si les élèves sont bloqués, le professeur pourra leur poser des questions telles que :
 - « *Avez-vous vérifié l'ampoule ? Pourquoi cette vérification est-elle importante ?* »
 - « *Avez-vous vérifié toutes les connexions ? Qu'est-ce qui doit être en contact ?* »
 - « *Comment pouvez-vous vous assurer que tous les fils sont bien reliés ?* »
- Avant de débattre de leur travail avec les autres groupes, le professeur demande aux élèves de dessiner et d'expliquer dans leur cahier ce qui a marché et ce qui n'a pas marché.

Communication des résultats :

- Lorsque toutes les équipes (ou presque) ont réussi à allumer l'ampoule située à distance de la pile, le professeur demande à une équipe de décrire sa solution et de montrer le schéma qu'elle a réalisé. Il demande ensuite aux autres équipes si elles s'y sont prises de la même façon. Une d'entre elles est invitée à décrire le circuit continu ou complet de la solution présentée.

☞ **Cahier** : Bien qu'ils travaillent par deux, chacun des élèves utilise son propre cahier d'expériences tout au long de la séance. Ils y dessinent leur projet initial, ce qui n'a pas marché et le projet final qui a marché. Ils y ajoutent leurs explications concernant les raisons qui font que cela a ou non marché.

☞ **Evaluation** : Le professeur circule parmi les groupes en observant : Comment les élèves comprennent ce qu'est un circuit complet c'est à dire parlent d'un circuit continu fermé.

☞ **Evaluation** : Les élèves expriment-ils le fait d'avoir compris qu'il est important que le circuit soit continu et fermé et que cela constitue une condition essentielle au bon fonctionnement du circuit ?

- Le professeur poursuit dans cette voie en demandant quelles sont les solutions différentes qui ont été trouvées jusqu'à ce que toutes les stratégies qui ont abouti au résultat recherché aient été présentées. Il demande ensuite
 - « *Quel chemin suit l'électricité depuis le départ de la pile jusqu'à son retour ? Dessinez-le* ».
 - « *Quels sont les éléments essentiels de ces circuits ?* »
 - « *Quelles sont les connections importantes que vous avez du effectuer ?* »
- Le professeur demande alors une description des circuits qui n'ont pas marché et la classe débat des causes :
 - « *Quels sont les problèmes que vous avez rencontrés ? Comment les avez-vous résolus ?* »
 - « *Comment les éviter à l'avenir ?* »

Clôre la séance

- Lors d'un dernier débat, les élèves, guidés par le professeur, établissent des conclusions en s'appuyant sur leur travail :
 - « *Comment avons-nous résolu le problème de l'allumage de l'ampoule situé à distance de la pile ?* »
 - « *Qu'est-il important de faire pour qu'une ampoule puisse être allumée, que celle-ci soit en contact direct avec la pile ou loin de la pile ?* »
 - « *Quels étaient les éléments essentiels à la réalisation d'un circuit fermé ?* »
 - « *Quelles indications donneriez-vous à une personne pour l'aider à construire ce type de circuit ?* »
- Il leur demande de réfléchir pour la prochaine séance à la façon de s'y prendre pour allumer et éteindre l'ampoule sans avoir à défaire une des connections ?
- Pour finir le professeur demande aux élèves d'écrire sur leur cahier leur propre réponse à cette question : « *Qu'est-il important de faire pour qu'une ampoule puisse être allumée, que celle-ci soit en contact direct avec la pile ou loin de la pile ?* »

Remarque : Au cours des séances suivantes les élèves fabriqueront un interrupteur et réfléchiront aux propriétés des conducteurs et des non-conducteurs. Il sera important de rappeler les expériences et conclusions auxquelles ils ont abouti lors de cette séance au sujet de leurs circuits et de ce qui se passe lorsqu'ils ne sont pas correctement connectés.



Exemple de tableau pour le déroulement d'un module

SA (séquence d'apprentissage) (séance)	Titre	Questions	Activités	Traces écrites	Évaluation	Matériel	Remarques
2 (2)	L'ampoule s'allume	Qu'y a-t-il à l'intérieur de l'ampoule ? Le circuit est-il continu à l'intérieur de l'ampoule ?	<ul style="list-style-type: none"> A l'aide d'une loupe, les élèves observent et dessinent une ampoule en nommant ses différentes parties. Avec l'aide du professeur, les élèves explorent l'intérieur d'une ampoule et complètent leurs dessins. Les élèves présentent et discutent des modifications nécessaires. Débat de classe : en s'appuyant sur leur connaissance de l'intérieur de l'ampoule, les élèves discutent et décrivent ce qu'est un circuit fermé. 	<ul style="list-style-type: none"> Dessin d'une ampoule indiquant ses parties et leurs noms. Conclusions du groupe 	<ul style="list-style-type: none"> Dessins qui montrent la continuité du circuit à l'intérieur de l'ampoule Commentaires des élèves au cours des débats 	Loupes, ampoule, ampoule dont le verre a été retiré.	Pour éviter tout accident c'est le professeur qui cassera le verre de l'ampoule.
3 (1)	L'ampoule est placée loin de la pile	L'ampoule est placée loin de la pile. Comment terminer le circuit en utilisant des fils électriques ?	<ul style="list-style-type: none"> Le professeur présente le problème : l'ampoule ne touche pas la pile. En groupes, les élèves tentent d'allumer une ampoule placée de l'autre côté de leur bureau. Les élèves présentent leur projet. Au cours d'une discussion finale, le concept de circuit électrique fermé est confirmé. 	<ul style="list-style-type: none"> Dessins intégrant l'utilisation de plusieurs fils électriques correctement reliés Présentation des projets et débat Conclusion 	<ul style="list-style-type: none"> Les circuits réalisés fonctionnent correctement Descriptions des circuits fermés réalisés par les élèves 	Ampoule, pile, fils électrique en quantité suffisante	Aucun des fils électriques fournis ne devra être suffisamment long pour permettre d'atteindre l'autre côté du bureau. Ainsi les élèves seront-ils amenés à les relier les uns aux autres.
4 (1)	Eteindre et allumer l'ampoule	Comment allumer et éteindre l'ampoule ?	<ul style="list-style-type: none"> Le professeur présente le problème de l'allumage et de l'extinction de l'ampoule. Les élèves tentent de trouver des solutions à ce problème. Débat de classe : les élèves présentent leurs idées et discutent de leurs solutions. Discussion de classe finale : l'interrupteur ouvre et ferme le circuit. 	<ul style="list-style-type: none"> Dessins des élèves intégrant l'interrupteur Explications fournies par les élèves 	<ul style="list-style-type: none"> Explication écrite de la fonction de l'interrupteur Dessin d'un circuit avec interrupteur Commentaires des élèves au cours des débats 	Ampoule, pile, fils électriques, attaches par-siennes (broches), trombones.	Le clown présenté au début du module possède maintenant un interrupteur visible placé sur son visage.

Résumé

Construire un module d'enseignement fondé sur l'investigation

Définitions

- **Module** : une étude complète de quelques notions ou concepts sélectionnés, étude qui se déroulera sur une longue période (plusieurs semaines)
- **Séquence d'apprentissage** : séquence centrée en général sur une seule investigation
- **Séance**

Caractéristiques d'un module ESFI

- Engage les élèves dans une démarche d'investigation par la manipulation d'objets et de matériel
- Se concentre sur un petit nombre d'idées et de notions simples mais fondamentales
- Dure plusieurs semaines (entre 10 et 20), cela dépend du contenu
- Les séquences d'apprentissage se succèdent dans un ordre soigneusement établi, chaque séquence trouvant une articulation logique avec ce qui précède et la suit

Concevoir la structure d'ensemble d'un module

Première étape : le contenu

Déterminer le contenu en fonction des élèves auxquels il est destiné

- Quels phénomènes et quels concepts ou notions scientifiques de base seront au centre de ce module ?
- Quelles sont les idées et expériences antérieures que les élèves en auront ?
- A quel niveau de compréhension des notions choisies pensons-nous que les élèves parviendront ? Quelles questions et tâches utiliserons-nous pour l'évaluation et à quels résultats s'attendre ?
- Sur quelles compétences de la démarche d'investigation scientifique et/ou de la conception technologique insisterons-nous ?
- Quels états d'esprit propres aux sciences devront-ils être identifiés ?

Deuxième étape : le contexte

Une fois les notions déterminées, l'étape suivante consiste à décider dans quel contexte elles seront explorées.

- Dans quelles situations de la vie quotidienne des élèves, trouve-t-on ces phénomènes, objets et matériels qui permettent d'aborder ces notions ?
- Quel contexte permet une investigation signifiante, approfondie et sur une longue durée ?
- Qu'est-ce qui pourra séduire et/ou intéresser les élèves ?
- Quelles sont les ressources et matériels disponibles ?

Troisième étape : le scénario conceptuel

Elaborer le scénario conceptuel du module. Notions et expériences doivent pouvoir s'enchaîner dans un ordre précis, prévu pour permettre aux élèves de construire des connaissances précises.

- Quelle est la progression de l'apprentissage pour chaque concept ou notion ?
- Quelles seront les idées fausses que les élèves risquent d'avancer ?



- Comment chaque séquence d'apprentissage se construira-t-elle sur ce qui précédait et conduira aux séquences d'apprentissage suivantes ?
- Qu'est-ce qui, selon vous, permettra de préparer la prochaine séquence d'apprentissage parmi ce qui aura été expérimenté/compris à la fin de chacune d'elle ?
- Comment la compréhension s'approfondit-elle au fur et à mesure de la progression des séquences d'apprentissage ?

Quatrième étape : évaluation à la fin du module

Déterminer l'évaluation sommative de la fin du module permet de se centrer sur ce que les élèves devraient en principe avoir atteint comme niveau de compréhension des notions en jeu, sur les compétences acquises et leur capacité à utiliser notions et compétences dans d'autres situations.

- Quels sont les principaux points du module qu'il convient d'évaluer ? Quelles compétences ?
- Quelles questions et quelles tâches permettront aux élèves de montrer ce qu'ils ont compris plutôt que ce qu'ils ont retenu ?
- Comment cette question ou cette tâche vous permettra-t-elle de faire la distinction entre les compétences des élèves en français et leur compréhension scientifique ?
- Ces tâches et ces questions autorisent-elles des réponses autres qu'une bonne ou mauvaise réponse ? Si oui, lesquelles ?
- Ces questions et tâches portent-elles sur des expériences réalisables par les élèves ?
- Comment les résultats seront-ils analysés et évalués ?

Cinquième étape : les séquences d'apprentissage

Il s'agit ici de déterminer les séquences d'apprentissage – le détail de ce que les élèves seront amenés à faire. Questions :

- Qu'est-ce qui séduira et motivera les élèves ?
- Comment débutera le module ?
- Quels types d'expérience leur permettront de mener des investigations de la façon la plus autonome possible ?
- Combien de séquences d'apprentissage seront utiles pour l'étude d'un concept ou d'une notion ?
- De quelle façon les expériences attirent-elles l'attention des élèves sur les notions importantes et les mettent-elles en lumière ? Quel matériel sera nécessaire ?

Concevoir les séquences d'apprentissage

Première étape : les buts et objectifs

Préciser les buts et objectifs en relation avec la place à laquelle la séquence d'apprentissage apparaît dans le scénario conceptuel et de sa raison d'être dans la démarche d'investigation.

Deuxième étape : la structure de la séquence d'apprentissage

Il est important de détailler l'ensemble de la structure de la séquence d'apprentissage ainsi que de décrire dans le détail ce qui va se passer au cours de chaque séance.

- Quel est le déroulement ou le mini-scénario de la séquence d'apprentissage ?
- Comment les élèves vont-ils relier le travail effectué lors de la séquence d'apprentissage avec ce qui a été fait auparavant ? A quelle phase de leur démarche d'investigation en sont-ils ?

- Pour chaque séance, quels sont les types d'activités mises en place : activités pratiques, débat, production d'écrit, lecture, etc. ?
- Quelle(s) phase(s) de l'investigation, les élèves travailleront-ils au cours de chaque séance ?
- De quelle façon se concluront la séance et la séquence d'apprentissage : par un débat, des présentations de groupe, des productions d'écrit ?

Troisième étape : l'évaluation formative

Déterminer pour chaque séance les occasions d'évaluer les compétences, le raisonnement et les connaissances des élèves.

- Quels sont les buts et les objectifs de la séance ?
- Quels sont ceux sur lesquels il est particulièrement important de se concentrer ?
- Dans quelle partie de la séance les élèves utiliseront-ils une compétence ou un savoir particulier ? Quelles questions permettront d'avoir un aperçu de la façon de penser et de comprendre des élèves ?
- Comment analyserez-vous et utiliserez-vous les données recueillies ? Mêmes types de questions pour les élèves

Quatrième étape : les groupes d'élèves

Déterminer à quel(s) moment(s) les élèves travailleront individuellement, par binômes, en petits groupes ou en classe entière. Ces choix se feront en fonction du contexte local, du contenu de la séquence d'apprentissage et de la phase de la démarche d'investigation.

Cinquième étape : débats et questions

Prévoir des temps de débat lors de chaque séance d'une séquence d'apprentissage. Selon la séance, ces débats pourront avoir lieu en binômes, en petits groupes ou en classe entière. Quelques questions à se poser :

- A quel moment est-il important de recourir à un débat en classe entière ?
- Que doivent faire/préparer les élèves pour ces débats ?
- Quelles questions permettront d'obtenir un débat productif ?
- Comment conclure le débat ?

Sixième étape : la production d'écrits, la prise de notes

Déterminer quand et comment les élèves écriront dans leur cahier au cours de chaque séance.

- À quel niveau du processus d'investigation les élèves en sont-ils ? Qu'est-ce que cela implique pour la production d'écrit ?
- Les élèves disposent-ils des compétences appropriées ?
- La production d'écrit est-elle surtout centrée sur les sciences et pas seulement sur les compétences d'écriture ?
- La production d'écrit est-elle collective ou individuelle ?



Bibliographie



Bibliographie

Publications

- Astolfi J.P., Péterfalvi B., Vérin A. *Comment les enfants apprennent les sciences ?* 1998, Reitz.
- De Vecchi G. *Enseigner l'expérimental en classe.* 2006, Hachette éducation.
- Duschl, Richard A., Heidi A. Schweingruber, et Andrew W. Shouse, eds. *Taking Science to School : Learning and Teaching Science in Grades K-8.* 2007, Washington, DC : The National Academies Press.
- Giordan André, De Vecchi Gérard. *L'enseignement scientifique. Comment faire pour que ça marche ?* 2002, Delagrave . Collection Pédagogie et formation, 271pp.
- Harlen W. *Enseigner les sciences : comment faire ?* 2004, Collection *La main à la pâte*, Le Pommier Eds, 220 pp.
- Kagan, Stephen. *Cooperative Learning.* 1993, Kagan Publishing ; Johnson, David & Johnson, Robert. *Learning Together and Alone.* 1999, Edina, MN. Interaction Book Company.
- Konicek, Richard et Watson Bruce. *Teaching for Conceptual Change : Confronting Children's Experience.* 1990, Phi Delta Kappan, Mai, pp 680-685.
- Villard E. *Le cahier de sciences au cours préparatoire de l'école primaire en France.* 2009, Thèse Université lumière Lyon 2.

Sites Internet

- <www.lamap.fr>, dossier du primaire ayant reçu le prix *La main à la pâte*.
- <www.lamap.fr/?Page_Id=6&Element_Id=110&DomainScienceType_Id=11&ThemeType_Id=24>, plaquette de présentation du centre pilote de Bergerac
- <www.lamap.fr/bdd_image/plaquette_bergeracFRA.pdf>, Rubrique « comment faire ? »
- <www.lamap.fr/?Page_Id=18&Action=1&Element_Id=1205&DomainPedagogyType_Id=1>
- <pedagogie.ac-toulouse.fr/ariege-education/sciences09/php/Le-cahier-d-experiences>
- <www.pollen-europa.net>
- <www.eskimo.com/~billb/miscon/opphys.htm>, Children's Misconceptions in Science, American Institute of Physics.
- <www.newyorkscienceteacher.com/sci/miscon/index.php>, Science misconceptions, New York
- <homepage.mac.com/vtalsma/misconcept.html>, Children's ideas in Science, Science teacher





www.pollen-europa.net

Consortium Pollen

École Normale Supérieure - FRANCE (coordination) ♦ P.A.U. Education - ESPAGNE (coordination),
Université Libre de Bruxelles - BELGIQUE ♦ Université de Tartu - ESTONIE ♦ Freie Universität Berlin - ALLEMAGNE
Apor Vilmos Catholic College - HONGRIE ♦ Consorzio per l'Innovazione, la Formazione e la Ricerca Educativa - ITALIE
Universiteit van Amsterdam - PAYS-BAS ♦ Université de Ljubljana / Faculté d'Education - SLOVENIE
Ciência Viva / Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica - PORTUGAL
Royal Swedish Academy of Sciences - SUEDE ♦ Université de Leicester - GRANDE BRETAGNE

Membres observateurs Pollen

Université de Luxembourg - LUXEMBOURG
National Institute for Lasers, Plasma
and Radiation Physics, Bucarest - ROUMANIE
Université de Belgrade - SERBIE
Université Trnava - SLOVAQUIE

Contact

La main à la pâte - FRANCE
Telephone : +33.1.58.07.65.97
E-mail : pollen-europa@inrp.fr

Avec le soutien de :



Le projet Pollen est
soutenu par l'Académie
des sciences française



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences