



Quelle science à l'école primaire ?

Document d'aide à l'accompagnement en classe

Sommaire

⚙️ Introduction	2
⚙️ Quelle science ?	3
- A l'école maternelle	3
- A l'école élémentaire.....	3
⚙️ Objectiver le monde qui nous entoure	4
⚙️ Se familiariser avec un raisonnement scientifique	4
- La rigueur	4
- Bien comprendre les notions scientifiques sous-jacentes	5
- Distinguer l'observation de l'interprétation.....	5
⚙️ Quels contenus ?	6
- Faut-il parler de tout ?	6
- Prendre en compte le raisonnement des élèves	7
⚙️ Science, langage et polyvalence	8
- A l'école maternelle	9
- A l'école élémentaire	9
⚙️ Quelle(s) pédagogie(s)	10
⚙️ Pour conclure, quelques conseils pour l'accompagnement en classe	11
⚙️ Annexe 1 : Pourquoi enseigner des sciences à l'école primaire ?	12
⚙️ Annexe 2 : Un mot sur la propagation rectiligne de la lumière	13



Introduction

De plus en plus de scientifiques (étudiants, élèves ingénieurs, doctorants, chercheurs en retraite...) coopèrent avec des enseignants de l'école primaire pour les aider à pratiquer des sciences en classe. Ils contribuent ainsi à rendre le monde plus intelligible aux élèves et à leur faire acquérir des connaissances et des compétences nécessaires aux citoyens de demain (voir annexe 1).

Si l'on peut se réjouir du nombre croissant d'enseignants proposant des séances de science à leurs élèves, il faut néanmoins constater que la plupart d'entre eux ne consacre que peu de temps à cet apprentissage. Les raisons sont diverses : il peut s'agir, entre autres, d'un manque de temps, d'une priorité donnée aux apprentissages dits fondamentaux (« lire, écrire et compter », c'est à dire le français et les mathématiques), d'un manque de matériel ou de la peur de ne pas être assez compétent et de ne pas savoir répondre aux questions des élèves. A ces facteurs, s'ajoute souvent un manque d'information et de formation sur les caractéristiques d'un enseignement des sciences fondé sur l'investigation et sa mise en œuvre en classe.

Lorsqu'elles sont enseignées, les sciences le sont parfois de manière trop « magistrale ». La richesse du questionnement des élèves, de leurs interactions et du lien entre sciences et langage sont alors ignorés car perçus comme un risque de chahut, voire des détours probables engendrant une perte de temps.

Face à cette situation, la participation d'un scientifique aux activités de classe peut être riche et bénéfique, à condition de bien comprendre la science qui y est enseignée, les connaissances accessibles aux élèves, l'importance du lien entre science et langage et la pédagogie préconisée par les programmes scolaires.





Quelle science ?

Il s'agit avant tout d'une approche qualitative des sciences, sans aucun formalisme mathématique. A l'école primaire, les enfants dénombrent des objets, réalisent des mesures, font varier des paramètres mais ne verront jamais apparaître de formules, même aussi simples que $x=vt$.

Exemple 1 : les circuits électriques (fin de cycle 3) :

Les enfants construisent un circuit fermé, un interrupteur, des circuits en dérivation, sans, pour autant, avoir utilisé la loi $U=RI$.

Exemple 2 :

Lors de l'étude des leviers, il n'est pas question de parler du théorème des moments de force mais d'arriver, grâce à la manipulation et à l'observation, à une règle du type : « *plus la distance entre le pivot et l'endroit où l'on pose l'objet léger est grande, plus il est facile de soulever l'objet lourd* ».

⚙️ A l'école maternelle

A l'école maternelle, les objectifs peuvent se résumer ainsi :

- Bien distinguer ce que l'on pense de ce que l'on observe,
- Ne pas donner d'explications « animistes¹ » aux phénomènes observés,
- Passer du raisonnement enfantin à un raisonnement de cause à effet,
- Introduire non seulement du vocabulaire mais aussi contribuer efficacement à la construction d'une syntaxe adaptée (utilisation de « *parce que, car...* »).

Extrait des documents d'accompagnement des programmes de 2008² :

« *A l'école maternelle, l'enfant découvre le monde proche ; il apprend à prendre et à utiliser des repères spatiaux et temporels. Il observe, il pose des questions et progresse dans la formulation de ses interrogations vers plus de rationalité. Il apprend à adopter un autre point de vue que le sien propre et sa confrontation avec la pensée logique lui donne le goût du raisonnement. Il devient capable de compter, de classer, d'ordonner et de décrire, grâce au langage et à des formes variées de représentations (dessins, schémas). Il commence à comprendre ce qui distingue le vivant du non-vivant (matière, objets) ».*

⚙️ A l'école élémentaire

A l'école élémentaire, les objectifs de l'enseignement des sciences sont plus ambitieux et sont résumés dans cet extrait des programmes de 2008² :

« *Les sciences expérimentales et les technologies ont pour objectif de comprendre et de décrire le monde réel, celui de la nature et celui construit par l'homme, d'agir sur lui, et de maîtriser les changements induits par l'activité humaine. Leur étude contribue à faire saisir aux élèves la distinction entre faits et hypothèses vérifiables d'une part, opinions et croyances d'autre part. Observation, questionnement, expérimentation et argumentation pratiqués, par exemple, selon l'esprit de La main à la pâte sont essentiels pour atteindre ces buts ; c'est pourquoi les connaissances et les compétences sont acquises dans le cadre d'une démarche d'investigation qui développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique ».*

¹ « Attitude consistant à attribuer aux choses une âme analogue à l'âme humaine » d'après le dictionnaire Le Robert

² cf. http://www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/programme_CE2_CM1_CM2.htm



Objectiver le monde qui nous entoure

Comme leurs camarades plus jeunes, les enfants de l'école élémentaire, voire du collège, ont encore du mal à objectiver le monde qui les entoure.

Exemple 3 : lorsqu'il s'agit d'étudier les phases de la Lune, beaucoup d'enfants déclarent que « *la Lune grossit puis rétrécit* ». Pour eux, la Lune change véritablement de taille : on est loin d'une explication rationnelle qui tienne compte des positions respectives de la Terre, de la Lune et du Soleil.

Exemple 4 : de nombreux collégiens ont été interrogés sur « *ce qui se passe quand on chauffe un gaz et que l'on constate qu'il se dilate* ». Une grande majorité d'enfants s'est révélée persuadée que les atomes (ou molécules) qui constituaient ce gaz « *grossissaient* ».

Exemple 5 : lorsque l'on met du sucre en poudre dans de l'eau et que le sucre s'est dissout, nombre d'élèves de maternelle disent que « *l'eau a mangé le sucre* » et non que « *le sucre n'est plus visible et qu'on peut le récupérer* ». Des explications semblables existent chez des enfants plus âgés.

Initialement, tous ces enfants (petits de la maternelle, élèves de l'école élémentaire et collégiens) raisonnent sur des objets (en leur attribuant éventuellement un certain pouvoir), puis sur les objets et leurs propriétés. Il leur est difficile de prendre en compte les relations qui existent entre ces objets et d'y appuyer leur raisonnement. Il est donc souhaitable de chercher des situations et des thèmes scientifiques favorisant une distinction aisée des objets, de leurs propriétés et de leurs relations mutuelles.

Par ailleurs, l'approche qualitative des sciences (voir plus haut) ne doit pas être une suite d'affirmations qu'il faudrait « *croire* », mais une suite d'activités permettant aux élèves de prendre conscience de l'importance d'argumenter, de raisonner, de vérifier, en un mot de réunir bon nombre d'ingrédients nécessaires à toute démarche scientifique.



Se familiariser avec un raisonnement scientifique

Pour que les enfants se familiarisent avec le raisonnement scientifique, arrivent à trouver des régularités, à saisir des relations de cause à effet, trois points importants méritent d'être mis en avant :

La rigueur

Il est important que les enfants aient pris conscience de la nécessité d'être rigoureux, par exemple pour tester une hypothèse. En effet, lorsqu'ils veulent savoir si un facteur influence un phénomène étudié, il importe d'identifier ce facteur et de faire deux expériences où seul le facteur choisi varie, tous les autres restant constants. En physique, on parle de variation des paramètres ; en biologie, d'expérience témoin.

Cette méthode n'est pas toujours facile à mettre en œuvre, comme l'illustrent l'exemple 6.

Citons à ce propos Henri Poincaré : « *on fait une science avec des faits, comme on fait une maison avec des pierres, mais une accumulation de faits ne fait pas plus une science qu'un tas de pierres une maison* ».

Exemple 6 :

Au cours d'une activité de formation, il a été demandé à des enseignants du primaire d'envisager une expérience témoin et donc de ne faire varier qu'un seul facteur à la fois, tous les autres restant constants. Il s'agissait pour eux d'imaginer une expérience permettant de rendre compte de la pollution des nappes phréatiques par les engrais. Pour cela, ils disposaient de bouteilles en plastique (sans le goulot), de terre, d'eau, d'assiettes et d'engrais en poudre. Tous les enseignants ont pensé à percer deux bouteilles et à les remplir chacune de terre. La majorité d'entre eux a judicieusement versé de l'eau sans engrais dans l'une et avec engrais dans l'autre tout en récupérant le liquide sortant de chaque bouteille dans une assiette. Ils ont alors fait évaporer le liquide obtenu. Cependant, un tiers des enseignants qui avaient affirmé qu'il fallait ne faire varier qu'un seul paramètre à la fois a voulu introduire un facteur supplémentaire en réclamant l'ajout de colorant rouge au mélange d'eau et d'engrais.

Bien comprendre les notions scientifiques sous-jacentes

La mise en place d'une activité scientifique suppose, dans l'idéal, d'identifier les facteurs pertinents, mais également une compréhension suffisante des notions scientifiques mises en jeu. Les exemples 7 et 8 décrivent les difficultés que cela peut engendrer :

Exemple 7 :

Lors de la préparation d'une séance de sciences, une enseignante a fixé une bougie sur un bouchon de liège et placé ce montage dans une assiette contenant de l'eau. Après avoir retourné un bocal sur le tout, elle a observé si l'eau montait à l'intérieur de ce récipient. Elle a alors constaté que, lorsqu'une seule bougie est allumée dans le bocal, l'eau ne monte presque pas. En revanche, lorsque quatre bougies sont allumées, le niveau s'élève presque dix fois plus. « Pourquoi ? », a-t-elle demandé sur le forum de *La main à la pâte*. De nombreux physiciens et formateurs se sont intéressés à ce problème, l'un mentionnant la dilatation de l'air enfermé, un autre l'augmentation de sa température, un troisième la condensation de l'eau, un quatrième la dissolution du gaz carbonique, etc. Cet exemple, étudié par Lavoisier dans son *Mémoire sur la combustion des chandelles*, montre que cette expérience peut conduire à de mauvaises interprétations et éventuellement à des concepts erronés si la réaction chimique mise en oeuvre n'est pas bien maîtrisée et comprise, ce qui n'est pas un objectif attendu à l'école primaire.

Exemple 8 :

Beaucoup d'enseignants aiment travailler avec les élèves sur ce qu'ils appellent « coule-flotte ». Par leur manipulation, les enfants déduisent que des matériaux comme le fer ou la pâte à modeler coulent alors que d'autres, comme le liège ou le polystyrène, flottent. Néanmoins, certains élèves réalisent sans mal qu'une fine lamelle de pâte à modeler flotte et en déduisent que « la pâte à modeler peut couler et flotter ». Si cette lamelle flotte, c'est en raison de la tension superficielle existant à l'interface avec l'eau. Une pression exercée sur cette lamelle la fait couler sans qu'elle ne puisse remonter à la surface, contrairement à un morceau de liège (qui entre dans l'eau si on l'y enfonce mais qui remonte à la surface lorsqu'on le laisse à nouveau libre). Les propriétés de flottaison des matériaux et la tension superficielle font appel à des considérations physiques distinctes, la seconde étant une notion située bien en dehors du programme du primaire. Il est donc nécessaire de bien définir ce que recouvrent les termes couler et flotter, en spécifiant notamment qu'un matériau « qui flotte » remonte à la surface lorsqu'on l'enfonce dans l'eau.

Distinguer l'observation de l'interprétation

Il est également important d'aider les élèves à faire la différence entre une observation et une interprétation. Un exemple sera donné plus loin en électricité, concernant le sens du courant (exemple 12). Un autre exemple en optique se trouve en annexe 2.



Quels contenus ?

Les contenus d'enseignement en sciences et technologie sont précisés dans les programmes scolaires. Cependant, les objectifs notionnels couvrent parfois plusieurs concepts que le scientifique devra préciser et rendre intelligibles aux élèves. A travers quelques exemples (essentiellement pris dans le domaine des sciences physiques), nous pointons ici quelques difficultés que le scientifique accompagnateur pourra rencontrer à l'école primaire.

⚙ Faut-il parler de tout ?

Tout d'abord, il est important de commencer l'activité à travers une approche sensible (voir, toucher, sentir, éventuellement écouter) des objets sur lesquels vont travailler les élèves car imaginer ou se représenter un objet « réel » est difficile pour un enfant. Par exemple, des chercheurs ont montré que les collégiens ont beaucoup de mal à imaginer ou se représenter tout objet dont la taille est inférieure au millimètre³. A l'école primaire, l'utilisation d'une loupe (voire d'une loupe binoculaire) permet une première approche d'objets trop « petits » pour être distingués à l'œil nu. En revanche, ces outils ne permettent pas d'approcher le niveau atomique de la matière ou la biologie des cellules qui seront étudiés au secondaire.

Par ailleurs, des thématiques scientifiques, en apparence plus simples, sont néanmoins difficilement accessibles aux enfants de l'école primaire. Les exemples de l'air, de la lumière et de la vision sont, de ce point de vue, assez illustratifs.

Exemple 9 : l'air

« L'un des concepts intégrateurs des sciences physiques est celui de « matière ». Sa construction complète suppose de conceptualiser l'état gazeux et, en premier lieu l'air. L'air n'est pas directement perceptible, on doit s'attendre à quelques difficultés pour que l'enfant reconnaisse qu'il s'agit de matière », ce qui représente un obstacle. « L'enseignement contribue plutôt à conforter cet obstacle en accordant généralement trop d'importance à ses « non-propriétés » : l'air est incolore, inodore, invisible, imperceptible »⁴.

Puisque nous ne pouvons le voir ni le toucher, il va falloir que les élèves se construisent l'idée qu'il existe **une matière appelée air**⁵ que l'on ne voit pas, que l'on ne sent pas, que l'on ne peut pas prendre dans la main. Les recherches montrent qu'il ne suffit pas de dire que l'air est pesant pour que cet air soit reconnu et accepté comme étant de la matière (surtout que l'air est peu lourd). Il est donc important de faire vivre des situations où l'on sent l'air (le vent), où l'on voit des choses (des bulles d'air dans l'eau, par exemple), où on sent que l'air résiste (par exemple en tentant de pousser jusqu'au bout une seringue bouchée et contenant de l'air) et de faire constater que l'air a des propriétés semblables à celles des liquides et des solides (il se déplace, il peut déplacer des objets, il peut être emmagasiné dans un récipient, il peut se transvaser, il se dilate lorsqu'on le chauffe, on ne peut pas le comprimer à l'infini et il est pesant).

Cette difficulté concerne pratiquement tous les gaz et, en particulier la vapeur d'eau étudiée au moment de l'étude des changements d'état de l'eau. En effet, la vapeur d'eau est invisible, inodore⁶ et il est impossible de la prendre dans ses mains. Beaucoup d'enfants cherchent à visualiser la vapeur d'eau en la confondant avec le brouillard ou les gouttelettes d'eau en suspension au dessus de l'eau bouillante. La conservation de la matière est également un phénomène difficile à appréhender. Lorsque l'on dissout du sucre ou du sel dans de l'eau, par exemple : le sucre ou le sel ont-ils ou non disparu ? Peut-on ou non les récupérer ?

³ cf. JL Martinand (Contribution à la caractérisation des objectifs de l'initiation aux sciences et techniques. Thèse d'état. Paris XL)

⁴ JM Rolando, cf. sur le site http://www.lamap.fr/?Page_Id=18&Action=1&Element_Id=1125&DomainPedagogyType_Id=1

⁵ cf. http://www.lamap.fr/?Page_Id=18&Action=1&Element_Id=1125&DomainPedagogyType_Id=1

⁶ Attention : souvent on confond vapeur d'eau (gaz invisible) et brouillard qui est constitué de gouttelettes d'eau liquide en suspension

Exemple 10 : la lumière⁷

La lumière pose également problème à l'enfant car nous ne la voyons pas (nous ne voyons que les objets éclairés par elle), nous ne pouvons pas la toucher et nous ne pouvons pas la prendre dans nos mains. Nous ne voyons pas non plus comment elle se déplace (voir annexe 2). Une fois encore, il est nécessaire de construire une entité décrite par des propriétés. Par exemple, lorsque les enfants travaillent sur les ombres, ils peuvent observer que l'on trouve toujours les éléments suivants : une source lumineuse, un objet et l'ombre de l'objet. Il est également possible de leur demander de prévoir la forme d'une ombre et de constater que l'ombre⁸ qu'ils voient peut être obtenue en traçant des droites partant de la source lumineuse et passant par l'objet.

Exemple 11 : la vision⁹

Durant des siècles, le rôle de la lumière dans la vision a fait l'objet de controverses : certains pensaient que, pour voir, quelque chose quittait notre œil et se dirigeait vers l'objet vu, d'autres que de la lumière quittait l'objet pour entrer dans notre œil. Cette controverse se retrouve chez les enfants dont la plupart pense que si l'on voit, c'est parce que l'œil envoie « un regard » qui prend la forme et la couleur de l'objet » en disant notamment: « mais il faut bien regarder l'objet pour le voir », ce qui est parfaitement exact. Il existe donc un dilemme pour les enfants : faut-il regarder l'objet pour que notre œil envoie quelque chose vers l'objet ou bien pour que la lumière issue de cet objet entre dans notre œil ?

Exemple 12 : les circuits électriques

Les circuits électriques sont étudiés à l'école primaire et ne posent en principe pas de problème, sauf si l'enseignant tente d'aborder la question des électrons (qui sont des entités bien trop petites pour être observées par les sens) et le sens du courant¹⁰ (qui est conventionnel et ne correspond pas au sens de déplacement des électrons). A l'école primaire, il sera plus important de comprendre la notion de circuit fermé que de s'attacher à ces notions.

Il convient également de se méfier des confusions entre observation et interprétation. On peut, par exemple, penser connaître le sens du courant en reliant une pile à un moteur. Selon la façon dont le moteur est relié à la pile, le moteur tourne effectivement dans un sens ou dans un autre. Pourtant, cette expérience ne donne aucune indication sur le sens du courant et indique uniquement que le sens de rotation d'un moteur dépend de la façon dont le moteur est relié à la pile.

Prendre en compte le raisonnement des élèves

Pour le scientifique, il n'est pas toujours facile de prendre en compte les processus de raisonnement des élèves. A l'école primaire, il existe de nombreuses possibilités pour que chaque enfant puisse exprimer le fond de sa pensée (cahier d'expériences, discussions dans les groupes, rapports oraux ou écrits sous forme d'affiche, présentés par groupes en classe entière). Encore faut-il pouvoir les interpréter et les exploiter.

⁷ cf. travaux de W. Kaminski et C. de Hosson (<http://www.lar.univ-paris-diderot.fr/page/deHosson>)

⁸ cf. http://www.lamap.fr/?Page_Id=18&Action=1&Element_Id=1171&DomainPedagogyType_Id=1

⁹ cf. travaux de C. de Hosson (<http://www.lar.univ-paris-diderot.fr/page/deHosson>)

¹⁰ cf. J.L. Closset (Closset J.L. 1989 Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique B.U.P. n°716)

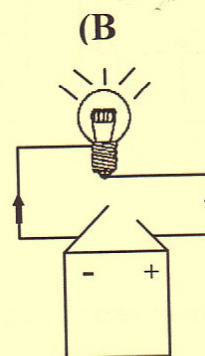
Donnons deux exemples en électricité pour illustrer certaines difficultés observées :

Exemple 13 :

Lors d'une journée réunissant plus de mille enfants autour de « défis », plusieurs classes ont choisi le défi suivant : installer trois ampoules électriques sur une voiture de sorte que, lorsque l'une est grillée, les autres continuent à fonctionner. Toutes les classes ont commencé par proposer un circuit monté en série avant d'arriver à l'idée de circuits dérivés. Chaque classe a alors dessiné sur une affiche les montages réalisés, avec quelques mots d'explication. Sur l'une d'elles, une classe a proposé le schéma de trois ampoules montées en série, accompagné d'une conclusion spécifiant que « *la troisième ampoule éclaire moins que les autres...* ». Il s'agit d'un raisonnement séquentiel¹¹ : pour certains, dans un circuit série, le courant s'use au fur et à mesure qu'il traverse des éléments du circuit. Ces élèves ont sans doute réellement mené l'expérience, cependant il est surprenant qu'ils aient observé une brillance moindre pour la troisième ampoule d'une série de trois lampes identiques.

Exemple 14 :

Dans son cahier, une petite fille a schématisé le circuit ci-contre. Sur ce schéma, le courant ne part pas d'une borne de la pile pour passer au travers de l'ampoule et arriver sur l'autre borne de la pile : un courant part de chaque borne de la pile pour arriver jusqu'à l'ampoule. Les courants dessinés sont dits « antagonistes » et se rencontrent dans l'ampoule. Chez l'enfant, cette configuration peut expliquer pourquoi une ampoule brille ! Le célèbre Ampère, au début de ses travaux, raisonnait également en termes de courants antagonistes. L'ajout d'une ampoule en série, à elle seule, contraint à reconsidérer le modèle.



Science, langage et polyvalence

« *La science est mariée avec la langue, et Lavoisier écrivant un traité de nomenclature chimique, donc de langue, découvrit avec stupeur qu'il y avait fait œuvre de science, tout comme celui qui le premier observa et nomma les oiseaux, les fleurs et les arbres dans leur diversité* »¹².

Les enseignants de l'école primaire sont polyvalents et couvrent donc toutes les disciplines. Les sciences offrent un cadre privilégié pour développer les compétences langagières des élèves et aborder d'autres champs disciplinaires (notamment les mathématiques). C'est un élément important souligné dans les principes¹³ de *La main à la pâte*.

¹¹ cf. travaux de J.L. Closset (Closset J.L. 1989 Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique B.U.P. n°716)

¹² Léna, P. Contribution « *La main à la pâte* : une belle aventure née aux Treilles, p 177 à 181 in La Fondation des Treilles, ouvrage collectif sous la direction de Maryvonne de Saint Pulgent, Fondation des Treilles, 2010

¹³ http://www.lamap.fr/?Page_Id=59

A l'école maternelle

Les enfants travaillent la plupart du temps en ateliers et apprennent, au cours des activités scientifiques, des noms (arbre, tige, fleur, aimant, miroir, sucre, sel...), des adjectifs (long, large, haut, sucré, salé, rugueux, lisse...) et des verbes (trier, tomber, déplacer, transvaser, arroser, grandir, flotter...).

La science requiert une précision dans le choix des mots. Un exemple est donné par l'extrait de séance intitulé « la boîte à neige » du DVD « apprendre la science et la technologie à l'école »¹⁴. Dans cet extrait on voit une classe composée d'une majorité d'enfants primo-arrivants¹⁵ c'est-à-dire arrivés récemment en France et ne parlant pas le français chez eux. Cet extrait montre que ces enfants apprennent des mots à l'occasion d'une activité scientifique. Ils apprennent également à faire des phrases, tout en se décentrant de leur point de vue subjectif.

A l'école maternelle, les enfants font de nombreux dessins qui comportent souvent des éléments sans rapport direct avec l'expérience réalisée (par exemple l'arbre de la cour, le nom de la marque de la pile...). La difficulté est donc d'obtenir progressivement des dessins qui concernent directement les objets ou phénomènes étudiés. « *Tout enfant doit d'abord maîtriser le dessin puis le schéma pour pouvoir s'investir dans l'écriture proprement dite. En effet quand il est à l'aise avec le schéma, il est disponible pour écrire une légende et un texte* »¹⁶.

A l'école élémentaire

Au moment où les enfants commencent à écrire, les activités scientifiques permettent de développer leur pratique puis leur maîtrise de la langue :

- En écrivant sur leur cahier d'expérience leurs suggestions, leurs prévisions, ce qu'ils sont en train de faire, un compte rendu : ils sont amenés à utiliser le passé, le présent et le futur.
- En explicitant leurs prévisions ou suggestions et en les argumentant, en les testant, puis en dégagant des règles générales, ils sont conduits à utiliser à bon escient des connecteurs logiques « *parce que, si... alors, car, etc.* ».
- En préparant en groupe une communication pour l'ensemble de la classe (pour d'autres classes ou pour les parents) de leurs hypothèses, leurs expériences et conclusions, ils auront à utiliser un langage clair, précis, correct et compréhensible par tous et toutes.
- En écrivant ce qu'ils ont compris et non ce qu'ils auraient dû comprendre. Ceci permet à chaque élève et à l'enseignant d'avoir une idée précise du degré de compréhension des notions abordées.

« *Il n'est pas un seul scientifique qui ne soit amené, à tout moment de sa recherche, à insérer celle-ci dans le langage : cahier de laboratoire où l'on inscrit continûment les protocoles des expériences en cours, les hypothèses et les résultats obtenus ; articles où l'on communique à ses pairs ces résultats ainsi que leurs implications ; communications et conférences où on les décrit en détail et où l'on est censé les défendre. Les scientifiques s'exercent ainsi sans cesse à la discussion et à l'argumentation, écrites comme orales, permettant de clarifier la pensée, d'affiner le raisonnement et de transmettre à d'autres une découverte* »¹⁷.

La pratique de la langue durant des activités scientifiques aide donc à bien des égards à mieux la maîtriser.

¹⁴ <http://www.lamap.fr/DVDSciences/videoDVD.html>

¹⁵ Ce terme a été utilisé durant de longues années pour désigner le public d'élèves non francophones arrivant en France. Depuis peu, l'éducation nationale a introduit les termes d'ENAF (élèves nouvellement arrivés en France) d'ENA (élève non scolarisé en France l'année précédente) et Nouvel arrivant

¹⁶ Mme Bartalan, mémoire de CAFIPEMF

¹⁷ Charpak, G. Léna, P. Quéré, Y. L'enfant et la science, Paris, O. Jacob, 2005



Quelle(s) pédagogie(s) ?

Le scientifique qui accompagne un maître sera nécessairement confronté aux choix et situations pédagogiques adoptés par le maître de la classe (par exemple, y-a-t-il un non travail de groupe ? L'enseignant laisse-t-il ou non la possibilité aux élèves de proposer et réaliser eux-mêmes des expériences ? etc.).

Dans l'ASTEP, le maître garde la responsabilité de la conduite des activités, l'accompagnateur ne devant aucunement se substituer à lui. Citons à ce propos cet élève polytechnicien qui a accompagné durant plusieurs mois des classes : « *l'accompagnateur n'a pas un statut et des connaissances lui permettant de transmettre des savoir faire pédagogiques* ». Toutefois, il n'est pas inutile de donner ici quelques informations sur la pédagogie d'un enseignement des sciences fondé sur l'investigation. Un tel enseignement ne peut pas être uniquement transmissif ou magistral « *Même un contenu potentiellement utile et attirant peut échouer à faire progresser la compréhension si les activités se réduisent à suivre les instructions et à apprendre des réponses par cœur*¹⁸ ».

Dans les modèles d'apprentissages transmissifs, les enfants (très souvent) cherchent à deviner la ou les bonnes réponses que l'enseignant attend d'eux ou bien attendent que l'enseignant (ou le scientifique) fournisse la bonne réponse puisque les élèves pensent qu'il sait. Cet extrait d'un article signé Jacques Cronon¹⁹, paru dans les cahiers pédagogiques, illustre bien ce dernier point :

« J'étais un jour dans une classe de cours moyen, pendant une leçon de mathématiques. L'enseignant avait écrit au tableau l'énoncé d'un problème et avait demandé aux élèves de le résoudre. L'élève auprès duquel j'étais assis, a copié consciencieusement l'énoncé, puis d'est croisé les bras et a commencé à regarder les mouches voler. Au bout d'un moment, je lui ai demandé pourquoi il ne cherchait, pourquoi il n'écrivait rien. Ce n'est pas la peine, m'a-t-il expliqué d'un air de commisération. Vous savez le maître va nous écrire la solution au tableau tout à l'heure et je n'aurai qu'à la recopier. Si j'écris quelque chose maintenant, je serai obligé de gommer, mon cahier sera sale. L'attitude de cet élève est logique, adapté à ce qu'il comprend de la situation scolaire, où le produit est toujours privilégié au processus et où l'écriture est plus souvent la trace à reproduire d'un savoir constitué qu'un instrument pour construire ce savoir ou se l'approprier ».

La pédagogie par l'investigation suppose que les élèves développent d'une manière active leur compréhension par leurs propres recherches, tout en étant guidés par le maître. Les modalités différentes de l'investigation (expérimentation, modélisation, observation, recherche documentaire,) créent les conditions d'un débat en petits groupes ou en classe entière, ce qui permet aux élèves de déconstruire eux-mêmes leurs idées premières afin d'en acquérir des nouvelles. Ce travail en groupes (composés de 2 à 4 élèves) prépare en particulier les élèves à la pratique du débat argumenté. En effet, ce travail en équipes constitue une situation d'apprentissage en soi où les élèves apprennent à faire des suggestions, des prévisions ou émettre des hypothèses, les discuter, les tester et argumenter dans un respect mutuel. Le travail de groupe, pratiqué régulièrement, prépare à des discussions et argumentations de qualité. Cependant la gestion des groupes reste difficile pour les enseignants.

¹⁸ W. Harlen, 10 notions clés pour enseigner les sciences, Belin 2011

¹⁹ J. Cronon « Apprendre à écrire ou écrire pour apprendre ? » Cahiers pédagogiques n°388-389 (2000)

La pédagogie d'investigation est dorénavant recommandée au niveau international^{20,21} et de nombreux pays commencent à la mettre en œuvre. Citons à ce propos ce proverbe chinois « *J'entends et j'oublie, je vois et je me souviens, je fais et je comprends* ». Elle repose sur les travaux de Piaget (notamment l'idée que tout être humain intervient de manière active dans la construction de sa compréhension), de Bachelard (« *Produire des connaissances nouvelles, c'est franchir des 'obstacles épistémologiques'* »), de Vygotski et Bruner (avec l'idée que la construction du savoir, bien que personnelle, s'effectue dans un cadre social).

Notons enfin que cette pédagogie préconisée par *La main à la pâte* est empruntée à différents courants²².

Pour conclure, quelques conseils pour l'accompagnement en classe

Un accompagnement scientifique pertinent nécessite que :

☀ les questions posées ou les situations proposées intéressent²³ les enfants et aient à tout moment du sens²⁴ pour eux. Il est parfois difficile pour un scientifique qui a beaucoup de connaissances de se rendre compte du niveau des élèves et de savoir où en est chacun et surtout ce qu'il a compris.

☀ l'accompagnateur aide les élèves à s'impliquer dans leur propre apprentissage afin de mieux identifier où ils en sont. Il cherche à savoir ce que les élèves ont compris et appris et ce dont ils ont besoin pour progresser (ce dernier point est important car les enfants savent en général dire ce qu'ils ont fait mais plus rarement ce qu'ils ont appris).

☀ l'accompagnateur, dans les groupes, apporte une aide aux élèves lors des travaux de groupe (en particulier, mais pas seulement, auprès d'élèves en difficulté) en ne leur donnant pas tout de suite la « bonne réponse » mais en les aidant à formuler leurs questions, à chercher des pistes pour résoudre un problème, à expliciter ce qu'ils ont appris ou pas compris, en les guidant dans leur raisonnement (« *comment ferais-tu pour ?* », « *A ton avis, que se passera-t-il si ?* », « *tu dis que l'expérience ne marche pas, mais à quoi le vois-tu ?* », etc.) de telle sorte que les élèves arrivent par eux-mêmes à trouver la réponse à leur question. Il est important que l'accompagnateur scientifique sache dire parfois qu'il ne sait pas, mais qu'il va chercher à savoir, soit en réfléchissant avec les élèves et l'enseignant aux expériences qu'ils pourraient réaliser pour savoir, soit en allant chercher dans la littérature, soit en interrogeant des scientifiques plus spécialisés.

☀ l'accompagnateur fasse en sorte que les élèves comprennent que toute erreur permet d'accéder à la connaissance. Avec un enseignement fondé sur l'investigation, il n'y a pas d'échec, seulement des essais non concluants qui permettent aux élèves de progresser dans la connaissance.

²⁰ L'enseignement scientifique aujourd'hui. Une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe, rapport de Michel Rocard, Bruxelles, Commission Européenne, Rapport EU22-8452007, 2007

²¹ Rapports InterAcademy Panel (IAP)

²² Education nouvelle (John Dewey- 1859-1966), Maria Montessori (1870-1952), Célestin Freinet (1896-1966), et les activités d'éveil (1960-1975)

²³ Citons à ce propos Madame de Genlis (mémoires) « l'autorité peut obtenir d'une enfant qu'il se tienne tranquille sur une chaise et qu'il attache ses yeux sur un livre. Mais l'attention ne se commande pas ; c'est la curiosité qui la donne, c'est le goût qui la fixe »

²⁴ cf. F. Bernard (2010) chapitre 7 de « la démarche d'investigation : les bases pour enseigner la technologie ». Delagrave

Annexe 1 :

Pourquoi enseigner des sciences à l'école primaire ?

La main à la pâte préconise un enseignement des sciences précoce car :

- les enfants jeunes sont curieux et avides de connaître et de comprendre le monde qui les entoure. En enseignant des sciences, essayons de garder intactes cette curiosité et cette envie de connaître et de comprendre
 - cela permet aux enfants (et enseignants) de trouver du plaisir et de participer à la construction de leur propre savoir tout en mettant à profit leur imagination et leur curiosité
 - les élèves apprennent à apprécier la justesse d'une observation, l'exactitude d'une description, la pertinence d'un raisonnement en fonction des phénomènes étudiés et la question posée. Cela les conduit à se décentrer de leur point de vue subjectif pour y intégrer les arguments des autres personnes et l'apport de l'expérience
 - les sciences aident les enfants à objectiver. La discussion, l'observation, les prévisions argumentées, l'expérimentation et l'analyse des résultats favorisent la construction d'un discours rationnel et sans pour autant utiliser de formules
 - la science diminue l'ignorance et donc les peurs dues à l'ignorance
 - l'enseignement des sciences permet également de faire découvrir aux enfants la différence qu'il y a entre conviction et argumentation, entre croyance et savoir
 - les sciences expérimentales, en particulier, favorisent l'apprentissage du raisonnement. il convient néanmoins de faire attention : « l'expérience n'est pas le meilleur des professeurs. Ceci peut sonner comme une hérésie mais, en y réfléchissant, c'est la réflexion entourant l'expérience qui est formatrice »²⁵
 - la science expérimentale place l'élève face au monde des réalités objectives et sensibles par opposition à celui des fictions et des virtualités (ex jeux vidéo où l'on tue)
 - l'aller retour constant entre réalité sensible et réflexion intellectuelle favorise un travail sur le langage écrit et oral
 - la science familiarise l'élève à un monde régi par les lois de la nature et marqué profondément par la technique
 - l'enseignement des sciences intéresse tout autant les enfants issus de milieux privilégiés que ceux issus de milieux défavorisés puisqu'il concerne leur environnement, leur quotidien
 - la science est universelle et, bien que faisant partie intégrante de la culture, elle ne dépend ni des cultures, ni des religions ni des conditions de vie des familles. Les académiciens parlent, à juste titre, « d'égalité par la science »

Note : Attention à ne pas placer l'expérimentation au dessus de tout et ne pas oublier la phase de vérification (ce n'est pas « magique »).

Pour terminer, citons un extrait de l'hommage de l'Académie des sciences à Georges Charpak :
« Question finale (et tout autant initiale) : pourquoi enseigner les sciences aux enfants ? Pour augmenter le nombre de scientifiques ou des ingénieurs dont notre pays a besoin ? Pourquoi pas, si cela peut en être un résultat. En fait, dans l'esprit de Georges Charpak, là n'est pas du tout le rôle principal d'un tel enseignement. Ce qu'il voulait avant tout, c'est donner aux enfants un esprit de rigueur, une intelligence nourrie par un constant questionnement et par le démêlement de ce qui est vrai et de ce qui est faux, enfin une pensée qui puisse s'exprimer dans une langue bien maîtrisée, conscient qu'il était du lien très fort qui existe entre la science et le langage. Il souhaitait que l'exercice de la raison, inculqué dès l'enfance, protège l'humanité d'une soumission dangereuse aux gourous de tous bords. Ce que voulait Georges Charpak, en un mot, c'était de faire de l'enfant un être de culture »

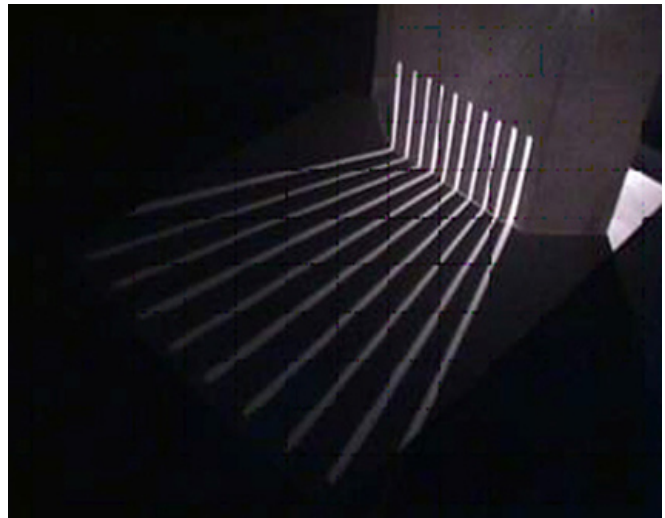
²⁵ George Forman (University of Massachusetts, cité par Karen Worth Erice 2005)

Annexe 2 :

Un mot sur la propagation rectiligne de la lumière

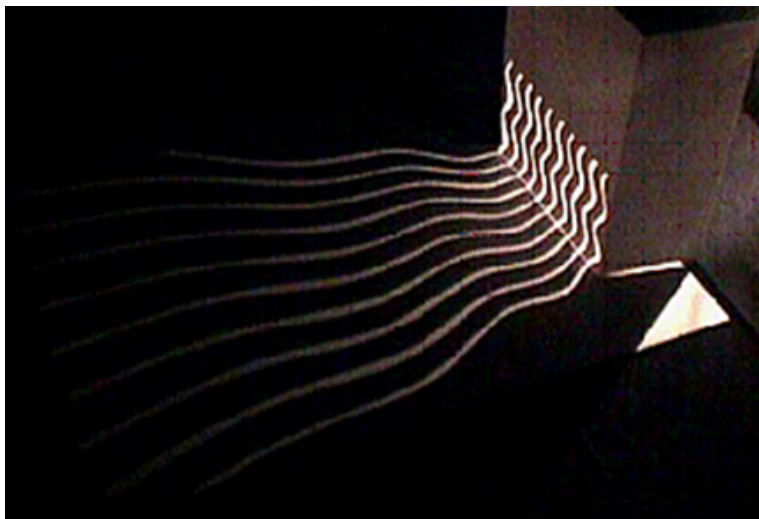
On sait que la lumière se propage, dans un milieu homogène, en ligne droite. Cependant il n'est pas possible de VOIR la lumière car on ne voit que des objets éclairés.

Il est classique de faire l'expérience suivante pour « montrer » la propagation rectiligne de la lumière : un carton ajouré par des fentes rectangulaires et verticales est éclairé avec une lampe de poche. Ce « peigne » projette sur la table des lignes blanches que beaucoup, à tort, considèrent comme étant la trace des rayons rectilignes de la lumière (fig.1).



1*

Si, au lieu d'avoir une forme rectangulaire, les fentes ressemblent à des S, la projection est cette fois « sinueuse » (fig.2).



2*

Certains pourraient alors en déduire que la lumière se déplace de façon non rectiligne...

Evidemment, ils auraient tort. Que s'est-il passé ?

Sur la table, on voit avant tout l'ombre du peigne, c'est-à-dire les parties du peigne qui ne laissent pas passer la lumière. Entre ces ombres, il y a des « espaces lumineux », espaces qui sont effectivement éclairés par la lampe....

Ceci étant, on peut expliquer les formes observées, comme on l'a dit plus haut, en traçant depuis la lampe des lignes droites, c'est-à-dire que l'on peut rendre compte de ce que l'on voit en supposant que la lumière se déplace en ligne droite.

* Figures d'après Kaminski W., Mistrioti Y., Saltiel E