

La propagation de la chaleur

Un outil à l'usage des enseignants pour favoriser une continuité des apprentissages en sciences lors de la liaison primaire secondaire.

Auteurs :

Sabine Daro

Nadine Stouvenakers

Marie-Christine Graftiau

Avec la collaboration de

Marie-Noëlle Hindryckx

Graphisme : Serge Nanson

Septembre 2009

Ministère de la Communauté Française
Administration Générale de l'Enseignement de la Recherche Scientifique

Remerciements

Cet outil est le résultat d'un travail de collaboration entre des enseignants du fondamental et du premier degré du secondaire et des chercheurs en didactique des sciences associés lors d'une recherche action commanditée par la Communauté française. Nous remercions tous les enseignants qui ont participé à l'essai didactique et qui, par leurs remarques constructives, ont contribué à la pertinence de cette séquence.

Sommaire

INTRODUCTION	3
1. PHASE DE SENSIBILISATION	4
Exemples de sensibilisations vécues au secondaire	5
2. POSER LE PROBLEME	7
3. CHERCHER L'INFORMATION ET GARDER DES TRACES	9
Approche du phénomène de convection, au primaire	9
3.1 Chercher l'information par l'expérience à concevoir	9
3.2 Chercher l'information par l'expérience à concevoir	12
Approche du phénomène de convection, au secondaire	13
3.3 Chercher l'information par l'expérience à suivre	13
Approche du phénomène de conduction, au primaire	16
3.4 Chercher l'information par une discussion entre pairs	16
Approche du phénomène de rayonnement, au secondaire.	18
3.5 Chercher l'information par l'utilisation de documents	18
3.6 Chercher l'information par l'expérience à suivre réalisée par l'enseignant	23
3.7 Chercher l'information par les expériences à suivre réalisées par les élèves	24
3.8 Construction des réponses par la prise de recul sur l'action	26
Approche du phénomène de conduction, au secondaire	30
3.9 Chercher l'information par les expériences à suivre	30
3.10 Chercher l'information par l'expérience à suivre	33
3.11 Chercher l'information par l'expérience à concevoir	34
4. STRUCTURER L'INFORMATION	37

Introduction

Le concept de « chaleur » est abordé dès la troisième année primaire et seuls les principes de dilatation et contraction de la matière doivent être certifiés au terme de la sixième primaire. Toutefois, les notions de « chaleur et température », de « transferts de chaleur », de « transformation de différentes formes d'énergie en énergie thermique » ainsi que les notions de « qualités d'un isolant thermique » sont à travailler pendant ces années et doivent être certifiées à la fin du premier degré du secondaire. L'appropriation de cette matière va donc se réaliser grâce à une continuité des apprentissages entre le primaire et le secondaire. Au sein du présent outil, nous proposons une démarche d'investigation qui va dans le sens de cette continuité des apprentissages et qui apporte un équilibre entre la construction du savoir par l'enfant et la transmission des connaissances par l'enseignant. L'instituteur du dernier cycle du primaire placera l'élève, par une approche concrète, au centre de son apprentissage, du phénomène de la propagation de la chaleur, pour permettre par la suite à l'enseignant du secondaire d'aborder sans heurt les notions plus abstraites de pertes de chaleur et d'isolation.

Cette séquence illustre, d'un point de vue méthodologique, comment intégrer dans une démarche d'investigation, une approche expérimentale variée passant des expériences-action, aux expériences à suivre pour poursuivre par des expériences à concevoir. Ces différents statuts de l'expérience sont illustrés et explicités dans le fascicule méthodologique qui accompagne cet outil.

La démarche présentée dans cette brochure vous est proposée à titre exemplatif. Plusieurs logiques sont possibles pour créer du sens à la séquence. Nous vous invitons, à partir des documents qui font suite, à trouver le fil conducteur qui s'adaptera le mieux à votre contexte.

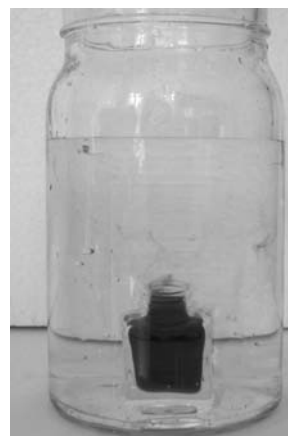
1. Phase de sensibilisation

Selon la manière dont l'enseignant décidera d'aborder le thème de la propagation de la chaleur, la phase de sensibilisation peut se dérouler de diverses manières, quelques-unes sont abordées ci-après.

Une des sensibilisations employées au primaire fait appel à une expérience spectacle qui va susciter l'étonnement, la curiosité de l'enfant.

Deux bouteilles identiques contenant chacune de l'eau colorée à températures différentes (10°C et 50°C) sont immergées dans un bac d'eau froide.

Les enfants vont d'abord prévoir le comportement des liquides colorés puis observer et décrire ce qui se passe : « *c'est la chaleur qui va gagner* », « *la température de l'eau du bac ne va pas changer car l'eau froide et l'eau chaude se compensent* », « *ça va faire des bulles car quand l'eau chaude et l'eau froide se mélangent, ça fait des bulles* ».



L'eau chaude s'élève et se propage alors que l'eau froide ne quitte pas ou peu son récipient.

Echos des classes

L'émerveillement qu'entraîne cette observation stimule le questionnement spontané des élèves :
« *Pourquoi l'eau chaude monte ? Pourquoi l'eau froide ne se mélange pas, comme l'eau chaude, à l'eau de l'aquarium ? C'est tout le temps comme cela ? Le mélange des couleurs est vraiment beau ! On dirait que l'eau est comme un ruban qui s'allonge tout le temps... C'est beau, j'ai envie de le refaire !...* »

RECU METHODOLOGIQUE A PROPOS DE LA PHASE DE SENSIBILISATION

La séquence débute ici par une expérience montrée aux élèves (ou réalisée par eux) afin de susciter un questionnement. L'expérience proposée interpelle par son caractère spectaculaire ou inattendu. L'idée n'est pas de donner une explication « toute faite » qui serait de dire « lorsque deux milieux sont à températures différentes, la chaleur se propage du milieu le plus chaud vers le milieu le plus froid », mais de partir de l'étonnement pour donner l'envie de découvrir, de sensibiliser et motiver.

↕ Liaison primaire secondaire

Au secondaire, pour contextualiser les apprentissages, la phase de sensibilisation est également nécessaire. Au sein d'une démarche pédagogique, cette phase n'est pas toujours présente, elle doit pourtant être choisie avec soin par l'enseignant en fonction de sa classe; elle a pour but de motiver les élèves et de recueillir leurs représentations. Des approches différentes de sensibilisation ont été abordées dans les classes, selon les motivations des enseignants ou le vécu des élèves.

Exemples de sensibilisations vécues au secondaire

1. Eaux chaude et froide

La sensibilisation, telle que vécue au primaire, a également été mise en place au secondaire. Dans ce cas, les élèves de 2e année sont plus enclins à vouloir donner une explication à ce qu'ils voient. Leur interprétation est cependant parfois assez farfelue : « *L'eau froide n'attire pas l'eau froide mais bien l'eau chaude, l'eau chaude veut s'évaporer alors elle monte et l'eau froide ne monte pas parce qu'elle n'a pas besoin de s'évaporer car elle a la même température que l'eau de l'aquarium* », « *l'eau froide est plus lourde donc elle reste dans le bas et l'eau chaude est plus légère donc elle monte* », « *l'eau ne sort pas car l'eau du récipient et de l'aquarium ont plus ou moins la même température* »... Pour certains, il s'agit plutôt de mettre des mots sur ce qu'ils observent que d'expliquer.

2. Le prix du pétrole

Une autre phase de sensibilisation a été d'utiliser la problématique de la hausse jamais égalée des prix du pétrole et les nombreux appels à la réduction de la production de gaz à effets de serre.

La sensibilisation a donc débuté par une question : « *Comment diminuer la note de chauffage ?* » En chauffant moins, en fermant les portes pour éviter les courants d'air, en mettant plus de pulls,... L'enseignant structure au fur et à mesure la pensée spontanée des élèves et évoque l'idée d'aussi diminuer les pertes de chaleur. En faisant appel au vécu, il réactualise le questionnement en demandant « *comment diminuer les pertes de chaleur ?* » En isolant, en mettant des doubles vitrages, ... un élève évoque que l'on pourrait utiliser d'autres sources de chauffage comme des panneaux solaires. Ces questions faisant appel au vécu familial des élèves, ceux-ci ne manquent pas d'idées sur le sujet et ressentent le besoin de comprendre comment la chaleur se dissipe et pourquoi la température d'une pièce ne reste pas constante une fois qu'on l'a chauffée.

3. Une petite annonce attractive

Une situation provoquée peut également sensibiliser la classe comme, par exemple, la lecture d'une petite annonce « inventée » d'un journal local : « *Ma tante adore les fleurs et a un jardin magnifiquement coloré. Elle aimerait placer un panneau solaire sur le toit de sa maison, mais pour que l'ensemble de sa propriété soit harmonieux, elle recherche un panneau solaire de couleur jaune. Cela fait 5 mois que nous cherchons et nous n'en trouvons pas. Merci de m'envoyer des informations qui pourraient m'aider dans notre recherche.* »

Les élèves ne manquent pas de réflexions par rapport à cette annonce : « *les rayons du soleil sont attirés par les couleurs foncées, tandis que les couleurs claires n'attirent pas les rayons* », « *en été, si*

vous vous habillez en blanc vous aurez moins chaud que si vous vous habillez en noir », « *les couleurs claires repoussent la lumière, les foncées l'attire* ». Ces réflexions montrent que les élèves sont conscients du rôle joué par la couleur des objets mais ils ont tendance à justifier cette différence par le fait que les corps vont « attirer » différemment les rayons en fonction de leur couleur, comme si les couleurs claires ne recevaient pas ces rayons. Seule une élève évoque le fait que les couleurs claires reçoivent les rayonnements (comme les objets de couleur foncée) mais les « repoussent ».

4. Je construis ma maison

Des classes de 2e professionnelle ont été sensibilisées à la notion de chaleur par l'intermédiaire d'une situation-problème. Celle-ci consistait en la construction de deux habitations localisées dans deux villes différentes. L'une de celles-ci était située dans une région chaude et l'autre dans une région froide.

Cette sensibilisation a permis de travailler l'interdisciplinarité avec le cours d'étude du milieu (EDM). Aucune information par rapport aux villes n'était donnée, seul leur nom était évoqué. Ainsi, après que les élèves soient parvenus à localiser ces lieux, ils ont dû se renseigner sur le climat qui y régnait.

L'émergence d'un questionnement spontané a fait suite à cette recherche : « *est-ce que construire une habitation dans une région chaude se fait de la même manière que dans une région froide ?* » Les élèves, ayant peu de connaissances sur ce thème, ont été amenés à analyser des documents et à questionner leur professeur d'atelier de construction.

2. Poser le problème

Au primaire, après l'observation de la propagation de l'eau chaude dans le récipient d'eau froide et la rédaction éventuelle d'un texte qui relate les observations, l'instituteur rebondit sur l'étonnement des élèves et pose la question suivante :

A votre avis, est-ce la même chose avec l'air ?

L'air chaud va-t-il aussi s'élever ?

Cette question revient à proposer :

« Où fait-il le plus chaud dans une pièce ? »

Ou, énoncée sous forme d'hypothèse, cette question devient : « dans une pièce, il fait plus chaud près du plafond qu'au niveau du sol ».

L'hypothèse avancée est de l'ordre de la localisation : en haut de la pièce ? Comment faire pour déterminer si le point le plus chaud de la pièce est dans sa partie haute ?

Au secondaire, de la phase de sensibilisation et des suggestions émises par les élèves, les enseignants regroupent par thème les diverses idées et, ensemble, les transforment en questions de science.

Quand y a-t-il perte de chaleur ?

Comment réduire les pertes de chaleur ?

Comment la chaleur se propage-t-elle ?

Isoler, pourquoi ?

Comment fonctionne un panneau solaire ?

Comment savoir si une pièce de la maison est plus chaude qu'une autre ?

Poser un problème ne se fait pas nécessairement au début de la démarche mais peut s'élaborer au fur et à mesure de l'avancement de la démarche scientifique comme dans la séquence relatée au secondaire.

La recherche de l'information va permettre de confronter ce qui est possible au réel. Pour cela, différents moyens peuvent être utilisés: des expériences, des observations, des analyses de documents ou encore la consultation de personnes ressources. Avec les élèves, il est intéressant de réfléchir au moyen à utiliser pour rechercher les informations nécessaires.

RECU METHODOLOGIQUE A PROPOS DE LA FORMULATION DE QUESTIONS ET D'HYPOTHESES

Poser le problème se finalise le plus souvent par l'énoncé de questions ou d'hypothèses. Une hypothèse est formulée, par rapport au concept envisagé, lorsque l'élève pense connaître la réponse. L'hypothèse est donc une explication, a priori, face à un problème scientifique.

Le problème se pose sous la forme de question(s) lorsque l'élève n'envisage pas de réponse, lorsqu'il n'est pas à même d'anticiper ce qui va se passer.

Les questions spontanées des enfants, en général, ne permettent pas de véritables activités scientifiques, elles sont trop ancrées dans leur vécu. Il est donc nécessaire de les reformuler. Cette phase peut susciter chez l'enseignant **un frein** à la concrétisation d'une démarche scientifique, par peur de ne pouvoir rebondir judicieusement sur les idées des élèves. L'enseignant peut procéder en deux temps ; récolter les idées des élèves dans une première phase, prendre le temps d'analyser leurs propositions et puis y revenir avec les élèves lors d'une deuxième séance de cours.

Echos des classes

Au primaire, lors de la phase de sensibilisation, l'enseignant a demandé aux élèves d'émettre des hypothèses pour tenter d'expliquer pourquoi l'eau chaude et l'eau froide ne se comportaient pas de la même manière. Ceux-ci avaient des difficultés à structurer leurs idées, ils n'en avaient d'ailleurs pas envie car dans ce cas, ce qui les intéressait, c'était la beauté ou l'étonnement face au mélange des couleurs. L'énoncé des hypothèses est un moment clé dans la démarche d'investigation et il est nécessaire de ne pas négliger cette étape qui va baliser toute la suite de la recherche.

3. Chercher l'information et garder des traces

Approche du phénomène de convection, au primaire

3.1 Chercher l'information par l'expérience à concevoir

L'air chaud se déplace vers le haut.

La question est posée : « l'air chaud va-t-il se comporter comme l'eau chaude ? ». Les élèves sont répartis par groupes et réfléchissent à la rédaction d'un protocole expérimental qui permettra de valider (ou non) le fait que l'air chaud se déplace vers le haut. Une aide à la rédaction de ce protocole leur est fournie par la suggestion de matériel qui pourrait être utilisé pour réaliser l'expérience.

Quand le protocole de l'expérience a été validé par l'enseignant, les élèves ont accès au matériel pour réaliser leur montage. Ils constatent alors qu'il faut parfois utiliser un autre matériel que celui qui était prévu au départ, que le montage manque de stabilité pour pouvoir observer le phénomène qu'ils attendent, qu'il faut faire preuve de patience ou qu'il ne se passe rien... Dans ces cas, spontanément, ils s'interrogent pour envisager ce qu'il faut changer. Cette attitude est celle adoptée par les scientifiques lorsqu'ils sont dans une démarche expérimentale. Il est judicieux de renforcer cette attitude de recherche de l'élève tout en lui fournissant l'un ou l'autre indice pour l'aider dans sa démarche s'il s'avère que celle-ci reste infructueuse.

Echos des classes

Les réflexions au sein des groupes sont riches d'idées comme le montrent les quelques exemples repris ci-dessous.

Matériel : bougie, gabarit de spirale, gabarit d'hélice, feuille blanche, mouchoir en papier, ficelle, bout de laine, feuille de papier, thermomètre, lampe électrique...

Certains ont suspendu une spirale ou une hélice à l'aide d'une ficelle et l'ont placée au-dessus d'une bougie ou d'un radiateur, d'autres ont tenté de montrer l'ombre de l'air chaud qui monte en plaçant un spot devant une bougie et un écran...

L'analyse des suggestions des élèves révèle qu'ils envisagent tous de montrer que le déplacement de l'air chaud va entraîner le mouvement d'un objet. Les élèves ont besoin de visualiser les faits et cela les incite à chercher les effets du déplacement d'air. Inconsciemment, par ces procédés, les élèves abordent ainsi le principe de transfert d'énergie qui implique un déplacement de matière. Dans le cadre du phénomène de la propagation de la chaleur, ce principe est celui de la convection.

Un moment de communication entre les groupes s'installe après la réalisation des expériences. Chacun s'exprime sur ce qu'il a mis en place et sur ce qu'il a obtenu comme résultat. La structuration prend naturellement place pendant ce moment de communication.

Structuration à ce stade

L'air chauffé par la bougie fait s'envoler le mouchoir en papier, fait gonfler le ballon ou fait tourner l'hélice.

L'air chauffé entraîne le mouvement des objets situés à proximité.

L'enseignant rebondit alors sur cette question: comment prouver que c'est bien l'air chaud qui monte ? « On le voit bien » disent les élèves. Une discussion s'ensuit avec l'enseignant pour amener l'idée de la mesure de la température de l'air.(voir page 12 pour la suite de la démarche en classe)

RECU METHODOLOGIQUE A PROPOS DES EXPERIENCES A CONCEVOIR

L'expérience à concevoir est une activité qu'il est généralement conseillé de travailler avec les élèves à la fin de la découverte d'un concept. Toutefois, si l'enfant possède suffisamment de référents par rapport au sujet exploré, il sera capable de concevoir un protocole expérimental pour répondre à une question précise. Dans le cas qui nous préoccupe, l'instituteur a osé débiter la séquence par une *expérience à concevoir* car l'enfant a déjà de nombreux référents implicites concernant le concept de chaleur, celui-ci faisant l'objet de situations quotidiennes observables. Au lieu d'obliger les élèves à rédiger un protocole expérimental avant de manipuler, l'enseignant aurait pu les laisser libres de « chipoter » avec le matériel à disposition pour construire leur montage. Dans ce cas, c'est par des essais-erreurs que l'élève serait parvenu à un résultat. En changeant la consigne, nous changeons l'activité et l'apprentissage. De l'expérience à *concevoir* nous serions passés à l'expérience-action plus tâtonnante.

Traditionnellement, comme l'attestent Cariou et De Vecchi¹, l'enseignement des sciences fait appel à la manipulation pour illustrer un phénomène. Celle-ci peut rendre le phénomène plus compréhensible mais peut aussi le rendre plus obscur pour les élèves qui n'ont pas vu ou obtenu ce qu'il fallait voir ou obtenir, ou qui n'en n'ont rien tiré faute d'en percevoir le sens ou l'intérêt. Les élèves sont souvent ravis d'exécuter des expériences : il n'y a pas à réfléchir, ça les délasse un peu, et si, à la fin, on obtient le résultat prévu, tout le monde est content ! Mais, souvent, seul le professeur sait pourquoi telle ou telle expérience est réalisée. Qu'a-t-on compris, ou même juste appris, à l'issue de telles séances ? L'important dans les activités, n'est pas qu'on s'y active !

C'est pourquoi, nous insistons dans cette brochure sur la nécessité d'amener l'enfant à travailler différemment en quittant de temps en temps les procédures expérimentales directives et pensées à

¹ Cariou J-Y et De Vecchi G. Faire vivre des démarches expérimentales. Guide de poche de l'enseignant, 2007 Edts Delagrave.

l'avance. Placer l'enfant en situation de concevoir l'expérience lui permet d'être réellement en recherche. Laisser l'initiative aux enfants, ce n'est pas les laisser dire ou faire n'importe quoi. Il ne s'agit ni de tirer artificiellement les ficelles, ni de suivre toutes leurs idées, mais de les y faire réfléchir, de retenir des propositions pesées et discutées. Les expériences à concevoir sont une alliance entre l'esprit créatif et l'esprit de contrôle. Les réflexions en cascade des élèves manifestent cet esprit créatif que l'enseignant balise avant de mener à terme l'expérimentation. Si l'élève n'arrive pas à réaliser son expérience parce qu'il a envisagé une procédure trop complexe dans le cadre des possibilités offertes par l'encadrement de la classe, ce n'est pas grave. Il vaut mieux comprendre sans faire que faire sans comprendre ou concevoir sans réaliser, que réaliser sans avoir conçu.

Pour en savoir davantage sur les statuts de l'expérience, consultez le fascicule méthodologique qui accompagne cette brochure.

↕ Liaison primaire-secondaire

Le fait de lister le matériel ou de montrer celui-ci à l'élève pour la réalisation de l'expérience à concevoir donne implicitement des idées à l'élève. Au secondaire, la gradation de ce statut pourrait être de ne rien montrer et de le laisser réfléchir librement à la rédaction du protocole. Concevoir une expérience n'est pas facile pour un élève peu exercé. Il faut penser au contrôle des variables, au moyen de collecter les résultats, et surtout que l'action proposée soit bien adéquate à ce que l'on veut confirmer ou contredire.

Au primaire, pour débiter par ce statut de l'expérience, nous proposons d'animer une réflexion collective pour amener les groupes d'enfants à rédiger une activité cohérente. Au secondaire, l'exercice peut être tenté individuellement.

RECU L THEORIQUE POUR L'ENSEIGNANT

Chaleur et température

La chaleur caractérise l'énergie thermique qui peut être transférée d'un corps à l'autre. Ce transfert peut s'effectuer selon trois modes de propagation : la convection, la conduction et le rayonnement. Il n'existe pas de méthode directe de mesure de la chaleur. C'est la température qui est une mesure de ce contenu énergétique.

Dans l'exemple qui nous préoccupe, celui de l'air chauffé, la chaleur est la somme de l'énergie cinétique, de l'énergie de vibration et de rotation des molécules qui composent l'air. Celles-ci se déplacent à une certaine vitesse (énergie cinétique), vibrent (énergie de vibration) et tournent sur elle-même (énergie de rotation). La température de l'air est une mesure de ce contenu énergétique. Plus les molécules se déplacent rapidement plus elles s'entrechoquent, plus elles vibrent et tournent, donc plus l'énergie thermique est grande. Ainsi, le transfert d'énergie à un corps de moins grande énergie sera important. Si la température de l'air de la pièce est à 20°C, cela signifie que les molécules d'air s'agitent

et se heurtent en tous sens, avec une vitesse moyenne de 500 m/s. A 100°C, cette vitesse vaudrait environ 560 m/s².

3.2 Chercher l'information par l'expérience à concevoir

Est-ce vraiment l'air chaud qui monte ?

En suivant la même démarche expérimentale, les enfants doivent rédiger un protocole, en ne faisant varier qu'un facteur. Certains groupes ont pensé simplement à faire des relevés de températures à différents endroits de la classe, d'autres à utiliser une bougie comme source de chaleur et à mesurer la température au niveau de la bougie et à une certaine distance au-dessus de celle-ci, ou encore à modéliser une pièce d'habitation tout en utilisant une bouteille sans fond dans laquelle ils ont enfermé une bougie. Dans ce dernier exemple, les élèves ont mesuré la température au niveau de la bougie et dans la partie supérieure de la bouteille.

Les groupes qui ont mesuré la température en différents points de la classe se sont rendu compte de l'importance de faire leurs relevés sur une même ligne verticale afin d'éviter de comparer des endroits qui n'étaient pas soumis aux mêmes conditions (près de la porte, de la fenêtre, du radiateur).

Variante expérimentale possible : une expérience à suivre.

L'enseignant peut également proposer l'activité en demandant au préalable aux élèves ce qu'ils imaginent comme valeurs de température de l'air, au niveau du sol ou en hauteur... avant que les élèves ne réalisent la mesure. Dans ce cas, même si l'expérience est conçue par l'enseignant, il est intéressant de mettre les élèves en réflexion en leur demandant d'anticiper les résultats.

Les résultats de ces expériences permettent à l'enseignant de revenir à l'hypothèse de départ qui était : « dans une pièce d'habitation, il fait plus chaud au plafond qu'au niveau du sol ». Une discussion s'installe dans la classe pour déterminer si on valide ou non l'hypothèse de départ. Les résultats obtenus sont en accord avec l'hypothèse et la confirmation de celle-ci induit un moment de structuration.

Structuration à ce stade

L'air chaud monte. En se déplaçant, il peut entraîner le mouvement des objets.

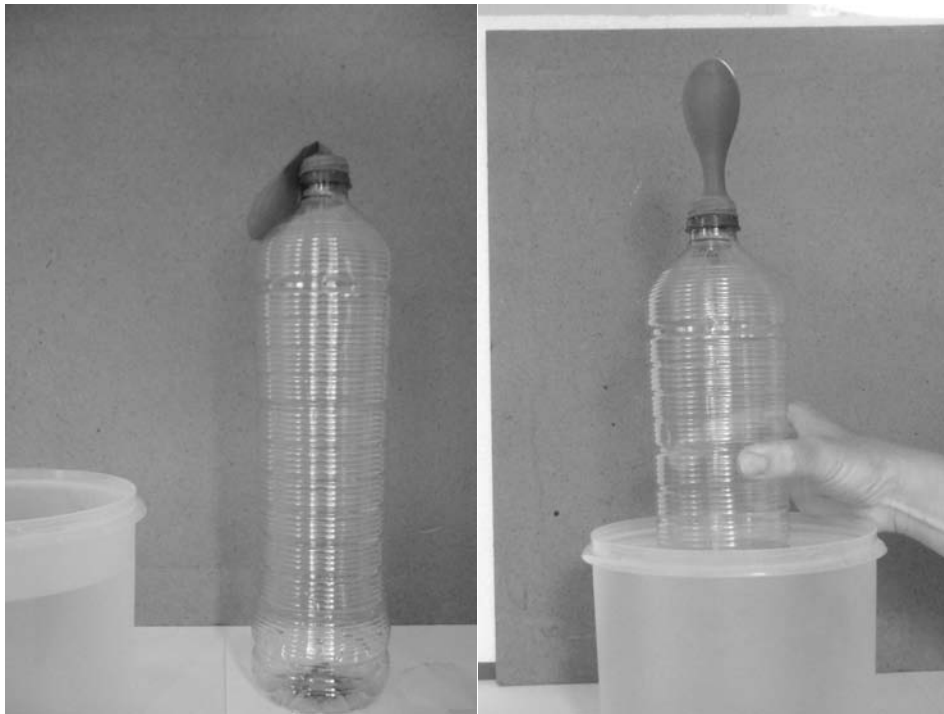
² Atkins P.W., Eléments de chimie physique. 1998 Edts De Boeck.

Approche du phénomène de convection, au secondaire

3.3 Chercher l'information par l'expérience à suivre

Le ballon s'éveille

Le principe de convection peut être expérimenté par le biais d'un protocole que l'élève suit pas à pas, c'est ce qui a été réalisé dans une classe du secondaire. Dans le cadre de l'expérience « le ballon s'éveille », l'élève prend une bouteille en plastique vide, enlève le bouchon, place un ballon de baudruche sur le goulot de la bouteille, dépose celle-ci sur le radiateur ou dans un récipient d'eau chaude puis observe ce qui se passe.



Parallèlement à la réalisation de l'expérience, les élèves sont amenés à compléter un document. Une schématisation de l'expérience suivie de la modélisation des molécules qui entrent dans la composition de l'air permet aux élèves de structurer leurs idées quant au comportement des molécules soumises à la chaleur. Par le biais de la succession de ces deux dessins (voir cadre échos des classes), ils peuvent se rendre compte que ce sont les mêmes molécules qui, chauffées, vont se distribuer dans un plus grand volume. Les élèves écrivent spontanément que les molécules s'espacent les unes des autres. Le concept de chaleur et de dilatation des corps est abordé.

Certains élèves n'envisagent pas le gonflement du ballon par le biais de ce raisonnement. Ils illustrent le phénomène en envisageant que ce sont les molécules qui gonflent lorsqu'elles sont chauffées. A ce niveau de l'enseignement, le concept de « molécule » n'est pas maîtrisé, donc pour ces élèves il est

cohérent d'envisager que les molécules peuvent gonfler. L'enseignant doit alors intervenir verbalement pour signaler qu'une molécule ne modifie pas son volume lorsqu'elle est chauffée.

Cette succession de questions-réflexions permet à l'élève de donner davantage de sens à son observation et lui permet de comprendre ce qui s'est déroulé lors de l'expérience de sensibilisation comparant le comportement de l'eau chaude et de l'eau froide.

Souvent pour l'enseignant, lorsqu'il émet la consigne d'observer, implicitement il pense que cela suffit pour que l'élève puisse accéder à l'information « cachée » de son observation. Or, au sein de la classe, seul l'enseignant connaît l'information à recueillir pour comprendre le phénomène ou le principe mis en évidence. Afin que les élèves puissent accéder à cette information, il est donc nécessaire que l'enseignant précise davantage ses consignes en fonction de ce qu'il souhaite que les élèves découvrent de son projet d'observation.

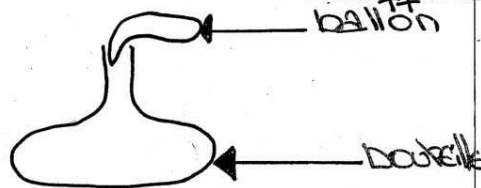
Echos des classes

Le document ci-dessous « à compléter » a été distribué aux élèves durant leurs manipulations.

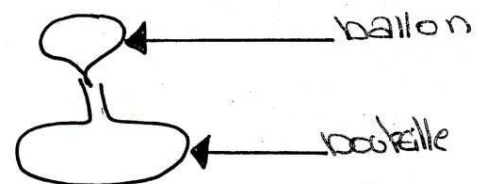
LE BALLON S'ÉVEILLE

3.

Réalise le schéma de la bouteille et du ballon avant de les déposer sur (le radiateur) la plaque chauffante



Réalise le schéma de la bouteille et du ballon lorsqu'ils sont déposés sur le radiateur après 1 minute.



4. Qu'observes-tu ?

Avant de le faire chauffer le ballon, il ne gonfle pas, quand on le fait chauffer, il gonfle de plus en plus.

5. Qu'est-ce qu'il y avait dans la bouteille lorsque l'on a fixé le ballon sur le goulot ?

de l'air

Quand on dépose la bouteille et le ballon sur le radiateur, qu'y a-t-il dans la bouteille ?

de la vapeur

Quand la bouteille est sur le radiateur depuis une minute, qu'y a-t-il dans la bouteille et le ballon ?

de rien

As-tu ajouté quelque chose dans la bouteille entre le moment où tu l'as déposée sur le radiateur et la fin de l'expérience ?

Comment expliques-tu ce que tu observes ?

l'air qu'il y a dans la bouteille monte avec la chaleur et fait monter le ballon

Lorsque l'on pose la question « qu'y avait-il dans la bouteille lorsque l'on a fixé le ballon sur la bouteille ou lorsqu'on l'a posée sur le radiateur? La moitié des élèves répondent qu'il n'y avait rien, ce qui rejoint la préconception que l'air n'est pas composé de matière, qu'il est assimilé à du vide. Et pourtant quand la question « comment expliquer ce phénomène » est posée, tous les élèves font intervenir le fait que l'air monte dans le ballon. Cette difficulté de se rendre

compte que nous vivons au fond d'un océan d'air se rencontre à chaque âge. Il est donc intéressant d'associer expériences et prises de recul pour tenter de surmonter cet obstacle.

Transfert : la danse de la spirale

Afin de s'assurer de la compréhension du phénomène de convection, l'enseignant a réalisé devant les élèves l'expérience spectacle qui consiste à faire tourner, au dessus d'une source de chaleur, une spirale en papier suspendue à un fil.

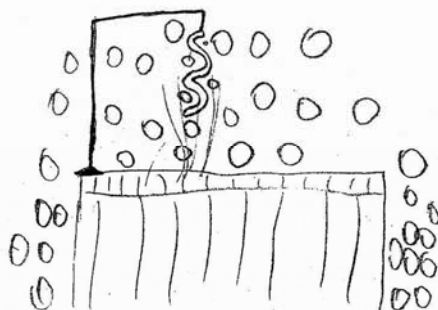
L'analyse des dessins des élèves a permis à l'enseignant de constater que les observations commentées de l'expérience précédente (le ballon s'éveille) ont été transférées à l'expérience de « la danse de la spirale ». Il est important que le transfert d'informations se fasse rapidement après la découverte d'un concept afin que l'enseignant puisse se rendre compte au plus tôt des difficultés de compréhension. Ce transfert peut être considéré comme une activité d'évaluation formative pour l'élève.

Echos des classes

Le document élève distribué pose le problème du mouvement de la spirale sous l'action de la chaleur.

7. Comprendre la danse de la spirale.

- Dessine le radiateur et la spirale au-dessus de celui-ci.
- Modélise les molécules d'air, qui sont partout autour du radiateur et de la spirale.



Que vont faire les molécules pour faire tourner les spirales ? Illustre ton idée en utilisant des flèches.

Elles vont se pousser dans tous les creux de la spirale

Structuration à ce stade

Les molécules qui composent l'air sont plus espacées les unes des autres lorsque l'air est chaud. L'air chaud occupe donc un plus grand volume, et est donc plus léger, que l'air froid. C'est la raison pour laquelle il monte. L'eau chaude se comporte comme l'air chaud.

Lorsque les matières sont chauffées, elles se dilatent.

↕ Liaison primaire-secondaire

Modéliser sa pensée en réalisant un schéma peut être pratiqué tant au primaire qu'au secondaire. La différence entre les deux cycles se situe au moment de la structuration de l'information : **le niveau de formulation** sera différent. Au primaire, les informations recueillies par le biais de l'expérience permettent d'affirmer que les matières comme l'air et l'eau, lorsqu'elles sont chaudes, se déplacent vers le haut. La notion de mouvement est ainsi abordée. Au secondaire, l'information sera complétée par l'introduction des termes « molécule » et « convection » : les molécules qui composent l'air (ou l'eau), proches de la source de chaleur, sont chauffées, s'agitent, s'écartent l'une de l'autre et s'élèvent dans le milieu environnant : c'est le **principe de convection**. Par le biais de l'expérience et de la mesure de paramètres, la notion abstraite de déplacement de matière, sous entendue dans le principe de convection, devient semi-concrète et facilite la représentation mentale de ce qu'est le phénomène de convection.

Pour un concept spécifique, il existe plusieurs niveaux de formulation, chacun étant en relation étroite avec un champ de validité déterminé. Cela signifie que pour une certaine tranche de réel, le niveau de formulation sera pertinent. Mais face à un fait qui remet en cause le modèle explicatif construit, il y aura création d'une rupture avec une réorganisation du savoir et élargissement du champ de validité précédent. Ce qui importe, ce n'est donc pas la vérité absolue, mais une vérité relative qui correspond à un modèle cohérent. Cela remet en cause l'idée d'un sujet qui ne peut être traité qu'à un âge particulier. L'important est que les élèves se sentent concernés par le thème, qu'il existe donc des points d'ancrage chez eux par rapport à ce thème et qu'ils trouvent le niveau de formulation adéquat.

Approche du phénomène de conduction, au primaire

3.4 Chercher l'information par une discussion entre pairs

Au primaire, la notion de conduction de la chaleur a été introduite en faisant appel au vécu. Cette phase de sensibilisation a également permis de faire émerger les préconceptions.

C'était en hiver et l'instituteur a débuté sa leçon par une réflexion spontanée : « dites, on a de la chance d'avoir un radiateur dans la classe qui chauffe quand on le désire et qui s'arrête quand on le veut ! Comment cela se fait-il ? »

Dialogue entre les élèves (*) et l'enseignant :

* « il y a de l'eau dans le radiateur et quand on tourne la roulette, ça chauffe ! »

* « le mazout passe dans le radiateur, que la chaudière a chauffé »

(réflexion qu'un tiers des élèves de la classe adopte)

L'instituteur rebondit par rapport à cette réflexion « et si c'est un chauffage électrique, c'est de l'électricité qui circule dans le radiateur ? »

* « non, moi c'est un radiateur électrique et c'est de l'eau qui circule dedans, je l'entends ça fait glou-glou parfois dedans »

* « chez moi, c'est de l'électricité, mon papa l'a démonté et il y avait des barres chaudes et un ventilateur à l'intérieur »

* « chez moi, c'est un chauffage au mazout et c'est du liquide qui circule dans le radiateur car quand j'ouvre et que je ferme la vanne, ça fait des bruits comme quand c'est un liquide qui coule »

* « moi, je crois que le radiateur est coupé en deux, une partie sert à refroidir et c'est de l'eau qui circule et l'autre partie sert à chauffer, et c'est du mazout qui circule dans celle là, car il y a deux tuyaux au radiateur »

* « mais non, les deux tuyaux c'est pour amener l'eau et la renvoyer à l'endroit de départ »

L'instituteur reprend « donc, c'est un circuit et l'eau revient où ? »

* « à la citerne » * « non, la citerne c'est pour le mazout »

* « chez moi, on a du remplacer la chaudière et on n'avait plus de chauffage pendant ce temps là. Les radiateurs étaient froids »

L'enseignant ... « bien voilà, le retour de l'eau se fait à la chaudière, et comment chauffe-t-elle l'eau, la chaudière ? »

* « On met le feu au mazout et cela chauffe l'eau disent certains élèves ». « Et si on allait observer la chaudière de l'école » lance l'instituteur !

Devant cette chaudière imposante, toute la réflexion socio-cognitive menée au préalable prend tout son sens.

De retour en classe, l'instituteur pose la question « comment l'eau chaude qui circule dans le radiateur, permet-elle à la pièce de s'échauffer ? » ... « elle chauffe le radiateur »... « on a vu que la spirale tourne au-dessus du radiateur » (voir point 3.1) ... « donc l'air chauffe près du radiateur »... L'instituteur reprend en disant : Comment l'eau fait-elle pour chauffer les parois du radiateur ? « elle donne sa chaleur au radiateur qui la donne à l'air » dit un élève.

↕ Liaison primaire-secondaire

L'instituteur approche la notion de conduction par le biais de l'observation d'un phénomène quotidien : le transfert de chaleur au sein d'un matériau solide de la classe - le radiateur. Sa paroi s'échauffe grâce à l'eau chaude qui circule dans le radiateur. L'échauffement de la paroi se transmet à son tour à l'air. Il insiste simplement sur le fait que la paroi du radiateur s'échauffe sans aller plus en avant dans la réflexion. On ne nomme pas le phénomène, ici la conduction, mais on apporte à l'enfant une réflexion sur des observations de la vie courante qui serviront à nourrir la compréhension de ce concept par la suite.

Au secondaire (voir plus loin), l'enseignant a fait modéliser ce qui se passe au sein du matériau et a donné un nom à ce phénomène « la conduction » tout en le définissant comme étant un mode de transfert de chaleur sans qu'il n'y ait un déplacement de matière contrairement à ce qui avait été observé lors du phénomène de convection. Les élèves ont découvert que ce phénomène de conduction ne se passe pas de la même manière dans tous les matériaux et que cette propriété est utilisée par l'homme, notamment pour isoler les habitations contre les pertes de chaleur.

De manière générale un concept n'est pas un simple instrument d'explication, c'est la possibilité qu'il offre de développer la curiosité et le savoir qui lui est associé. La formulation de ce concept

est en relation avec la situation d'apprentissage qui l'a fait émerger, celle-ci évoluant en généralisation et en abstraction avec les niveaux de scolarisation. Le vocabulaire doit se préciser au fur et à mesure de la progression dans les cycles et pour éviter que les distinctions de vocabulaire ne restent que formelles, elle doit correspondre à une réelle acquisition des connaissances correspondantes.

Structuration à ce stade

La chaleur de l'eau qui circule dans le radiateur est transmise à la paroi du radiateur. La paroi métallique chaude du radiateur transmet ensuite sa chaleur à l'air.

La chaleur se propage donc d'un milieu à un autre, plus froid.

Elle se propage soit

- en créant un mouvement, comme dans l'air ou dans l'eau ;*
- sans créer de mouvement, comme dans la paroi du radiateur.*

Approche du phénomène de rayonnement, au secondaire.

3.5 Chercher l'information par l'utilisation de documents

Dans le cadre de la phase de sensibilisation évoquant la hausse jamais égalée du prix du mazout, l'utilisation de panneaux solaires thermiques avait été envisagée par certains élèves. L'enseignant a profité de cet argument pour apporter en classe des modèles réduits de panneaux solaires thermiques³. Afin d'envisager les concepts de convection, conduction et rayonnement, l'enseignant a débuté la réflexion en demandant aux élèves de réaliser le schéma d'un circuit d'eau domestique intégrant un panneau solaire thermique.

Après l'émergence de leurs préconceptions, une discussion entre l'enseignant et les élèves a soulevé une série de questions :

- le réservoir, contient-il la réserve d'eau de pluie qui circule dans le panneau ?

Parce que l'élève sait qu'un panneau solaire est écologique, il pense donc que c'est l'eau de pluie qui est chauffée dans le panneau et qui est utilisée dans la maison.

- s'il ne pleut pas, on n'a plus d'eau ?
- s'il n'y a pas de soleil, on a de l'eau froide sous la douche ?

Parce que l'élève pense qu'il faut nécessairement des journées très ensoleillées pour chauffer l'eau et qu'il n'y a pas de système de compensation prévu.

- comment l'électricité chauffe-t-elle l'eau ?

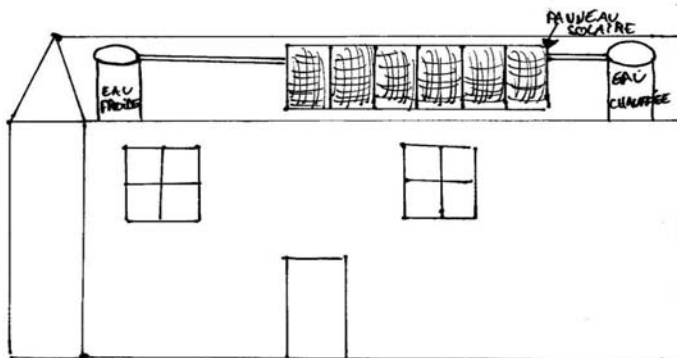
L'élève confond l'utilisation du panneau solaire thermique et du panneau solaire photovoltaïque, ce qui est très fréquent même chez les adultes.

³Ces panneaux solaires miniatures peuvent être empruntés à l'asbl Hypothèse. Ils ont été construits par la société ESS-Energy Saving System, Place du tilleul 1, 4140 Sprimont.

Echos des classes

Les élèves ont fait part de leurs préconceptions sous forme d'un schéma quant à la position relative des différents éléments qui entrent dans la composition d'un circuit d'eau domestique incluant un panneau solaire thermique.

Le schéma ci-dessous montre que leurs préconceptions sont très floues. De manière générale, les élèves sont convaincus que c'est l'eau utilisée dans la maison qui circule dans le panneau et qu'il y a un réservoir pour l'eau à proximité du panneau.



L'EAU FROIDE EST ENTRÉE DANS LES PANNEAUX SOLAIRES, ELLE Y EST UN MOMENT LE TEMPS DE CHAUFFER GRÂCE AU SOLEIL QUI A CHAUFFÉ LES PLAQUES ET EN EST RESORTIE CHAUDE ET VA ÊTRE STOCKÉE JUSQU'À UTILISATION.

Une discussion sociocognitive met aussi en avant qu'ils sont tous convaincus que l'eau utilisée dans la douche a directement été chauffée au niveau du panneau solaire.

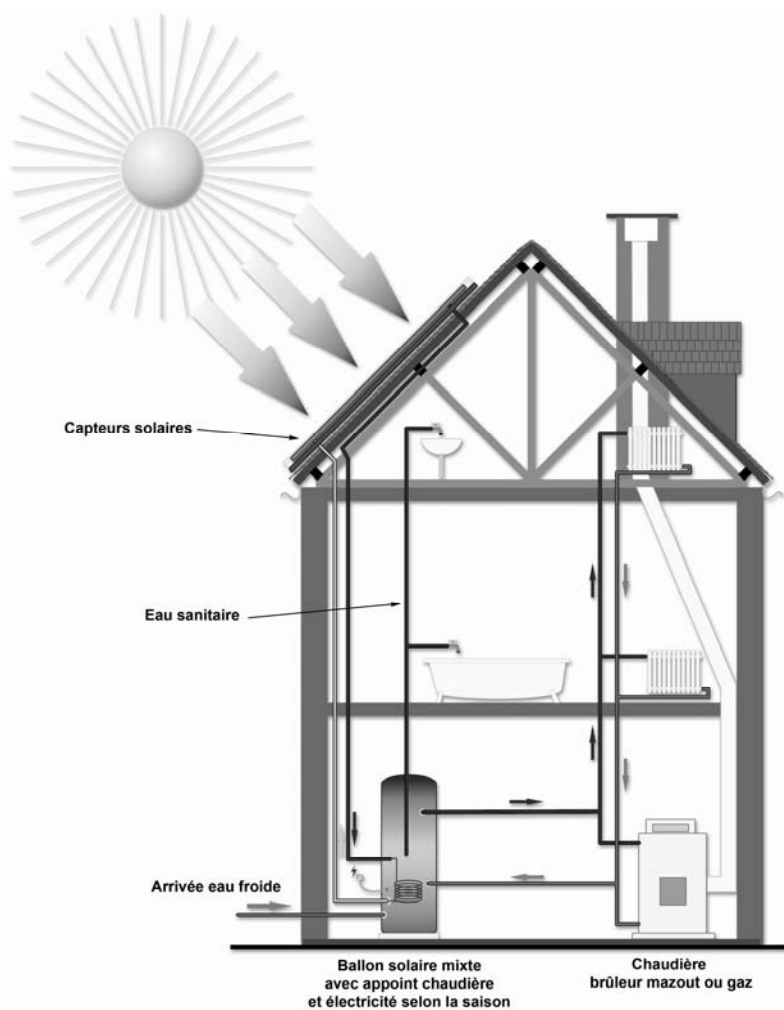
Les conceptions apportent un certain éclairage sur les problèmes qui se posent par rapport au thème abordé. Elles font partie intégrante du savoir de l'élève.



Si on veut véritablement aider l'élève, il ne faut pas lui ôter ses conceptions mais plutôt « faire avec pour aller contre » en plaçant celui qui apprend face à une ou des situations impasses qui ne lui permettent plus de faire fonctionner son modèle explicatif et donc qui l'obligent à le modifier ou à le réorganiser.

Il n'est pas toujours possible par l'expérience de répondre aux diverses questions qui se posent. L'exploitation par l'élève de documents adéquats peut également être utile pour montrer les différences existant entre le réel et ses propres schémas de préconceptions.

Afin d'apporter les premiers éléments de compréhension du fonctionnement d'un panneau solaire thermique, l'enseignant a distribué un schéma qui représentait celui-ci au sein d'un circuit d'eau domestique. La consigne était d'expliquer, par écrit, ce que les élèves comprenaient de l'organisation de ce circuit.



Quelques écrits d'élèves :

« L'eau froide pénètre dans le ballon de stockage d'où le capteur solaire absorbe les rayons du soleil qui chauffent l'eau et qu'il envoie au ballon de stockage »

« il est en train de chauffer l'eau » « Le capteur solaire absorbe la lumière naturelle du soleil puis la transforme en électricité qui chauffe l'eau froide en eau chaude »

« la chaleur du capteur va dans le ballon de stockage qui sert à avoir de l'eau chaude »

« le soleil chauffe l'eau dans le panneau solaire, passe dans un tuyau, qui va vers le ballon de stockage »

« le capteur qui capte la chaleur du soleil envoie cette chaleur dans le ballon de stockage où il y a de l'eau froide. La chaleur va chauffer l'eau qui va partir dans les robinets puis la chaleur retourne dans le capteur, ça continue comme ça tout le temps »

L'analyse de ces textes révèle les difficultés qu'ont les élèves à observer attentivement un schéma et à le traduire en phrases. On a le sentiment qu'ils l'analysent dans sa globalité, qu'ils ne voient pas les

divers éléments constitutifs du circuit pour ensuite tenter de les relier dans l'ordre imposé par le schéma. Certains le lisent d'ailleurs en voulant y intégrer leurs préconceptions (exemple de l'élève qui envisage la transformation en électricité).

Ce constat montre à la fois combien il est difficile pour l'élève de lire un schéma et l'importance du rôle de l'enseignant en tant que guide de l'observation. Cet apprentissage de la description organisée d'un schéma est réalisé au primaire et doit continuer pendant le premier cycle du secondaire.

Après cette première approche de la compréhension de l'utilisation d'un panneau solaire, l'enseignant, par le biais d'expériences à suivre, va guider les élèves pour qu'ils donnent sens au rayonnement lumineux comme mode de propagation de la chaleur dans le cadre du fonctionnement d'un capteur thermique.

✚ Liaison primaire-secondaire

Au primaire, l'enseignant a choisi d'expliquer ce schéma aux élèves, et très vite, il « a senti » qu'il allait devoir expliquer ce circuit de manière très détaillée, parce que la plupart ne comprenaient pas pourquoi le circuit du panneau solaire traversait ainsi le ballon de stockage et que la sortie d'eau chaude était indépendante du circuit du capteur. Pour eux, l'eau chaude de la douche ou celle qui sort du robinet de la cuisine devait venir directement du panneau solaire. Il a donc fallu leur expliquer que le panneau solaire « n'est que » le système de chauffage qui permet à l'eau froide qui entre dans le ballon de stockage de se réchauffer et de sortir à bonne température. Comme le dit l'enseignant, « le principe de l'énergie d'appoint a été vite compris quand je l'ai expliqué, mais ce n'était pas intuitif, ils ne le comprenaient pas spontanément... Il y a déjà la barrière du vocabulaire : ils ne font pas forcément le lien entre « énergie » et « ce qui permet de faire fonctionner ou de chauffer ou d'éclairer ou ... », et « d'appoint » ne leur fait pas spontanément penser à « au cas où il faudrait pallier le manque d'énergie solaire »... A propos du système de régulation « je ne suis pas du tout rentré dans l'explication de ce système. Personne n'a d'ailleurs posé de question, j'imagine qu'ils avaient déjà assez de choses à comprendre et surtout à restructurer (puisque leur conception était toute différente)... » dit l'enseignant.

La même constatation qu'au secondaire peut être faite : les élèves essaient d'interpréter le schéma à la lumière de leurs préconceptions. Cette façon de procéder les empêche d'accéder à l'information correcte et c'est ce qui explique que lorsqu'ils sont seuls pour réaliser cet exercice, ils y parviennent rarement.

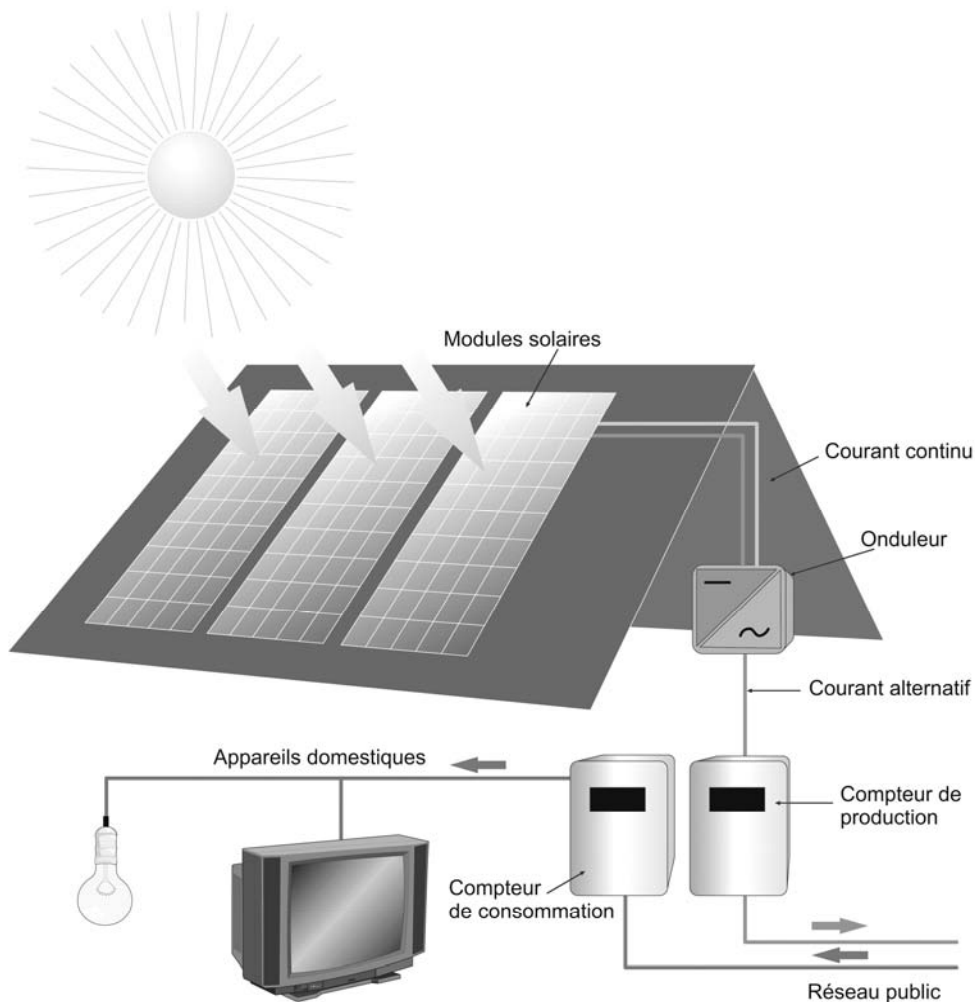
Au primaire également, il aurait été plus intéressant, plus productif, plus constructif, de laisser les élèves se débrouiller seuls puis en concertation face à ce schéma. Mais, c'est le manque de temps qui a provoqué cette manière de procéder.

RECU THEORIQUE POUR L'ENSEIGNANT

Fonctionnement des panneaux solaires thermiques et photovoltaïques

Le rôle et le fonctionnement de ces deux types de panneaux, de plus en plus utilisés afin d'économiser l'énergie et de réduire la production de CO₂, sont souvent confondus même par les adultes.

Le panneau solaire thermique utilise la chaleur du rayonnement solaire pour permettre l'échauffement d'un liquide caloporteur qui circule dans un serpentin en cuivre du panneau. Ce serpentin amène le liquide échauffé dans le bas du réservoir rempli d'eau sanitaire. Un tuyau contenant l'eau échauffée par le liquide du serpentin quitte la réserve pour se raccorder aux divers robinets d'eau chaude de la maison et alimenter ces derniers en eau chaude. Si le rayonnement solaire est insuffisant, le liquide caloporteur s'échauffe peu ainsi que l'eau du réservoir. Dans ce cas une résistance électrique d'appoint se met en fonctionnement sous la commande d'une sonde de température, et permet à l'eau du réservoir d'atteindre la température voulue.



Le panneau solaire photovoltaïque utilise le principe de la transformation du rayonnement, composé de photons, en électricité par le biais de cellules photovoltaïques.

Une cellule photovoltaïque, comme le montre l'illustration ci-dessous, est constituée de deux couches minces d'un semi-conducteur, le silicium par exemple. Ces deux couches présentent une différence de potentiel car leur composition diffère. Le silicium dit de type N a été enrichi en phosphore et est

potentiellement « donneur » d'électrons. Le silicium dit de type P qui compose la 2^e couche a été enrichi en bore et est potentiellement « accepteur » d'électrons.

L'énergie des photons lumineux captés par les électrons des atomes de la couche N leur permet de s'affranchir de l'attraction du noyau de leurs atomes. Pour que les charges libérées par l'illumination soient génératrices d'énergie, il faut qu'elles circulent. Il faut donc les attirer hors du matériau semi-conducteur dans un circuit électrique.

Cette extraction des charges est réalisée au sein de la jonction entre les deux couches, créée volontairement dans le semi-conducteur. Pour effectuer la collecte de ce courant, des électrodes sont déposées sur les deux couches de semi-conducteur. L'électrode supérieure est une grille permettant le passage des rayons lumineux. Une couche anti-reflet est ensuite déposée sur cette électrode afin d'accroître la quantité de lumière absorbée⁴.

Le courant continu produit par les panneaux photovoltaïques, composés d'un grand nombre de cellules photovoltaïques, est transformé en courant alternatif, comptabilisé et renvoyé vers le réseau public. La production des panneaux domestiques n'est donc pas directement utilisée par les appareils de l'habitation.

3.6 Chercher l'information par l'expérience à suivre réalisée par l'enseignant

L'enseignant débute la réflexion par une question : « la chaleur des rayons lumineux se propage-t-elle aussi dans le vide ? » La question motive les élèves, surtout lorsque l'idée de réaliser le vide et de vérifier leur est proposée.

Cette étape s'est réalisée en frontal car il n'y a qu'une pompe à vide et la manipulation demande la présence de l'adulte.

Il s'agit de vérifier les modifications de température d'une sonde déposée sous une cloche en verre et dans laquelle le vide est réalisé. Un spot électrique est placé devant la cloche en verre, comme source de chaleur. La température va-t-elle augmenter ?

L'augmentation de température de la sonde a permis à l'enseignant d'introduire un moment de structuration important pour la compréhension du phénomène de rayonnement.

Structuration à ce stade

Les rayons lumineux se propagent dans le vide et sont porteurs de chaleur puisqu'ils font augmenter la température d'une enceinte fermée. Ce mode de propagation de la chaleur est le rayonnement.

Cette approche a permis de contextualiser le phénomène afin d'aborder l'étude du fonctionnement des panneaux solaires thermiques.

⁴ <http://www.lei.ucl.ac.be>

RECU L METHODOLOGIQUE A PROPOS DES EXPERIENCES A SUIVRE REALISEES PAR LES ELEVES

Les « expériences à suivre » sont des activités dirigées au cours desquelles les élèves suivent pas à pas un protocole. Ce sont celles qui sont le plus fréquemment rencontrées dans les classes, tant au primaire qu'au secondaire. L'expérience est prévue par l'enseignant. Il la choisit parce qu'elle « fonctionne » et que les résultats illustrent la loi ou la théorie qu'il veut faire passer. L'élève est l'exécutant d'une application pratique et son apprentissage n'est pas axé sur une démarche réflexive. Dans le cas qui nous préoccupe, avec l'aide de l'enseignant, les élèves devaient communiquer leurs résultats à leurs pairs et analyser les constats tirés de l'expérience. Cet apprentissage est un style qui rappelle les formes plus traditionnelles d'enseignement. Il faut toutefois faire attention de ne pas travailler uniquement de cette manière. En effet, comme les conditions de l'expérience sont réfléchies et aménagées pour que « ça marche », elles sont éloignées de la réalité et ne sont donc pas efficaces pour développer une attitude scientifique mais peuvent avoir du sens pour structurer à un moment donné les apprentissages. Comme nous l'avons vu, l'enseignant doit être vigilant car l'élève peut même réussir l'expérience sans s'interroger, sans rien comprendre, donc, sans apprendre. L'activité s'apparente alors davantage à un bricolage.

3.7 Chercher l'information par les expériences à suivre réalisées par les élèves

Les élèves ont suivi un protocole expérimental pour chaque expérience proposée. Elles ont chacune été réalisées par un groupe différent qui en était ensuite le porte-parole. Chaque groupe apportant un élément de réponse à la question suivante : « Peut-on être fantaisiste dans le choix de la couleur d'un capteur solaire ? »

Ces expériences vont mettre en évidence que l'augmentation de chaleur est plus importante lorsque le contenant est de couleur foncée.

Durant les moments d'attente, au cours de l'expérimentation, les élèves devaient compléter des documents conçus pour les faire réfléchir à la compréhension de leur manipulation.

Echos des classes

« Peut-on être fantaisiste dans le choix de la couleur d'un capteur solaire ? »

Expérience 1 - Vérification de l'augmentation de chaleur par rayonnement selon la couleur du support.



Je vérifie que tous les paramètres sont identiques avant d'éclairer les supports.

Expérience 2 - Comparaison de la variation de température dans un capteur solaire blanc et dans un capteur noir.



Les tuyaux des capteurs ont été remplis avec le même volume d'eau à la même température. On installe les capteurs à la même distance de la source lumineuse.

Expérience 3

On sent bien la différence de température entre les deux mains. Après quelques secondes on ressent déjà qu'il fait plus chaud sous la chaussette noire.



↕ Liaison primaire-secondaire

Au primaire dans certaines classes, les élèves ont également réalisé ces trois manipulations dirigées.

La phase de sensibilisation s'est déroulée sous la forme d'une question « ma tante voudrait installer des panneaux solaires mais elle voudrait qu'ils soient verts et elle n'en trouve nulle part. Pourquoi ? »

Avant de tester l'influence de la lumière sur l'échauffement de l'eau et d'envisager l'importance de la couleur du récipient, tous les enfants sont passés par l'expérience « ressentir en soi » la chaleur, en enfilant dans une main, une chaussette noire, et dans l'autre une chaussette blanche. Au secondaire, cette phase peut être évoquée mais pas nécessairement vécue par chacun pour un concept tel que celui de chaleur. Par contre, pour des concepts plus abstraits tels que la poussée d'Archimède ou encore la pression de l'air ou l'équilibre, il est utile de leur faire ressentir avant d'aborder théoriquement ces phénomènes.

3.8 Construction des réponses par la prise de recul sur l'action

La structuration des informations se fait au fur et à mesure de la recherche de l'information. L'élève passe sans arrêt de la découverte d'informations à la structuration et/ou à l'apparition de nouvelles questions, hypothèses qui mèneront à la recherche de nouvelles informations. Ce processus positionne l'élève dans une dynamique intellectuelle porteuse de sens à condition qu'il y ait des moments de structuration prévus. Ces structurations peuvent se réaliser sous de multiples formes :

a. Je communique mes informations

Après les expériences à suivre réalisées par les élèves, une période a été consacrée à la présentation des résultats des expériences. Un élève « porte-parole » a été désigné au sein de chaque groupe. Cette phase de communication orale préparée à destination des pairs est un moment important pour la compréhension de tous.

Pendant cette activité, l'enseignant laisse les élèves s'exprimer puis questionne l'élève « porte-parole » ainsi que ceux qui appartiennent au même groupe. Les laisser s'exprimer et les renforcer positivement dans cet exercice est important pour les motiver à exercer cette activité. C'est une procédure à laquelle, en sciences, les élèves sont peu habitués et qui les oblige à utiliser un vocabulaire adapté, à énoncer une suite logique d'observations en relation avec la manipulation, à établir des relations entre les résultats obtenus afin d'infirmer ou confirmer l'hypothèse de départ.

Cette phase de communication entre « les pairs » a amené une discussion riche entre les élèves, et entre les élèves et l'enseignant. Ils ont osé poser des questions à leurs camarades par rapport à ce qu'ils avaient obtenu. Par le biais des « questions-réponses » une structuration s'est progressivement installée à la fois chez les élèves qui présentaient l'expérience et chez ceux qui écoutaient activement.

Cette écoute active était stimulée par le fait que ce sont les pairs qui parlaient et non l'enseignant, une spontanéité de langage constructive s'est mise en place naturellement dans la classe.

Structuration à ce stade

Les rayons lumineux permettent l'échauffement d'une matière.

L'échauffement est plus intense si le corps éclairé est de couleur foncée, ce qui justifie que les panneaux solaires sont de couleur noire.

Echos des classes

Nous avons pu observer à quel point les élèves éprouvent des difficultés pour décrire de manière complète l'expérience qu'ils ont réalisée : l'hypothèse, l'action envisagée, les résultats et la conclusion qui en découle.

Quel que soit le porte-parole du groupe, la communication ne portait que sur l'action réalisée et les résultats obtenus. L'impasse était faite sur la question de départ et la conclusion à laquelle les résultats permettaient d'aboutir. Les résultats ont parfois dû être réenvisagés car lorsqu'il s'agissait de faire part de données statistiques, celles-ci n'étaient pas transmises comme telles mais seul le résultat personnel était énoncé ce qui faussait évidemment la conclusion. Les élèves n'étaient pas conscients de l'importance de prendre en compte l'ensemble des données pour obtenir un résultat concluant.

Lors de l'exposé oral, le porte-parole du groupe qui a utilisé les capteurs solaires, évoque simplement le fait qu'après 30 minutes d'exposition à la lumière, la température de l'eau contenue dans le tuyau du panneau blanc est de 25,5°C et celle de l'eau du panneau noir est de 30,5°C pour une température de départ de 19,5°C. C'est le questionnement de l'enseignant qui amène les élèves du groupe à dire que la température de l'eau a augmenté de 11°C dans le panneau noir et de 6°C dans le panneau blanc. Une différence de 5°C est donc mesurée après seulement 30 minutes d'éclairage. Il vaut donc mieux utiliser un panneau noir plutôt qu'un panneau blanc.

Cette discussion entre les élèves et l'enseignant peut paraître « simpliste » tant la conclusion est évidente. Mais, seuls devant leurs résultats, les élèves ne vont pas au terme de leur raisonnement et s'arrêtent après avoir obtenu un résultat sans envisager de le contextualiser.

RECU METHODOLOGIQUE

S'approprier un savoir passe par des moments de structuration.

Il ne suffit pas de mettre les élèves en situation de trouver une réponse à un problème limité pour qu'il y ait acquisition d'un savoir. Il faut aussi les amener à structurer ce savoir. Une technique, pour aller vers une structuration du savoir, consiste à demander aux élèves de reformuler les résultats de leur travail et de les envisager d'une manière globale. Cette activité écrite ou orale est délicate mais est une

excellente situation pour organiser ses connaissances en complément à la réalisation de schémas ou dessins.

b. Je Complète un document

Une partie des documents à compléter par l'élève était consacrée à la modélisation du rayonnement en relation avec l'expérience vécue. Les élèves ont complété seuls ce document qui a été repris par l'enseignant afin de cerner quels étaient les élèves pour lesquels la structuration posait problème.

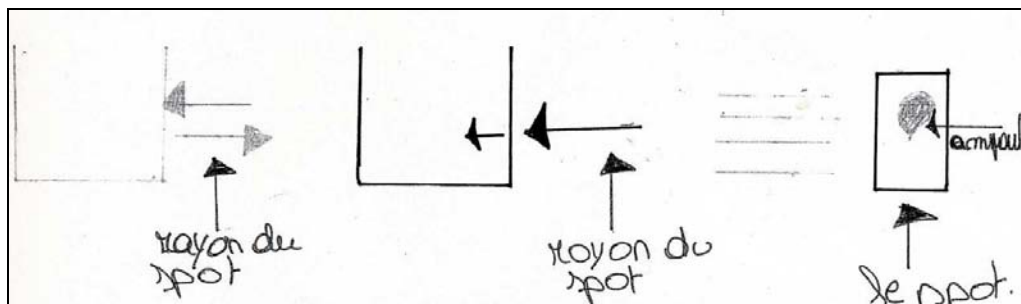
Les documents que les élèves ont complétés pendant les manipulations sont une aide à la compréhension à la fois, de l'expérience réalisée, mais aussi une aide à l'approche du concept que les résultats de l'expérience évoquent. Ces documents « brouillons – de travail » sont des traces produites par l'élève qui vont lui permettre ou vont l'aider à structurer son apprentissage. Lors des expériences à suivre, l'élève suit pas à pas un protocole, il peut donc être actif sans être acteur. Compléter un document balise sa réflexion et l'aide à accéder à l'abstraction.

📢 Echos des classes

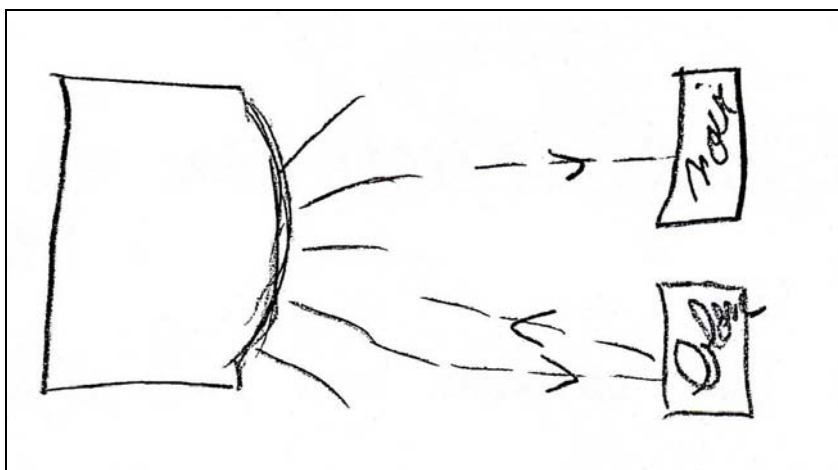
Les explications apportées par les élèves pour justifier les résultats obtenus (la température de l'eau contenue dans le récipient foncé est plus élevée) sont :

- les couleurs foncées absorbent plus la lumière que les couleurs claires,
- le noir attire plus la chaleur donc l'eau chauffe plus vite,
- la lumière ne fait pas qu'éclairer elle chauffe aussi et selon le ton de la couleur, la chaleur est attirée différemment...

Les représentations schématiques du rayonnement réalisées par les élèves sont illustrées ci-dessous : les dessins 1 et 2 montrent que ces élèves ont compris que les rayons lumineux issus de la source de lumière atteignent de la même manière les récipients noir et blanc mais, que la couleur influence le comportement des rayons. Le noir absorbe les rayons, ce qui explique l'échauffement plus important de l'eau, par contre le blanc renvoie les rayons et empêche l'augmentation importante de la température du contenant.

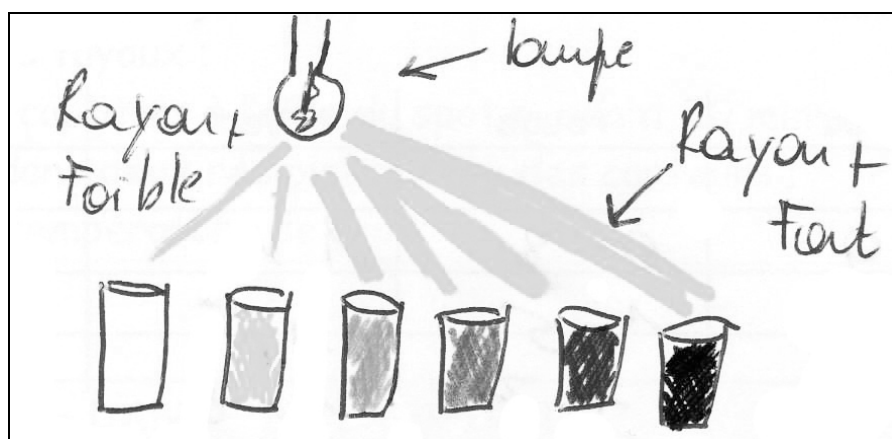


Dessin 1



Dessin 2

Quant au dessin 3, il fait intervenir un raisonnement erroné. Pour l'élève, c'est au départ de la source lumineuse que se fait la différenciation de l'intensité des rayons qui vont atteindre le contenant. Plus la couleur de celui-ci est foncée et plus l'intensité des rayons qui l'atteint est importante. Cet élève justifie son dessin comme suit : « les couleurs claires repoussent la chaleur et les couleurs foncées l'attirent c'est pour cela que le verre noir contiendra l'eau la plus chaude à la fin de l'expérience ». Si on se base sur cet écrit pour se rendre compte de la compréhension du phénomène, on aurait tendance à croire que l'élève a compris le phénomène mis en avant. Or le schéma qu'il a réalisé n'est pas en accord avec ses écrits.



Dessin 3

Ce dernier exemple montre à quel point faire schématiser un phénomène ou dessiner une observation est intéressant pour se rendre compte du niveau réel de compréhension de ce qui est analysé.

S'il est bon de s'éloigner des exercices d'observation inspirés des « leçons de chose » qui ne permettent pas à l'élève d'être acteur parce que l'observation y est étroitement guidée par l'enseignant - et dans lesquels lui seul possède les clés du questionnement et sait où il veut en venir - il faut éviter de tomber dans l'autre piège qui consiste en quelque sorte à « abandonner les élèves ». La consigne idéale aurait été : « afin que l'on puisse comprendre comment la chaleur transportée par les rayons du soleil chauffe l'eau qui circule dans le tuyau du panneau

solaire, observez l'organisation des différentes parties du panneau. Soyez attentif aux contacts qui existent entre ces différentes parties ».

Approche du phénomène de conduction, au secondaire

3.9 Chercher l'information par les expériences à suivre

Dans le cadre de la phase de sensibilisation qui évoquait la hausse jamais égalée du prix du mazout, les élèves avaient émis l'idée de diminuer les pertes de chaleur pour pouvoir diminuer la note de chauffage. L'enseignant a fait un rappel de cette idée afin d'amorcer une démarche allant lui permettre d'aborder la notion de conduction.

Les élèves ont travaillé par groupe et chacun d'eux a réalisé trois expériences en suivant les protocoles distribués. Par la suite, un compte rendu écrit a été rédigé.

Expérience 1 – Les pertes de chaleur

Afin de prendre conscience de l'existence des pertes de chaleur, les élèves, en suivant un protocole distribué par l'enseignant, ont mesuré la diminution de température de l'eau en fonction de la température extérieure.

Les valeurs de températures relevées à intervalles réguliers sont reprises dans un tableau et un graphique est ensuite réalisé. Chaque groupe communique ses résultats et ensemble ils réalisent une première étape de structuration.

Temps	Température			Temps	Température		
	1e	2e	3e		1e	2e	3e
1 min	22°C	15°C	46°C	10 min	22°C	8°C	63,5°C
2 min	22°C	11°C	56°C	11 min	22°C	8°C	61,5°C
3 min	22°C	9°C	60°C	12 min	22°C	8°C	61°C
4 min	22°C	8°C	63°C	13 min	22°C	8,5°C	60°C
5 min	22°C	7°C	64°C	14 min	22°C	8,75°C	59°C
6 min	22°C	7°C	64°C	15 min	22°C	9°C	57°C
7 min	22°C	7°C	64°C				
8 min	22°C	7,5°C	64°C				
9 min	22°C	7,5°C	63°C				

Evolution des températures de trois récipients, placés à température ambiante, et contenant un même volume d'eau dont la température de départ est différente.

Structuration à ce stade

La perte de chaleur, d'un milieu chaud, est d'autant plus élevée que l'écart de température entre les deux milieux est important.



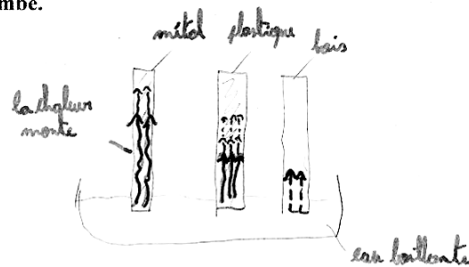
Expérience 2 – La conduction des matériaux

L'existence des pertes de chaleur ayant été mise en évidence, un second protocole est distribué aux élèves afin qu'ils se rendent compte que **la chaleur se dissipe parce qu'elle se propage au sein des matériaux**. Les élèves, en suivant le protocole, comparent le comportement de différents matériaux (bois, plastique et métal) lorsqu'ils sont exposés à la chaleur. Une pièce de 2 cents est collée sur de la cire à l'extrémité de chaque latte tandis que l'autre extrémité de la latte est plongée dans l'eau bouillante. Les élèves mesurent le temps qu'il faut à la pièce pour se détacher de son support.

La structuration de cette expérience est aidée par l'apport d'un document « à compléter par l'élève ». Celui-ci doit envisager ce qui se passe au sein du matériau pour expliquer le fait que la pièce se détache de son support.

Echos des classes

4. Par un dessin, essaye d'imaginer ce qui s'est passé dans cette latte pour que la pièce tombe.



TON DESSIN ILLUSTRE LA CONDUCTION

5. Quel est le meilleur conducteur de chaleur ? Le métal.
 Quel est le mauvais conducteur de chaleur ? Le bois.

La propagation de la chaleur est représentée par des flèches qui illustrent bien le phénomène de conduction.

Les flèches ne sont pas identiques d'un matériau à l'autre. L'élève a donc intégré le fait que la conduction ne se fait pas de la même manière dans tous les matériaux.

Structuration à ce stade

La chaleur fait vibrer les molécules du matériau de proche en proche jusqu'à atteindre l'endroit où se trouve la pièce de monnaie. Sous l'action de la chaleur, la cire fond et la pièce tombe.

La chaleur se propage donc dans les matériaux.

Tous les matériaux ne conduisent pas la chaleur de la même manière.

RECU L METHODOLOGIQUE A PROPOS DES EXPERIENCES CONTRE-INTUITIVES

Les expériences contre-intuitives produisent un résultat inverse ou totalement différent de celui auquel on s'attend avant de mettre l'expérience en action. Lorsque ce type d'expérience intervient à un moment judicieux dans la démarche, il devient un formidable outil pour susciter l'intérêt. Toutefois, il faut que l'expérience proposée soit adaptée au cadre de référence de la classe donc que les élèves possèdent un minimum de connaissances par rapport à la thématique abordée et qu'ils aient une idée du résultat qu'ils vont obtenir. Les expériences contre-intuitives sont donc davantage intéressantes si l'apprenant a la possibilité d'anticiper le résultat de l'expérience avant celle-ci, de se positionner par rapport à l'expérience et donc de questionner ses propres conceptions. La fonction de l'expérience contre-intuitive est de déstabiliser les élèves par rapport à leurs conceptions initiales en même temps que de leur procurer la motivation nécessaire pour poursuivre leur recherche d'informations. Ce premier bouleversement des conceptions de l'élève ne pourra être porteur de changement pour celui-ci que s'il peut répéter de multiples fois ce qu'il vient de tester. Dans ce cadre, il acceptera de tenir compte de ce qu'il vient de découvrir et de revoir sa logique. Comme le dit Giordan⁵, l'apprenant ne « lâche » pas facilement ses conceptions initiales. Ce sont les seuls outils à sa disposition pour comprendre et donner du sens à son environnement, il s'y accroche. Il ne les abandonnera que lorsqu'il en aura perçu les limites opérationnelles. L'apprenant est capable de donner une explication non rationnelle du point de vue scientifique, mais qui l'est tout à fait du point de vue de ses propres conceptions. C'est pourquoi, comme le disent Eastes et Pellaud⁶, il est essentiel d'insister sur l'importance de l'accompagnement par l'enseignant lors de la réalisation des expériences contre-intuitives dans le cadre du questionnement qu'il suscitera, des diverses confrontations qu'il va proposer, de la mobilisation des savoirs antérieurs qu'il pourra suggérer, de l'appel à l'imaginaire et à la créativité qu'il saura initier, des repères qu'il offrira à travers certains concepts. Si l'expérience contre-intuitive remet trop en cause les convictions profondes de l'apprenant sans lui proposer de solution de rechange, elle peut être plus destructrice que formatrice « Alors là, je n'y comprends plus rien du tout ... »

⁵ * Giordan A. *L'expérience contre-intuitive. Un outil au service de l'apprendre ? Cahiers pédagogiques*, n° 443, mai 2006.

⁶ ** Eastes R.E. et Pellaud F. *Un outil pour apprendre: l'expérience contre-intuitive. Annexe de l'article paru dans le Bulletin de l'Union des Physiciens «Spécial Didactique»*. Juillet, Août, Septembre 2004.

3.10 Chercher l'information par l'expérience à suivre

L'observation des résultats de l'expérience a permis aux élèves de se rendre compte que tous les matériaux ne conduisent pas la chaleur de la même manière. Afin de permettre à l'élève d'accéder à la compréhension du concept «matériau isolant ou conducteur» l'enseignant va faire vivre à ses élèves une expérience contre-intuitive.

Afin de « ressentir » cette conduction différentielle : les élèves touchent différents matériaux (verre, métal, frigolite, laine, bois, plastique...) et expriment leurs sensations de « chaud et de froid ». Ils classent selon leur perception les différents matériaux.

Ils pensent tous qu'il existe une différence de température entre les objets dits « chauds » et « froids ». La consigne est alors de trouver un moyen pour vérifier cette différence... *Utiliser un thermomètre disent certains !...*



Incroyable, ils sont tous à la même température !

L'étonnement des élèves par rapport aux résultats obtenus est source de discussion et la phase de structuration se construit spontanément suite à l'envie qu'ils ont de comprendre ce qu'ils viennent de vivre.

Structuration à ce stade

*Une matière nous semble froide parce qu'elle nous prend de la chaleur. **Elle est bonne conductrice de chaleur donc elle sera un mauvais isolant** comme le verre ou le métal. Une matière nous semble chaude parce qu'elle ne nous prend pas notre chaleur, **elle est mauvaise conductrice de chaleur donc elle sera un bon isolant** comme la frigolite, la laine, le bois. Ces matériaux sont tous à la même température, la température de la pièce.*

Après avoir défini la notion de matériaux isolant et conducteur, l'enseignant revient au questionnement des élèves qui avait fait suite à la phase de sensibilisation. Comment limiter les pertes de chaleur ? En isolant mieux ?

3.11 Chercher l'information par l'expérience à concevoir

L'expérience à concevoir oblige l'élève à se concentrer sur la rédaction d'un protocole expérimental qui va lui permettre d'apporter une réponse à la question de départ ou à l'hypothèse posée. C'est une activité qui oblige les élèves à envisager simultanément de nombreux paramètres et à n'en faire varier qu'un seul à la fois pour permettre la comparaison des résultats.

Les élèves répartis par groupe ont réfléchi à la question de départ «comment limiter les pertes de chaleur d'un milieu?».

Après discussion et mise en commun des idées, deux hypothèses ont émergé et ont été testées chacune par deux groupes. Certains se sont intéressés à déterminer si certaines matières sont de meilleurs isolants que d'autres et les deux autres groupes devaient prouver qu'utiliser un isolant limitait effectivement les pertes de chaleur.

Par groupe, les élèves ont réfléchi à une procédure expérimentale qui était en adéquation avec l'hypothèse de départ. Pendant ce moment, les enseignants circulaient de groupe en groupe pour évaluer le réalisme du projet et le recadrer :

- vérifier que l'expérience proposée correspond bien à l'hypothèse;
- simplifier l'investissement matériel;
- vérifier le contrôle des variables;
- vérifier que le moyen d'obtenir un résultat chiffré est prévu;
- exprimer leurs attentes quant à la conclusion qu'ils vont pouvoir tirer de leurs résultats.

Dans cette classe de 2^e secondaire, les élèves n'avaient jamais eu l'occasion de devoir par eux-mêmes imaginer une expérience qui confirmerait ou infirmerait une hypothèse. Ils ont apprécié cette consigne et se sont réellement mobilisés dans le travail. Les enseignants ont souligné la richesse de ce moment d'apprentissage et ont exprimé leur étonnement quant à la motivation suscitée.

C'est bien lors de ces « expériences à concevoir » que l'élève est confronté à l'exercice d'une réelle attitude scientifique. Bien que cette manière de travailler soit plus « coûteuse » en temps, il serait intéressant de prévoir deux ou trois moments d'apprentissage pour exercer ce savoir-faire « concevoir un protocole », si rarement, voire jamais, travaillé durant l'année scolaire.

Les résultats obtenus par les différents groupes ont permis d'aboutir à la structuration suivante :

Structuration à ce stade

Certaines matières comme l'ouate, le liège, la laine de verre limitent les pertes de chaleur. Parmi ces matières, certaines isolent mieux que d'autres.

Les pertes de chaleur peuvent donc être réduites en utilisant certaines matières pour isoler les murs et plafonds des habitations.

Echos des classes

Dialogue élève-enseignante

Elève : Nous allons mettre de l'isolant autour d'une boîte et pas d'isolant autour de la deuxième boîte et nous allons vérifier l'augmentation de la température dans la boîte avec isolant »

Enseignante : « La température va augmenter ? »





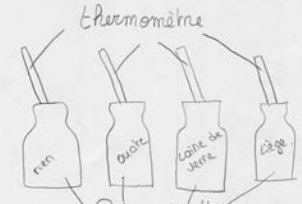
Elève : !!! « ah oui ! il faut chauffer »

Enseignante : « Et donc on mesure... »

Elève : « Les pertes de chaleur dans les deux boîtes »



La première idée de l'élève révèle la persistance des préconceptions concernant le fait qu'un isolant peut donner la chaleur (« le pull donne chaud »). Le transfert des notions fraîchement travaillées au début de la séquence n'est pas encore automatique dans cette nouvelle situation concrète. Toutefois, la compréhension de l'erreur a été rapide. La manipulation qui va découler de leur raisonnement nous semble primordiale pour un changement effectif de la conception de l'élève.

	<p>Voici la piste de recherche que nous voulons tester:</p> <p>Nous voulons tester que... Montrer par une expérience que certaines matières sont de meilleurs isolants thermiques que d'autres.</p>										
	<p>Pour réaliser cette expérience, nous avons besoin du matériel suivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 bocaux - laine de verre - liège - ouate - sondes (4) - eau chaude - boules électriques 		<p>Voici les résultats que nous avons obtenus: Au départ l'eau était à 72°</p> <p>Après 5 min, nous obtenons:</p> <table border="0"> <tr> <td>pot seul: 64°</td> <td>pot avec laine de verre: 74°</td> </tr> <tr> <td>pot avec ouate: 74°</td> <td>pot avec liège: 63°</td> </tr> </table> <p>Après 10 min, nous obtenons:</p> <table border="0"> <tr> <td>pot seul: 57°</td> <td>pot avec laine de verre: 69°</td> </tr> <tr> <td>pot avec ouate: 70°</td> <td>pot avec liège: 58°</td> </tr> </table>	pot seul: 64°	pot avec laine de verre: 74°	pot avec ouate: 74°	pot avec liège: 63°	pot seul: 57°	pot avec laine de verre: 69°	pot avec ouate: 70°	pot avec liège: 58°
pot seul: 64°	pot avec laine de verre: 74°										
pot avec ouate: 74°	pot avec liège: 63°										
pot seul: 57°	pot avec laine de verre: 69°										
pot avec ouate: 70°	pot avec liège: 58°										
	<p>Voici comment nous allons procéder: (schémas et/ou récit)</p> <p style="text-align: center;">Thermomètre</p>  <p style="text-align: center;">Pot rempli d'eau</p> <p>Voici les conclusions des différents groupes: (voir verso)</p> <p>L'ouate est le meilleur isolant que la laine de verre qui est plus isolante que la liège qui est plus isolant que le lin sans rien.</p>										

Une leçon a été consacrée à la réalisation du protocole et une deuxième à la mise en œuvre de leur démarche. Les élèves se sont fortement impliqués et ont montré un investissement sincère dans l'apport du matériel nécessaire à la réalisation de leur projet. Lors de cette seconde séance, les élèves se sont mis directement au travail sans même attendre les consignes de début de cours.

Cette attitude montre que l'autonomie, l'investissement et la motivation des élèves sont fortement liés au caractère personnel du projet. Par ces observations et les discussions qui ont suivi, les élèves ont pris conscience que bien isoler la maison est un moyen sûr de faire des économies. Mais aussi, qu'opter pour une bonne isolation et bien choisir ses matériaux sera surtout une garantie de développement durable qui aura une répercussion inestimable pour notre environnement.

RECU THEORIQUE POUR L'ENSEIGNANT – LES ISOLANTS ET LEURS QUALITES

Les molécules qui constituent les matières reçoivent et transmettent l'énergie aux molécules voisines par contact. Toutes les matières n'étant pas constituées des mêmes molécules, elles ne transmettent pas l'énergie de la même façon. Certains, comme les métaux, sont de bons conducteurs thermiques. D'autres, comme le bois ou les matières synthétiques, sont de médiocres conducteurs.

Différents paramètres caractérisent la qualité d'un isolant thermique comme le facteur de conductivité thermique qui indique la quantité de chaleur qui se propage en 1 seconde, à travers 1 m² d'un matériau, épais d'un 1 m, lorsque la différence de température entre les deux faces est de 1°C. Comme son nom l'indique ce facteur ne tient compte que du transfert de chaleur par conduction. Voici la valeur moyenne de la conductivité thermique de quelques matériaux : l'air 0,026 – l'eau 0,6 – la laine de mouton 0,035 – la fibre de bois 0,05 – le lin 0,04 - la laine de verre 0,047.

⁷ Isoler la maison, préserver la nature. P.Wagelmans. Les cahiers bioconstruction. Nature et Progrès Belgique.

4. Structurer l'information

Pour structurer les acquis concernant les modes de propagation de la chaleur, l'enseignant a repris le schéma illustrant le circuit d'eau domestique dans lequel était intégré un panneau solaire et a distribué, par groupe, un capteur solaire. Celui-ci a alors été utilisé comme application à la compréhension des phénomènes de rayonnement, conduction et convection.

Les élèves ont été chargés d'observer et de dessiner le panneau solaire, en respectant les consignes précises de l'enseignant telles que :

- observer la face et le profil du panneau solaire pour identifier les contacts existant entre les différents éléments composants le panneau solaire
- dessiner le profil du panneau en respectant précisément sa structure et l'assemblage des différentes pièces
- identifier sur le dessin comment la chaleur se propage et quels sont les différents modes qui permettent au liquide caloporteur de s'échauffer.

Cette démarche a permis aux élèves du primaire et du secondaire d'aborder le phénomène de la propagation de la chaleur, tout en exerçant de multiples savoir-faire. Elle a aussi permis aux élèves de se questionner sur le réel qui les concerne et de pouvoir envisager de multiples moyens pour chercher des réponses à leur questionnement.