

Evaluation externe en 5e année de l'enseignement primaire

Pistes didactiques

Éveil – initiation scientifique

Dossier pour les enseignants

Avril 2002

**Ministère de la Communauté française,
Service général des Affaires générales, de la Recherche en éducation
et du Pilotage interréseaux**

Ce document a été préparé par le comité d'accompagnement de l'évaluation externe en éveil-initiation scientifique composé de :

Mesdames Isabelle DEMONTY et Annick FAGNANT, chercheuses au Service de Pédagogie Expérimentale de l'Université de Liège, qui ont rédigé le texte,

Monsieur Sandro MARTEGANI, professeur honoraire de la Faculté des sciences de l'UCL, qui a mis au point les expériences sur l'électricité et l'évaporation de l'eau décrites dans ce document,

Monsieur Philippe DELFOSSE, Inspecteur de sciences, géographie et sciences sociales pour le 1er degré de l'enseignement secondaire de la Communauté française,

Mesdames Christine GEURDEN (Enseignement officiel subventionné), Anne WILMOT (Enseignement libre subventionné), Ghislaine HAAS-GAZON (Enseignement de la Communauté française),

Madame Chantal FREDERICQ, Inspectrice cantonale, Monsieur Michel DERACHE, Inspecteur cantonal, Monsieur Pol COLLIGNON, Inspecteur coordonnateur de l'enseignement fondamental organisé par la Communauté française, Monsieur André CHARLIER, Inspecteur de l'enseignement primaire organisé par la Communauté française,

Mesdames Martine HERPHELIN, Directrice générale adjointe, Fanny CONSTANT, Attachée à la Direction de la Recherche en Education et du Pilotage interréseaux

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	4
Quelques constats issus de l'épreuve externe	4
Propositions didactiques	4
a) <i>L'expérimentation réalisée par les enfants</i>	4
• L'électricité.....	5
• L'évaporation de l'eau.....	5
b) <i>L'exploitation des conceptions des enfants</i>	5
• La respiration.....	6
La démarche par énigmes scientifiques	6
PREMIERE PARTIE : L'EXPERIMENTATION REALISEE PAR LES ENFANTS	9
1. Première séquence d'apprentissage : l'électricité	9
1.1. <i>Bref aperçu de la séquence</i>	9
1.2. <i>Le matériel nécessaire</i>	10
1.3. <i>Quelques rappels d'informations scientifiques pour les enseignants</i>	11
1.4. <i>Description de la séquence</i>	14
1.5. <i>Quelques expériences pour illustrer l'électricité</i>	18
2. Deuxième séquence d'apprentissage : l'évaporation de l'eau	28
2.1. <i>Bref aperçu de la séquence</i>	28
2.2. <i>Le matériel nécessaire</i>	28
2.3. <i>Quelques rappels d'informations scientifiques pour les enseignants</i>	29
2.4. <i>Description de la séquence</i>	31
DEUXIEME PARTIE : L'EXPLOITATION DES CONCEPTIONS DES ENFANTS	39
3. Troisième séquence d'apprentissage : la respiration	39
3.1. <i>Bref aperçu de la séquence</i>	39
3.2. <i>Les supports proposés</i>	40
3.3. <i>Quelques rappels d'informations scientifiques pour les enseignants</i>	41
3.4. <i>Description de la séquence</i>	45
QUELQUES REFERENCES EN EVEIL-INITIATION SCIENTIFIQUE	5

Introduction

Quelques constats issus de l'épreuve externe

L'épreuve d'évaluation externe en éveil-initiation scientifique, organisée dans les classes de cinquième année primaire en octobre 2001, était centrée sur l'évaluation de quelques compétences en sciences. Elle articulait dix des savoir-faire essentiels avec les quatre domaines de savoir à certifier à 12 ans. L'analyse des réponses d'un échantillon d'élèves de cinquième année a permis de dégager quelques tendances en regard des compétences évaluées.

Rappelons-les brièvement.

- 1) Les savoirs spécifiques envisagés dans le test ne sont pas encore maîtrisés par les enfants à ce stade de leur scolarité. Les pourcentages de réussite, assez faibles, ne reflètent pourtant pas la richesse des productions des enfants : les réponses à quelques questions mettent en évidence **la grande variété de leurs conceptions spontanées**.
- 2) Les questions portant sur la réalisation d'une expérience sur l'électricité statique s'avèrent particulièrement bien réussies. Une hypothèse explicative de ce taux important de réponses correctes pourrait être **l'apport positif de l'expérimentation réalisée par les enfants**.
- 3) En ce qui concerne la lecture de documents à caractère scientifique (texte, schéma, croquis, graphique), les questions portant sur la restitution d'une information explicitement mentionnée sont nettement mieux réussies que celles requérant une déduction ou une interprétation des données fournies.
- 4) Le classement d'éléments dans une optique scientifique laisse apparaître des faiblesses dans l'énonciation des critères de classement.
- 5) Quelques difficultés apparaissent également dans le domaine de l'argumentation : celle-ci est trop souvent basée sur des conceptions personnelles plutôt que sur des données scientifiques.

Ces tendances amènent à proposer quelques pistes didactiques qui s'inscrivent dans le prolongement direct des points forts et des difficultés relevés par l'évaluation. Deux sujets ont retenu notre attention :

- l'expérimentation réalisée par les enfants ;
- l'exploitation des conceptions initiales des enfants.

Propositions didactiques

a) L'expérimentation réalisée par les enfants

Un questionnaire d'avis, destiné aux enseignants de l'échantillon, a permis de mettre en évidence deux informations dont il est indispensable de tenir compte afin que les pistes puissent réellement être exploitées dans les classes.

- Très souvent, seule la classe, sans aménagement particulier, est destinée à l'apprentissage des sciences. Les élèves n'ont donc que très rarement accès à un local spécifique pour réaliser des expériences.

- Un tiers des enseignants interrogés déclarent qu'ils ne disposent pas de matériel particulier pour l'enseignement des sciences. Pour les autres, les éléments les plus souvent cités sont la balance, le thermomètre, la loupe et le chronomètre.

Tenant compte de ces constats, les deux séquences d'apprentissage proposées pourront être menées au sein même de la classe et à l'aide d'un matériel rudimentaire. Elles se rapportent à deux domaines du savoir : d'une part, l'électricité et d'autre part, les facteurs influençant la vitesse d'évaporation de l'eau.

L'électricité

Les résultats des élèves dans le domaine de l'électricité ont mis en évidence des difficultés dans l'analyse des montages électriques proposés (question 28) et dans la distinction entre bons et mauvais conducteurs d'électricité (question 29). Par ailleurs, environ deux tiers des enseignants interrogés estiment qu'ils ne disposent pas de méthodologies appropriées pour enseigner ce domaine du savoir.

Amener les enfants à construire eux-mêmes des circuits électriques et à les schématiser permet de proposer des pistes méthodologiques qui visent explicitement à développer quelques compétences peu maîtrisées au début de la cinquième année dans ce domaine du savoir : d'abord, **la lecture de schémas**, ensuite **le classement d'éléments** dans les catégories de bons et mauvais conducteurs d'électricité et, dans ce contexte, **la nécessité de définir des critères orientant le classement** ; enfin, **l'argumentation scientifique** visant à justifier, en référence à des résultats d'expériences, la pertinence des critères de classement élaborés.

L'évaporation de l'eau

Plusieurs questions portant sur deux facteurs influençant la vitesse d'évaporation de l'eau ont été soumises aux élèves sur la base de la lecture d'une bande dessinée présentant une expérience (voir questions 14 à 21). Un fait très marquant se dégage de l'analyse réalisée : toutes les questions relatives à la température sont systématiquement mieux réussies que celles concernant la surface de contact.

Proposer aux enfants de réaliser une expérimentation amenant à combiner les deux paramètres (température et surface de contact) pourrait permettre de mieux leur faire comprendre ce second facteur influençant la vitesse d'évaporation de l'eau. Par ailleurs, la méthodologie mise en place envisage deux compétences peu maîtrisées en début de cinquième année : **la lecture de documents scientifiques**, à travers l'élaboration de tableaux et de graphiques, ainsi que **la validation de résultats** en référence à des constats découlant d'expériences scientifiques dans le domaine du savoir envisagé (et non sur la base de conceptions personnelles des élèves).

b) L'exploitation des conceptions des enfants

Elaborer des séquences d'apprentissage au départ des représentations initiales des enfants permet de remettre en question ces dernières afin de construire une connaissance plus approfondie du phénomène étudié. Selon Giordan (1996)¹, enseigner sans tenir compte des

¹ A. GIORDAN *Les conceptions de l'apprenant. Un tremplin pour l'apprentissage*. In J.-C. RUANO-BORBALAN, *Eduquer et former*. Auxerre : Sciences Humaines, 1996, pp. 209-216.

représentations mentales des enfants contribue à maintenir des représentations erronées. C'est également prendre le risque que les nouveaux apprentissages n'aboutissent pas aux résultats escomptés.

La respiration

La question 9 de l'épreuve externe envisageait les échanges gazeux : pourquoi l'air inspiré est-il différent de l'air expiré ? Comme l'avaient anticipé les enseignants (89% d'entre eux l'avaient jugée trop difficile pour un début de 5e année), cette question était très complexe et seuls 5% des enfants ont formulé la réponse correcte attendue.

D'un point de vue didactique, on peut interpréter autrement ces résultats. Une analyse détaillée des productions des enfants montre qu'ils ont un avis sur le phénomène et laisse percevoir une grande variété dans leurs représentations. En ce sens, les conceptions développées par les enfants pour tenter de répondre à ce type d'interrogation peuvent constituer un point de départ riche pour une séquence d'apprentissage.

Elaborée sur la base d'une grille d'analyse des conceptions des enfants, la séquence sur la respiration développe principalement deux compétences : **la lecture de documents scientifiques** ainsi que **l'argumentation scientifique**.

La démarche par énigmes scientifiques

Outre le développement de compétences peu maîtrisées au début de la cinquième année, les pistes didactiques proposées dans ce document envisagent la mise en œuvre de la démarche scientifique. Rappelons brièvement les éléments clés de ce processus.

La construction, par les élèves, de leurs savoirs et de leurs savoir-faire constitue l'élément fondateur de la démarche scientifique. Cette dernière présente l'intérêt majeur de mettre en œuvre des démarches intellectuelles de haut niveau et de favoriser le développement de nombreuses compétences définies dans le document "Socles de compétences"². *En partant d'une énigme à résoudre, la méthode proposée motive les élèves, intègre leurs acquis antérieurs (les élèves ne sont pas vierges de toute connaissance lorsqu'ils abordent un nouveau cours), favorise les recherches en équipe et l'interdisciplinarité et s'ouvre à de nouvelles recherches (Delfosse, 1999, p. 1)*³

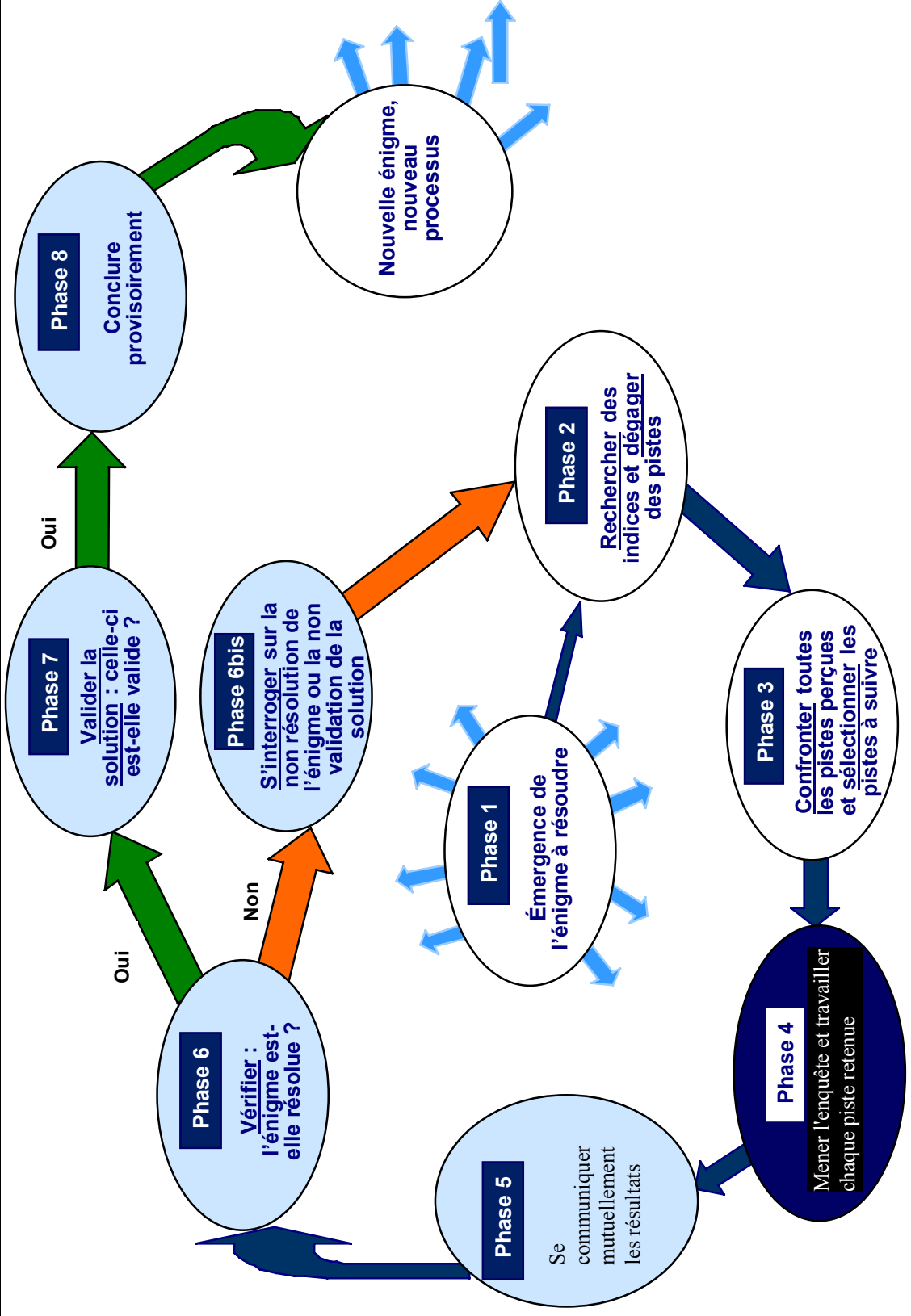
Le schéma présenté à la page suivante a été développé par Delfosse (1999)⁴ ; le processus de résolution d'une énigme scientifique comprend trois moments importants qui sont constitués de plusieurs phases. Toutes les phases ont leur importance mais elles ne doivent pas nécessairement être développées dans chaque séquence d'apprentissage.

² Ministère de la Communauté française, Socles de compétences - Enseignement fondamental et premier degré de l'enseignement secondaire, 1999.

³ Ph. DELFOSSE. *Une démarche pour l'apprentissage des sciences*. Ministère de l'éducation, 1999.

⁴ *Ibidem*.

Mise en place d'une démarche scientifique :



Premier moment : la rencontre avec une réalité complexe

1. Première phase : émergence de l'énigme à résoudre

Au départ notamment d'une observation, d'une expérience attrayante, d'une réflexion d'un élève, la classe va se poser des questions qui peuvent aboutir à la formulation d'une énigme scientifique.

2. Deuxième phase : rechercher des indices et dégager des pistes

Les élèves explorent la situation et émettent toutes les idées qui leur viennent à l'esprit : questions, suppositions, affirmations hypothèses, ...

3. Troisième phase : confronter toutes les pistes perçues et sélectionner les pistes à suivre

Les réflexions concernant le choix des pistes à explorer s'opèrent en fonction de critères objectifs et négociés avec les élèves.

Deuxième moment : l'investigation des pistes retenues

4. Quatrième phase : mener l'enquête et travailler chaque piste retenue

Il s'agit de privilégier les démarches qui confrontent directement l'enfant à la réalité (observation, manipulation, expérimentation, ...). Les élèves peuvent également avoir recours à l'exploitation de documents scientifiques, à l'interview de personnes ressources, à la simulation, ...

Troisième moment : la structuration des résultats et la conclusion

5. Cinquième phase : se communiquer mutuellement les résultats

Ce moment est important parce que le processus de recherche doit déboucher, non seulement, sur une meilleure compréhension du phénomène étudié, mais aussi, sur la maîtrise de compétences et de nouvelles connaissances.

6. Sixième phase et sixième phase bis: vérifier si l'énigme est résolue et s'interroger sur la non validation des résultats

La synthèse des résultats est mise en relation avec l'énigme de départ afin de vérifier si celle-ci est résolue. Il s'agit à ce moment de mener une réflexion critique par rapport à la solution proposée : est-elle reproductible et fiable ? En cas de non résolution de l'énigme, on pourra s'interroger sur la pertinence de la démarche, rechercher d'autres indices et d'autres pistes à explorer, ...

7. Septième et huitième phases : valider la solution et conclure provisoirement

L'attitude de réflexion critique est à ce moment primordiale : la solution est-elle compatible avec les lois et principes existants ? Ce n'est qu'après cette réflexion que la solution peut être confirmée ou infirmée. Il devient alors possible d'élaborer une conclusion générale. Il s'agit là d'un travail de mise en relation et de structuration progressives des savoirs et des savoir-faire : rassembler les nouveaux acquis, clarifier les notions et les concepts rencontrés et intégrer ces derniers aux connaissances déjà acquises par les élèves. Dans un tel processus continu de recherche et d'élaboration de savoirs, la conclusion apportée a toujours un statut provisoire ; elle constitue également une ouverture vers de nouvelles recherches...

Première partie : l'expérimentation réalisée par les élèves

1. Première séquence d'apprentissage *L'électricité*

1.1. Bref aperçu de la séquence

Trois notions de base en électricité sont introduites :

- notion de contact électrique ;
- notion de circuits ouverts et fermés ;
- notion de bons et mauvais conducteurs d'électricité.

Ces trois notions interviennent dans le fonctionnement d'un jeu appelé "électro". Celui-ci consiste à réaliser des associations entre deux éléments, à l'aide d'un dispositif électrique (circuit électrique simple, composé d'une ampoule, d'une pile, de fils électriques et de papier aluminium, par exemple). L'ampoule s'allume lorsque l'association réalisée est correcte. Elle reste éteinte dans le cas contraire. Faire construire un tel jeu par les enfants pourrait donc permettre de donner sens à ces diverses notions. De plus, cette activité permet également d'envisager des compétences relatives à l'éducation à la technologie.

Huit savoir-faire du référentiel "Socles de compétences" sont principalement envisagés.

- Formuler des questions à partir de l'observation d'un phénomène, d'une information médiatisée, d'un événement fortuit ... pour préciser une énigme à résoudre.
- L'énigme étant posée, rechercher et identifier des indices susceptibles d'influencer la situation.
- Construire un dispositif expérimental simple.
- Recueillir des informations par des observations qualitatives en utilisant ses cinq sens et par des observations quantitatives.
- Schématiser une situation expérimentale.
- Repérer et noter correctement une information issue d'un schéma.
- Comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique.
- Valider les résultats d'une recherche.

La séquence s'organise en trois étapes.

Etape 1 : Enigme de départ

La séquence débute par la présentation et l'observation du jeu "électro". Une discussion concernant le fonctionnement de ce jeu permet aux enfants de formuler leurs conceptions au sujet du circuit électrique simple, des bons et mauvais conducteurs d'électricité.

Etape 2 : Quelques défis à relever pour approfondir les notions intervenant dans le jeu "électro"

Différentes expériences, présentées sous la forme de petits défis à réaliser en groupes, visent à développer, dans des situations simples, les différentes notions à aborder. Les solutions apportées à chacun des défis devront être présentées sous la forme d'un schéma qui sera analysé avec l'ensemble de la classe.

Etape 3 : Construction du jeu "électro"

La séquence se termine par la construction effective d'un jeu "électro".


La schématisation sera envisagée à différentes reprises :

- une première fois sur la base de l'observation du jeu "électro" ;
- à de multiples reprises au travers des défis : des synthèses partielles réalisées sur la base de la confrontation de plusieurs schémas permettront aux enfants d'affiner progressivement leurs productions. Par exemple, dans un premier temps, les schémas seront très réalistes : la synthèse portera alors sur le caractère correct du dessin. Ensuite, après les deuxième et troisième défis, on pourra s'attacher à simplifier au maximum les schémas des enfants afin qu'ils prennent vraiment la forme de schémas scientifiques ;
- une dernière fois sur la base du jeu "électro" : les enfants retravailleront alors le schéma qu'ils avaient proposé initialement.


1.2. Le matériel nécessaire

Pour chaque groupe d'enfants, il faut prévoir le matériel suivant :

- une pile plate de 4,5 volts ;
- une ampoule à vis d'au moins 3,75 volts ;

 *Le voltage de l'ampoule doit être le plus proche possible de celui de la pile. Si la différence est trop importante, l'ampoule risque de ne pas s'allumer (ou très faiblement) ou de surchauffer (dans ce cas, le filament va se rompre rapidement) ;*

- trois fils électriques souples (environ 20 cm chacun) ;
- une paire de ciseaux ou un petit couteau pour dénuder les extrémités des fils électriques.

 *Pour faciliter les manipulations, la longueur dénudée peut être assez importante (par exemple 4 ou 5 cm). Cela permet de réaliser des boucles dans lesquelles les lamelles de la pile pourront être glissées ou d'enrouler chaque fil à une lamelle. De telles fixations sont plus résistantes aux chocs survenant lors des manipulations réalisées par les enfants ;*

- une douille électrique adaptée à l'ampoule ;
- différents objets constitués de matériaux conducteurs et isolants (par exemple : ficelle, mine de crayon ou de porte-mine, craie, compas, pièce de monnaie, gomme, couverts, ...) ;
- du papier aluminium ;
- de la colle ;
- du papier collant.

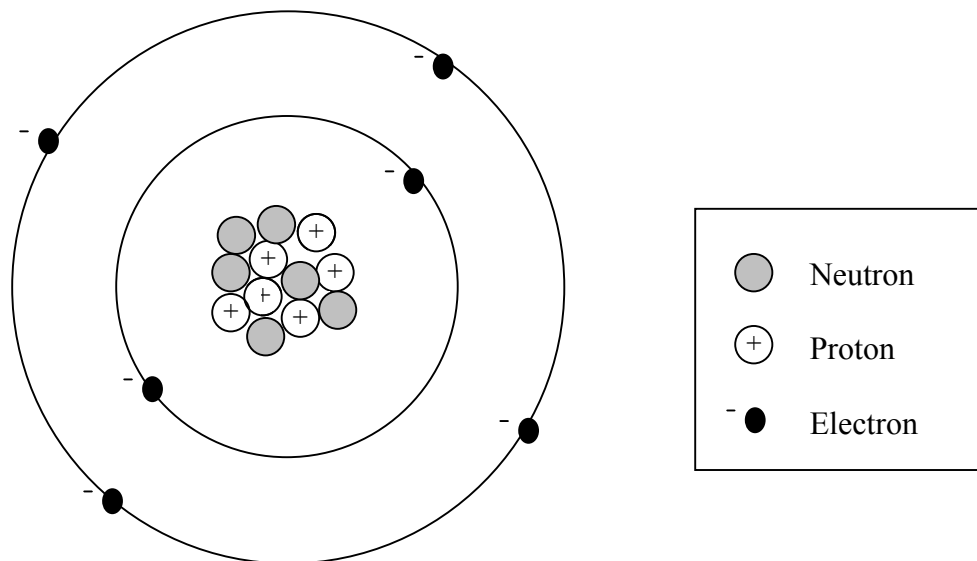
1.3. Quelques rappels⁵ d'informations scientifiques et techniques⁶ pour les enseignants

L'électricité⁷

L'électricité peut être définie comme l'ensemble des phénomènes causés par les charges. Ainsi, toute matière comporte des charges qui sont de deux types : les charges positives et les charges négatives. Les charges de signes contraires s'attirent et celles de même signe se repoussent. Lorsqu'une matière possède autant de charges positives que négatives, il s'agit d'un corps neutre. A l'inverse, s'il n'y a pas d'équilibre entre le nombre de charges positives et négatives, le corps devient chargé : il acquiert alors des propriétés attractives ou répulsives et entre en interaction avec les corps chargés ou non chargés qui l'entourent.

La bonne compréhension des phénomènes électriques ne peut s'envisager qu'à l'échelle atomique. Au centre de chaque atome, se trouve le noyau composé de particules chargées positivement, les protons, et de particules neutres, les neutrons. Autour de ce noyau, tournent des particules chargées négativement : ce sont les électrons. Protons et électrons s'attirent, ce qui maintient ces derniers à proximité du noyau. Cependant, les électrons les plus faiblement liés au noyau sont susceptibles de se détacher de l'atome et de se déplacer dans la matière, en passant d'un atome à l'autre. Ce déplacement des charges correspond au phénomène d'électricité.

Structure d'un atome de carbone 12 (composé de six protons, six neutrons et six électrons)



⁵ Lors de l'épreuve d'éveil-initiation scientifique, la moitié des enseignants dont les classes font partie de l'échantillon ont exprimé qu'ils éprouvaient quelques difficultés dans la maîtrise de ce savoir. Les quelques rappels proposés ici visent à fournir une aide en ce sens. Précisons également que ces notions dépassent largement les savoirs à aborder en classe avec les élèves.

⁶ Ces informations ont été rédigées sur la base des documents suivants.

- Site « La main à la pâte » (<http://www.inrp.fr/lamap>).
- *Tournesol, Sciences et Technologies*. Le livre de l'enseignant. Cycle 3, niveau 1, CE2. Paris : Hatier, 1996.
- *Sciences et Technologies*. Guide pédagogique. Cycle 3, niveaux 2 et 3. Nathan, 1997.
- *Copain des Sciences*. Le guide des scientifiques en herbe. Milan, 1999.

⁷ Pour illustrer très concrètement ces notions fondamentales relatives à l'électricité, des expériences, réalisables avec un matériel très rudimentaire, sont proposées aux pages 18 à 27 du présent document (voir point 1.5.).

L'électricité statique (ou électrostatique) correspond aux phénomènes relatifs à l'interaction des charges en équilibre, contrairement à l'électrocinétique qui envisage les phénomènes relatifs aux charges en mouvement dans un circuit électrique.

Le courant électrique

Le courant électrique correspond à un déplacement global d'électrons au sein d'un corps. Ce déplacement se réalise en reliant par deux fils les deux bornes d'un générateur électrique. La pile, inventée par Alessandro Volta en 1800, est la première source d'électricité qui permet à un courant électrique de circuler de manière continue. Son nom provient de sa structure correspondant, à l'origine, à un empilement régulier de disques de cuivre et de zinc (appelés électrodes), séparés par des rondelles de feutre en solution acidulée (cette solution est appelée l'électrolyte). Peu après, d'autres piles ont été inventées (Daniell, Leclanché, ...).

Circuit ouvert et circuit fermé

Pour que le courant électrique puisse circuler dans un circuit, il est nécessaire que celui-ci forme une boucle fermée qui comprend le générateur (par exemple la pile) et différents objets conducteurs de courant (fils électriques, ampoules, ...). Un tel circuit est appelé « circuit fermé ». A l'inverse, lorsque la boucle n'est pas bouclée (par exemple lorsqu'un fil est mal raccordé ou lorsque le filament de l'ampoule est rompu), le courant ne peut circuler et le circuit est alors appelé « circuit ouvert ».

Dans le cas de la pile, le courant d'électrons circule dans un sens bien déterminé : du négatif au positif⁸. Cependant, les expériences proposées dans cette séquence ne permettent pas de déterminer le sens du courant. L'électricité est invisible : on ne constate que ses effets (la lampe s'allume ou non). A travers la séquence d'apprentissage, les enfants pourront comprendre que le courant circule en boucle à travers les fils électriques, l'ampoule et la pile.

Bons et mauvais conducteurs de courant électrique

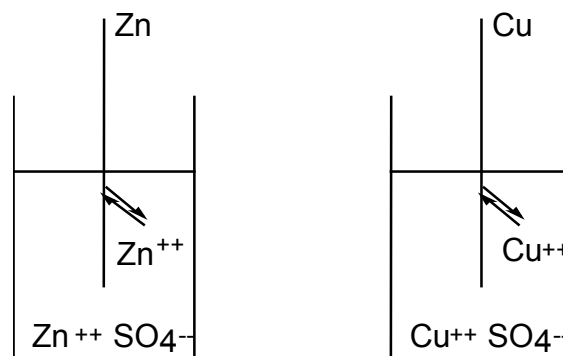
Il existe des matériaux qui laissent passer le courant mieux que d'autres. Ceux à travers lesquels le courant électrique circule bien sont appelés bons conducteurs d'électricité. Il s'agit essentiellement des métaux : dans ces matériaux, les électrons peuvent se déplacer facilement d'un atome à l'autre pour engendrer le courant électrique. A l'inverse, ceux qui conduisent beaucoup moins bien le courant électrique sont appelés mauvais conducteurs ou isolants. Dans ces matériaux, les électrons sont fortement liés aux atomes et/ou molécules auxquels ils appartiennent et ne peuvent donc pratiquement pas se déplacer.

Lorsque l'on crée un circuit électrique avec une pile, une ampoule, des fils électriques et par exemple un morceau de plastique, on constate que l'ampoule ne s'allume pas alors que le circuit est fermé. Le courant électrique ne pourra donc pas passer dans un circuit électrique fermé comportant un mauvais conducteur d'électricité.

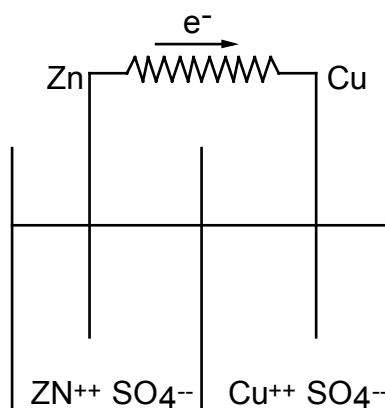
⁸ Dans le cas de la pile, le sens de circulation des électrons est contraire au sens conventionnel du courant électrique, qui, lui, a été déterminé de façon arbitraire (du positif vers le négatif : ce dernier correspondrait alors à un déplacement de charges positives) bien avant l'explication atomique du phénomène.

Pour en savoir plus sur le fonctionnement de la pile⁹

La pile la plus simple à réaliser est celle inventée par Daniell. Elle comporte une lame de zinc dans une solution de sulfate de zinc et une lame de cuivre dans une solution de sulfate de cuivre. Ces deux solutions sont séparées par une paroi poreuse qui les amène au même potentiel tout en évitant qu'elles se mélangent. Décrivons brièvement le fonctionnement de cette pile. Les réactions chimiques entre les électrodes de zinc et de cuivre et les solutions de sulfate de zinc et de cuivre (électrolytes) donnent naissance à l'électricité : l'électrode de zinc se dissout dans la solution de sulfate de zinc sous forme d'ions Zn^{++} , en laissant deux électrons sur l'électrode métallique. Le phénomène se poursuit jusqu'au moment où on arrive à un équilibre entre le zinc qui passe en solution et celui qui fait retour sur la lame. Pour le cuivre, le processus est similaire mais la concentration en électrons est beaucoup plus faible lorsque l'on atteint l'équilibre.



A ce moment, lorsqu'on réunit les deux électrodes par un fil conducteur de courant électrique, les électrons excédentaires de zinc se dirigent vers l'électrode de cuivre. Ils vont alors s'associer aux ions de cuivre qu'ils feront revenir sur l'électrode métallique en formant du cuivre ($Cu^{++} + 2 e \rightarrow Cu$). Le Zinc, quant à lui, va continuer à se dissoudre en formant des électrons ($Zn \rightarrow Zn^{++} + 2 e$). Le courant circulera jusqu'à ce qu'il y ait encore du zinc à dissoudre et des ions Cu^{++} qui se déplacent sur l'électrode de cuivre.




⁹ Le fonctionnement de la pile est un phénomène complexe, nécessitant la prise en compte de réactions chimiques. L'explication est donc proposée ici à titre purement informatif.


1.4. Description de la séquence

Etape 1 : Enigme de départ

- Présenter aux enfants un jeu "électro". Si vous ne disposez pas de ce jeu, une fiche vous permettant de le construire vous-même est présentée à la page 17 du présent document.
- Demander à un enfant de faire fonctionner le jeu et observer le phénomène avec l'ensemble de la classe.
- Expliquer aux enfants qu'ils vont eux aussi construire le jeu et dégager avec eux le matériel qui sera nécessaire pour le réaliser.

 *Le débat concernant les éléments nécessaires à la construction du jeu "électro" permettra aux enfants d'évoquer leurs connaissances relatives aux circuits électriques simples et aux conducteurs d'électricité.*

- Répartir les enfants en groupes et leur demander d'élaborer un schéma qui explique le fonctionnement du jeu "électro".
- Réaliser une mise en commun des schémas proposés par les enfants et une confrontation des idées développées.

 *Eviter de trop approfondir cette mise en commun puisque les schémas réalisés seront retravaillés par la suite avec les enfants, après avoir abordé plus en profondeur les diverses notions intervenant dans la construction du jeu.*

- Avant de procéder à la construction du jeu "électro", il paraît nécessaire d'approfondir les notions qui interviennent dans le fonctionnement de ce jeu. A cette fin, différents défis peuvent être proposés aux enfants.

Etape 2 : Quelques défis à relever pour approfondir les notions intervenant dans le jeu

<i>A l'aide d'une ampoule et d'une pile, allume l'ampoule.</i>
--

Ce défi est proposé aux enfants répartis en petits groupes de trois maximum. Après quelques minutes de travail dans les groupes, l'enseignant distribue une feuille sur laquelle les enfants doivent réaliser un schéma qui explique le (ou les) montage(s) réalisé(s) en précisant pour chaque montage s'il permet de relever le défi.

Chaque groupe vient ensuite reproduire son schéma au tableau. S'il y a trop de groupes dans la classe, ou si les enfants travaillent individuellement, l'enseignant peut choisir quelques schémas à reproduire au tableau. Collectivement, les schémas sont analysés sur la base de questions-réponses.

- Peut-on allumer l'ampoule en réalisant les opérations décrites sur le schéma ?
- Les schémas sont-ils suffisamment clairs ? Si un élève rentrait maintenant dans la classe, parviendrait-il à allumer l'ampoule ?
- Quels sont les éléments qui doivent absolument apparaître sur le schéma pour qu'il soit complet ?

Afin de faire comprendre aux enfants certains implicites qui peuvent prêter à confusion, on pourrait demander à un élève qui n'a pas réalisé le schéma d'expliquer ce qu'il voit sur celui-ci en vue de le compléter en fonction de son explication.

La confrontation des schémas réalisés par les enfants permettra également de mettre en évidence qu'il existe deux façons d'établir un contact électrique: le sens dans lequel on place l'ampoule (plot relié à la borne positive et vis à la borne négative ou l'inverse) a peu d'importance.

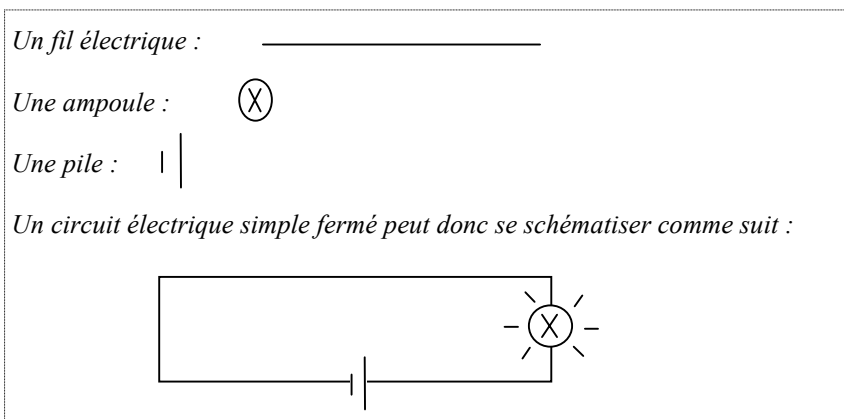
Après l'exploitation collective des schémas, réaliser une conclusion en revenant à la question initiale et en rappelant la nécessité d'établir un contact électrique pour que la lampe s'allume.

*A l'aide de la pile, de l'ampoule et de fils, allume l'ampoule.
Attention, cette fois-ci, l'ampoule ne doit plus toucher la pile.*

Tout comme pour le défi précédent, après un travail en petits groupes, les enfants réalisent un schéma expliquant leur solution.

Chaque groupe vient ensuite reproduire son schéma au tableau. Ces derniers sont analysés avec toute la classe. Les mêmes questions que celles abordées lors du premier défi peuvent à nouveau être posées aux enfants. La mise en commun pourra également porter sur la façon de simplifier au maximum les schémas pour qu'ils soient rapides à réaliser tout en restant aisément compréhensibles. Par exemple, la représentation des différents éléments du circuit peut être très schématique. Il s'agira alors de définir un code commun à toute la classe, afin que tout le monde comprenne les conventions adoptées.

A titre illustratif, voici quelques extraits du code universel :



Après l'exploitation collective des schémas, réaliser une conclusion en revenant à la question initiale. On aborde ainsi la notion de circuit électrique fermé.

La discussion sur une éventuelle panne (par exemple, un filament qui s'est rompu, un fil qui ne tient pas à l'une des lamelles de la pile, ...) sera l'occasion de faire la différence entre un circuit électrique ouvert et un circuit fermé.

Réalise un circuit électrique en utilisant la douille adaptée à l'ampoule. Une fois l'ampoule allumée, débranche une extrémité de l'un des fils puis essaie de rallumer l'ampoule en intercalant un objet de ton choix entre le fil et la borne débranchée.

A nouveau, après un travail en petits groupes, les enfants réalisent un schéma expliquant leur solution. Les schémas sont ensuite analysés puis une synthèse est organisée à deux niveaux.

- Quelles sont les caractéristiques d'un bon schéma présentant le circuit réalisé (on pourra compléter les constats à la suite des deux autres défis) ?
- Quels sont les matériaux qui permettent d'allumer la lampe et quels sont ceux qui ne le permettent pas ?

Les constats réalisés par les enfants pourront être présentés sous la forme d'un tableau.

On pourra également aborder à nouveau les notions de circuits ouverts et fermés et constater que la chaîne fermée est une condition nécessaire mais non suffisante pour permettre l'existence d'un courant : si un élément de la chaîne est isolant, le courant ne peut pas passer et la lampe ne s'allume pas.

Suite à ce défi, l'enseignant reprend les notions de bons et mauvais conducteurs d'électricité, ainsi que le test qui a permis d'aboutir à cette conclusion. Il demande ensuite à chaque groupe de réfléchir aux critères permettant de classer des matériaux dans les catégories de bons ou mauvais conducteurs. Les propositions des enfants sont ensuite écrites au tableau. Ces dernières sont validées par l'ensemble de la classe, en référence au tableau présentant les matériaux bons et mauvais conducteurs d'électricité. L'enseignant pourra lui-même proposer d'autres objets à classer (par exemple : la mine d'un crayon ou d'un porte-mine, l'eau salée, etc...). Les classements réalisés pourront alors être vérifiés par l'expérimentation. Ces nouvelles données permettront d'affiner les critères de classement établis précédemment.

S'ils ne l'avaient pas remarqué lors des premières expérimentations, les enfants pourront se rendre compte que les bons conducteurs ne sont pas tous métalliques. Par exemple, l'eau salée et le graphite, qui ne sont pas des métaux, sont de bons conducteurs d'électricité.

Etape 3 : Construction du jeu "électro"

Reprendre avec les enfants l'énigme de départ et exploiter à nouveau les schémas réalisés au début de l'activité. Par groupes, proposer aux enfants de construire le jeu.


Fiche pour construire le jeu "électro" à destination de l'enseignant

Matériel nécessaire

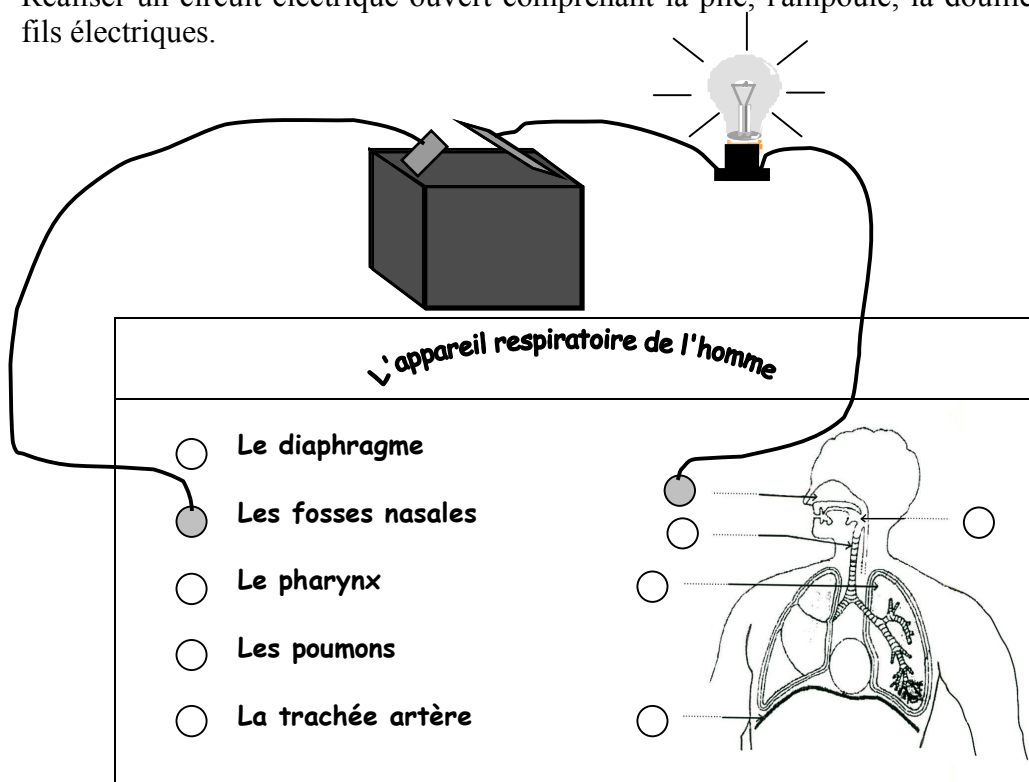
- Du papier aluminium.
- Une fiche reprenant les associations à réaliser.
- Une pile plate de 4,5 volts.
- Une ampoule à vis d'au moins 3,75 volts (par exemple, une ampoule de lampe de poche).
- Une douille électrique adaptée à l'ampoule.
- Trois fils électriques souples (environ 20 cm chacun).
- Une paire de ciseaux pour dénuder les extrémités des fils électriques et découper le papier aluminium.
- De la colle pour coller chaque bandelette de papier aluminium sur la fiche.
- Du papier collant pour recouvrir les bandelettes de papier aluminium, afin d'isoler chaque circuit électrique.

Instructions permettant de construire le jeu

1. Réaliser un trou en face de chaque proposition présente sur la fiche.
2. Découper des bandelettes de papier aluminium d'environ 1 cm de largeur et de 20 cm de longueur.

 *Pour découper facilement les bandelettes de papier aluminium, plier une feuille quadrillée en deux et glissez-y une feuille d'aluminium. Découper ensuite les trois épaisseurs en suivant le quadrillage de la feuille.*

3. Relier un couple de propositions par une bandelette de papier aluminium. Coller la bandelette, puis la recouvrir de papier collant.
4. Réaliser de la même façon les autres associations de propositions.
5. Réaliser un circuit électrique ouvert comprenant la pile, l'ampoule, la douille et les trois fils électriques.



1.5. Quelques expériences pour illustrer l'électricité¹⁰

Historique¹¹ : La découverte de l'électricité à travers le temps...

Dès le VI^e siècle avant notre ère, les Grecs, notamment Thalès, constatent que l'ambre jaune frotté attire de nombreux corps légers et, pour expliquer ce phénomène, ils attribuent à l'ambre une mystérieuse propriété qui reçoit le nom d'électricité (tiré du mot grec « électron » signifiant ambre).

Le Moyen-Age n'apporte aucune découverte dans ce domaine, et il faut attendre 1600 pour que le physicien anglais William Gilbert découvre que certaines substances, comme le soufre ou la résine par exemple, possèdent les mêmes propriétés que l'ambre, tandis que d'autres, comme les métaux, ne peuvent pas être électrisées.

Au milieu du XVII^e siècle, le physicien allemand Otto von Guericke constate la répulsion des corps électrisés par des charges de même signe, et c'est à lui que l'on doit l'invention de la machine électrostatique, avec laquelle on observe les premières étincelles électriques en 1660. En 1733, Du Fay et Nollet mettent en évidence deux espèces d'électricité : l'une obtenue par frottement de la résine séchée ou de l'ambre, et appelée électricité résineuse, l'autre par frottement du verre et appelée électricité vitreuse. En 1746, Franklin découvre que dans un cas, le fluide électrique doit être en excès et dans l'autre en défaut ; il attribue arbitrairement aux fluides les qualificatifs de négatif ou de positif selon qu'il s'agit d'électricité résineuse ou d'électricité vitreuse.

Mais la plus grande découverte est celle effectuée en 1785 par le Français Charles Augustin Coulomb (1736-1806). A l'aide de sa balance de torsion, il mesure en effet les forces d'attraction qui s'exercent entre corps chargés d'« électricités » de signes contraires et il montre que l'on peut faire correspondre à cette notion abstraite d'électricité une grandeur parfaitement mesurable appelée quantité d'électricité ou charge électrique. Ces résultats furent ensuite mis en équation par Laplace, Poisson et Gauss au début du XIX^e siècle. La découverte de l'électron par Thomson en 1897 a permis d'expliquer la plupart de ces résultats.

Ernest Rutherford (Néo-Zélandais, 1871-1937) s'intéresse à la structure de la matière dans sa forme la plus petite : l'atome. En 1913, Niels Bohr (Danois, 1885-1962) développe la théorie orbitale de l'atome (noyau fixe et électrons satellites se déplaçant selon des orbites et pouvant éventuellement passer d'un atome à l'autre).

Ainsi, électriser un corps par frottement revient à lui apporter ou à lui enlever des électrons, ce qui a pour conséquence de le charger négativement ou positivement. L'électricité doit donc être considérée comme une propriété de la matière tout comme la masse et, en même temps, elle est également un vaste ensemble d'effets. On distingue en général ceux qui se produisent lorsque les charges sont immobiles : c'est le domaine de l'électrostatique, et ceux qui accompagnent leur déplacement : c'est le domaine de l'électrocinétique.

¹⁰ De plus amples illustrations des expériences sont proposées sur le site de l'AGERS (<http://www.agers.cfwb.be>)

¹¹ Voir document : *Eveil scientifique – Volume 1. Ecole de la Réussite*. Comité de coordination de l'enseignement fondamental organisé par la Communauté française. Ministère de l'Education, de la Recherche et de la Formation. Direction Générale de l'Organisation des Etudes, 1994. (pp. 63-64).

Matériel nécessaire

- Du papier essuie-tout pour frotter les objets (on peut le mettre sur un radiateur pour s'assurer qu'il soit bien sec).
- Un cutter, des ciseaux, du papier aluminium et une bouteille en plastique étêtée (pour réaliser l'électroscope).
- Un tube en cuivre, un tube en fibre de verre (cf. tringles à rideaux), deux tubes en PVC.
- Une latte en métal, une latte en plastique, une latte en bois.
- Un clou, une barre en métal, de la frigolite.
- Deux grandes réglettes en bois.
- Des bouteilles d'eau en plastique : au moins deux sortes de bouteilles (réalisées dans des matières plastiques différentes) et au moins deux bouteilles d'une même sorte (c'est-à-dire réalisées dans le même matériau).
- Des crayons de différentes épaisseurs, un bouchon.
- Une canette de boisson vide et une boîte de conserve vide.
- Des rouleaux en carton de papier essuie-tout.
- Des colliers Colson (colliers en nylon utilisés pour attacher les câbles électriques) et des chalumeaux (pailles).



NB : il n'est pas nécessaire de disposer de l'entièreté du matériel proposé mais il faut veiller à avoir des matériaux différents et à disposer de plusieurs types d'objets pour chaque matériau. Il faut en effet éviter que l'enfant relie l'objet à la propriété observée plutôt que de se focaliser sur les matériaux (par exemple, ce n'est pas la latte qui peut être électrisée mais la latte en plastique et, plus généralement, c'est le plastique qui est électrisable).

I. LA DÉCOUVERTE DE L'ÉLECTRICITÉ : L'EXISTENCE DE CHARGES ÉLECTRIQUES

1. Certains objets peuvent être électrisés par frottement

Expérience

Frotter tour à tour les trois types de lattes à l'aide du papier essuie-tout et essayer d'attirer différents objets (canettes, bouteilles, rouleaux,...). Recommencer l'expérience en frottant d'autres types d'objets (ex. une bouteille d'eau, une canette,...).



Constats :

- certains matériaux sont capables d'attirer des objets, d'autres non (attention, c'est bien le matériau qui est important et non l'objet) ;
- l'attraction observée est un phénomène réciproque (par exemple, le plastique électrisé attire le métal et, inversement, le métal attire le plastique électrisé).

2. Recherche des matériaux électrisables

Reproduire plusieurs fois l'expérience précédente de façon à identifier les différents matériaux qui permettent d'attirer les objets.

Constats :

- certains matériaux sont très facilement électrisables par frottement : les différents types de plastique (latte, bouteilles, chalumeaux, tubes en PVC,...), le nylon (collier Colson), la frigolite,... ;
- par contre, lorsqu'on opère de cette manière, certains matériaux ne s'électrisent pas : les différents types de métaux (latte, tube en cuivre, barre de fer, clou, canette, boîte de conserve,...), le carton (rouleau de papier essuie-tout), le bois (latte),...



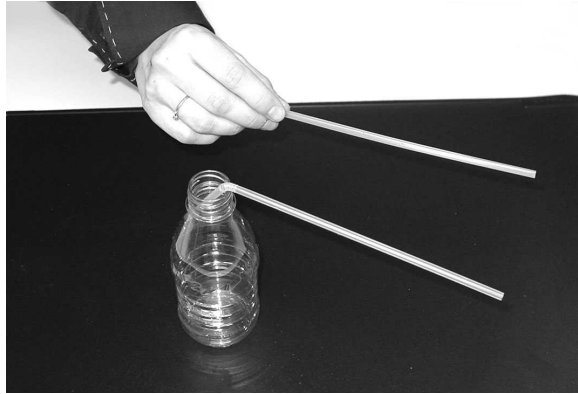
La constatation du phénomène d'attraction traduit l'existence de charges électriques.

II. L'EXISTENCE DE DEUX TYPES DE CHARGE

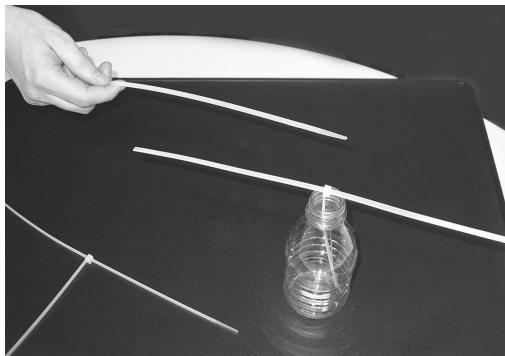
1. Contact entre deux matériaux identiques électrisés

Expérience

Placer un chalumeau (une paille) électrisé(e) dans une bouteille en plastique et approcher un autre chalumeau (une autre paille) électrisé(e).



Recommencer l'expérience avec des objets réalisés dans différents matériaux (par exemple, deux colliers Colson, deux bouteilles d'eau en PVC,...).



Trucs et astuces :

- pour réaliser l'expérience avec les colliers Colson : fixer deux colliers Colson en forme de T (voir photo ci-dessus à gauche) de façon à placer ce premier objet électrisé dans la bouteille ; approcher ensuite un autre collier;
- pour réaliser l'expérience avec les bouteilles d'eau : disposer des lattes en bois sur la table de façon à s'assurer que le plan sur lequel on va travailler ne soit pas incliné (voir photo ci-dessus à droite).

Constat :

- lorsqu'on approche deux matériaux identiques, on constate une répulsion.

2. Contact entre deux matériaux différents électrisés

Expérience

Reproduire le même type d'expérience que précédemment mais en utilisant des matériaux différents. Essayer deux par deux tous les matériaux électrisables dont on dispose.

NB : Différentes bouteilles en plastique peuvent être constituées de matériaux différents (différents types de plastique) et avoir des propriétés différentes (une bouteille peut s'électriser positivement et une bouteille conçue dans un autre type de plastique peut s'électriser négativement). Dans l'expérience ci-dessous, la paille électrisée est attirée par une des deux bouteilles électrisées (la paille se colle à la bouteille) et entre en répulsion avec l'autre type de bouteille électrisée (elle est repoussée et il est impossible de la coller à la bouteille).



Constat :

- lorsqu'on approche deux matériaux différents, on constate soit une attraction, soit une répulsion.

La constatation de ces phénomènes (attraction ou répulsion) traduit l'existence de deux types de charge. Par convention, on décide de les appeler charges positives (+) et négatives (-). Deux charges de même signe se repoussent et deux charges de signes contraires s'attirent. Deux matériaux identiques se repoussent puisqu'ils sont chargés « identiquement » (soit ++, soit --). Deux matériaux différents se repoussent lorsqu'ils sont chargés « identiquement » (soit ++, soit --) et s'attirent lorsqu'ils sont chargés différemment (l'un +, l'autre -). Lorsqu'on électrise les objets par frottement, ils se chargent donc positivement ou négativement.

Un objet chargé négativement est un objet qui a un surplus d'électrons par rapport à sa situation normale ; cela signifie que l'objet a « arraché » des électrons au papier lors du frottement (des électrons se sont déplacés du papier essuie-tout vers l'objet). Par opposition, un objet chargé positivement est un objet qui a trop peu d'électrons ; c'est-à-dire que le papier lui a « arraché » des électrons lors du frottement (des électrons se sont déplacés de l'objet vers le papier essuie-tout).

Remarque :

Les expériences réalisées permettent de constater que certains matériaux sont chargés différemment puisqu'ils se repoussent. Il n'est pas possible de savoir quel matériau se charge positivement et lequel se charge négativement. Cela n'a toutefois pas grande importance pour réaliser les expériences et faire les constatations. On peut décider que le nylon (collier Colson) est chargé positivement et déterminer la charge des autres matériaux en référence à celui-là. Les matériaux qui entrent en attraction avec le nylon seront alors déclarés chargés négativement et ceux qui marquent une répulsion seront déclarés chargés positivement. Il peut être intéressant de noter la charge des objets en l'inscrivant directement sur ceux-ci au marqueur afin de faciliter la suite des expériences.

III. BONS ET MAUVAIS CONDUCTEURS D'ELECTRICITE

1. La construction d'un électroscope

Prendre une bouteille en plastique étêtée et l'entourer d'une large bande de papier aluminium (environ 15 cm de largeur). Couper un morceau de papier essuie-tout afin de réaliser des languettes. Fixer le papier ainsi découpé sur le papier aluminium à l'aide d'un élastique. L'électroscope est prêt.



Trucs et astuces :

Pour réaliser les languettes de papier essuie-tout sans les déchirer, il peut être utile de les insérer dans des feuilles de papier ou de carton pour rigidifier l'ensemble à découper.

La première utilisation que l'on peut faire de l'instrument consiste à reproduire la première expérience visant à voir quels sont les matériaux que l'on peut électriser. On électrise un objet par frottement (ex. latte en plastique) puis on le met en contact avec l'électroscope.

Trucs et astuces :

Pour accentuer le phénomène, il peut être utile de mettre plusieurs fois la latte en contact avec la partie supérieure de l'électroscope.



Constat :

- lorsqu'on met un matériau électrisé en contact avec l'électroscope, les languettes de papier s'éloignent du papier aluminium et s'écartent les unes des autres.

Lorsqu'un matériau électrisé est mis en contact avec l'électroscope, les charges se transmettent via l'aluminium (qui est un conducteur). Les charges transmises par le matériau électrisé sont toutes de même signe ; elles sont donc soumises au phénomène de répulsion. Ceci conduit alors les languettes de papier à se soulever (pour s'éloigner de l'aluminium) et à s'écarter les unes des autres. Si le matériau mis en contact avec l'électroscope n'est pas électrisé, il ne se passe rien.

2. Repérer les bons conducteurs d'électricité, les mauvais conducteurs et les isolants

Expérience :

Charger l'électroscope en le mettant en contact avec une latte en plastique électrisée par frottement avec le papier essuie-tout. Retirer la latte en plastique et constater que l'électroscope reste chargé (les languettes de papier restent suspendues dans l'air).

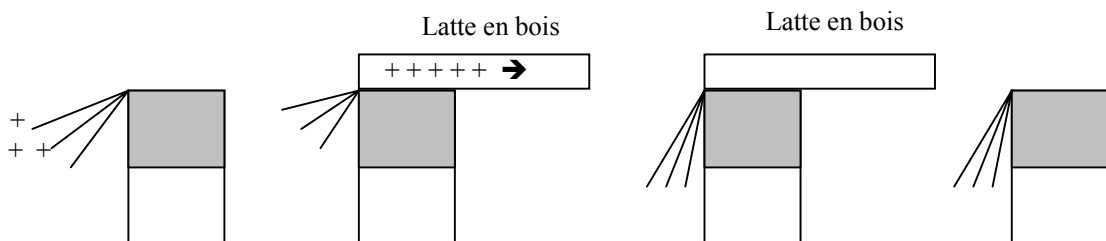


Mettre différents objets en contact avec l'électroscope chargé et observer ce qui se passe.

Constat :

- avec certains matériaux, il ne se passe rien (les languettes restent en l'air) ; avec d'autres matériaux, les languettes redescendent lentement ; avec d'autres matériaux encore, elles redescendent brusquement.

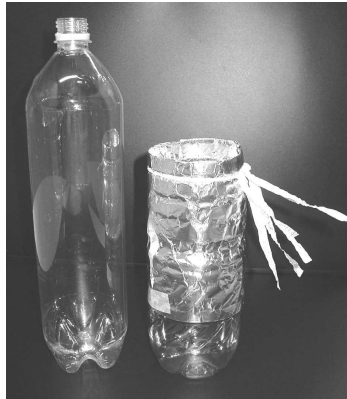
Lorsqu'on place un isolant (ex. plastique, collier Colson,...) en contact avec l'électroscope chargé, il ne se passe rien puisque les charges électriques ne peuvent pas se déplacer sur l'isolant. Lorsque c'est un mauvais conducteur (ex. bois) qui est mis en contact, les charges se déplacent lentement et le phénomène observé est d'une relative lenteur en conséquence. Lorsque c'est un bon conducteur (ex. notre propre corps, du métal ou du bois mouillé) qui est mis en contact avec l'électroscope, les charges électriques se déplacent rapidement et les languettes de papier retombent brusquement. Les charges électriques ont quitté l'électroscope pour se rendre sur le matériau conducteur ; l'électroscope est déchargé et revient en position initiale. On peut encore noter que les isolants sont les matériaux qu'il est possible d'électriser par frottement.



3. Pour aller plus loin avec l'électroscope...

Expérience mettant en évidence la séparation des charges

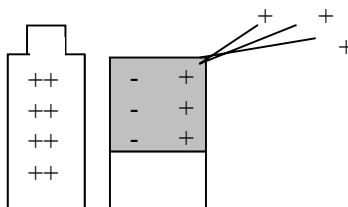
Électriser une bouteille en plastique par frottement avec un essuie-tout et la placer près de l'électroscope (sans le toucher). Observer ce qui se passe.



Constat :

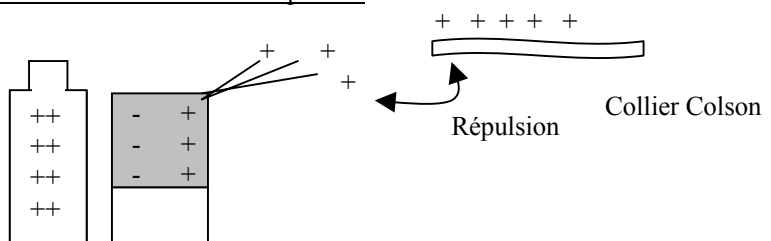
- les languettes de papier se soulèvent. L'électroscope est chargé sans qu'il y ait eu de contact direct avec l'objet électrisé.

Lorsqu'on approche un objet électrisé de l'électroscope, les charges se déplacent au sein de ce dernier. Si l'objet approché est chargé positivement, des électrons du papier aluminium de l'électroscope se déplacent vers l'objet (attirance de charges de signes différents). En conséquence, la partie du papier aluminium qui est éloignée de l'objet présente un excès de charges positives. Ces charges positives se repoussent entre elles et entraînent la réaction des languettes de papier (qui se soulèvent).



On peut alors se servir de l'électroscope ainsi chargé pour reproduire les diverses expériences qui avaient été proposées dans les points précédents.

Expérience mettant en évidence les phénomènes d'attraction et de répulsion

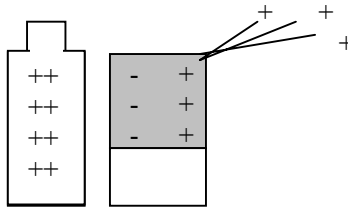


Remarque :

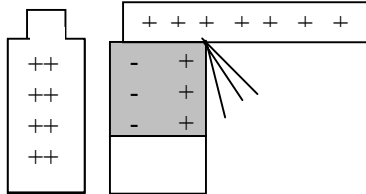
lorsqu'on éloigne le collier Colson, l'électroscope reste chargé et permet de renouveler l'expérience avec un nouveau matériau (ex. en approchant un chalumeau électrisé).

Expérience mettant en évidence les conducteurs et les isolants

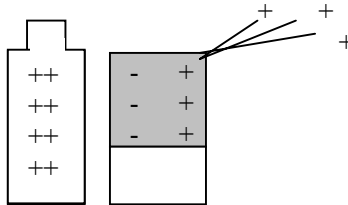
L'électroscope est chargé



L'électroscope se décharge par contact avec un conducteur (ex. latte en métal)



On éloigne la bouteille de l'électroscope et on s'assure qu'il est complètement déchargé en le touchant un instant avec le doigt. Lorsqu'on approche la bouteille, l'électroscope se charge à nouveau



Remarque : on peut recommencer ainsi l'expérience avec d'autres matériaux un grand nombre de fois sans devoir chaque fois frotter pour électriser.

2. Deuxième séquence d'apprentissage

L'évaporation de l'eau

2.1. Bref aperçu de la séquence

Une notion de base relative aux changements d'états de la matière est abordée : l'identification de quelques facteurs influençant la vitesse d'évaporation de l'eau.

Cinq savoir-faire du référentiel "Socles de compétences" sont envisagés.

- Dans le cadre d'une énigme, agencer les indices en vue de formuler au moins une question, supposition ou hypothèse.
- Recueillir des informations par des observations qualitatives en utilisant les cinq sens et par des observations quantitatives.
- Mettre en évidence des relations entre deux variables.
- Rassembler des informations sous la forme d'un tableau et les communiquer à l'aide d'un graphique.
- Valider les résultats d'une recherche.

La séquence débute par une petite énigme permettant aux élèves d'explicitier quelques conceptions relatives aux facteurs influençant la vitesse d'évaporation de l'eau.

Les élèves sont ensuite amenés à réaliser une expérience portant sur le temps de séchage de papiers essuie-tout présentés dans différentes conditions : il s'agit de varier la température et la surface de contact avec l'air. Les enfants doivent prendre des mesures (temps et masse) afin d'observer l'évolution du phénomène d'évaporation.

Les données recueillies doivent ensuite être organisées sous forme de tableaux et de graphiques pour permettre l'analyse des variables sous étude (surface de contact et température).

Les résultats obtenus par chaque groupe sont alors confrontés en vue de rechercher une première forme de validation. Une deuxième forme de validation est ensuite réalisée par confrontation aux résultats d'une autre expérience portant sur l'évaporation de l'eau.¹²

2.2. Le matériel nécessaire

Le matériel nécessaire pour chaque groupe est le suivant :

- des feuilles de papier essuie-tout (au moins quatre par groupe);
- une bouteille remplie d'eau avec un capuchon ;
- une montre ;
- une balance (sensible, si possible, aux différences d'un ou de deux grammes maximum¹³).

Note : si on ne dispose pas d'une balance suffisamment précise, on peut mener l'expérience en s'intéressant uniquement à la mesure du temps de séchage.

¹² Il s'agit de l'expérience présentée dans la bande dessinée accompagnant l'épreuve externe.

¹³ Dans le cas où l'expérience est réalisée avec une balance sensible aux différences de deux grammes, on utilise plusieurs feuilles de papier essuie-tout en vue d'augmenter la masse de départ. Il est alors possible d'observer le phénomène et les variations liées aux différentes conditions expérimentales sous étude.

2.3. Quelques rappels¹⁴ d'informations scientifiques¹⁵ pour les enseignants

Une substance peut se trouver à l'état solide, liquide ou gazeux. Elle peut aussi changer d'état :

- de l'état solide, la substance peut passer à l'état liquide (fusion) ou à l'état de gaz (sublimation) ;
- de l'état liquide, elle peut passer à l'état solide (solidification) ou à l'état de gaz (vaporisation).
- De l'état gazeux, elle peut passer à l'état liquide (condensation) ou à l'état solide.

Le phénomène qui nous intéresse ici est celui **du passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux** (vaporisation).

L'un des modes de vaporisation est **l'ébullition**. Lorsqu'on chauffe de l'eau dans une casserole, on voit des bulles grossir et s'élever dans l'eau, puis éclater à la surface. Les bulles qui éclatent libèrent la vapeur d'eau qu'elles contenaient. Cette vapeur se disperse dans l'espace, elle se mélange à l'air et on ne la voit plus.

L'autre mode de vaporisation est **l'évaporation**. C'est un processus par lequel on retrouve le même changement d'état : l'eau se transforme en vapeur. L'évaporation est un phénomène lent mais dynamique qui peut se produire à toute température. Il peut s'expliquer d'un point de vue microscopique.

Au hasard de l'agitation désordonnée, des molécules s'entrechoquent sans cesse. Certaines d'entre elles, à la surface, bénéficient d'une impulsion suffisante pour quitter le liquide et devenir des molécules libres (c'est-à-dire des molécules à l'état de vapeur). Grâce à cette impulsion, chaque molécule qui quitte le liquide emporte avec elle une certaine quantité d'énergie. Le liquide résiduel s'appauvrit en énergie et donc se refroidit (ce phénomène de refroidissement peut être facilement constaté lors de l'évaporation de l'éther). Au même moment où les molécules s'échappent du liquide, d'autres molécules, présentes dans l'air juste au-dessus de la surface, reviennent dans le liquide au hasard de leur trajectoire. Suivant la quantité respective de molécules qui sort du liquide et qui y revient, on observe globalement soit une évaporation, soit une condensation, soit aucun changement si les quantités s'équilibrent (c'est le cas par exemple lorsque l'on place le liquide dans une bouteille fermée).

¹⁴ Lors de l'épreuve d'éveil-initiation scientifique, un tiers des enseignants dont les classes font partie de l'échantillon ont exprimé qu'ils éprouvaient des difficultés dans la maîtrise de ce savoir. Les quelques rappels proposés ici visent à fournir une aide en ce sens. Les notions envisagées, et en particulier l'explication microscopique du phénomène d'évaporation, dépassent largement celles qui doivent être abordées avec les enfants de l'enseignement primaire.

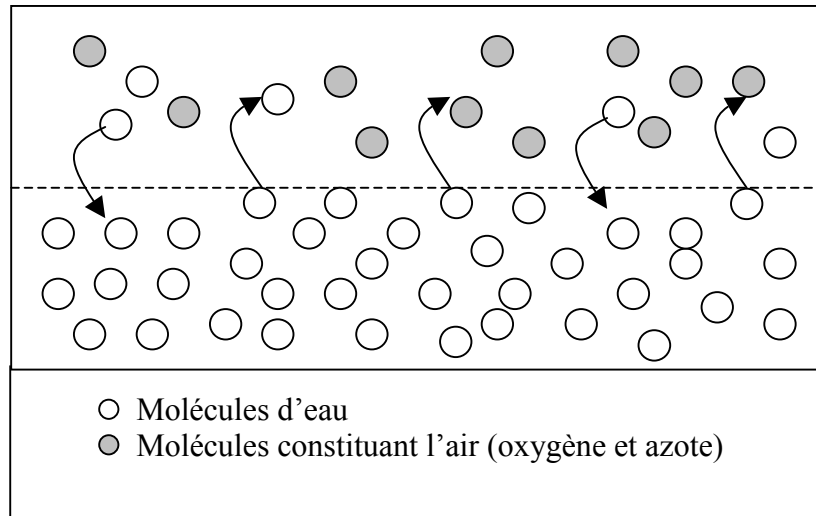
¹⁵ Ces informations ont été rédigées sur la base des documents suivants .

- Site « La main à la pâte » (<http://www.inrp.fr/lamap>).

- *Tournesol, Sciences et Technologies*. Le livre de l'enseignant. Cycle 3, niveau 2, CM1. Paris : Hatier, 1996.

- *Sciences. A monde ouvert*. Guide Pédagogique. Cycle 3. Niveau 1. Hachette Education, 1996.

Le schéma suivant illustre le phénomène d'évaporation :



Le phénomène d'évaporation d'un liquide à l'air libre peut être favorisé par différents facteurs. Autrement dit, la vitesse d'évaporation du liquide dépend de plusieurs conditions :

- la surface de contact entre le liquide et l'air ;
- la température ;
- la ventilation au-dessus du liquide (l'agitation de l'air) ;
- l'humidité de l'air et la nature du liquide.

2.4. Description de la séquence

Etape 1 : Enigme de départ¹⁶

La situation suivante est soumise oralement aux élèves.

Fin avril, les interclubs de tennis commencent. Comme souvent à cette époque de l'année, le temps est maussade. Il a plu toute la matinée et, quand les deux équipes arrivent au club un peu avant 14h00, quelques flaques d'eau garnissent le terrain. On ne peut pas jouer dans ces conditions sinon les joueurs risquent de se blesser et on va abîmer le terrain. Heureusement, vers 14h00 le soleil se met à briller. Anissa pousse un cri de joie : « Ouf, ça va sécher les flaques ! ». « Tu peux encore attendre quelques heures » rouspète Vinciane la grincheuse. « Mais non ! » rétorque Jean-Marie, « je connais un bon moyen pour que ça sèche plus vite ».

Quelle est l'idée de Jean-Marie ?

Que devient l'eau lorsque les flaques disparaissent ?

Les élèves peuvent émettre plusieurs hypothèses quant à l'idée de Jean-Marie.

✎ Dans ce type de situation fréquemment rencontrée au tennis, il arrive qu'on étende les flaques à l'aide des « treillis » prévus pour brosser le terrain à la fin de la partie.

En ce qui concerne la disparition de l'eau, plusieurs hypothèses peuvent être émises par les élèves : l'eau est entrée dans le sol, le soleil a séché les flaques, l'eau a disparu dans l'air, on a étendu les flaques, on a séché les flaques avec un torchon, etc...

Le débat lié à cette émission d'hypothèses va conduire les élèves à évoquer le phénomène d'évaporation. Celui-ci semble être influencé par au moins deux facteurs : la température (cf. le soleil) et la surface de contact (cf. étendre les flaques).

✎ D'après les résultats de l'épreuve externe, la plupart des élèves savent que la température joue un rôle important dans le phénomène d'évaporation. Par contre, ils semblaient nettement moins sensibles à l'influence de la surface de contact. La mise en situation proposée ici permet d'attirer l'attention sur les deux facteurs qui vont être étudiés dans l'expérience développée ci-après.


¹⁶ Si l'enseignant estime que cette situation n'est pas suffisamment évocatrice pour les élèves, il peut prendre comme point de départ le début de la BD « Marc et Sophie » proposée dans l'évaluation externe. Pour rappel, Marc et Sophie rentrent de la piscine et ils veulent faire sécher leurs maillots de bain. Comment faire pour qu'ils sèchent au plus vite ?


Etape 2 : Réalisation de l'expérience


On dispose du matériel suivant : des essuie-tout, des bouteilles d'eau, une (des) montre(s) et une (des) balance(s), quelques feuilles d'aluminium sur lesquelles seront déposées les feuilles de papier essuie-tout.


L'objectif de l'expérience est d'observer l'influence de deux facteurs qui agissent sur la vitesse d'évaporation de l'eau : la température et la surface de contact. Quelle expérience pourrait-on réaliser pour atteindre cet objectif ?

La détermination du plan expérimental peut se gérer collectivement. Comment faire ? A quoi faut-il être attentif ? Que faut-il mesurer ? Peut-on préparer un tableau permettant le recueil des données ?, etc.

 *Il faut faire varier les conditions liées aux deux facteurs sous étude. Les élèves peuvent proposer plusieurs températures et plusieurs types de pliage. Chaque enseignant décide de l'étendue des variables à étudier (ex. essuie-tout non plié, plié en deux, plié en quatre, ...). La suite du déroulement de la séquence proposée porte sur quatre conditions expérimentales issues de la combinaison de deux modalités pour chacun des facteurs : essuie-tout non plié et posé sur le radiateur ; essuie-tout plié en quatre et posé sur le radiateur ; essuie-tout non plié et posé sur une table ; essuie-tout plié en quatre et posé sur une table.*

 *Il faut être attentif à ce que la quantité d'eau absorbée par les différents essuie-tout soit équivalente. Il ne faut pas non plus qu'ils soient trop mouillés sinon ils risquent de se déchirer. On propose d'utiliser le capuchon de la bouteille d'eau pour déterminer la quantité d'eau à absorber. L'eau contenue dans le capuchon rempli à ras bord est versée sur une table puis est entièrement absorbée par l'essuie tout. On s'assure ainsi de l'équivalence des quantités d'eau qui doivent s'évaporer.*

 *Il peut être intéressant d'effectuer des pesées à différents moments afin d'avoir deux variables à analyser : la masse et le temps. Ceci permettra des analyses plus riches. Si on ne dispose pas d'une balance suffisamment précise, on peut se contenter d'une mesure du temps nécessaire à l'évaporation complète de l'eau dans les différentes conditions expérimentales.*

 *Si on décide de réaliser des pesées, il peut être utile de prévoir un tableau qui permettra le recueil des informations. Il paraît intéressant de prendre des mesures assez rapprochées au début de l'expérience parce que les essuie-tout posés sur le radiateur sèchent assez vite. Par la suite, les mesures peuvent être moins rapprochées puisque le temps de séchage de l'essuie-tout plié et posé sur une table prend beaucoup de temps pour sécher (souvent plus de deux heures¹⁷). Un tableau du type de celui présenté à la page suivante peut être réalisé avant de débiter l'expérience.*

¹⁷ On peut faire réaliser une première fois l'expérience par les enfants afin qu'ils se rendent compte de la nécessité de prendre des mesures rapprochées au début puis plus espacées par la suite.

	Essuie-tout plié et posé sur le radiateur	Essuie-tout non plié et posé sur le radiateur	Essuie-tout plié et posé sur une table	Essuie-tout non plié et posé sur une table
	Masse de l'essuie-tout (en grammes)			
Essuie-tout sec				
Essuie-tout mouillé				
Temps 0				
Après 5 min				
Après 10 min				
Après 20 min				
Après 30 min				
Après 45 min				
Après 1h				
Après 1h30				
Après 1h45				
Après 2h00				
Après 2h15				
Après 2h30				


Lorsque le dispositif de recherche a été déterminé collectivement, les élèves sont répartis en groupes afin de réaliser l'expérience. Les différentes tâches peuvent être scindées entre les différents membres du groupe : le maître du temps, le responsable des pesées, le responsable du recueil des données (qui les note dans le tableau) et le rapporteur (qui devra présenter les résultats du groupe à toute la classe).


Pendant les temps morts (il faut parfois attendre longtemps entre deux pesées), les élèves doivent rédiger un compte rendu expliquant l'expérience qu'ils sont en train de réaliser, ainsi que ses objectifs. Le maître du temps doit rester attentif : il ne faut pas oublier de réaliser les pesées aux bons moments. L'utilisation d'une minuterie ou d'un réveil pourrait s'avérer utile.

Le recueil des données se termine lorsque tous les essuie-tout sont secs.

Etape 3 : Présentation des résultats

Les élèves terminent leur rapport de recherche en complétant le mode opératoire par une présentation des résultats de l'expérience. Pour ce faire, il s'agit d'organiser les données sous forme de tableaux et/ou de graphiques. Il sera alors possible de faire des constatations au départ des résultats et d'essayer de tirer des conclusions.

 *Le tableau de relevé de données constitue déjà une première manière de présenter les résultats. Il est toutefois intéressant d'inciter les élèves à rechercher d'autres formes de présentation.*

 *Les tableaux et les graphiques suivants proposent des exemples d'illustration des données.*

Exemple de tableau de relevé des données¹⁸

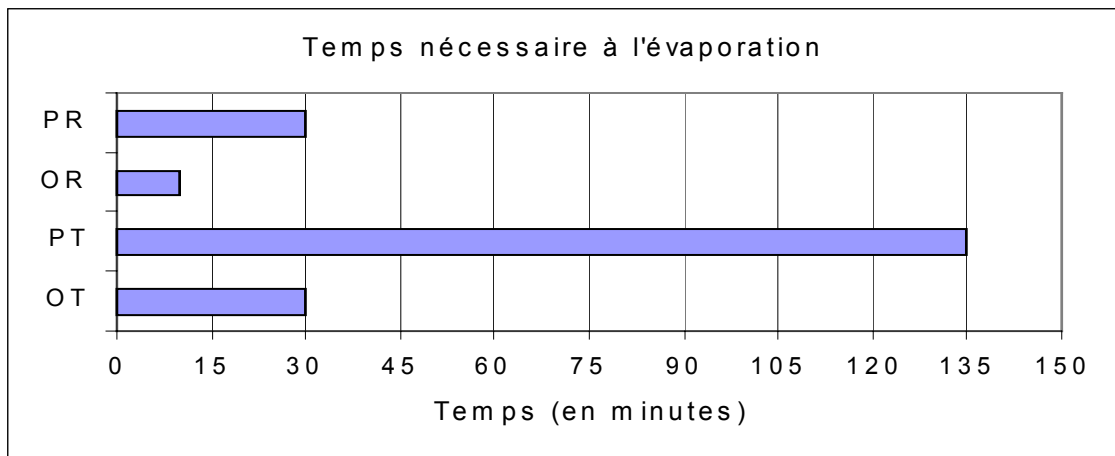
	Essuie-tout plié et posé sur le radiateur	Essuie-tout non plié et posé sur le radiateur	Essuie-tout plié et posé sur une table	Essuie-tout non plié et posé sur une table
	Masse de l'essuie-tout (en grammes)			
Essuie-tout sec	1g	1g	1g	1g
Essuie-tout mouillé				
Temps 0	9g	9g	9g	9g
Après 5 min	8g	4g	8g	6g
Après 10 min	6g	1g (sec)	7g	3g
Après 20 min	4g		7g	3g
Après 30 min	1g (sec)		5g	1g (sec)
Après 45 min			4g	
Après 1h			4g	
Après 1h30			2g	
Après 1h45			2g	
Après 2h00			2g	
Après 2h15			1g (sec)	

Exemple de tableau représentant le séchage (par la perte de masse) au fil du temps

	Essuie-tout plié et posé sur le radiateur	Essuie-tout non plié et posé sur le radiateur	Essuie-tout plié et posé sur une table	Essuie-tout non plié et posé sur une table
	Perte de masse (en grammes)			
Après 5 min	-1g	-4g	-1g	-3g
Après 10 min	-2g	-3g	-1g	-3g
Après 20 min	-2g		0g	0g
Après 30 min	-3g		-2g	-2g
Après 45 min			-1g	
Après 1h			0g	
Après 1h30			-2g	
Après 1h45			0g	
Après 2h00			0g	
Après 2h15			-1g	

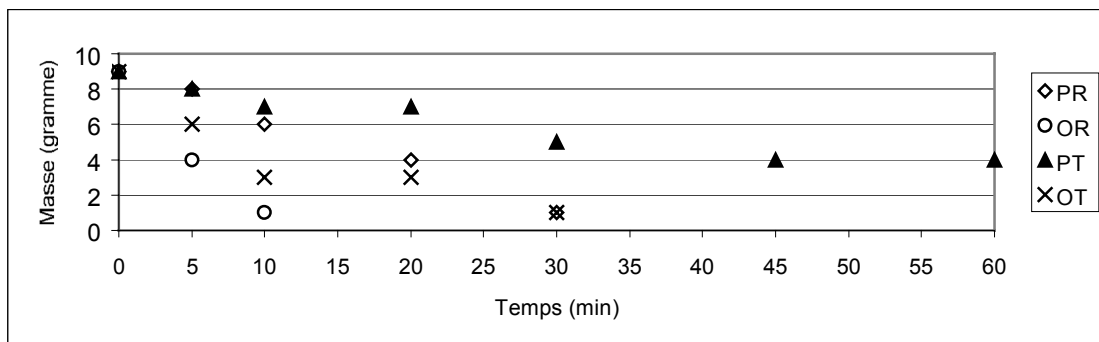
¹⁸ Dans l'exemple présenté ici, le temps de séchage de l'essuie-tout plié et posé sur le radiateur est égal au temps de séchage de l'essuie-tout non plié et posé sur la table. Les temps de séchage dans ces deux conditions expérimentales sont généralement proches mais c'est un « hasard » s'ils sont tout à fait équivalents dans le cas présent.

Exemple de graphique illustrant le temps nécessaire à l'évaporation complète de l'eau dans les quatre conditions expérimentales



PR = essuie-tout plié et posé sur le radiateur ; OR = essuie-tout ouvert et posé sur le radiateur ; PT= essuie-tout plié et posé sur une table ; OT = essuie-tout ouvert et posé sur une table.

Exemple de graphique illustrant l'évolution de la masse en fonction du temps durant les soixante premières minutes de l'expérience



PR = essuie-tout plié et posé sur le radiateur ; OR = essuie-tout ouvert et posé sur le radiateur ; PT= essuie-tout plié et posé sur une table ; OT = essuie-tout ouvert et posé sur une table.

Remarque : on ne peut pas tracer les courbes en joignant les différents points puisqu'on n'a pas effectué les pesées en continu et qu'il peut y avoir des erreurs de mesure.

✎ Pour réaliser ce type de graphique avec les élèves, on peut procéder en plusieurs étapes. On construit d'abord un graphique séparé pour chacune des quatre conditions expérimentales, tout en conservant les mêmes graduations. Les différents graphiques sont réalisés en utilisant des couleurs différentes et sont présentés sur transparents. Il est alors possible de les superposer a posteriori afin d'avoir une vision globale du phénomène étudié.


Etape 4 : Validation des résultats par confrontation entre les différents groupes

Chaque groupe présente ses propres résultats et une première comparaison globale peut ainsi être effectuée.

- Arrive-t-on aux mêmes conclusions dans chaque groupe ?
- Trouve-t-on le même « ordre de séchage » dans chaque groupe ?
- Trouve-t-on les mêmes temps de séchage dans chaque groupe ? Cela se vérifie-t-il dans les quatre conditions expérimentales ?
- Si on compare les masses des essuie-tout après un temps donné, trouve-t-on la même masse dans chaque groupe. Cela se vérifie-t-il pour chaque condition ?

On remarque assez vite que les comparaisons entre groupes deviennent assez complexes à réaliser dès que l'on veut s'intéresser à une étude plus précise des phénomènes observés. Il pourrait alors être intéressant de réaliser des tableaux et des graphiques permettant de comparer de manière plus visuelle les résultats des différents groupes.

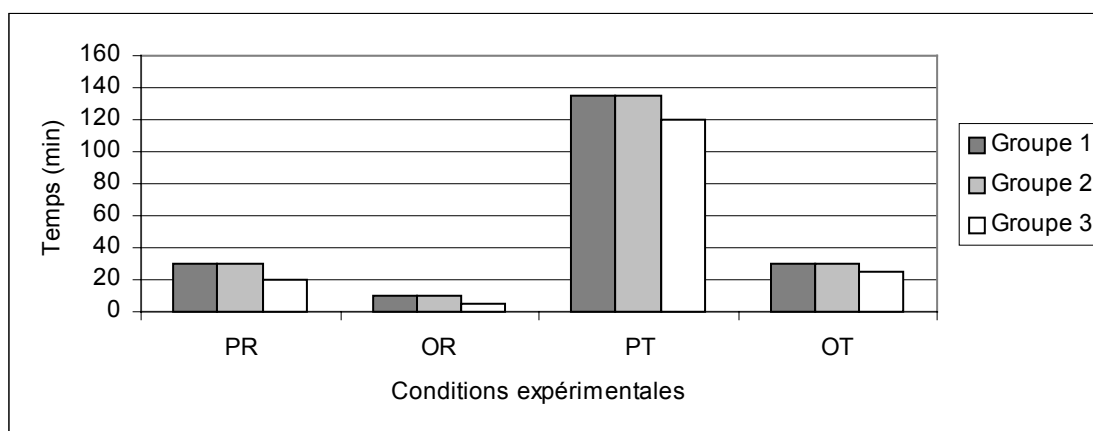
Les élèves cherchent plusieurs façons de présenter les données en vue de confronter les résultats. L'enseignant peut alors proposer aux élèves de construire les représentations auxquelles ils ont pensé. Il peut aussi décider de procéder à une mise en commun permettant de se mettre d'accord sur les représentations (si possible au moins un tableau et un graphique) à réaliser. La tâche peut alors s'effectuer individuellement ou en petits groupes.

 *Le tableau et le graphique suivants proposent des exemples d'illustration des données.*


Exemple de tableau illustrant l'ordre de séchage

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Plié Radiateur	2	2	3
Ouvert Radiateur	1	1	1
Plié Table	4	4	4
Ouvert Table	3	3	2

Exemple de graphique illustrant le temps de séchage



PR = essuie-tout plié et posé sur le radiateur ; OR = essuie-tout ouvert et posé sur le radiateur ; PT= essuie-tout plié et posé sur une table ; OT = essuie-tout ouvert et posé sur une table.

 Comme pour les analyses des résultats par groupe, on peut envisager des graphiques qui illustrent l'évolution de la masse en fonction du temps de séchage. Pour ne pas surcharger le graphique (quatre courbes pour les différentes conditions expérimentales fois le nombre de groupe), on peut imaginer la construction de quatre graphiques séparés en fonction des quatre conditions expérimentales.

Les représentations proposées doivent permettre de comparer précisément les résultats des différents groupes. Si les résultats sont comparables, la confrontation va permettre une première forme de validation des résultats. Si des différences importantes apparaissent, il conviendra de chercher à les expliquer : sont-elles dues à des mauvaises manipulations durant l'expérimentation (dans ce cas, il faudrait répliquer l'expérience) ? Peuvent-elles s'expliquer par des facteurs environnementaux ? Etc...

Etape 5 : Validation des résultats par confrontation avec une autre expérience du même type

La bande dessinée sur l'évaporation qui était présentée dans l'épreuve externe (voir pages 10 et 11 du carnet de l'élève) est proposée aux élèves. Après en avoir pris connaissance, ils doivent tenter de voir dans quelle mesure l'expérience de Marc et Sophie permet ou non de confirmer leurs propres résultats.

Etape 6 : Synthèse

Une synthèse est réalisée sur la base des résultats obtenus et des débats qui ont été engendrés.

Plusieurs axes sont envisagés :

- le phénomène d'évaporation (Qu'est-ce qu'un changement d'état ? Qu'est ce que l'évaporation de l'eau ?) ;
- le compte-rendu de l'expérience réalisée (Qu'est-ce qu'un compte rendu d'expérience ? Comment peut-on présenter les résultats ?) ;
- les conclusions tirées (Quelle est l'influence des deux facteurs étudiés ?) ;
- les nouvelles questions qui émergent (Y a-t-il d'autres facteurs qui influencent l'évaporation de l'eau¹⁹ ? Certaines conditions expérimentales peuvent-elles entacher les résultats ?) ;
- etc...

Et d'autres expériences encore ...

Des expériences à réaliser en classe ont été mises au point dans des classes de 5^e et 6^e primaire par l'équipe du professeur Pierre GILLIS (UMH), au cours d'une recherche en éducation. Dix sont relatives à l'électricité, quatorze à la pression atmosphérique.

Elles sont décrites et accompagnées de « fiches élèves » dans deux documents :

- « L'électricité, un jeu d'enfants » ;
- « La pression atmosphérique, un jeu d'enfants ».

Ces documents sont téléchargeables à l'adresse : www.agers.cfwb.be/pedag/ressources/rech65/index.htm

¹⁹ Les élèves proposeront sans doute le vent. On pourra alors prolonger l'activité en analysant l'influence de ce facteur (par exemple, en utilisant un ventilateur ou un sèche-cheveux qui souffle sans chauffer).

Deuxième partie : l'exploitation des conceptions des enfants

3. Troisième séquence d'apprentissage *La respiration*

3.1. Bref aperçu de la séquence

Cinq aspects relatifs à la respiration sont abordés dans cette séquence¹⁹.

- **Le siège de la respiration**

La respiration est essentiellement envisagée au niveau des organes respiratoires : dans les poumons, les échanges gazeux permettent à l'organisme de se procurer de l'oxygène de l'air et d'évacuer le gaz carbonique.

L'aspect cellulaire de la respiration n'est pas à envisager à ce stade de la scolarité.

- **L'utilité de la respiration**

L'inspiration permet au corps de se procurer de l'oxygène et l'expiration permet de rejeter le gaz carbonique. C'est donc la compréhension des échanges gazeux qui est visée ici.

L'apport d'énergie aux organes par le biais de la respiration peut être développé à ce stade de l'apprentissage mais ne peut pas faire l'objet d'une certification. En effet, le concept même de production d'énergie à partir des nutriments et de l'oxygène dépasse les savoirs à certifier au terme de l'enseignement primaire.

- **Le fonctionnement des mouvements respiratoires**

Les mécanismes d'inspiration et d'expiration permettent à l'appareil respiratoire de réaliser la ventilation.

- **Le trajet de l'air**

L'air inspiré entre par la bouche ou le nez et se dirige dans les poumons (en traversant le pharynx et la trachée artère). L'air expiré fait le trajet inverse.

- **Les échanges gazeux**

L'oxygène ne reste pas dans les poumons. Il passe dans le sang. A l'inverse, le gaz carbonique n'est pas fabriqué dans les poumons : il est apporté dans les poumons par le sang. Le transport par le sang de l'oxygène vers les organes et du gaz carbonique vers les poumons peut être abordé ici mais ne peut pas faire l'objet d'une certification, puisqu'il s'agit de mettre en relation les appareils respiratoire et circulatoire de l'homme.

¹⁹ Les cinq aspects à aborder, ainsi que le niveau de compréhension à développer, ont été définis en regard du document "Socles de compétences" :

- *Savoirs à certifier à 12 ans : l'aspect fonctionnel de l'appareil respiratoire et les échanges gazeux.*
- *Savoirs en cours de construction à 12 ans :*
"A partir des nutriments (aliments digérés) et d'oxygène, les organismes vivants produisent l'énergie nécessaire à leurs besoins quotidiens, croissance, réparation, reproduction, excrétion, ..." (p. 41).
La mise en relation des différents systèmes ne peut pas faire l'objet d'une certification au terme de l'enseignement primaire.
- *Savoir à exclure à ce niveau de l'apprentissage : le niveau cellulaire.*

Six savoir-faire du référentiel « Socles de compétences » sont développés.

- Dans le cadre d'une énigme, agencer des indices en vue de formuler au moins une question, une supposition ou une hypothèse.
- Différencier les faits établis des hypothèses de travail, des réactions affectives et des jugements de valeur.
- Repérer et noter correctement une information issue d'un écrit à caractère scientifique, d'un tableau de données.
- Repérer et noter correctement une information issue d'un schéma, d'un croquis, d'une photo ou d'un document audiovisuel.
- Réaliser une brève communication orale, un petit exposé scientifique sur les résultats d'une recherche en utilisant un média.
- Confirmer ou infirmer un raisonnement par des arguments vérifiés.

La séquence débute par la mise en évidence des conceptions des enfants sur la respiration de l'homme. Ce recueil des premières représentations se réalise sur la base de questions posées aux enfants concernant l'appareil respiratoire, le trajet de l'air et les échanges gazeux. La confrontation des différentes productions débouche alors sur une organisation de celles-ci afin de cerner, avec les enfants, les différents aspects qui devront être approfondis dans la séquence d'apprentissage.

Les enfants réalisent ensuite un puzzle de l'appareil respiratoire destiné à approfondir leurs représentations en précisant la position des différents organes les uns par rapport aux autres. Sur ce schéma reconstitué, ils tracent le trajet de l'air dans le corps. La différence entre l'air inspiré et l'air expiré les repositionne face à la problématique des échanges gazeux. Une recherche documentaire réalisée par groupes leur permet alors d'affiner leurs connaissances sur les différents aspects mis en évidence précédemment.

Les enfants réalisent enfin une analyse critique de leurs conceptions initiales.

3.2. Les supports proposés

Les documents nécessaires pour réaliser les activités sont présentés à la suite de la séquence.

- Quelques questions visant à faire émerger les conceptions des enfants de la classe (voir page 47).
- Une grille de lecture à l'usage des enseignants (voir pages 48 à 50). Cet outil vise à aider l'enseignant dans l'organisation des conceptions des enfants, en lien avec les différents thèmes à aborder à ce stade de la scolarité.
- Un puzzle de l'appareil respiratoire (voir pages 51-52).
- Un exemple de document scientifique qui pourrait être utilisé par les enfants lors de la phase de recherche documentaire (pages 53-54).



La séquence proposée peut être l'occasion de convier les élèves à faire des recherches au départ de documents scientifiques variés. Le recours à la BCD de l'école peut alors être très fructueux. De nombreuses références sont présentées à la fin du document (pages 55 à 57).

3.3. Quelques rappels²⁰ d'informations scientifiques²¹ pour les enseignants

L'organisme présente un besoin permanent d'oxygène afin que toutes ses cellules puissent accomplir leurs fonctions. L'appareil respiratoire joue le rôle capital de pourvoyeur en oxygène : il permet les échanges gazeux entre l'organisme et le milieu extérieur ; il assure l'absorption de l'oxygène (dioxygène) et le rejet du gaz carbonique (dioxyde de carbone).

Mouvements, volumes et capacités respiratoires

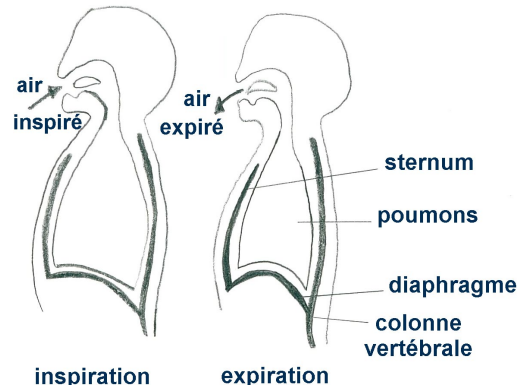
Le volume de la cage thoracique augmente à chaque inspiration et diminue à chaque expiration. L'alternance régulière des mouvements d'inspiration et d'expiration définit le rythme respiratoire. Celui-ci s'accélère considérablement lors d'un effort physique, diminue pendant le sommeil et varie également avec l'âge.

A chaque inspiration normale, 0,5 l d'air entre dans les poumons. Lors d'une inspiration forcée, il est possible de faire pénétrer 2,5 à 3 l d'air en plus. En fin d'expiration normale, on peut encore chasser 1 l d'air ; c'est ce qu'on appelle une expiration forcée. En fin d'expiration forcée, il reste encore 1,5 l d'air dans les poumons. On ne peut donc jamais les vider complètement.

Les enfants ont souvent tendance à comparer les mouvements respiratoires au gonflement d'un ballon. Par analogie, ils estiment alors que c'est l'entrée d'air dans les poumons qui provoque le gonflement de la cage thoracique. Cette conception va à l'encontre de ce qui se passe réellement.

Lors de l'inspiration, c'est l'écartement des côtes et la contraction du diaphragme qui permettent d'augmenter le volume de la cage thoracique. Les poumons sont « collés » à la cage thoracique par la plèvre (ensemble de deux membranes séparées par un liquide pleural). Lorsque la cage thoracique augmente de volume, les poumons « s'agrandissent » également. Cette augmentation de volume entraîne l'entrée d'air.

L'inspiration normale est un phénomène actif alors que l'expiration normale est un phénomène passif : les muscles précédemment contractés se relâchent et l'élasticité des poumons fait le reste.



Le diaphragme est une cloison musculaire de forme convexe au repos. Quand il se contracte, il s'aplatit et le volume de la cage thoracique augmente.

²⁰ Lors de l'épreuve d'éveil-initiation scientifique, un tiers des enseignants dont les classes font partie de l'échantillon ont exprimé qu'ils éprouvaient des difficultés dans la maîtrise de ce savoir. Les notions envisagées ici dépassent largement celles qui doivent être abordées avec les enfants de l'enseignement primaire.

²¹ Les informations présentées ici ont été rédigées sur la base des documents suivants :

- Groupe « ERABLE » (Equipe de Recherche Action en Biologie dans une Logique Expérimentale). *Biologie : Prendre en compte les « erreurs » des élèves*. Dossier CEPEC, Lyon, 1993.
- *Sciences et technologies - CM2 – Cycle 3*. Connaître. Hatier, Paris, 1998.
- R. Tavernier. *Enseigner la biologie et la géologie à l'école élémentaire*. Guide des professeurs des écoles. Bordas, 1999.

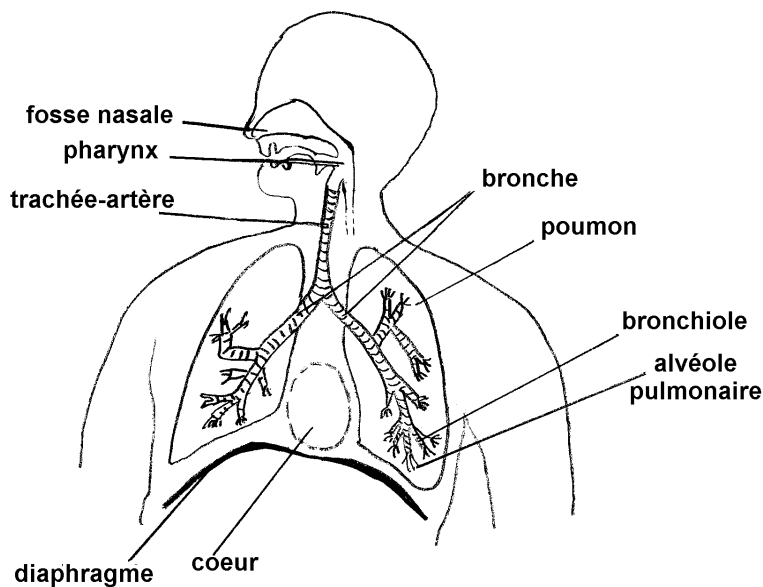
Lors d'une inspiration forcée, le diaphragme se contracte davantage et de nouveaux muscles entrent en jeu. Lors de l'expiration forcée, la contraction de muscles dits « expirateurs » s'ajoute au relâchement des muscles élévateurs. Une contraction des muscles abdominaux comprime les viscères, refoule le diaphragme vers le haut et accentue la diminution de volume de la cage thoracique.

La respiration normale est involontaire et inconsciente alors que les mouvements d'inspiration et d'expiration forcées sont volontaires.

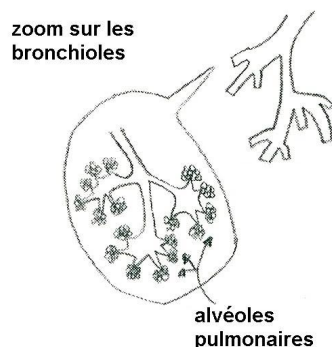
Le trajet de l'air et les échanges gazeux

Quand on respire, l'air est aspiré par le nez ou par la bouche, descend par le pharynx, passe par la trachée-artère, puis par les bronches. Une bronche débouche sur le poumon droit et l'autre sur le poumon gauche.

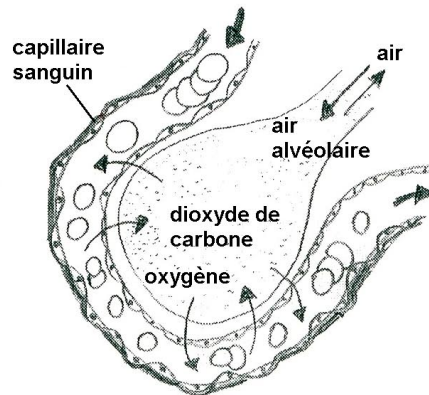
La figure suivante présente un schéma simplifié de l'appareil respiratoire humain :



Les poumons ont une organisation très spécialisée ; ce sont des organes mous, spongieux, élastiques et très légers. Chacune des bronches qui entre dans un poumon se ramifie en bronches plus petites ; celles-ci à leur tour se ramifient en bronchioles de plus en plus fines. Les bronchioles les plus petites se terminent dans de minuscules sacs, les alvéoles pulmonaires.



C'est au niveau des alvéoles pulmonaires que s'effectuent les échanges gazeux : l'oxygène passe dans le sang et le gaz carbonique (dioxyde de carbone) passe dans les poumons (dans l'air alvéolaire).



La comparaison des tableaux suivants permet de préciser la nature des échanges entre l'air et le sang au niveau des poumons.

	Air inspiré	Air expiré
Oxygène	21	16
Dioxyde de carbone	0,03	5
Azote	79	79
Ces valeurs sont exprimées en ml pour 100 ml d'air.		

	Sang à l'arrivée dans les poumons	Sang à la sortie des poumons
Oxygène	14	20
Dioxyde de carbone	60	50
Azote	2	2
Ces valeurs sont exprimées en ml de gaz contenus dans 100 ml de sang.		

Les résultats proposés dans le premier tableau montrent que la respiration se traduit par une absorption d'oxygène et par un rejet de dioxyde de carbone. En 24 heures, l'organisme humain absorbe environ 500 litres d'oxygène et rejette environ 400 litres de dioxyde de carbone.

Les prélèvements de sang (voir deuxième tableau) au niveau de l'artère pulmonaire (sang qui arrive aux poumons) et de la veine pulmonaire (sang qui sort des poumons) montrent que le premier contient moins d'oxygène et plus de dioxyde de carbone que le second.

En passant dans les poumons, le sang s'enrichit en oxygène et s'appauvrit en dioxyde de carbone. Une partie de l'oxygène contenu dans l'air inspiré passe dans le sang et une partie du dioxyde de carbone passe du sang dans l'air.

Plus de 98% de l'oxygène véhiculé par le sang est transporté par l'hémoglobine contenue dans les globules rouges. Le reste est transporté sous forme dissoute dans le plasma. Pour le dioxyde de carbone, c'est le plasma sanguin qui constitue le transporteur principal (les trois quarts) et les globules rouges qui assurent le complément de transport (le quart environ).

Une fois dans le sang, l'oxygène se rend dans le cœur, puis est dirigé vers les organes (par exemple vers les muscles). A ce niveau, il se produit des réactions chimiques qui « utilisent » les nutriments (présents dans les cellules) et l'oxygène apporté par le sang. Ces réactions chimiques permettent de produire de l'énergie et dégagent du dioxyde de carbone et de l'eau.

Ces « déchets » sont transportés dans le sang jusqu'au cœur, puis sont ramenés vers les poumons au niveau des alvéoles pulmonaires.

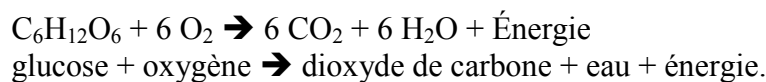
La respiration est le processus par lequel les mouvements de l'air fournissent l'oxygène au corps. La plupart des cellules du corps utilisent l'énergie dégagée au départ des réactions chimiques. Le mot respiration ne s'applique pas seulement à l'échange de gaz avec l'extérieur, mais également aux réactions chimiques qui se produisent au niveau cellulaire.

La respiration est donc une fonction cellulaire : les cellules tirent leur énergie des réactions chimiques complexes qui s'accompagnent d'une consommation d'oxygène et d'un rejet de dioxyde de carbone. Ces échanges gazeux sont rendus possibles par la coopération de deux appareils spécialisés fonctionnant en relais : l'appareil respiratoire et l'appareil circulatoire.

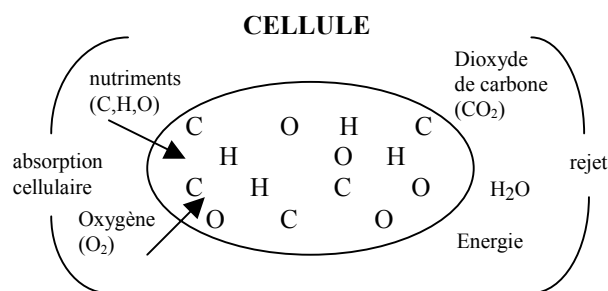
Pour en savoir plus sur la respiration cellulaire...

Les cellules du corps humain, comme celles des autres animaux, ont besoin d'oxygène pour dégrader les nutriments et trouver ainsi l'énergie nécessaire aux diverses réactions chimiques dont elles sont le siège.

Tentons d'expliquer le phénomène au départ du glucose qui est le nutriment le plus utilisé ; sa molécule est complètement dégradée en dioxyde de carbone et en eau. La dégradation d'une molécule de glucose au cours de la respiration cellulaire libère de l'énergie. Le processus peut s'exprimer de la façon suivante :



Les réactions qui se produisent ne se limitent pas à une combinaison entre deux corps. Les molécules « se cassent » (elles se dégradent) et les atomes se combinent différemment pour former de nouvelles molécules.



Remarque :

La respiration n'est pas une combustion. Dans une combustion, le carbone provenant des nutriments se combine directement avec l'oxygène de l'air : $\text{C}(\text{nutriment}) + \text{O}_2(\text{air}) \rightarrow \text{CO}_2$. Dans la respiration, le dioxyde de carbone provient des atomes du nutriment dégradé : $\text{C}(\text{nutriment}) + \text{O}_2(\text{nutriments}) \rightarrow \text{CO}_2$. L'oxygène qui provient de l'air (O) se combine avec l'hydrogène (H) de la molécule dégradée pour former de l'eau (H₂O). Dans le cas de la respiration, il est donc tout à fait erroné de penser que l'oxygène se transforme en gaz carbonique.

3.4. Description de la séquence


Etape 1 : Introduction

Une réflexion avec les enfants sur ce qui caractérise le vivant peut permettre d'introduire la respiration comme une des fonctions du vivant.


Etape 2 : Emergence des conceptions des enfants

La mise en évidence des conceptions des enfants sur la respiration de l'homme se réalise sur la base d'une réflexion individuelle autour de deux problématiques (voir page 46) :


- 1) Lorsque tu respirez, où va l'air qui entre dans ton corps ? Au départ d'un schéma du corps humain, dessine le trajet de l'air et les différents organes concernés.
- 2) L'air qui rentre dans le corps n'est pas le même que celui qui en sort. Explique ce qui s'est passé dans les poumons.

 *Il est important de garder une trace écrite de ce travail individuel, de façon à ce que chaque enfant puisse, en fin de séquence, analyser à nouveau ses conceptions.*


Avant d'exploiter les productions en classe, l'enseignant réalise une première analyse des principales conceptions erronées des enfants. Afin de proposer une aide dans ce travail, la grille présentée aux pages 48 à 50 propose une organisation des conceptions d'environ 1500 enfants de cinquième année sur la respiration²².

 *Les nombreux exemples de productions d'enfants sur les différents aspects à aborder dans l'enseignement primaire pourront aider l'enseignant à situer l'écart entre les conceptions des élèves de sa classe et les savoirs qui seront approfondis dans la séquence.*

Dans un deuxième temps, une exploitation des réponses avec les enfants permettra de mettre en évidence la grande diversité des représentations.

 *Cette mise en commun peut également justifier la nécessité d'approfondir le sujet afin de découvrir ce qui se passe réellement.*

Des premiers débats avec les enfants sur la pertinence de certaines représentations pourront déjà permettre d'en invalider quelques-unes.


 *Par exemple, certains enfants ont le sentiment que l'air entre par le nez et sort par la bouche. Une observation d'un élève qui respire permettra rapidement de réfuter cette hypothèse sur le trajet de l'air. D'autres enfants pensent que l'air entre par une narine et sort par l'autre. Faire souffler un enfant par le nez contre une vitre pourra permettre de visualiser que l'air est expiré par les deux narines. On peut également boucher une narine et constater qu'il est possible de respirer dans ces conditions.*

Cette exploitation collective vise également à préciser avec les enfants les aspects qui seront approfondis dans la séquence.


²² Ces représentations, organisées en fonction des différents aspects à exploiter dans l'enseignement primaire, sont issues d'une analyse approfondie des réponses obtenues à la question 9 de l'épreuve externe proposée aux élèves au mois d'octobre.

Etape 3 : Réalisation d'un puzzle de l'appareil respiratoire de l'homme

Après une découverte collective des différents organes de l'appareil respiratoire, les enfants, répartis en groupes, reconstituent un puzzle (voir page 51) destiné à préciser la position des différents organes les uns par rapport aux autres. Sur le schéma reconstitué (voir page 52), ils tracent ensuite le trajet de l'air dans le corps.


 *Dans la mesure du possible, la découverte des différents organes s'organise sur la base de l'exploitation collective des schémas réalisés par les enfants au début de la séquence.*


Une analyse collective des différents puzzles reconstitués permet d'affiner les conceptions des enfants relatives à l'appareil respiratoire et au trajet de l'air. Cela permet aussi de préciser les difficultés qui apparaissent encore face à ces deux aspects.


 *Si l'analyse des conceptions initiales des enfants a révélé des difficultés concernant le lien entre le cœur et les poumons (par exemple, dessin d'un tuyau reliant directement les deux organes) ou si les enfants s'étonnent de ne pas rencontrer le cœur dans le puzzle, on peut leur proposer un prolongement en approfondissant cette question à travers la lecture de documents scientifiques²³.*

Etape 4 : Consultation de documents scientifiques

En fonction des différents aspects qui auront été mis en évidence dans les deux activités précédentes, les enfants réalisent une recherche documentaire visant à approfondir leurs connaissances dans ces domaines de savoir. Cette recherche documentaire se réalise par groupes après une répartition des domaines à développer au sein de la classe. Une mise en commun est ensuite organisée

 *Il serait intéressant que chaque aspect soit envisagé par au moins deux groupes pour pouvoir confronter les résultats obtenus et les valider.*

 *Différents documents pourront être consultés lors de cette recherche. Quelques références dans lesquelles l'enseignant peut puiser sont proposées aux pages 55 à 57 du présent document. A titre d'exemple, un document scientifique exploitable par des enfants est présenté aux pages 53-54.*

 *La mise en commun des résultats des recherches réalisées dans les groupes pourrait se présenter sous la forme de panneaux, par exemple.*

Etape 5 : Confrontation entre la recherche documentaire et les représentations initiales

Les enfants reprennent les réponses qu'ils avaient individuellement apportées aux deux questions concernant la respiration et retravaillent celles-ci. L'enseignant pourra alors voir de quelle façon les enfants ont progressé dans leurs représentations liées à la respiration et cerner les domaines qui devront encore être approfondis ultérieurement.

²³ Rappelons toutefois que le lien entre l'appareil respiratoire et circulatoire ne peut faire l'objet d'une certification.

Que sais-tu déjà sur la respiration ?

1. Lorsque tu respirez, où va l'air qui entre dans ton corps ? Dessine le trajet de l'air et les différents organes concernés.



2. L'air qui rentre dans le corps n'est pas le même que celui qui en sort. Explique ce qui s'est passé dans les poumons.

Grille de lecture permettant de situer les conceptions des enfants

Aspects relevant de l'enseignement primaire et niveau de compréhension attendu	Quelques exemples de représentations telles que formulées par les enfants lors de l'épreuve d'évaluation externe
<p>Le siège de la respiration A ce niveau de l'apprentissage, la respiration se manifeste essentiellement dans les organes respiratoires. Dans les poumons, les échanges gazeux permettent à l'organisme de se procurer de l'oxygène de l'air et d'évacuer le gaz carbonique.</p>	<p>Premier lieu évoqué : les poumons</p> <ul style="list-style-type: none"> • C'est grâce aux poumons qu'on respire. • Les poumons servent à bien respirer. • Quand on respire, c'est les poumons qui travaillent. <p>Deuxième lieu évoqué : le cœur</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'air rentre pour faire battre le cœur.
<p>L'utilité de la respiration L'inspiration permet au corps de se procurer de l'oxygène et l'expiration permet de rejeter le gaz carbonique. C'est donc la compréhension des échanges gazeux qui est visée ici.</p>	<p>Rôle perçu : garder ce qui est bon pour l'organisme dans l'air et rejeter ce qui est mauvais (idée de nettoyage)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les poumons prennent le bon et rejettent le mauvais. • Les poumons gardent l'oxygène. • Les poumons rejettent les déchets, les microbes. • Les poumons nettoient l'air. • Les poumons purifient l'air. • Quand on inspire, on filtre par les poils du nez et quand on expire, on rejette les déchets du corps. • Le poumon éjecte ce dont il n'a pas besoin. • Les poumons ont trié l'air vicié et pur. • Quand on parle, on avale des saletés, on les rejette quand on respire. • L'air expiré est moins pur que celui qu'on inspire . • Ca passe pour nettoyer. • On inspire beaucoup, mais on ne rejette pas tout. • Quand on inspire, c'est moins sale. • L'air inspiré est bon pour les humains, l'air expiré est bon pour les arbres. • Les poumons rejettent la mauvaise haleine. • L'air est plus propre quand il ressort. • On inspire l'air qui se réchauffe et on rejette les microbes. • Dans l'air inspiré, il y a tout ; dans l'air expiré, il y a du mauvais. • L'air sort moins bon. <p>Aucun rôle perçu : le poumon est comme un ballon qui se gonfle et se dégonfle sans autre but</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les poumons inspirent puis expirent, sinon ils éclateraient. • Les poumons se remplissent puis se vident. • Les poumons se gonflent puis se relâchent. • On prend et renvoie l'air. • Le poumon s'est gonflé puis vidé. • Les poumons se gonflent puis se remettent en place. • On souffle l'air et on recommence.

<p>Le fonctionnement des mouvements respiratoires</p> <p>Les mécanismes d'inspiration et d'expiration permettent à l'appareil respiratoire de réaliser la ventilation.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inspirer, c'est se remplir d'air; expirer, c'est se vider de l'air. • Inspirer, c'est prendre de l'air et expirer, c'est jeter. • Les poumons s'ouvrent quand on inspire et se referment quand on expire. • On avale l'air inspiré, c'est l'inspiration et on dégage l'air expiré, c'est l'expiration. • Quand on inspire, les poumons remontent et ils redescendent quand on expire. • La cage thoracique se gonfle quand on inspire puis se dégonfle quand on expire. • Les poumons se contractent quand on inspire puis se rétractent quand on expire. • Quand on inspire, les poumons s'enfoncent et quand on expire, ils se regonflent. • Quand on inspire, les poumons sont plus petits, quand on expire, ils sont plus gros.
<p>Le trajet de l'air</p> <p>L'air inspiré entre par la bouche ou le nez et se dirige dans les poumons (en traversant le pharynx et la trachée artère). L'air expiré fait le trajet inverse.</p>	<p>Idée de passage dans différents organes</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'air inspiré descend dans les poumons, l'air expiré remonte dans les fosses nasales. • L'air passe par la bouche, le pharynx et les poumons. • L'air passe dans les poumons, remonte par le nez et ressort. • L'air rentre par le nez et sort par la bouche. • L'air rentre par une narine vers les poumons et ressort par l'autre narine. <p>Idée de passage direct dans les poumons</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'air va dans Les poumons puis s'en va. • L'air sort des poumons et ressort tout de suite. • L'air passe dans les poumons. <p>Idée de cloisonnement des deux poumons : l'air entre par un poumon et sort par l'autre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un poumon prend l'air, l'autre expire. • Un poumon prend la respiration, l'autre relâche. • Il y a un poumon pour l'air et l'autre pour la nourriture. • Un poumon inspire, l'autre expire. • Les poumons sont séparés en deux parties.

Les échanges gazeux

L'oxygène ne reste pas dans les poumons. Il passe dans le sang. A l'inverse, le gaz carbonique n'est pas fabriqué dans les poumons : il est apporté dans les poumons par le sang.

Idée de transformation

- Les poumons transforment l'air en oxygène et puis le rejettent.
- L'oxygène se transforme en gaz carbonique.
- L'air tourne et il devient gaz carbonique.
- L'air inspiré se transforme en oxygène et l'air expiré se transforme en gaz carbonique.
- Il y a des gaz qui se transforment.
- Avec les trois airs qu'on respire, on en forme un autre.
- Les poumons ont remplacé l'oxygène par de l'azote.

Idée de stockage de l'oxygène au niveau des poumons

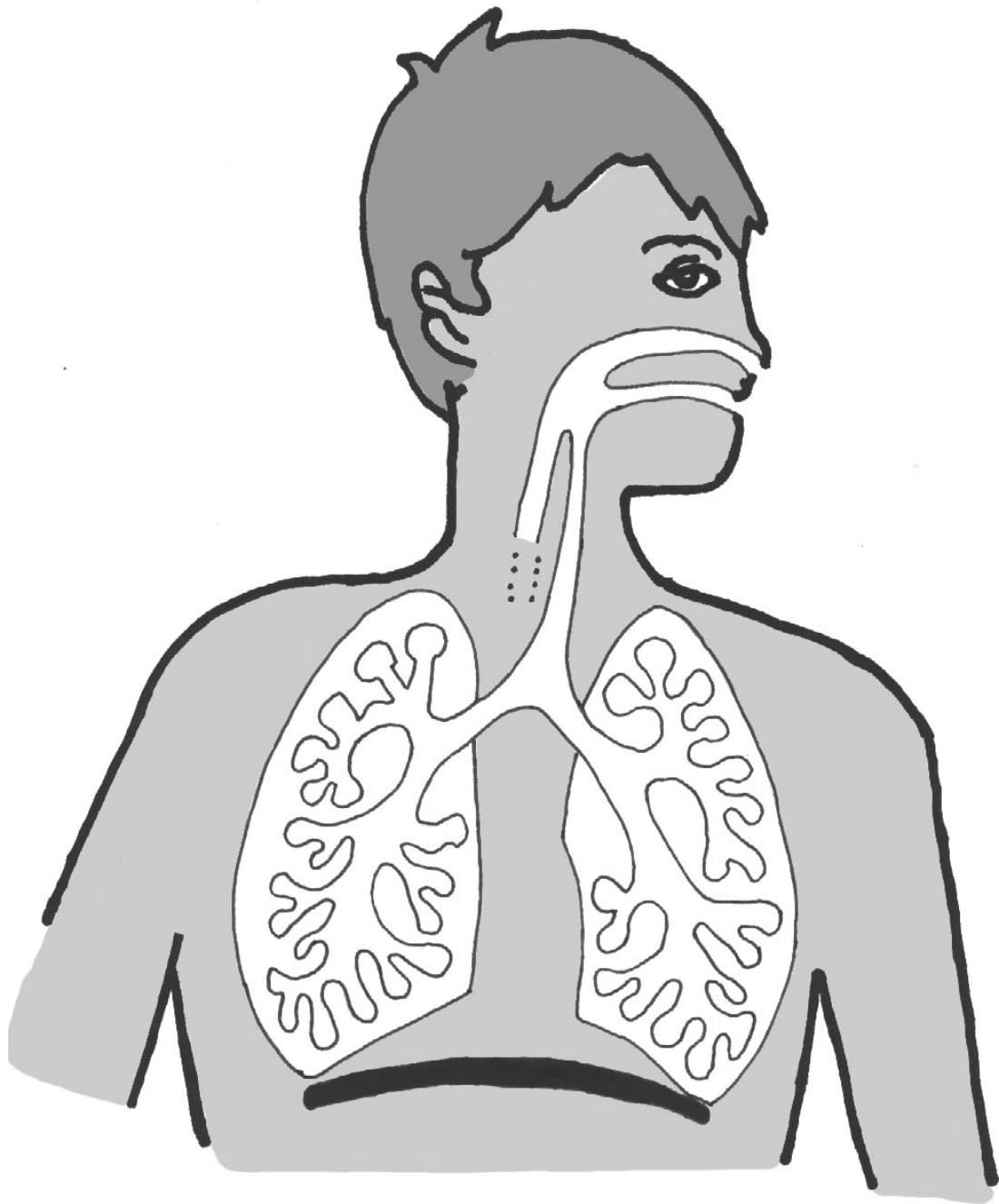
- Les poumons gardent l'oxygène et rejettent le gaz carbonique.
- On garde l'oxygène, on rejette l'air et le gaz carbonique.
- Les poumons retirent les gaz inspirés et rajoutent d'autres gaz.

Idée de réchauffement

- L'air inspiré est froid, quand il ressort, il est chaud parce que les poumons sont chauds et ils réchauffent l'oxygène.
- Les poumons ont pris l'oxygène, l'air ressort plus chaud.
- L'air qui rentre prend la température du corps et devient gaz carbonique.
- L'oxygène se transforme en gaz.
- Quand on inspire, l'air se réchauffe et il en ressort des gaz carboniques, c'est l'air expiré.

Puzzle de l'appareil respiratoire



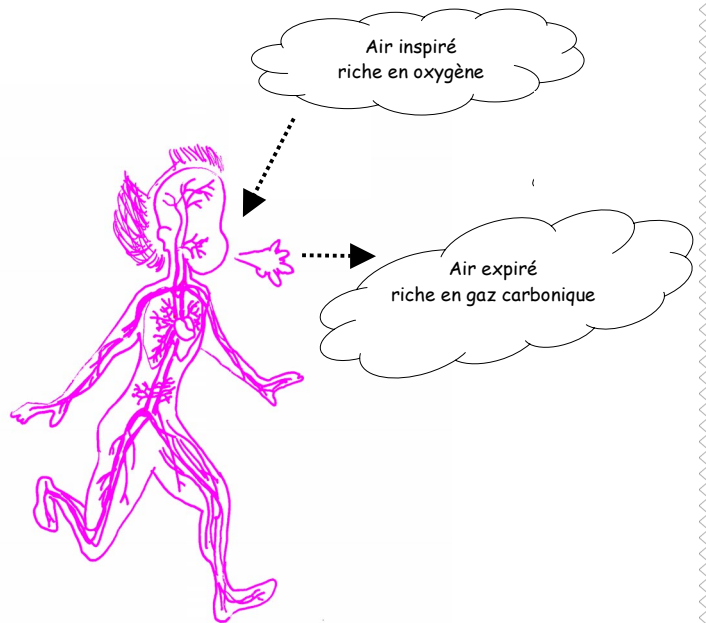


La respiration : des questions et des réponses

Pourquoi respire-t-on ?

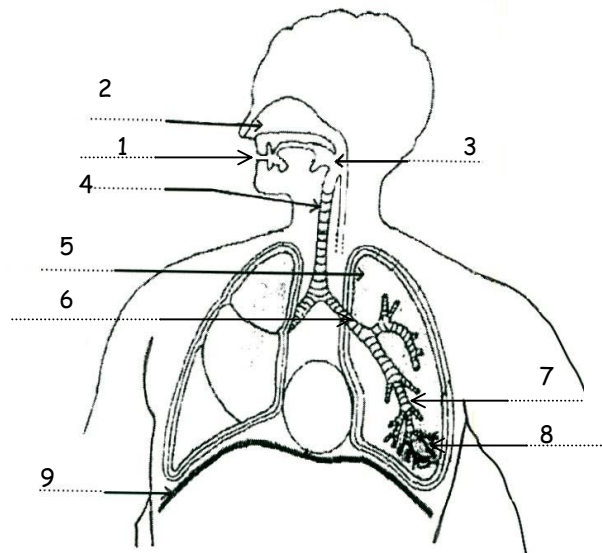
La respiration nous apporte l'oxygène qui est indispensable pour vivre.

C'est aussi par la respiration que nous rejetons le gaz carbonique qui a été produit par le corps.



Quel trajet parcourt l'air dans notre corps?

Lorsque nous inspirons, l'air entre par la bouche (1) ou les narines (2), passe dans le pharynx (3) et dans la trachée artère (4), puis dans les poumons (5). Les poumons se présentent un peu comme un arbre à l'envers, où le tronc serait les bronches (6), où les grosses branches seraient les bronchioles (7) et les feuilles, les alvéoles pulmonaires (8).



C'est au niveau des alvéoles pulmonaires que se font les échanges entre l'oxygène de l'air et le gaz carbonique du sang. Les poumons sont enfermés dans la cage thoracique. Celle-ci est formée des côtes et limitée vers le bas par un muscle, le diaphragme (9).

Lorsque nous expirons, l'air est expulsé des poumons et réalise le même trajet dans l'autre sens.

De quelle façon, le corps se procure-t-il de l'oxygène et se débarrasse-t-il du gaz carbonique?

L'air que l'on inspire n'est pas le même que celui que l'on expire : ils ne sont pas constitués des mêmes gaz, comme le montre ce tableau :

	Air inspiré	Air expiré
Oxygène	21 ml	16 ml
Gaz carbonique	0,03 ml	5 ml
Azote	79 ml	79 ml

(les nombres désignent la quantité de gaz contenue dans 100 ml d'air)

Une partie de l'oxygène présent dans l'air inspiré n'apparaît pas dans l'air expiré. On voit aussi que l'air expiré contient plus de gaz carbonique que l'air inspiré.

Comment peut-on expliquer cette différence?



Pour bien la comprendre, il faut s'intéresser à la composition en gaz du sang à l'arrivée dans les poumons et à la sortie des poumons.

	Sang à l'arrivée dans les poumons	Sang à la sortie des poumons
Oxygène	14 ml	20 ml
Gaz carbonique	60 ml	50 ml
Azote	2 ml	2 ml

(les nombres désignent la quantité de gaz contenue dans 100 ml de sang)



En passant dans les poumons et plus particulièrement dans les alvéoles pulmonaires, le sang s'enrichit en oxygène et s'appauvrit en gaz carbonique. Ainsi, c'est au niveau des poumons qu'une partie de l'oxygène contenu dans l'air inspiré passe dans le sang et que du gaz carbonique passe du sang dans l'air. L'air que l'on expire contient donc plus de gaz carbonique et moins d'oxygène que celui que l'on inspire.

Quelques références en éveil - initiation scientifique

Références pédagogiques et didactiques

- ASTOLFI J.-P., DEVELAY M., *La didactique des sciences*, Paris, PUF, 1989.
- ASTOLFI J.-P., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y., TOUSSAINT J., *Mots-clés de la didactique des sciences*, Paris-Bruxelles, De Boeck Université, 1997.
- BERTRAND-RENAULD S., MOLS J., *Je construis mes apprentissages en sciences au premier degré*, Bruxelles, De Boeck, 1998.
- BOURDIAL I. & VIALLES C., *Les sciences à l'école primaire*, Retz, Pédagogie pratique.
- CHAUVEL D. & MICHEL V., *Les sciences dès l'école maternelle*, Retz, Pédagogie pratique.
- DE VECCHI G., CARMONA-MAGNALDI N., *Faire construire des savoirs*, Paris, Hachette Education, 1996.
- FOUREZ G., *Alphabétisation scientifique et technique*, Bruxelles, De Boeck Université, 1994.
- GIORDAN A., *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Paris, Belin, 1999.
- GIORDAN A., *Apprendre*, Paris, Belin, 1998.
- GIORDAN A., *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*, Le Centurion/formation, Paidoguides.
- GIORDAN, A., SOUCHON, C., *Une éducation pour l'environnement*, Guide pratique.
- JACQUART A., *La science à l'usage des non scientifiques*, Calman Levy, 2001
- Ministère de l'Éducation, de la Recherche et de la Formation. Direction Générale de L'organisation des Études. *Éveil scientifique - École de la Réussite*. Comité de coordination de l'enseignement fondamental organisé par la Communauté française, 1994.
- TAVERNIER R., *Enseigner la biologie et la géologie à l'école élémentaire*, France, Larousse-Bordas, 1999.
- TOUSSAINT, R., LAVIGNE, A., *Apprentissage et enseignement des sciences et de la technologie au primaire*, Gaëtan Morin éditeur, Boucherville (Quebec), 2001.
- THOUIN M., *Introduction aux sciences de la nature*, Québec, Editions MultiMondes, 1996.
- THOUIN M., *La didactique des sciences de la nature au primaire*, Québec, Editions MultiMondes, 1997.
- THOUIN M., *Problèmes de sciences et technologie pour le préscolaire et le primaire*, Québec, Editions MultiMondes, 1999.
- Unesco. *Nouveau manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences*.
- ZARKA Y., *Enseigner la biologie à l'école primaire*, Paris, Hachette Education, 1996.

Documentation variée (manuels, revues,...)

Titre	collection	Edition	Auteur
La lumière, la couleur, l'air, l'eau, l'électricité, les aimants, le son, les cinq sens, les machines, l'énergie	Le petit chercheur	Bordas jeunesse	N. ARDLEY
Pourquoi c'est froid ? Pourquoi ça chauffe ? Pourquoi ça fond ?	BTJ	Ecole Moderne Française	Collectif du groupe Freinet
Youpi (4-8 ans) Image DOC (9-12 ans)		Bayard presse jeunesse	
Sciences et Technologie (CP, CE, CM)	Tavernier	Bordas	Collectif
100 expériences Tome 1 : physique Tome 2 : Chimie, biologie	L'écho des savants	Jeunesses scientifiques	
Vocabulaire scientifique de base		Labor	T. PIROTTE
Mon premier livre d'expérience		Chantecler	
Mon grand livre d'expériences		Chantecler	
La main à la pâte		Flammarion	Georges CHARPAK
Les sciences de 2 à 10 ans	Aster, n° 31		INRP Paris
Atelier de technologie CE2-CM		Nathan	Cl. HAMEAU P. LEBAN
Les petits débrouillards 1,2,3,4		Belin	Professeur SCIENTIFIX
Multi éveil	Vivons l'éveil	Labor	FILLEUL, PAQUAY, SACRÉ, WARTEL,...
Graines de sciences 1, 2 et 3		Le pommier	Georges CHARPAK
Sciences et technologie (cycle 3 niveau 1,2,3) - guide pédagogique - cahiers d'activités		Nathan	
Sciences et technologie - fichier du maître - hectofiches		Magnard	CHAISSAC- MICHAUD-LE MOAL
De la découverte du monde à la biologie aux cycles 2 et 3	Pratiques de l'éducation	Nathan Pédagogie	Castor, Lange et Martinet
L'enfant découvre l'électricité	Formation continuée Enseignement primaire	Centre Technique de l'Etat	
60 manipulations pour découvrir la technologie	Techno cité	La Vilette – La Cité	

Sites internet

Activités de Découvertes Techniques et Scientifiques : <http://users.swing.be/cemealg/>

Activités de Découvertes Techniques et Scientifiques : <http://www.multimania.com/adts/>

La main à la pâte : <http://www.inrp.fr/lamap>

Les ceméa français : <http://www.cemea.asso.fr/gna.html>

Site interactif : <http://anstj.mime.univ-paris8.fr/>

Le musée de la science à Liège : http://www.netline.be/atlas/liege/musee/sci/home_sci.htm

Matière grise : <http://www.rtbf.be/matieregrise/>

Association des professeurs de physique et de chimie : <http://www.cnam.fr/hebergement/udp/>

Les petits débrouillards (site français) : <http://www.lespetitsdebrouillards.com/>

Les petits débrouillards (site canadien) : <http://www.lesdebrouillards.qc.ca/>

Les petits débrouillards (site belge : Brabant wallon) :

<http://www.ibelgique.ifrance.com/debrouillards/>

Jeunesses scientifiques de Belgique : <http://www.jsb.be/>

Répertoire de sites de l'Agers : <http://www.agers.cfwb.be/pedag/Repertoire.asp?varcat=dO2>

Les enfants du net : <http://www.enfants-du-net..org>

<http://www.chambery.grenoble.iufm.fr/>

<http://perso.wanadoo.fr/cfp.brest/cps/>

"C'est pas sorcier" : <http://www.france3.p/>