

collection École  
Documents d'application des programmes

# **Fiches connaissances**

## **cycles 2 et 3**

Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation nationale et de la Recherche  
Direction de l'enseignement scolaire

applicable à la rentrée 2002

**Centre national de documentation pédagogique**

Ce document résulte de l'actualisation des *Fiches connaissances* diffusées en mai 1998 dans les circonscriptions du premier degré. La première version de ces fiches a été rédigée par :

Jean-Michel BÉRARD	inspecteur général de l'Éducation nationale
Pierre ANTHEAUME	professeur agrégé de sciences naturelles au centre de Livry-Gargan de l'IUFM de Créteil, chercheur au Lirest
Marc ANTOINE	professeur agrégé de sciences physiques au centre de Cergy-Pontoise de l'IUFM de Versailles, chercheur à l'INRP
Annick CHAUZEIX	inspectrice de l'Éducation nationale à Méru dans l'Oise
Francine MALEXIS	inspectrice de l'Éducation nationale à Fourmies dans le Nord (en mai 1998)

La coordination de ce travail avait été assurée par Patrick Bernard, direction de l'enseignement scolaire.

Cette réactualisation a été effectuée par :

Roger BASTIEN	inspecteur de l'Éducation nationale à Saint-Maur
Jack GUICHARD	directeur adjoint de l'IUFM de Paris
Pascal IGNACE	directeur d'école d'application à Aulnay-sous-Bois
Claudine LARCHER	professeur des universités, Institut national de la recherche pédagogique
Francine MALEXIS	inspectrice d'académie – inspectrice pédagogique régionale dans l'académie de Lille
Yves QUERE	Académie des sciences
Jean-Michel ROLANDO	professeur formateur au centre de Bonneville de l'IUFM de Grenoble
Édith SALTIEL	maître de conférences, Institut national de la recherche pédagogique / université Paris 7
Jean-Pierre SARMANT	inspecteur général de l'Éducation nationale

sous la responsabilité de Philippe Joutard, président du groupe d'experts sur les programmes de l'enseignement primaire.

**Coordination :** Jean-Marc Blanchard, bureau du contenu des enseignements, direction de l'enseignement scolaire.

**Suivi éditorial :** Christianne Berthet

**Secrétariat d'édition :** Élise Goupil

**Maquette de couverture :** Catherine Villoutreix

**Maquette et mise en pages :** Atelier graphique

© CNDP, octobre 2002

ISBN : 2-240-00995-0

ISSN : 1635-8864

# Sommaire

Introduction .....	5
Fiche 1. États de la matière et changements d'état.....	7
Fiche 2. Mélanges et solutions .....	10
Fiche 3. Air .....	12
Fiche 4. Stades de la vie d'un être vivant .....	14
Fiche 5. Fonctions communes des êtres vivants .....	15
Fiche 6. Besoins des végétaux .....	16
Fiche 7. Divers modes de transmission de la vie .....	17
Fiche 8. De l'ordre dans le monde vivant.....	19
Fiche 9. Évolution des êtres vivants .....	21
Fiche 10. Rôle et place des êtres vivants dans leur milieu .....	22
Fiche 11. Mouvements et déplacements .....	23
Fiche 12. Nutrition animale et humaine : digestion et excrétion.....	24
Fiche 13. Nutrition animale et humaine : respiration et circulation.....	25
Fiche 14. Transmission de la vie chez les êtres humains.....	26
Fiche 15. Éducation à la santé.....	27
Fiche 16. Énergie .....	29
Fiche 17. Lumière et ombres .....	31
Fiche 18. Points cardinaux et boussole .....	33
Fiche 19. Mouvement apparent du Soleil.....	35
Fiche 20. Rotation de la Terre sur elle-même .....	37
Fiche 21. Système solaire et Univers .....	39
Fiche 22. Manifestations de l'activité de la Terre .....	41
Fiche 23. Électricité.....	42
Fiche 24. Leviers et balances.....	44
Fiche 25. Transmission de mouvements.....	45
Fiche 26. Technologies de l'information et de la communication .....	47



# Introduction

Ces vingt-six fiches s'efforcent d'exprimer, en des termes accessibles à des élèves scolarisés à l'école élémentaire, les principales connaissances scientifiques sous-jacentes aux différents chapitres du programme « Découvrir le monde » (cycle des apprentissages fondamentaux) et « Sciences et technologie » (cycle des approfondissements).

Ces fiches ne constituent en aucune manière un manuel d'enseignement des sciences à l'école primaire. Notamment, la démarche pédagogique, les choix des situations concrètes servant de support à l'activité, la description et la réalisation d'expériences sont délibérément absents de ces documents. Il est clair, en particulier, que le paragraphe « connaissances » de chaque fiche ne prend sens pour les élèves que lorsqu'ils construisent ces connaissances au cours de la démarche pédagogique active guidée par le maître. Un exposé magistral du contenu de ces fiches serait en contradiction avec les recommandations du programme 2002 et celles du plan de rénovation de l'enseignement des sciences engagé en juin 2000. Il importe par ailleurs d'observer qu'il n'y a pas (et qu'il n'est sans doute pas souhaitable qu'il y ait) correspondance terme à terme entre un libellé du programme, une situation concrète, une fiche connaissance et une expérience réalisée par les élèves.

On notera enfin que certaines notions difficiles à aborder à l'école primaire ne sont pas développées. Ainsi le programme mentionne-t-il « Utilisation de thermomètres dans quelques situations de la vie courante » sans chercher à approfondir la notion de température.

Conçues comme un outil d'aide au travail des enseignants et des équipes pédagogiques, certaines fiches peuvent, dans leur partie « connaissances », apporter au maître une aide pour élaborer avec les élèves la formulation des conclusions résultant des activités d'investigation menées en classe. Chaque fiche recense également quelques difficultés provenant des liens ou des confusions entre les termes employés dans le domaine scientifique et le vocabulaire courant. Ces liens constituent souvent un obstacle à la compréhension par les élèves des résultats obtenus lors de la démarche scientifique.

Ces fiches connaissances, associées au programme 2002, sont une mise à jour et une extension des fiches rédigées à l'occasion de la publication des programmes de 1995, qui ont été envoyées dans toutes les circonscriptions du premier degré le 29 mai 1998 par le directeur de l'enseignement scolaire. Cette nouvelle version a été élaborée sous la responsabilité de la commission chargée de la rédaction des rubriques « Découvrir le monde » et « Sciences et technologie » des programmes 2002. Elle a bénéficié de la relecture de membres de l'Académie des sciences.





# États de la matière

## et changements d'état

### Programme

#### Cycle 2 :

##### La matière

Utilisation de thermomètres dans quelques situations de la vie courante.

L'eau dans la vie quotidienne : glace, eau liquide, observations des processus de fusion et de solidification, mise en relation avec des mesures de température.

#### Cycle 3 :

##### La matière

États et changements d'état de l'eau : fusion, solidification, ébullition, état gazeux de l'eau, évaporation, condensation, facteurs agissant sur la vitesse d'évaporation.

##### Éducation à l'environnement

Le trajet et les transformations de l'eau dans la nature.

### Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Dans le vocabulaire courant :

- solide s'oppose souvent à fragile ou à mou, et non à liquide et gazeux ;
- gaz désigne surtout le gaz combustible utilisé comme moyen de chauffage domestique ;
- l'expression « eau gazeuse » ne désigne pas de l'eau dont l'état physique est l'état gazeux, mais de l'eau dans laquelle est dissous du dioxyde de carbone ;
- le mot « fondre » est souvent employé à la place de se dissoudre : on dit « le sucre fond dans l'eau » au lieu de « se dissout dans l'eau ». Il ne s'agit pas ici d'un changement d'état mais d'une dissolution (voir fiche n° 2 « Mélanges et solutions » pour ces deux derniers points) ;
- le mot vapeur désigne d'autres gaz que la vapeur d'eau (vapeur d'alcool, d'éther...).

### Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Pour les élèves, la glace, l'eau et la vapeur d'eau sont trois substances différentes. Cette représentation est issue des différences perceptives entre ces trois états. Elle est renforcée par le vocabulaire usuel (sous chacun de ses trois états, l'eau porte un

nom différent) et par certaines habitudes pédagogiques qui consistent à présenter l'eau comme le prototype de l'état liquide, alors que c'est l'air qui est présenté comme le prototype de l'état gazeux.

Les élèves ne possèdent pas totalement l'idée de conservation et ont du mal, généralement, à admettre l'existence de quelque chose d'invisible. Cette difficulté se manifeste dans le cas des gaz et tout particulièrement dans celui de la vapeur d'eau. Lorsque de l'eau s'évapore, les plus jeunes élèves perçoivent ce phénomène comme magique et pensent tout simplement que l'eau a disparu. Les plus âgés prétendent souvent que l'eau, en s'évaporant, s'est transformée en air.

Lors de l'ébullition, de grosses bulles de vapeur d'eau se forment dans le liquide, remontent à la surface et s'échappent. De nombreux élèves pensent que ce sont des bulles d'air.

Lorsque l'eau bout, on voit en général un brouillard au-dessus du récipient. Ce brouillard est constitué de fines gouttelettes d'eau résultant de la condensation de la vapeur d'eau dans l'air froid au-dessus du récipient. Les élèves appellent souvent ce brouillard « fumée », alors qu'une fumée comporte de fines particules solides, ce qui n'est pas le cas ici. Ils appellent aussi ce brouillard « vapeur », alors que la vapeur d'eau est un gaz invisible. Ils appellent également ce brouillard « buée », alors que le mot buée désigne plutôt les fines gouttelettes d'eau qui se déposent sur un objet froid.

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Lorsqu'on chauffe de l'eau dans un récipient, on observe avant l'ébullition de petites bulles d'air (initialement dissoutes dans l'eau) qui s'échappent de l'eau. Ce n'est qu'en poursuivant le chauffage que l'on voit apparaître de grosses bulles de vapeur d'eau qui caractérisent l'ébullition.

La mise en évidence de la température de fusion-solidification de l'eau pure nécessite un mélange intime de glace et d'eau en équilibre. Si la quantité de glace est trop faible, la température n'atteindra pas l'équilibre. Si la glace n'est pas pilée (par exemple lorsqu'on utilise un glaçon), la température risque de ne pas être homogène dans tout le récipient. Lorsqu'on mesure la température d'ébullition de l'eau à l'école, il est rare de trouver 100 °C. La température d'ébullition est affectée par la présence de substances dissoutes (l'eau du robinet n'est pas pure) et par la pression atmosphérique qui dépend, en particulier, de l'altitude. Dans les régions montagneuses, l'eau pure bout à une température légèrement inférieure à 100 °C. Les thermomètres usuels que les écoles peuvent se procurer sont souvent à immersion totale. Cette condition d'utilisation est rarement possible pour mesurer la température d'ébullition de l'eau. L'indication fournie par le thermomètre présente alors une erreur (par défaut) de quelques degrés (ce qui n'est pas fondamental si l'on se réfère à la formulation prévue par le programme où l'on vise essentiellement à montrer que la température reste constante au cours de l'ébullition de l'eau pure).

La mise en évidence de la conservation de la masse lors de la fusion de la glace nécessite d'essuyer la buée, issue de l'air ambiant, qui se condense sur les parois extérieures du récipient contenant la glace. Sans cette précaution, l'équilibre d'une balance de type Roberval est rapidement rompu.

## Connaissances

– La glace, l'eau liquide et la vapeur d'eau sont trois états physiques de l'eau. On met en évidence sur l'exemple de l'eau les caractéristiques des principaux états de la matière : les solides ont une forme propre ; les liquides s'écoulent ou adoptent, au repos, la forme des récipients qui les contiennent, leur surface libre étant alors horizontale ; comme les liquides, les gaz coulent et prennent la forme des récipients, mais contrairement aux liquides, ils occupent la totalité du volume.

– L'eau gèle (ou reste solide) lorsque elle est portée à une température inférieure à 0 °C et, réciproquement, la glace fond (ou l'eau reste liquide) lorsqu'elle est portée à une température supérieure à 0 °C. Le mélange intime de glace et d'eau à l'état liquide est à 0 °C. La masse se conserve au cours de cette transformation.

– À l'air libre et dans les conditions usuelles, l'eau bout à une température fixe voisine de 100 °C. La valeur de celle-ci n'est affectée ni par la durée du chauffage ni par la puissance de la source. L'ébullition se caractérise par la transformation d'eau liquide en vapeur d'eau se produisant dans tout le volume du liquide. C'est à cette condition qu'elle s'accompagne de la constance de la température.

La vapeur d'eau présente dans l'air ambiant, état gazeux de l'eau, est imperceptible à nos sens.

– Le passage de l'état liquide à l'état gazeux peut se produire seulement en surface : c'est l'évaporation. Le phénomène est alors plus lent et se produit à toute température (en dessous de 100 °C). Au cours d'une évaporation, l'eau ne disparaît pas. Elle se transforme en vapeur d'eau qui se mélange à l'air ambiant.

Au cours d'une condensation, l'eau devient visible mais elle était présente dans l'air sous forme de vapeur invisible avant de se condenser.

## Pour en savoir plus

– L'étude de l'eau conduit à distinguer trois états et seulement trois (solide, liquide, gazeux).

– Le sable coule, mais la surface libre obtenue n'est pas forcément horizontale ; ce n'est donc pas un liquide.

– Les nuages sont constitués de vapeur d'eau, de fines gouttelettes d'eau liquide et/ou de petits cristaux de glace.

– Le caractère constant de la température tout au long de la fusion et de l'ébullition (palier de température) est une propriété générale des changements d'état d'un corps pur.

La classification précédente et les propriétés qui l'accompagnent ne s'appliquent qu'aux corps purs : le chocolat, par exemple, peut être solide ou liquéfié (fondu), mais il ne s'agit pas d'un changement d'état physique, le chocolat n'étant pas une substance pure (en particulier, cette transformation ne s'effectue pas à température constante). Cette classification présente des exceptions (substances qui, chauffées, subissent une modification chimique avant de changer d'état) et des limites : elle ne prend pas en compte l'état de certaines substances qu'une classification plus élaborée envisagerait (vitreux, cristallin, dissous, cristaux liquides, plasma...).

La généralisation aux autres corps purs demanderait de s'appuyer sur d'autres exemples. Or, la grande majorité des matériaux usuels, connus d'enfants de moins de douze ans, ne sont pas des corps purs. Les exemples de corps purs pouvant être montrés ou évoqués à l'école sont assez peu nombreux, ce qui justifie de reporter cet objectif au collège.

Le fait que toute substance (ou presque) puisse exister sous chacun des trois états reste donc au niveau de l'école une généralisation plutôt dogmatique, ce qui ne veut pas dire qu'il ne faut pas l'introduire.



– À l'école, le passage d'un état physique à un autre est associé à la notion de température. Mais il peut aussi se produire en comprimant ou en détendant la substance (cette propriété est notamment mise à profit dans les réfrigérateurs, le changement d'état de liquide à gaz s'accompagnant d'une absorption de chaleur).

La température de fusion-solidification de l'eau pure est très peu affectée par une variation de pression. L'influence de l'altitude n'est donc pas perceptible. En revanche, de l'eau salée (donc non pure) ne gèle ni à 0°C, ni à température constante. On met du sel sur les routes parce que l'eau salée reste liquide pour des températures de l'environnement inférieures à 0°C.

La température d'ébullition de l'eau pure dépend de la pression donc de l'altitude. La durée de cuisson des aliments peut être allongée de manière significative en régions montagneuses.

– L'eau salée ne bout pas à 100°C sous la pression atmosphérique normale et la température d'ébullition n'est pas constante. L'eau (et seulement l'eau) passe à l'état de vapeur. La solution se concentre en sel qui reste seul lorsque toute l'eau s'est évaporée.

– La masse ne change pas lors d'un changement d'état, mais le volume varie en général. Lors de la

congélation de l'eau liquide, dans les conditions usuelles, le volume augmente en mettant en jeu des forces considérables (d'où l'expression « geler à pierre fendre »). Cette propriété fait de l'eau un cas exceptionnel par rapport à celui des autres substances pour lesquelles le volume diminue.

## Réinvestissements, notions liées

Fiche n° 2 « Mélanges et solutions ».

Fiche n° 16 « Énergie ».

Les propriétés de la matière et en particulier de l'eau interviennent dans de nombreux phénomènes. Dans le cadre des programmes, on peut citer le cycle météorologique de l'eau et l'évapotranspiration des organismes vivants.

Les icebergs (à ne pas confondre avec la banquise) sont constitués d'eau pure (non salée), ce qui permet d'envisager sa récupération pour la consommation. De même, la récupération d'eau douce à partir de l'eau salée des mers ne présente aucune difficulté théorique ou technique et reste courante dans des pays pauvres en eau potable et riches en énergie (péninsule arabique). Elle soulève seulement le problème de sa rentabilité économique.

# M

## élanges et solutions

### Programme

#### Cycle 2 :

##### La matière

Utilisation de thermomètres dans quelques situations de la vie courante.

L'eau dans la vie quotidienne : glace, eau liquide, observations des processus de fusion et de solidification, mise en relation avec des mesures de température.

#### Cycle 3 :

##### La matière

Mélanges et solutions.

##### Éducation à l'environnement

La qualité de l'eau.

### Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Le langage courant confond systématiquement « dissoudre » et « fondre » : on dit couramment que le sel et le sucre fondent dans l'eau, alors qu'ils se dissolvent. La fusion est le changement d'état solide/liquide (voir fiche n°1 « États de la matière et changements d'état »). En ce qui concerne la distinction mélange/solution, se reporter plus loin. Les substantifs « solution » et « dissolution » correspondent au verbe « se dissoudre » ; « solution » correspond aussi au verbe « résoudre » (solution d'un problème).

Le terme mélange est utilisé par les élèves pour désigner ce qui résulte de l'action de mélanger.

### Difficultés provenant des idées préalables des élèves

La conservation de la matière lors d'une dissolution n'est pas perçue par les élèves, qui pensent que le sel et le sucre disparaissent lorsqu'on les dissout dans l'eau. Les élèves confondent en général eau limpide, pure, transparente, potable, propre. Une eau parfaitement limpide peut contenir des substances dissoutes, alors que les élèves la considèrent comme pure. Ainsi, l'eau minérale et l'eau du robinet contiennent-elles des substances dissoutes (substances citées sur l'étiquette de la bouteille pour l'eau minérale, calcaire, entre autres, pour l'eau du robinet). Une eau limpide peut ne pas être potable (si elle contient des substances dissoutes toxiques ou en quantité excessive, ou encore des micro-organismes dangereux).

### Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Il est préférable de se limiter, à l'école primaire, à des situations simples : mélanges hétérogènes dont on peut séparer les constituants par décantation ou filtration ; solutions de sucre ou de sel de cuisine dans l'eau (conservation de la masse totale, obtention à nouveau de la substance dissoute par ébullition ou évaporation lorsque cela est possible)...

Une eau trouble contient des matières solides en suspension. Par décantation ou filtration, on peut obtenir une eau limpide ; les élèves pensent que ce liquide est de l'eau pure, alors qu'il contient en général encore des substances dissoutes. L'eau distillée vendue en droguerie est, elle, proche de l'eau pure des chimistes. Pour des raisons de sécurité, il convient d'attirer l'attention des élèves sur le fait qu'il existe des liquides limpides incolores qui ne sont pas de l'eau, et qui peuvent être dangereux, tels que l'alcool à 90° ou l'eau oxygénée.

### Connaissances

– Certains gaz, certains liquides, certains solides, peuvent se dissoudre dans l'eau (dissolution) en quantité appréciable mais pas illimitée. Lors d'un mélange ou d'une dissolution, la matière, et donc la masse, se conservent.

– Dans le cas d'un mélange homogène, on ne voit plus de particules solides. Le seul moyen de récupérer la substance introduite dans le liquide est alors l'évaporation. Dans le cas d'un mélange hétérogène, on voit des substances solides en suspension ou en

dépôt au fond du liquide. On peut récupérer le solide par filtration ou décantation (dans le cas d'un dépôt) ou encore par évaporation.

### **Pour en savoir plus**

– La masse d'une substance qui peut être dissoute dans un volume déterminé d'eau est limitée : à une température donnée, lorsque la solution est saturée, si l'on cherche à dissoudre encore plus de substance, elle ne se dissout plus.

– La vie courante offre de nombreux exemples de mélanges : solide/gaz (fumée : mélange d'un gaz et de particules solides), mélanges gazeux (tel que l'air), liquide/gaz (mousse, aérosol, brouillard), émulsions (telle que l'émulsion huile/vinaigre). L'interprétation des différents phénomènes en termes de particules (atomes, molécules, ions) ne sera abordée qu'au collège.

– Distinction mélange/solution : ces deux mots sont employés dans le libellé du programme. La distinction entre eux n'est pas une distinction scientifique fondamentale, mais une simple distinction d'usage. Lorsqu'on parle d'un ensemble hétérogène (eau boueuse, fumée), on emploie toujours le terme mélange. Dans le cas d'un ensemble homogène

solide, liquide ou gazeux, on parle aussi de mélange (mélange eau/alcool, mélange gazeux tel que l'air). Mais, dans ce deuxième cas seulement, et pour uniquement les ensembles liquides ou solides, on peut employer le terme « solution » lorsque l'un des composants joue un rôle clairement différent des autres. Ainsi, pour l'eau salée, l'eau est-elle appelée « solvant », le sel « soluté », et l'on parle de solution de sel dans l'eau. Il en est de même pour le sucre et l'eau. Il est clair que les termes « homogène, hétérogène, solvant, soluté », et la distinction d'usage que les ouvrages scientifiques font entre mélange et solution n'ont à faire l'objet d'aucune étude systématique à l'école primaire. Le maître pourra, lorsqu'il lui semble que cela n'alourdit pas l'expression, employer lui-même les expressions convenables, mais sans en faire l'objet d'un apprentissage.

### **Réinvestissements, notions liées**

Réinvestissements :

Fiches n°6 « Besoins des végétaux ».

Fiches n°s 12 et 13 « Nutrition animale et humaine » se référant à la partie « Éducation à l'environnement » du programme du cycle 3.

Notion liée : Conservation de la masse (voir fiche n°1).

### Programme

#### Cycle 2 :

##### La matière

Prise de conscience de l'existence de l'air.

#### Cycle 3 :

##### La matière

L'air, son caractère pesant.

### Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Le mot air est utilisé de différentes façons :

- « aller prendre l'air » sous-entend que l'air est plutôt présent à l'extérieur ;
- « être dans un courant d'air » peut renforcer l'idée que l'air n'a d'existence que si l'on en perçoit sa présence (ici sous forme d'un effet mécanique) ;
- il est souvent dit que l'on « manque d'air » quand on a chaud dans une pièce fermée ;
- une bouteille, un verre ou tout autre récipient sont qualifiés de vide s'ils ne contiennent pas (ou plus) de substances liquides ou solides... alors qu'ils sont remplis d'air. Dans le langage courant, le mot « vide » désigne donc l'absence de toute matière à l'état solide ou liquide. Dans le langage scientifique, le mot vide désigne l'absence de toute matière (solide, liquide ou gazeuse). Le langage courant renforce ainsi la conception de la non-matérialité de l'air.

### Difficultés provenant des idées préalables des élèves

D'une manière générale, les enfants de cet âge ne conçoivent que ce qu'ils perçoivent avec leurs organes des sens. Cet obstacle se manifeste par ailleurs dans d'autres situations : la non-conception pour l'enfant de l'eau à l'état de vapeur (voir fiche n° 1 « États de la matière et changements d'état ») ou encore la disparition du sucre ou du sel dans l'eau (voir fiche n° 2 « Mélanges et solutions »).

Cependant, au cycle 3, les enfants sont suffisamment familiarisés avec l'air pour ne pas mettre en doute son existence (l'air est vital, il est tout autour de nous...). Mais, si pour eux l'air existe, il n'a pas acquis le statut de matière. En effet, ils

conçoivent implicitement la matière comme étant visible, résistante, palpable... en somme, tout le contraire de la conception qu'ils se font de l'air.

À la question: « Est-ce que l'air pèse? », ils répondent volontiers par la négative en justifiant par des formules du type: « On en aurait lourd sur les épaules. » Ils argumentent parfois en faisant l'analogie avec l'eau : « Quand on rentre dans l'eau, ça fait un plaqué, dans l'air on ne sent rien. »

De plus, l'air est plutôt considéré comme un contenant (c'est l'atmosphère dans laquelle on déverse des substances) que comme un contenu. Cette vision du monde contribue aussi à renforcer la non-matérialité de l'air.

### Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Pour peser l'air, il faut bien sûr l'enfermer dans un récipient. Le ballon de baudruche n'est pas l'objet adéquat, car son volume gonflé et dégonflé n'est pas le même, ce qui provoque une différence de poussée d'Archimède qui rend insensible la différence de masse.

On privilégiera le ballon de volley, qui ne présente pas le défaut précédent. La différence de masse est alors de plusieurs grammes et peut être détectée même avec une balance peu sensible.

On ne fera pas de distinction entre masse et poids, puisque ces deux concepts ne sont pas à construire à l'école élémentaire, et on en restera à l'expression: « est pesant ». On s'habituera en revanche à dire d'un objet: « Il a une masse de  $x$  grammes. »

### Connaissances

- L'air est de la matière au même titre que les liquides et les solides puisque l'air est pesant.

- La matérialité se manifeste également par d'autres propriétés : l'air peut être transvasé comme les liquides, l'air peut transmettre un mouvement comme les solides, l'air peut résister à un liquide, à un solide ou au mouvement (parachute), le vent est de l'air en mouvement...
- L'air est enfin un excellent isolant thermique (les duvets ne sont qu'un moyen de maintenir une couche d'air non renouvelée et donc chauffée par le corps.)

### **Pour en savoir plus**

- L'air est pesant : 1,2 g par litre dans les conditions ambiantes.
- L'air est composé principalement de diazote (4/5) et de dioxygène (1/5). Il contient également divers gaz en faible proportion. L'air est dit pollué s'il comporte des gaz qui n'entrent pas dans sa composition

normale ou s'il contient des particules solides ou liquides en suspension.

- L'air atmosphérique n'est pas réparti uniformément sur la surface de la Terre et peut se déplacer par écoulement d'un lieu à un autre ; ce courant d'air est ce que l'on appelle le vent. L'air atmosphérique se raréfie en altitude.
- Si les élèves rencontrent l'expression « l'air liquide », il est possible de réinvestir à ce propos le concept de changement d'état : l'air, gazeux dans les conditions usuelles, passe à l'état liquide lorsqu'il est fortement refroidi (environ -200 °C).

### **Réinvestissements, notions liées**

- Fiche n° 1 « États de la matière et changements d'état » : la vapeur d'eau.
- Fiche n° 16 « Énergie » : l'éolienne.

# Stades de la vie d'un être vivant

## Programme

### Cycle 2 :

#### Le monde du vivant

Les manifestations de la vie chez les animaux et chez les végétaux.

### Cycle 3 :

#### Unité et diversité du monde vivant

Les stades du développement d'un être vivant (végétal ou animal).

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Les descriptions des cycles de la nature entretiennent souvent la confusion entre cycle de vie et cycle saisonnier. La notion de cycle de vie n'est envisageable qu'au niveau de l'espèce, elle ne doit pas être utilisée pour l'individu, car elle ne rend pas compte du fait que la vie de l'individu n'est pas un éternel recommencement mais est caractérisée par un début et une fin. La mort, trop souvent cachée, est souvent présentée comme un accident de parcours alors qu'elle est le terme inéluctable de l'existence d'un organisme vivant.

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves sont plus sensibles aux histoires individuelles des êtres vivants qu'aux étapes des cycles de vie. Mettre en boucle un cycle animal ou végétal n'est pas compris par les jeunes élèves, parce que ce n'est plus le même être vivant qui est retrouvé à la génération suivante.

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Privilégier l'observation directe et régulière du développement d'animaux (petits élevages) et de végétaux (cultures en classe, jardin d'école). Ne pas éliminer systématiquement le facteur temps en privilégiant l'observation ponctuelle d'un stade de vie. Les étapes non repérables par l'observation peuvent être introduites à l'aide de documents.

## Connaissances

- Chaque être vivant change au cours du temps. Le développement de la plupart d'entre eux présente une succession de phases : naissance, développement et croissance, âge adulte, vieillissement, mort.
- La croissance correspond à une augmentation irréversible des dimensions et du poids (de masse). Chez l'animal et chez l'homme adultes, la croissance s'arrête autour de la maturité sexuelle. Au cours de leur développement, certains animaux passent par le stade de larve, le passage à l'état adulte s'appelle la métamorphose (exemple : les insectes).
- Les arbres ont une croissance qui se poursuit toute leur vie ; elle peut être discontinuée, saisonnière dans les zones à saisons marquées.
- Chez les végétaux à fleurs, au cours de la germination, la plantule contenue dans la graine se développe en utilisant les réserves de nourriture également contenues dans cette graine.

## Pour en savoir plus

À sa naissance, le jeune animal a une autonomie de vie qui varie en fonction de l'espèce et du milieu. Chez les végétaux, il existe des plantes annuelles, bisannuelles, vivaces.

## Réinvestissement, notions liées

Réinvestissements :

Fiches n° 14 « Transmission de la vie chez les êtres humains ».

Fiches n° 8 « De l'ordre dans le monde vivant ».

Notions liées : Temps et espace. Mesures. Éducation à la sexualité : succession des générations et filiation.

# Fonctions communes des êtres vivants

FICHE 5

## Programme

### Cycle 2 :

#### Le monde du vivant

Les manifestations de la vie chez les animaux et les végétaux.

Les manifestations de la vie chez l'enfant.

### Cycle 3 :

#### Unité et diversité du monde vivant

Les stades du développement d'un être vivant (végétal ou animal).

Les divers modes de reproduction.

Le corps humain et l'éducation à la santé

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Les termes « être vivant », « végétal », « organisme » sont généralement peu utilisés par les élèves. Ce sont donc des concepts à construire. Pour les jeunes élèves, c'est surtout la possibilité de réaliser des mouvements qui caractérise un être vivant, ce qui explique que la vie végétale soit perçue plus tardivement que la vie animale. Certes, le mouvement existe aussi chez les plantes, mais il est très limité et en général rarement perceptible.

Le mot « plante » désigne tout végétal dans le langage courant, alors qu'il devrait être réservé à ceux possédant des racines (et donc « plantés »).

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves ne se représentent le plus souvent que ce qu'ils voient ; ainsi un végétal est-il souvent dessiné sans racines. De plus, les jeunes élèves sont plus sensibles aux différences observables (entre un animal et un végétal) qu'aux similitudes qui se dégagent de la réflexion (unité du monde vivant).

Les élèves n'établissent pas toujours de relation entre une fonction (exemple : respiration) et son support anatomique (exemple : poumons).

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Les acquisitions de connaissances résultent nécessairement de synthèses successives faites au terme d'activités menées à différents niveaux : éviter de lier l'acquisition de telles connaissances à une seule activité.

## Connaissances

– Les êtres vivants se distinguent des objets inanimés par des fonctions qui leur sont communes : besoins nutritifs et nutrition, respiration, reproduction, relations avec le milieu. Ils donnent naissance à des individus de la même espèce.

– Chez les animaux et les plantes, chaque fonction a pour support un organe ou plusieurs organes, qui constituent alors un appareil (ou système).

– Les êtres vivants d'une même espèce présentent un fonctionnement globalement semblable (unité), mais les réactions d'un individu peuvent différer légèrement de celles d'un autre (diversité).

## Pour en savoir plus

– Le métabolisme d'un être vivant correspond à l'ensemble des réactions qui permettent une destruction partielle des matières organiques ingérées et l'assimilation des matériaux correspondants par les cellules.

– La procréation permet la naissance d'un nouvel être vivant porteur des caractères de son espèce mais non identique à ses parents.

– La reproduction non sexuée (par clonage naturel ou artificiel) donne naissance à un être identique.

## Réinvestissements, notions liées

Notion de rythme. Mesure du temps. Usage des nombres sexagésimaux. Graphiques.

L'adaptation physiologique : au cours d'un exercice physique (par exemple, le cœur bat plus vite et le rythme respiratoire s'accélère pour assurer un ravitaillement suffisant des muscles) ; la température corporelle s'élève, la peau transpire.

# Besoins des végétaux

FICHE 6

## Programme

### Cycle 2 :

Le monde du vivant

Les manifestations de la vie chez les animaux et chez les végétaux.

### Cycle 3 :

Unité et diversité du monde vivant

Les conditions de développement des végétaux.

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Le terme « plante » (langage courant) a un sens plus limité que celui de végétal. Les plantes désignent communément les plantes à graines et à fleurs ainsi que les fougères; les algues par exemple sont rarement appelées « plantes ». Étymologiquement, une plante est un végétal « planté », mais le terme est souvent utilisé pour tout végétal. Il convient de privilégier le langage scientifique.

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves citent peu de critères du vivant à propos des végétaux, d'où l'importance de l'étude de leurs besoins. Un arbre n'est pas toujours comparable à une plante pour les élèves.

Les élèves disent que les plantes « boivent » de l'eau: ils les arrosent en classe. Ils pensent souvent que les végétaux « mangent » dans la terre, car ils n'imaginent pas des besoins qui n'appartiennent pas à leur propre vécu (substances dissoutes, lumière...).

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Les expérimentations doivent être motivées par un problème clairement formulé.

Éviter de se contenter d'une seule observation pour tirer une conclusion.

## Connaissances

Les végétaux verts (chlorophylliens) ont besoin d'eau, de substances minérales (existant dans le sol

ou qui peuvent être apportés par des engrais), du dioxyde de carbone (gaz carbonique) de l'air et de lumière pour vivre en fabriquant leur propre matière organique.

Les végétaux qui ont des racines puisent l'eau et les substances minérales dans la terre. Ils captent la lumière et le dioxyde de carbone par les feuilles. L'eau circule dans les racines, les rameaux et les tiges. Les végétaux aériens perdent de l'eau au niveau des feuilles.

## Pour en savoir plus

– La fabrication de matière organique par les végétaux verts grâce à la lumière (photosynthèse) s'accompagne d'un rejet de dioxygène (oxygène).

– Par ailleurs, de jour comme de nuit, les végétaux verts respirent (absorption d'oxygène et rejet de dioxyde de carbone). Cette respiration est masquée à la lumière par la photosynthèse.

– En agriculture, l'utilisation des engrais constitue un apport supplémentaire de substances minérales dans le but d'augmenter les rendements.

– Les termes « dioxygène » et « dioxyde de carbone » correspondent à une nomenclature chimique correcte de l'oxygène gazeux et du gaz carbonique présents dans l'air ambiant. Leur usage n'est cependant pas une nécessité à l'école primaire.

## Réinvestissements

Fiche n° 1 « États de la matière et changements d'état » : notion de gaz.

Fiche n° 2 « Mélanges et solutions ».

Fiche n° 3 « Air » : connaissance de l'air.

Fiches n° 12 et 13 « Nutrition animale et humaine » : nutrition animale.

Éducation à l'environnement.



# de transmission de la vie

### Programme

#### Cycle 2 :

##### Le monde du vivant

Les manifestations de la vie chez les animaux et chez les végétaux.

#### Cycle 3 :

##### Unité et diversité du monde vivant

Les divers modes de reproduction (animale et végétale) : procréation et reproduction non sexuée (bouturage...).

### Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Dans le langage courant, l'œuf désigne généralement uniquement l'œuf d'oiseau, notamment l'œuf de poule qui, en l'absence de coq dans l'élevage, n'est en fait qu'un ovule avec ses réserves nutritives. L'œuf est, en langage scientifique, la première cellule d'un organisme résultant de la fécondation.

L'expression « petite graine », utilisée parfois avec les jeunes élèves pour désigner le spermatozoïde peut créer des confusions entre espèce végétale et espèce animale.

La fleur désigne une fleur à pétales dans son rôle décoratif.

La procréation, donnant naissance à un nouvel être vivant porteur des caractéristiques de son espèce, est souvent confondue avec la reproduction non sexuée, production d'une copie conforme.

### Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les représentations des élèves autour de la transmission de la vie sont plus ou moins chargées d'affectivité : elles varient donc s'il s'agit de végétaux, d'animaux ou d'êtres humains.

Chez les animaux, le rôle du mâle n'est pas toujours perçu ; chez les plantes à fleurs, des élèves pensent que les grains de pollen en germant donnent de nouvelles plantes. La double contribution male + femelle pour la procréation est donc un aspect omis.

### Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Ne pas imposer un vocabulaire trop spécialisé. Ne pas généraliser hâtivement sans prendre appui sur des exemples variés. Éviter de heurter la sensibilité des jeunes élèves.

### Connaissances

– La reproduction des êtres vivants se réalise de manière sexuée (procréation) ou asexuée (reproduction non sexuée au sens strict) ; dans le cas de la procréation, tout nouvel être vivant provient du développement d'un œuf.

– Dans la plupart des espèces animales, on peut distinguer des mâles et des femelles.

– Dans certaines espèces animales, le jeune trouve dans l'œuf pondu par la femelle dans le milieu extérieur tout ce qui est nécessaire à son développement : c'est un développement ovipare. Après l'éclosion, les œufs libèrent soit une larve, soit un jeune qui ressemble à l'adulte.

Dans d'autres espèces, le développement se fait à l'intérieur du corps de la femelle qui satisfait à la nutrition : c'est le développement vivipare.

– Les végétaux à fleurs proviennent la plupart du temps d'une graine obtenue par reproduction sexuée. La graine est contenue dans le fruit ; ceux-ci proviennent de la transformation de la fleur (ou d'un ensemble de fleurs).

Une reproduction asexuée existe aussi chez certains végétaux, elle se fait à partir d'un fragment de végétal (boutures, marcottes, bulbes, tubercules...) : c'est un clonage naturel. Ce phénomène est beaucoup plus rare mais existe chez les animaux.

## **Pour en savoir plus**

- L'œuf résulte de la fusion d'un ovule et d'un spermatozoïde.

Chez les animaux, les mâles produisent des spermatozoïdes, les femelles produisent des ovules.

- Chez les végétaux à graines, la fleur est un organe sexuel : le pistil est la partie femelle, les étamines correspondent à la partie mâle. Après la pollinisation, la fleur ou l'inflorescence se transforme en fruit et l'ovule en graine. Chez certains végétaux (algues, champignons, mousses, fougères), la procréation est la plus complexe, faisant intervenir des spores.

Dans la reproduction asexuée, le nouvel être vivant obtenu est la copie conforme de son unique parent. La procréation, elle, conduit à un nouvel être (génétiquement) différent de ses deux parents.

## **Réinvestissement, notions liées**

Fiche n° 8 « De l'ordre dans le monde vivant » : notion d'espèce, classification des êtres vivants.

Fiche n° 4 « Stades de la vie d'un être vivant ».

Éducation à l'environnement.

Éducation à la sexualité.



# e l'ordre dans le monde vivant

## Programme

### Cycle 2 :

Diversité du vivant et diversité des milieux

Observation et comparaison des êtres vivants en vue d'établir des classements.

Élaboration de quelques critères élémentaires de classement.

### Cycle 3 :

Unité et diversité du monde vivant

Les divers modes de reproduction.

Des traces de l'évolution des êtres vivants.

Grandes étapes de l'histoire de la Terre; notion d'évolution des êtres vivants.

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Le vocabulaire courant ne favorise pas toujours la sensibilisation à la notion d'espèce : les races canines, qui appartiennent toutes à l'espèce chien, sont parfois considérées comme des espèces différentes.

Les déterminants masculin-féminin utilisés pour désigner certaines espèces proches induisent la création de couples inter-espèces : la grenouille-le crapaud, le hibou-la chouette, le rat-la souris.

Le terme « règne », dans « règne animal » ou « règne végétal », renvoie à tort à l'idée de royauté.

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves perçoivent mieux les différences que les ressemblances entre les êtres vivants. Ils perçoivent confusément les éléments de classification, mais leurs informations sont fragmentées et non hiérarchisées.

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Les classifications scientifiques ne peuvent pas être inventées par les élèves, elles ne doivent pas non plus faire l'objet d'une mémorisation systématique, mais être construites progressivement.

On constate chez certains êtres vivants une rupture morphologique dans le cours de leur développement qui peut induire des erreurs de classification (exemple : le « ver de farine » est en fait la larve de ce qui sera un insecte adulte ailé à l'aspect bien différent).

## Connaissances

– Les animaux ou les végétaux appartenant à la même espèce se ressemblent, sont capables de se reproduire entre eux et leurs petits sont fertiles.

– Il existe une grande diversité chez les êtres vivants (animaux, végétaux, bactéries). Le nombre d'espèces actuelles n'est pas connu : il avoisine les dix millions. On n'en a décrit qu'environ 10 à 15 %. C'est dans le groupe des insectes que l'on compte le plus d'espèces.

– Les classifications des scientifiques sont universelles. Le règne animal peut être divisé en deux grands groupes : les animaux invertébrés (par exemple, éponges, oursins, vers, mollusques, insectes, araignées, crustacés...) et les animaux vertébrés (poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux, mammifères).

Le règne végétal peut être divisé en deux grands groupes : les végétaux qui ont des fleurs et qui donnent des graines et ceux qui n'ont ni fleurs ni graines.

## Pour en savoir plus

– Il existe des variations individuelles au sein d'une même espèce.

– Dans un milieu donné, des êtres vivants ayant le même mode de vie peuvent présenter les mêmes particularités anatomiques (convergence entre espèces différentes).

– Dans le groupe des animaux invertébrés, on situe les spongiaires (éponge...), les cnidaires (méduse, anémone de mer...), les échinodermes (oursin, étoile de mer...), les mollusques (seiche, escargot, moule...), les annélides (les « vers »), les arthropodes (insectes, crustacés, arachnides, myriapodes).

- La démarche de classification, du « petit groupe » au « grand groupe », est complémentaire de la démarche de détermination, du « grand groupe » à l'espèce.
- Le monde vivant n'est pas une collection d'espèces juxtaposées ; les espèces interagissent entre elles et avec le milieu.

### **Réinvestissements, notions liées**

Fiche n°9 « Évolution des êtres vivants » : diversité des formes fossiles.

Éducation à l'environnement (lien entre les espèces et avec le milieu).

Critères de classement (mathématiques).

# Évolution des êtres vivants

## Programme

### Cycle 3 :

#### Unité et diversité du monde vivant

Des traces de l'évolution des êtres vivants (quelques fossiles typiques).

Grandes étapes de l'histoire de la Terre : notion d'évolution des êtres vivants.

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves croient spontanément à la fixité des espèces. Ils pensent souvent que les fossiles sont des animaux morts, ils oublient les végétaux.

La longueur des temps géologiques (en millions et milliards d'années) pose souvent le problème de la gestion des grands nombres.

Le temps nécessaire à la fossilisation est rarement pris en compte, les élèves pensent souvent que l'animal mort « s'est couché et enfoncé » dans la roche.

La contemporanéité des êtres vivants n'est pas toujours construite : les élèves font, par exemple, parfois voisiner les hommes et les dinosaures dans le même milieu et une même période.

Les élèves ne considèrent pas l'homme comme un animal, car ses activités sont particulières.

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Ne pas limiter l'étude à des restes animaux pour construire la notion de fossile, ni à une seule époque sans la situer par rapport aux temps géologiques.

## Connaissances

– Les fossiles constituent des traces de la vie d'autrefois. Ce sont des traces d'animaux ou de végétaux qui existaient à l'époque de la formation de la roche qui les contient.

– Les fossiles permettent de reconstituer de grandes étapes de l'histoire de la Terre, de constater l'apparition et la disparition de certaines espèces animales et végétales.

– Les hommes n'ont pas toujours existé à la surface de la Terre et ils se sont transformés au cours du temps. Divers indices témoignent de leur présence (squelettes, outils, traces de feu, peintures...).

## Pour en savoir plus

– La Terre s'est formée il y environ 4,5 milliards d'années ; 1 milliard d'années environ s'écoule avant les premières formes vivantes connues. Les êtres vivants d'aujourd'hui résultent d'une longue évolution et ont tous des liens de parenté. Chronologie d'apparition des principales familles d'êtres vivants : bactéries, êtres monocellulaires à noyaux, métazoaires, invertébrés, vertébrés.

Les formes « primitives », chronologiquement parlant, n'étaient pas nécessairement moins évoluées fonctionnellement que les formes actuelles.

– Les différentes espèces de dinosaures sont apparues il y a environ 250 millions d'années et ont disparu il y a 65 millions d'années.

L'hominisation correspond à une évolution biologique et culturelle (station debout, bipédie, augmentation de volume du cerveau, fabrication d'outils, maîtrise du feu, vie sociale, culte des morts, arts...).

## Réinvestissement, notions liées

Temps, chronologie (lien avec la frise historique).

Notion de plan d'organisation d'un animal.

Connaissance des classes de vertébrés.

Fiche n°6 « Besoins des végétaux ».

# Rôle et place des êtres vivants dans leur milieu

## Programme

### Cycle 2 :

Diversité du vivant et diversité des milieux  
Sensibilisation aux problèmes de l'environnement, prise de conscience de la fragilité des équilibres observés dans les milieux de vie.

### Cycle 3 :

Éducation à l'environnement  
Approche écologique à partir de l'environnement proche.  
Rôle et place des êtres vivants, notions de chaînes et de réseaux alimentaires.

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

« Milieu » peut avoir différents sens : milieu d'un segment, milieu familial...

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves pensent que les êtres vivants d'un milieu sont indépendants les uns des autres. Ils n'imaginent pas que la compétition entre les végétaux soit possible. Ils n'acceptent pas spontanément que les animaux se mangent entre eux.

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Veiller à ne pas dépasser le niveau de compréhension des élèves en présentant un niveau de complexité trop élevé.

Ne pas présenter des chaînes alimentaires en s'appuyant sur le sens de la prédation : le lapin mange l'herbe. Il faut indiquer le sens de circulation de la matière : l'herbe est mangée par le lapin.

Éviter de s'engager dans des « polémiques écologiques », car les élèves risquent de confondre les aspects politiques (appartenance à un parti) et scientifique, même si l'on doit faire percevoir l'importance de la protection des ressources vivantes (rubrique « Éducation à l'environnement »).

## Connaissances

– Un milieu est caractérisé par les conditions de vie qui y règnent et par les végétaux et les animaux qui l'habitent.

– L'activité des êtres vivants s'organise en fonction des saisons.

– Chaque être vivant trouve dans son environnement les conditions nécessaires à sa vie. Les êtres vivants d'un même milieu dépendent souvent les uns des autres ; il existe, par exemple, des dépendances alimentaires.

– Les végétaux verts (ou chlorophylliens) constituent les premiers maillons des chaînes alimentaires. Ces chaînes s'organisent en réseaux d'alimentation ou réseaux trophiques.

– Par son action, l'homme modifie les milieux.

## Pour en savoir plus

– Les êtres vivants sont interdépendants. Chaque être vivant a un rôle et occupe une place précise dans un milieu (exemple : tous les êtres vivants sont les producteurs de leur propre matière, mais certains sont aussi des consommateurs, d'autres sont aussi des décomposeurs).

– Il existe une compétition entre les populations et entre les individus. Une population est un ensemble d'individus de la même espèce. Un milieu est organisé horizontalement et verticalement. Par exemple, la répartition des êtres vivants varie en fonction de l'humidité, de la lumière...

– Un milieu évolue dans le temps (exemple : succession des espèces végétales sur un vieux mur, dans un terrain vague...).

## Réinvestissement, notions liées

Notion d'espèce, classification des êtres vivants, éducation à l'environnement.

Notion de temps. Points cardinaux.

# Mouvements et déplacements

FICHE 11

## Programme

### Cycle 2 :

Les manifestations de la vie chez l'enfant  
Les mouvements (rôle du squelette et des articulations).

### Cycle 3 :

Le corps humain et l'éducation à la santé  
Les mouvements corporels (fonctionnement des articulations et des muscles).

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Les élèves connaissent l'existence des muscles, mais ne les associent pas à la « viande » des animaux qu'ils consomment par ailleurs.

Les nerfs sont souvent confondus avec les tendons ou les ligaments ou l'inverse.

Les élèves confondent parfois « sentir » et « respirer ».

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves dessinent les os d'une manière stéréotypée ; de plus, leur nombre et leur position dans un membre ne permettraient pas la réalisation de mouvements.

Ils ne représentent pas les muscles et les attaches qui permettraient de réaliser des mouvements : les élèves pensent même souvent que le squelette est mobile par lui-même comme dans les dessins animés.

Les élèves imaginent souvent que les informations sensorielles circulent dans des « tuyaux ».

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

L'emploi de maquettes suppose une comparaison critique avec la réalité observée lors du mouvement du membre.

Les élastiques ne sont pas de bons modèles de muscles, ces derniers fonctionnant en contraction et non pas en allongement.

## Connaissances

– Les mouvements du corps des vertébrés sont rendus possibles au niveau des articulations par l'action des muscles sur des éléments rigides, les os, qui constituent le squelette.

– Les muscles des membres sont attachés aux os de

part et d'autre d'une articulation. Les tendons permettent l'attache des muscles sur les os. Les ligaments maintiennent les os entre eux au niveau d'une articulation.

– Lors de la contraction, le raccourcissement des muscles déplace les os qui restent passifs. Dans un membre, lorsque les muscles rapprochent les segments entre eux, ils sont dits fléchisseurs et lorsqu'ils les éloignent, ils sont qualifiés d'extenseurs. Des muscles qui travaillent en opposition comme les muscles fléchisseurs et les muscles extenseurs sont dits antagonistes.

– La marche, la course, le saut... résultent de la combinaison de plusieurs mouvements élémentaires (flexions et extensions).

– Grâce aux organes des sens, un être vivant reçoit du milieu des informations complémentaires qui, traitées par le cerveau, lui permettent d'agir et de communiquer.

## Pour en savoir plus

Il existe des mouvements « volontaires » comme ceux des membres et des mouvements « involontaires » comme ceux du cœur. La stature et l'ensemble des mouvements ne sont possibles que sous l'action de nombreuses commandes nerveuses.

Les récepteurs sensoriels sont des cellules sensibles incluses dans un organe sensoriel, dont le rôle consiste à transformer (coder) un stimulus en influx nerveux. Les informations sont traitées au niveau d'un centre nerveux qui est à l'origine d'une réponse glandulaire ou motrice, mais le système nerveux central est évoqué seulement au collège en classe de 3<sup>e</sup>. Les nerfs conduisent les informations.

## Réinvestissements, notions liées

Fiche n°15 « Éducation à la santé » : évocation du rôle du cerveau dans la motricité. Fiche n° 24 « Leviers et balances ».

# Nutrition animale et humaine – digestion et excrétion

## Programme

### Cycle 2 :

#### Le monde du vivant

Les manifestations de la vie chez l'enfant : le corps de l'enfant (l'alimentation); règles de vie et d'hygiène (habitudes quotidiennes d'alimentation).

Les manifestations de la vie chez les animaux et chez les végétaux: nutrition et régimes alimentaires.

### Cycle 3 :

#### Le corps humain et l'éducation à la santé

Première approche des fonctions de nutrition (digestion, respiration et circulation).

Conséquences à court et long terme de notre hygiène: actions bénéfiques ou nocives de nos comportements (notamment dans l'alimentation).

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

« Nutrition » et « alimentation » sont des termes confondus par les enfants, comme souvent « menu » (entrée, plat, dessert) et « repas équilibré », ou « faire un régime » et « régime alimentaire ».

« Les reins » et « les rognons » désignent le même organe.

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Pour les élèves, l'intérieur du corps fonctionne comme un sac clos. Les aliments tombent sous l'action de la pesanteur, circulent librement et apportent directement « à manger » aux organes.

Pour certains élèves, les aliments restent prisonniers d'un tube fermé. Pour d'autres, il existe un tuyau pour les liquides (en relation avec l'urine) et un tuyau pour les aliments solides (en relation avec les excréments).

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

L'observation des comportements alimentaires conduit souvent à des interprétations de type finaliste ou anthropomorphique.

Le classement par type d'aliments (composition) s'oppose au classement spontané qui s'appuie sur des critères affectifs, culturels ou gastronomiques.

L'observation du contenu du tube digestif d'un animal montre la liquéfaction des aliments ; pour les élèves, celle-ci s'explique essentiellement par des actions mécaniques sans contribution des transformations chimiques de la digestion (notions non disponibles).

## Connaissances

– Les animaux sont obligés de prélever leurs aliments dans leur milieu de vie. Les aliments des animaux peuvent être d'origine animale, végétale et minérale.

– Chaque espèce a un régime alimentaire particulier et, par-là même, ses organes se sont adaptés, au cours de l'évolution, à son milieu de vie.

– Dans l'espèce humaine, les aliments sont transformés au cours de leur trajet dans un tube unique, continu (bouche, œsophage, estomac, intestin). La partie non digérée des aliments est rejetée sous forme d'excréments. La partie digérée est transformée en petits éléments capables de traverser la paroi de l'intestin pour passer dans le sang. Le sang distribue les aliments digérés aux organes du corps et transporte les déchets produits par les organes. Les reins filtrent ces déchets, rejetés dans l'urine.

## Pour en savoir plus

– Le comportement alimentaire met en œuvre les fonctions de nutrition et de relation : recherche, capture, consommation des aliments.

– L'alimentation humaine doit être variée, certains nutriments sont indispensables (exemple: les vitamines, le calcium). Souligner l'importance d'une alimentation équilibrée et insister sur les apports (énergétiques, mécaniques ou de catalyseurs) des aliments.

– L'urine provient du rein. La sueur est excrétée par la peau.

## Réinvestissements, notions liées

Les états de la matière (solide, liquide). Propriétés dissolvantes de l'eau. Transformations de la matière. L'énergie. Chaînes et réseaux alimentaires. Éducation à l'environnement. Éducation à la santé.



# Nutrition animale et humaine – respiration et circulation

## Programme

### Cycle 2 :

#### Le monde du vivant

Les manifestations de la vie chez l'enfant; le corps de l'enfant (alimentation); règles de vie et d'hygiène (habitudes quotidiennes d'alimentation).  
Les manifestations de la vie chez les animaux et chez les végétaux: nutrition et régimes alimentaires.

### Cycle 3 :

#### Le corps humain et l'éducation à la santé

Première approche des fonctions de nutrition (digestion, respiration et circulation).  
Conséquences à court et long terme de notre hygiène: actions bénéfiques ou nocives de nos comportements (notamment dans l'alimentation).

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Dans le langage courant, la respiration est assimilée à la vie (le souffle, c'est la vie) et ne désigne souvent que le ventilateur pulmonaire observable.

Respirer est parfois confondu avec sentir. Les battements cardiaques ne sont identifiés que lorsqu'il y a un changement de rythme: après un effort, une émotion, on a « le cœur qui bat ». Les expressions construites avec le mot « cœur » perturbent les enfants: « avoir mal au cœur, le cœur qui tourne », « donner son cœur »... Les vaisseaux sanguins sont souvent désignés par le terme de « veines ».

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Le rôle actif des muscles respiratoires n'est pas perçu: pour beaucoup d'élèves, « c'est l'air qui gonfle la poitrine ». Chez l'homme, l'intérieur du corps correspond pour certains jeunes élèves à une sorte de sac, « le ventre », où les aliments, l'air, le sang se déplacent dans tous les sens sans être canalisés.  
Les élèves se représentent peu les fonctions de nutrition autres que l'alimentation.

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Chez les animaux, les élèves recherchent la présence d'une respiration par la seule observation d'une ventilation pulmonaire. La conscience individuelle des mouvements respiratoires et cardiaques n'est pas constante. Les battements cardiaques et le pouls sont confondus. La dissolution des gaz est difficile à prendre en compte.

## Connaissances

– La respiration se manifeste par un échange de gaz entre un être vivant et son milieu. La plupart des êtres vivants absorbent l'oxygène contenu dans l'air ou dissous dans l'eau: leurs organes en ont besoin. Ils rejettent de l'air contenant le dioxyde de carbone (gaz carbonique) produit par les organes.

– Chez les animaux vertébrés, les échanges de gaz ont lieu au niveau d'organes particuliers: poumons, branchies... Chez l'homme, l'entrée de l'air lors de mouvements respiratoires (inspiration) et sa sortie (expiration) se font par le nez ou la bouche. L'oxygène nécessaire à la vie est transporté par le sang des poumons jusqu'aux organes et le dioxyde de carbone fabriqué est transporté des organes aux poumons pour être rejeté. Propulsé par le cœur, le sang circule dans les vaisseaux en sens unique et permet des échanges entre tous les organes.

## Pour en savoir plus

– Oxygène et gaz carbonique sont les noms d'usage courant. La nomenclature chimique utilise les termes de « dioxygène » et « dioxyde de carbone ».

– Les fonctions de nutrition s'ajustent aux besoins de l'organisme lors des exercices physiques.

– Le secourisme met en œuvre des actions simples qui prennent en compte l'anatomie et la physiologie de l'appareil respiratoire et de l'appareil circulatoire.

## Réinvestissements, notions liées

Composition de l'air. Propriétés dissolvantes de l'eau. Mélanges. Mesure des volumes. Notion de rythme. Éducation à la santé.

# T

## ransmission de la vie chez les êtres humains

### Programme

#### Cycle 2 :

Le monde du vivant

Les manifestations de la vie chez les animaux et les végétaux.

#### Cycle 3 :

Le corps humain et l'éducation à la santé

Reproduction des humains et éducation à la sexualité.

### Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Dans le vocabulaire courant, « l'œuf » désigne uniquement l'œuf d'oiseau, alors que l'œuf est la première cellule d'un organisme, en particulier celui de l'organisme humain.

L'expression « petite graine » parfois utilisée avec les jeunes élèves pour désigner le spermatozoïde peut créer des confusions, puisque la graine chez les végétaux est déjà elle-même le produit d'une fécondation.

### Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les représentations des élèves autour de la transmission de la vie sont plus ou moins chargées d'affectivité particulièrement lorsqu'il s'agit de reproduction humaine.

De nombreux élèves pensent que la « petite graine » donnée par le père à la mère contient un bébé en miniature que la mère va se contenter de faire grandir pendant la grossesse.

### Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Ne pas imposer un vocabulaire trop spécialisé.

Ne pas généraliser hâtivement sans prendre appui sur des documents variés.

Ne pas heurter la sensibilité de certains élèves peu informés par ailleurs.

### Connaissances

– Il existe des différences entre l'homme et la femme : l'organisation du corps varie en fonction du sexe.

– À partir de la puberté, l'homme produit des spermatozoïdes, la femme produit des ovules (âge variable).

– Un spermatozoïde et un ovule s'unissent pour former un œuf, origine d'un nouvel être humain : c'est la fécondation.

– Dans l'espèce humaine, le développement de l'œuf en embryon puis en fœtus se fait à l'intérieur du corps de la femme. Le futur bébé reste neuf mois dans le ventre de sa mère : c'est la grossesse.

– Le futur bébé est relié par le cordon ombilical au placenta au travers duquel sa mère le nourrit. Au moment de l'accouchement, le bébé quitte le corps de sa mère.

### Pour en savoir plus

Le nouvel être humain ressemble à ses deux parents, mais il est unique : il est génétiquement différent (procréation).

À la puberté, le corps change chez les filles et les garçons (caractères sexuels secondaires : seins, pilosité, voix...). Les ovaires commencent à libérer un ovule à chaque cycle menstruel (environ toutes les quatre semaines). Si l'ovule n'est pas fécondé, il est expulsé lors des règles qui constituent un écoulement de sang, lié à une transformation cyclique de l'utérus, il donne une cellule œuf qui se divise pour donner un bébé.

### Réinvestissements, notions liées

Fiche n° 8 « De l'ordre dans le monde vivant ».

Fiche n° 4 « Stades de la vie d'un être vivant ».

Éducation à la sexualité.

## Programme

### Cycle 3 :

#### Le corps humain et l'éducation à la santé

L'éducation à la santé est liée à la découverte du fonctionnement du corps en privilégiant les conditions de maintien du corps en bonne santé.

Quelques règles d'hygiène relatives à la propreté, à l'alimentation et au sommeil.

Conséquences à court et long terme de notre hygiène ; actions bénéfiques ou nocives de nos comportements (notamment dans l'alimentation).

Principes simples de secourisme : porter secours, en identifiant un danger, en effectuant une alerte complète, en installant une personne en position d'attente.

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Pour les élèves les plus jeunes, le mot « santé » est souvent associé à une situation, à un objet extérieurs à eux-mêmes : carnet de santé, bulletin de santé, espace santé...

Les élèves plus âgés relient bien santé et individu, mais le terme « santé » est souvent caractéristique d'un état bien défini et en partie figé. Par exemple, on dit indifféremment untel est en « bonne santé », en « bonne compagnie ».

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les jeunes considèrent la santé comme un acquis qui ne peut être remis en cause que par des faits, des actions dont ils ne sont pas responsables : maladies, accidents de circulation, accidents perçus comme des agressions de l'environnement, etc. Ceci a pour conséquence qu'ils pensent très souvent que des ennuis de santé n'arrivent essentiellement qu'aux autres. De même, ils ne se sentent pas concernés

par tout dysfonctionnement organique dû à un état de vieillesse. Les enfants ne sont pas conscients qu'ils sont en partie acteurs de leur propre santé et que le maintien de leur capital santé dépend aussi de certains de leurs comportements : hygiène, alimentation, comportements à risque...

## Quelques écueils à éviter lors des actions éducatives

La santé n'est pas seulement l'absence de maladie ou d'infirmité. La définition de la santé donnée par l'OMS est ici précieuse : la santé, c'est l'état de bien-être physique, mental et social. Les agressions physiques et mentales sont inévitables. Les buts de l'éducation sont de fortifier la capacité de faire face à ces agressions. Tout en mentionnant les risques, les maladies et les dysfonctionnements, il est important de privilégier une approche résolument positive de la santé en insistant, non pas sur l'état de bonne santé, démarche qui pourrait exclure certains enfants, mais bien sur la notion de capital santé individuel, capital que chacun peut et doit apprendre à préserver.

Se méfier d'un excès de règles injonctives et culpabilisantes qui peut conduire à des attitudes de rejet et même à des comportements agressifs voire violents, notamment si les règles édictées sont en opposition manifeste avec le cadre de vie des jeunes. Favoriser en revanche les échanges avec des professionnels de santé, les parents, etc.

## Connaissances utiles pour comprendre et agir au niveau individuel

L'éducation à la santé s'appuie sur trois domaines de savoir relatifs :

– aux conséquences immédiates du comportement sur l'intégrité physique : la nécessité de protéger son corps implique non seulement l'évaluation et la mesure des risques liés à ses actions (lors des activités physiques par exemple) et dans ses relations à l'environnement (soleil, orage...), mais aussi la

connaissance et le respect des règles de sécurité domestique, de sécurité alimentaire, de sécurité routière. La connaissance de quelques principes de secourisme (procédures d'alerte et sécurisation de la victime) permet d'aider les autres à protéger leur corps ;

– aux conséquences du comportement qui ne seront visibles qu'à long terme : pour maintenir le bon fonctionnement de son corps le plus longtemps possible, des règles de vie doivent guider le comportement quotidien et ce, depuis le plus jeune âge :

- veiller à la propreté corporelle : peau, dents, cheveux, ongles, mains ;
  - diversifier son alimentation : les repas, pris à heures régulières, apportent des aliments bâtisseurs (viandes, œufs, poissons, produits laitiers et certains légumes comme les haricots et les lentilles), des aliments qui protègent (fruits frais, légumes cuits) et des aliments qui apportent de l'énergie (pain, pâtes, pommes de terre, sucres et matières grasses). Les matières grasses et les boissons sucrées consommées en trop grande quantité nuisent à la santé, tout comme une alimentation trop importante qui conduit à un surpoids ;
  - équilibrer les temps de veille, incluant des temps réguliers d'activités physiques, et les temps de sommeil, au moins huit heures par nuit ;
  - éviter l'exposition répétée à certains facteurs de l'environnement : soleil, niveaux sonores trop élevés, fumées liées au tabagisme passif ou non ;
- aux conséquences des comportements à risques liés à la consommation d'alcool, de tabac et de drogues illicites.

## Pour en savoir plus

Quelques informations sont utiles pour aborder les problèmes de santé publique. L'étude de données numériques fournies par l'Académie de médecine et l'Académie des sciences permet de tracer des graphiques et donnent des informations accessibles dès l'école primaire.

En 1900, l'espérance de vie, à la naissance, était de 45 ans pour les femmes et de 44 ans pour les hommes. Actuellement, elle est de 83 ans pour les femmes (la plus longue au monde) et de 75 ans pour les hommes. Cet allongement de la vie montre la qualité des soins (à relier aux progrès scientifiques), la qualité de l'environnement et la qualité de l'hygiène.

La mortalité en France entre 15 et 25 ans, est plus élevée que dans les autres pays européens : les jeunes Français ont tendance à prendre des risques immédiats pour leur santé (par exemple, conduite trop rapide qui aboutit à des accidents de la route) mais ils prennent aussi des risques excessifs, néfastes à plus ou moins long terme avec la consommation de tabac, d'alcool, de drogues, un niveau trop élevé de décibels et des déséquilibres alimentaires.

Le recul de la mortalité précoce dépend essentiellement des modifications du mode de vie et des comportements de la population, c'est-à-dire de la somme des comportements individuels responsables. Prendre conscience entre 5 et 12 ans que les ennuis de santé ne sont pas uniquement causés par les autres et la société, et donc de l'importance des comportements individuels et collectifs est un élément-clé de l'éducation à la santé.

### Programme

#### Cycle 3 :

#### L'énergie

Exemples simples de sources d'énergie utilisables.

Consommation et économie d'énergie.

Notions sur le chauffage solaire.

### Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

L'emploi dans le langage courant du mot « énergie » ou de l'adjectif « énergétique » se rapporte souvent au comportement humain et évoque plutôt une idée de grande puissance et de rapidité de l'action : « l'énergie du désespoir », « un individu énergétique », etc. Ceci fait que les élèves comprennent difficilement que les transferts d'énergie peuvent se manifester par des effets faibles : entretien du mouvement d'une montre par une pile, par exemple.

### Difficultés provenant des idées préalables des élèves

L'élaboration du concept d'énergie nécessite l'analyse d'une certaine diversité de situations et de phénomènes, sur lesquels les idées préalables des élèves sont souvent inexactes.

C'est le cas en particulier pour le courant électrique, dont les élèves pensent qu'il peut être produit sans rien consommer : caractère mystérieux et magique des centrales nucléaires, eau se « transformant » en courant électrique dans les centrales hydrauliques, prises de courant « donnant du courant » dès qu'elles sont installées dans une pièce, sans même être reliées au réseau EDF... L'électricité est alors comprise comme pouvant être stockée, ce qui est exceptionnellement le cas.

De même, la lumière est plutôt conçue par les élèves de façon statique, comme un état de l'espace s'opposant à l'obscurité. L'absence de l'idée d'une émission en continu et d'une propagation constitue un obstacle pour la mise en relation de la lumière avec la notion d'énergie.

### Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Lors de l'étude expérimentale ou documentaire de diverses situations d'utilisation d'une source d'énergie, il serait illusoire de vouloir faire raisonner les élèves de l'école primaire en termes de transferts d'énergie, et encore plus en terme de transformation d'une forme d'énergie en une autre forme. En effet, ce niveau de raisonnement n'a de pertinence que dans le cadre du principe physique fondamental de conservation de l'énergie, qui impliquerait un traitement quantitatif et une compréhension de la diversité des formes et modes de transfert de l'énergie avec le vocabulaire pléthorique associé (énergie cinétique, mécanique, potentielle, chimique, nucléaire, etc.). L'emploi de ce vocabulaire et l'étude des notions sous-jacentes sont de toute évidence hors du champ accessible à l'école primaire. Les chaînes de transformation que l'on est amenés à aborder (des muscles du cycliste à la lumière des « feux » de la bicyclette, du fioul de la centrale électrique à l'éclairage de l'appartement...) sont donc abordées de façon purement causale et qualitative, sans introduction d'un vocabulaire formalisé relatif à l'énergie.

La mesure d'une température se fait obligatoirement à l'ombre. L'indication d'un thermomètre placé au soleil dépend essentiellement de sa capacité à absorber le rayonnement solaire : deux thermomètres différents placés côte à côte au soleil ne donneront pas nécessairement la même indication. Pour mener à bien les expériences, il faut donc mesurer la température d'objets placés au soleil tout en maintenant les thermomètres à l'ombre. On peut glisser ces derniers dans des petites enveloppes en papier (de dimensions identiques), lesquelles s'échaufferont plus ou moins selon la couleur du papier, la nature du support (plus ou moins isolant) et leur orientation par rapport au Soleil.

### Connaissances

L'utilisation d'une source d'énergie est nécessaire pour chauffer, éclairer, mettre en mouvement. En particulier, le fonctionnement permanent d'un objet technique requiert une alimentation en énergie (pile, secteur, activité musculaire, combustible).

Il existe différentes sources d'énergie utilisables (le pétrole, le charbon, l'uranium, le Soleil, le vent...). À l'échelle d'une génération humaine, certaines sources se renouvellent (énergies solaire, éolienne, hydroélectrique, marémotrice). Tel n'est pas le cas pour les autres (énergies fossiles, nucléaire, biomasse...).

### **Pour en savoir plus**

Quand une source d'énergie est utilisée pour produire un effet quelconque, son « capital » d'énergie diminue. L'obtention d'un effet, même minime, nécessite la consommation d'une certaine quantité d'énergie. Au cours de ses transformations, l'énergie se conserve. Les « pertes » d'énergie correspondent donc aussi à des transformations, non pas à des disparitions d'énergie. Malheureusement, la « qualité » de l'énergie tend à se dégrader. En se réchauffant, la Terre stocke une grande quantité d'énergie supplémentaire. Hélas,

cette énergie n'est guère utilisable. Ainsi, en quantité, l'énergie ne se perd pas, mais se dégrade en qualité. Indications techniques et économiques : il existe un nombre limité de sources d'énergie naturelles. En France, on utilise trois principaux types de centrales électriques : les centrales hydrauliques utilisant l'eau des rivières, parfois l'eau de la mer ; les centrales thermiques à flamme utilisant le charbon, le fioul ou le gaz naturel ; les centrales thermiques nucléaires utilisant l'uranium. Quelle que soit la méthode choisie, la production d'énergie présente des inconvénients pour l'environnement, inconvénients qu'il faut analyser pour prendre des décisions rationnelles.

### **Réinvestissements, notions liées**

Fiche n° 6 « Besoins des végétaux ».

Fiche n° 17 « Lumière et ombres ».

Fiche n° 23 « Électricité ».

En histoire : la Révolution industrielle.

# Lumière et ombres

## Programme

### Cycle 3 :

Le ciel et la Terre

La lumière et les ombres.

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Le mot « lumière » désigne très souvent l'éclairage électrique.

Le mot « ombre » désigne en général l'ombre portée sur le sol, sur un mur, sur un écran, sur un objet, mais plus rarement l'espace situé derrière l'objet éclairé.

On dit qu'un objet a une ombre sans faire référence à la source.

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves n'ont pas l'idée de la propagation de la lumière : la clarté ou l'obscurité sont plutôt considérées comme un « état » du lieu qui ne nécessite pas toujours la présence d'une lampe ou du soleil : « Il y a de la lumière dans la pièce. »

Les élèves ne conçoivent pas qu'un objet quelconque puisse envoyer de la lumière vers nos yeux ; cela ne leur apparaît que s'il s'agit d'une source lumineuse reconnue : lampe, Soleil. La présence de lumière n'est reconnue par les élèves que sur une source intense ou sur une zone très éclairée (zone directement éclairée par le Soleil par exemple).

Le mécanisme de la vision des objets est souvent conçu suivant le modèle erroné du « rayon visuel » partant de l'œil pour aller capter l'image de l'objet. Ce modèle est conforté par les expressions « jeter un œil », « balayer du regard ».

Beaucoup d'élèves pensent qu'ils peuvent voir la lumière « de côté », (c'est-à-dire qui passe devant leurs yeux) sans que cette lumière entre dans leurs yeux.

Pour certains élèves, l'ombre a les propriétés d'un objet matériel. Ils attribuent à l'ombre les mêmes propriétés que l'objet qui l'a produit. Ils ne se rendent pas nécessairement compte du rôle de la source lumineuse.

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

L'affirmation « l'ombre est la zone qui ne reçoit pas de lumière » est en général incorrecte car imprécise. En effet, l'ombre d'un objet par rapport à une source déterminée est une zone qui ne reçoit pas de lumière provenant de cette source, mais elle reçoit en général la lumière émise ou diffusée (renvoyée) par les autres objets environnants. Pour un objet éclairé par plusieurs sources de lumière, il y a autant d'ombres qu'il y a de sources.

Il est préférable de commencer par des premières schématisations en utilisant une source de petite dimension (une ampoule de lampe de poche) qui sera assimilée à une source ponctuelle. La forme de l'ombre peut alors être interprétée en traçant un trait reliant ce point aux contours de l'objet. Sur ces schémas, une convention (de couleur par exemple) doit aider à ne pas confondre d'une part les objets réels et observables (la source, l'objet, l'œil) et d'autre part les entités abstraites représentant le trajet, invisible, de la lumière (première idée de rayon lumineux). L'utilisation d'une source étendue engendre des ombres aux contours difficiles à interpréter. Le tracé des rayons lumineux dans ce cas n'est pas au programme.

## Connaissances

- Une ombre nécessite une source de lumière. Sa forme dépend de la forme de l'objet, de sa position et de son orientation par rapport à la source.
- La lumière suit un trajet rectiligne dans un milieu homogène. Pour qu'un objet soit vu, il est nécessaire que la lumière issue de cet objet entre dans l'œil.
- Une source lumineuse ponctuelle et un objet opaque déterminent deux régions de l'espace : une région éclairée d'où l'observateur voit la source et une région à l'ombre d'où l'observateur ne voit pas la source. Lorsque la source lumineuse est étendue, il y a en plus une zone intermédiaire d'où l'observateur ne voit qu'une partie de la source.
- Un objet opaque éclairé par une source de lumière a une partie éclairée et une partie à l'ombre. Les formes visibles de ces surfaces varient suivant la place de l'observateur.

## Pour en savoir plus

– Les sources de lumière usuelles sont toujours étendues (ampoule, lampe de poche, Soleil). Elles engendrent des ombres aux contours difficiles à interpréter (ombre, pénombre...). C'est pourquoi le document d'application, qui fait l'objet d'une publication à part, préconise de ne pas chercher à construire les contours de ces zones, mais simplement de réfléchir à ce qu'y voit un observateur.

– La rencontre entre lumière et matière peut donner lieu à différents phénomènes : la réflexion (la lumière est renvoyée dans une direction bien définie), la diffusion (la lumière est renvoyée dans toutes les directions), l'absorption (la lumière est absorbée par la matière qui, alors, s'échauffe) [voir à ce propos la fiche n° 16 consacrée à l'énergie], la transmission (la lumière traverse la matière). Tous ces phénomènes coexistent en général dans des proportions variables. Les objets transparents sont ceux pour lesquels la transmission est prépondérante à l'inverse des objets opaques pour lesquels elle est négligeable ou inexistante. On dit que la transmission est importante quand l'absorption est faible et réciproquement.

– La lumière ne se propage en ligne droite que dans un milieu homogène, c'est-à-dire qui a partout les mêmes propriétés. Dans certaines conditions, le trajet de la lumière est dévié : diffraction par une fente, ou réfraction lors d'un changement de milieu (air/eau par exemple). Ainsi le phénomène de mirage est-il

dû à une propagation non rectiligne, l'air traversé étant non homogène en température.

– La lumière se déplace à une grande vitesse (environ 300 000 kilomètres par seconde). Elle met environ 8 minutes pour venir du Soleil et de quelques années à quelques milliers d'années pour venir des différentes étoiles visibles à l'œil nu !

– La lumière visible est également caractérisée par sa couleur, du rouge au violet. Certaines lumières (infrarouge ou ultraviolet) ne sont pas visibles, mais se manifestent par d'autres effets : sensation de chaleur près d'un fer à repasser (il émet de l'infrarouge), brûlures de la peau dues à l'exposition au soleil (il émet des ultraviolets).

## Réinvestissements, notions liées

– Fiche n° 16 « Énergie » :

- la production de lumière nécessite l'utilisation d'une source d'énergie ;
- la lumière transporte de l'énergie et, en particulier, le rayonnement solaire transfère de l'énergie dont le Soleil est la source aux matériaux qui l'absorbent. Cette énergie est essentielle pour la vie sur Terre.

– Liens avec les mathématiques :

- comment mesurer la hauteur d'un poteau à partir de la longueur de son ombre ? ;
- comment mesurer la largeur d'une rivière sans la moindre possibilité de la traverser ? (La situation est peut-être simulée dans la cour de récréation.)



# oints cardinaux et boussole

## Programme

### Cycle 3 :

Le ciel et la Terre

Les points cardinaux et la boussole.

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant ou scientifique

Le terme « nord » est utilisé pour indiquer le pôle Nord ou le point cardinal, mais on dit aussi que l'on peut perdre le nord ou être déboussolé. (voir fiche n° 20 « Rotation de la Terre sur elle-même » au sujet de la rotation de la Terre d'ouest en est.)

L'expression consacrée, « points cardinaux », peut prêter à confusion, dans la mesure où il s'agit en fait de directions (voir paragraphe « Pour en savoir plus »). Le phénomène physique appelé magnétisme n'est pas à confondre avec le supposé magnétisme d'une personne évoqué par les sciences occultes.

Sur une girouette (ou une carte) sont indiqués les quatre points cardinaux, ce qui peut laisser penser que les points est et ouest sont des pôles comme le sont le nord et le sud, ce qui n'est pas le cas.

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves disent parfois que l'aiguille d'une boussole est attirée vers le nord à cause du froid, de la température ou du vent.

Les élèves pensent qu'une boussole permet de savoir où on est et de retrouver son chemin lorsqu'on est perdu, ce qui n'est pas le cas non plus (elle ne suffit pas, voir paragraphe suivant.)

Les élèves, jusqu'en cycle 3, éprouvent des difficultés à utiliser d'autres repères que leurs « repères égocentriques » (devant, derrière, à droite, à gauche). Ils cherchent souvent à mémoriser la direction des points cardinaux par rapport à ceux-ci (« le nord est devant ou en haut », « l'ouest à gauche », etc.). Lorsqu'ils y parviennent, ils ont tendance à accorder aux points cardinaux un caractère absolu sans se rendre compte que le repérage d'un lieu ne

peut être indiqué que par rapport à un autre. Par exemple, ils ont tendance à affirmer que « tel lieu est au nord » au lieu de « tel lieu est au nord de tel autre ». De même, ils éprouvent des difficultés à comprendre que tel lieu, situé par exemple au nord de tel autre, peut en même temps être à l'ouest d'un troisième et au sud d'un quatrième.

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Il est indispensable, pour trouver le nord, d'utiliser une boussole loin de tout matériau magnétique susceptible d'interagir avec elle et de la maintenir horizontale afin que l'aiguille puisse conserver toute sa liberté de rotation.

La combinaison boussole-carte permet de se situer si on a repéré ses déplacements sur la carte à partir d'une position connue et de déterminer quel chemin prendre pour atteindre un point donné repéré sur la carte.

Il faut attirer l'attention des élèves sur le fait que les points cardinaux permettent de s'orienter et de se repérer sur Terre mais pas dans l'espace interplanétaire. En revanche, sur d'autres astres, tels les planètes et la Lune, qui possèdent un axe de rotation (voir « Pour en savoir plus »), on peut aussi définir des points cardinaux.

## Connaissances

– L'aiguille aimantée d'une boussole (éloignée de toute substance magnétique) s'oriente approximativement selon une direction nord-sud, le nord étant en général indiqué par la partie colorée de l'aiguille. La propriété fondamentale de la boussole est que l'aiguille garde une même direction lorsqu'on tourne son boîtier.

– La boussole permet de s'orienter même en présence de brouillard. Elle est en revanche perturbée par la proximité d'un orage. Lorsqu'on est perdu, une boussole permet de ne pas tourner en rond et de tenir une direction choisie sur une carte.

– Il existe à la surface de la Terre deux pôles (Nord et Sud) et l'axe de rotation de la Terre passe par ces deux pôles. Il n'y a pas de pôle Est ni Ouest.

## Pour en savoir plus

- Le mot « boussole » vient de « petite boîte ». La boussole est une découverte de la Chine (vers 1050). La définition des points cardinaux (du mot latin *cardo* signifiant « pivot ») part d'une sphère (approximative) et d'un axe de rotation. Toute situation semblable permet de définir un nord et un sud, puis un est et un ouest, et de construire des cartes semblables aux cartes terrestres : des cartes de la Lune, de Vénus, de Mars. Le fonctionnement d'une boussole sur ces planètes dépend de l'existence d'un champ magnétique (absent sur la Lune, absent ou très faible sur Vénus et Mars).
  - Lorsqu'en un point de la Terre, grâce à une boussole, le nord et le sud ont été déterminés, il est possible de définir l'est et l'ouest et toute direction comme le sud-est, ce qui permet de construire une rose des vents, de se repérer et de s'orienter.
  - La construction des méridiens et des parallèles sur une sphère (mappemonde) permet d'objectiver les points cardinaux en sortant du « repère égocentrique ».
- Si on marche toujours vers le nord, on suit un méridien. Quand on arrive au pôle Nord, il n'y a plus de nord et pour aller vers le sud, à partir de là, on peut choisir une infinité de chemins, chacun correspondant à un méridien. Il est également possible de s'orienter, dans l'hémisphère Nord, à l'aide de l'étoile polaire, cette dernière se trouvant presque sur le prolongement de l'axe de rotation de la Terre.
- L'usage de la boussole peut susciter des curiosités sur le magnétisme, mais il faudra être prudent dans les explications et se contenter d'un petit nombre de constatations dans ce domaine complexe.

L'aiguille d'une boussole est un aimant qui comporte un pôle Nord et un pôle Sud (l'usage du mot « pôle » est ici une extension par analogie avec la Terre). Deux aimants peuvent s'attirer ou se repousser selon les positions relatives des pôles, c'est pourquoi, il faut placer une boussole loin de tout matériau magnétique ou aimant. Des substances en fer non aimantées s'aimantent à l'approche d'un aimant (exemples : épingles, clous). Certaines pièces de monnaie, par exemple de 1 euro, sont attirées par un aimant car elles contiennent du nickel. Enfin, une bobine de fil électrique conducteur se comporte comme un aimant lorsqu'elle est parcourue par un courant.

## Réinvestissements, notions liées

L'étude des points cardinaux s'inscrit dans l'étude du mouvement apparent du Soleil (voir fiche n° 19 « Mouvement apparent du Soleil ») et de la formation des ombres (voir fiche n° 17 « Lumière et ombres »). Dans l'hémisphère Nord, si l'on regarde dans la direction du Soleil au midi solaire, l'ouest est à notre droite et l'est à notre gauche : l'ombre d'un gnomon à cette même heure indique le nord (le gnomon, ancêtre du cadran solaire, est un bâton planté verticalement dans le sol). C'est le contraire dans l'hémisphère Sud. L'étude des points cardinaux et de la boussole est l'occasion d'apprendre aux élèves à s'orienter, à se diriger et à lire une carte. C'est un travail qui peut être mené en liaison avec la géographie et l'éducation physique et sportive.

# Mouvement apparent du Soleil

## Programme

### Cycle 3 :

Le ciel et la Terre

Le mouvement apparent du Soleil.

La durée du jour et son évolution au cours des saisons.

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant ou scientifique

Le fait de dire que le Soleil « se lève » et « se couche » correspond à une conception anthropomorphique du Soleil.

Dans le langage courant, le mot « jour » signifie aussi bien clarté, jour de la semaine, durée de 24 heures, période pendant laquelle il « fait jour » (et pas nuit). Dans le contexte astronomique, un jour correspond à la durée séparant en un lieu donné deux culminations successives du Soleil. Cette durée varie un peu au cours de l'année, sa valeur moyenne est de 24 heures. La période pendant laquelle le Soleil reste au-dessus de l'horizon, c'est-à-dire, pratiquement, pendant laquelle il « fait jour » est appelée journée.

Dans le langage courant, le mot « hauteur » désigne une longueur. En revanche, dans le contexte de l'astronomie, la « hauteur » du Soleil (ou d'un autre astre) désigne l'angle que font la direction dans laquelle on peut l'observer à un instant donné d'une part, et le plan horizontal d'autre part. Cela conduit à des expressions comme « le Soleil est haut (ou bas) dans le ciel » dans lesquelles les termes « haut » et « bas » ne désignent pas des longueurs mais des angles. Si l'on n'y prend pas garde, les élèves peuvent assimiler, à tort, « haut » à « loin » et « bas » à « proche ».

Le mouvement observé du Soleil dans le ciel est qualifié d'apparent, ce qui ne signifie pas qu'il s'agit d'une illusion. Il est tout à fait correct, avec les élèves, d'employer des expressions comme « mouvement du Soleil par rapport à l'horizon ».

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les plus jeunes élèves (essentiellement à l'école maternelle) se représentent le Soleil comme un être vivant, qui agit, se déplace, éclaire volontairement. Au cycle 3, de nombreux élèves pensent que la durée du jour (qu'ils n'ont pas différencié de la journée) allonge en été et diminue en hiver.

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

L'étude du mouvement apparent du Soleil nécessite une certaine maîtrise des points cardinaux et de leur repérage à l'aide de la boussole, ainsi que des caractéristiques essentielles de la formation d'une ombre. Cette étude est étroitement liée au repérage dans le temps grâce au cadran solaire.

### Attention :

L'observation directe du Soleil, même à travers des verres teintés, présente des risques graves pour les yeux.

## Connaissances

– Chaque jour, les habitants de la Terre constatent que le Soleil apparaît vers l'est, monte dans le ciel, culmine (est au plus haut au-dessus de l'horizon) en passant au-dessus du sud (dans l'hémisphère Nord), redescend et disparaît vers l'ouest (cette affirmation n'est pas vraie dans les régions polaires). En Europe, la trajectoire du Soleil est parcourue de gauche à droite pour un observateur situé face à lui.

– La trajectoire apparente du Soleil dans le ciel se modifie au cours des saisons. Aux latitudes de l'Europe, elle est la plus courte au solstice d'hiver (le Soleil se lève alors pratiquement au sud-est et se couche pratiquement au sud-ouest) et la plus longue au solstice d'été (le Soleil se lève pratiquement au nord-est et se couche pratiquement au nord-ouest). Ce n'est qu'aux équinoxes de printemps et d'automne que le Soleil se lève exactement à l'est et se

couche exactement à l'ouest (sur un horizon parfaitement horizontal).

– Quand il reste longtemps levé et culmine haut dans le ciel, le Soleil chauffe davantage le sol : c'est la saison chaude. À l'inverse, quand les journées sont courtes et que le Soleil reste assez bas, c'est la saison froide. La durée de la journée évolue au fil de l'année. Dans les régions tempérées, elle est la plus courte à la date du solstice d'hiver et la plus longue à la date du solstice d'été. À la date des équinoxes, la durée de la journée (mesurée entre le coucher et le lever du Soleil sur un horizon fictif parfaitement horizontal) est pratiquement égale à 12 heures. Il y a alors égalité entre la durée de la journée et celle de la nuit, c'est l'origine du mot « équinoxe ».

– Les dates des solstices et des équinoxes changent légèrement d'une année à l'autre. Dans l'hémisphère Nord, elles se situent autour des dates suivantes : 21 septembre (équinoxe d'automne) ; 21 décembre (solstice d'hiver) ; 21 mars (équinoxe de printemps) ; 21 juin (solstice d'été).

### **Pour en savoir plus**

– La hauteur du Soleil lors de sa culmination et la variation de cette hauteur en différents points d'un même

méridien est à l'origine de la première mesure du rayon de la Terre par Ératosthène (environ III<sup>e</sup> siècle avant J.C.).

### **Réinvestissements, notions liées**

L'étude du mouvement apparent du Soleil est à mener en relation avec les points cardinaux (voir fiche n° 18 « Points cardinaux et boussole ») et la formation des ombres (voir fiche n° 17 « Lumière et ombre »). Elle permet de s'orienter, au moins sommairement : en milieu de journée, la direction du Soleil indique approximativement le sud.

Le gnomon, bâton planté verticalement dans le sol, est l'ancêtre du cadran solaire. C'est un outil précieux (cour d'école) pour analyser le mouvement apparent du Soleil.

L'élaboration d'un calendrier fiable est devenue nécessaire à l'époque où les hommes se sont sédentarisés et ont dû prévoir correctement le retour des saisons pour semer aux bonnes périodes. Plusieurs calendriers encore en usage sont fondés sur le cycle de la Lune. Le mouvement apparent du Soleil, et son évolution au cours de l'année, constituent la base du calendrier légal. C'est également du mouvement apparent du Soleil que dérivent les unités usuelles de mesure des durées (le jour, l'année).

# Rotation de la Terre sur elle-même

## Programme

### Cycle 3 :

Le ciel et la Terre

La rotation de la Terre sur elle-même et ses conséquences.

Mesure des durées, unités.

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Certains ouvrages expliquent que « la rotation de la Terre s'effectue d'ouest en est ». L'expression laisse croire que les points cardinaux permettent de repérer des positions et des mouvements dans l'espace alors qu'ils sont exclusivement des repères terrestres destinés à repérer des positions et des déplacements sur Terre. Le mot « heure » est utilisé pour désigner un moment du temps (« quelle heure est-il ? ») qui peut être qualifié en fonction d'une règle (heure légale, heure d'été), mais également une unité de durée (1/24 du jour).

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Certains élèves se représentent le monde suivant le modèle géocentrique, selon lequel la Terre est immobile, le Soleil, et éventuellement les étoiles, tournant autour d'elle en un jour.

D'autres élèves, qui ont eu l'occasion de remettre en cause cette dernière idée, expliquent alors le jour et la nuit par le fait que la Terre « tourne autour du Soleil » (au lieu de : « tourne sur elle-même »).

Beaucoup d'élèves croient que le phénomène des saisons est dû au fait que la distance Terre-Soleil varie au cours de l'année (explication incompatible avec l'inversion des saisons entre l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud), alors que l'explication (qui sort du cadre du programme) réside dans le fait que l'axe de rotation de la Terre est « penché », « incliné » (non perpendiculaire) par rapport au plan contenant sa trajectoire autour du Soleil.

## Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

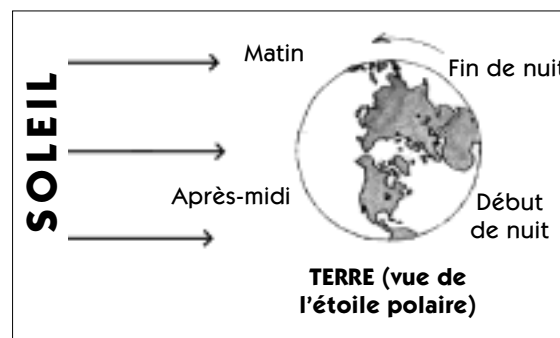
Lors de la réalisation ou de l'utilisation d'une maquette du système Soleil-Terre, il convient d'insister sur le fait que les proportions ne sont pas respectées.

De même, l'utilisation presque inévitable d'une source lumineuse directive (projecteur, spot...) pour représenter le Soleil ne doit pas faire perdre de vue aux élèves que celui-ci rayonne également dans toutes les directions.

## Connaissances

– L'alternance du jour et de la nuit en un lieu de la Terre correspond au passage de ce lieu successivement dans la zone de l'espace éclairée par le Soleil et dans la zone d'ombre portée par la Terre.

– La trajectoire « apparente » du Soleil s'effectue de la gauche vers la droite pour un observateur situé face à celui-ci. La rotation de la Terre sur elle-même s'effectue donc de la droite vers la gauche, c'est-à-dire dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, si on la regarde depuis l'espace en un point situé au-dessus du pôle Nord, comme l'indique la représentation simplifiée suivante :



## Pour en savoir plus

Il peut être utile de faire appel à l'histoire des sciences : passage d'une conception où la Terre était le centre du monde au modèle de Copernic (qui met le Soleil au centre et possède une plus grande portée explicative) ; rôle de Galilée dans cette évolution vers une conception où le mouvement du Soleil est qualifié d'apparent. Aucune expérience ou observation adaptée à l'école ne permet de

prouver que la Terre tourne sur elle-même. Cependant, en fin d'école primaire, les élèves ne doivent pas l'ignorer. L'enseignant devra donc leur indiquer (directement ou en prévoyant des activités documentaires).

• **La durée de la rotation de la Terre sur elle-même**  
Le mouvement du Soleil que l'on observe dans le ciel s'explique par le fait que la Terre tourne sur elle-même autour de l'axe des pôles (rotation). Par rapport au Soleil, cette rotation s'effectue en un jour. Par rapport aux étoiles, et non plus par rapport au Soleil, la Terre fait un tour sur elle-même en un peu moins d'un jour (environ 23 heures et 56 minutes). Cela tient à ce qu'en un jour, la Terre s'est légèrement déplacée dans son mouvement de révolution autour du Soleil.

• **La variation annuelle de la trajectoire apparente du Soleil**

Vue d'un lieu donné de la Terre, elle résulte de ceci : l'axe des pôles (autour duquel se fait la rotation diurne) garde au cours de l'année une direction fixe par rapport aux étoiles, mais cette direction n'est pas perpendiculaire au plan de l'orbite terrestre (plan de l'écliptique). Le résultat est qu'au cours de l'année, tantôt un hémisphère terrestre (Nord ou Sud), tantôt l'autre voit le Soleil s'élever plus haut dans le ciel et reçoivent donc plus d'énergie par unité de surface et de temps, d'où les saisons.

• **Les fuseaux horaires**

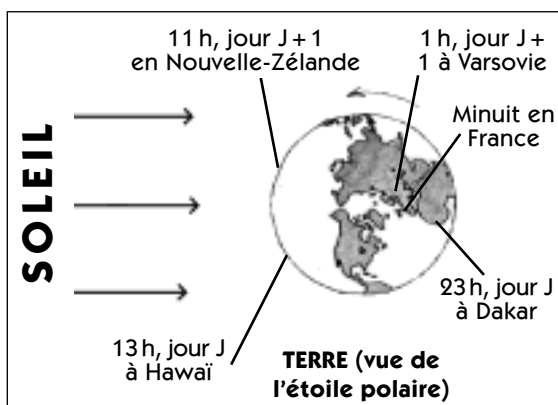
Ils ont été imaginés pour assurer un repérage de l'heure valide (en un lieu donné, le « midi » des horloges doit correspondre approximativement au moment où le Soleil est à sa culmination) et un certain côté pratique (le repérage de l'heure doit être partout fondé sur les mêmes principes et permettre ainsi les échanges).

La Terre est donc fictivement découpée en 24 fuseaux horaires. La limite entre deux fuseaux suit un méridien. Lors du passage d'un fuseau à un autre, l'heure augmente, arbitrairement mais de façon cohérente, d'une unité en allant vers l'est et diminue d'une unité en allant vers l'ouest<sup>1</sup>. De plus, un pays impose avec encore plus d'arbitraire la même heure (heure légale d'été, d'hiver) dans toute une région, voire dans tout un pays s'il n'est pas trop étendu comme c'est le cas par exemple de la France métropolitaine. Ainsi deux lieux situés dans le même fuseau horaire mais dans des pays différents peuvent-ils avoir des heures légales différentes.

• **La ligne de changement de date**

Tout comme l'heure, la date ne peut pas être identique au même instant en tout lieu de la Terre. En un lieu donné, en France par exemple, la date change à minuit (24 h du jour J et 0 h du jour J+1). À ce moment (voir figure ci-dessous), il est déjà 1 h du matin du jour J+1 à Varsovie et encore 23 h

du jour J à Dakar. En poursuivant cet examen des fuseaux horaires vers l'est, puis vers l'ouest, on voit qu'il est déjà 11 h du jour J+1 en Nouvelle-Zélande et encore 13 h du jour J à Hawaï. On constate qu'il est inévitable d'avoir sur Terre des régions voisines pour lesquelles la date n'est pas identique. Il a été convenu de façon internationale de tracer une ligne fictive, dite « ligne de changement de date », qui va du pôle Nord au pôle Sud à travers l'océan Pacifique, c'est-à-dire en passant par des régions inhabitées.



Il y a ainsi deux façons de changer de date : d'une part en restant « chez soi » et en attendant qu'il soit minuit ; d'autre part en franchissant la ligne de changement de date. Dans ce dernier cas, lors de son franchissement vers l'est, la date diminue d'une unité (voir *Le Tour du monde en 80 jours* de Jules Verne ou *L'Île du jour d'avant* d'Umberto Eco), lors de son franchissement vers l'ouest, elle augmente d'une unité.

• **L'heure solaire, l'heure légale**

Celle qui est indiquée par un cadran solaire porte le nom « d'heure solaire vraie ». Pour passer à l'heure légale (indiquée par nos montres), il y a lieu d'opérer plusieurs corrections.

a- Ajouter une heure (horaire d'hiver) ou deux heures (horaire d'été).

b- Tenir compte du décalage en longitude entre le lieu où est installé le cadran et le méridien origine de Greenwich.

c- Opérer une troisième correction, donnée par des tables ou des courbes dans les documents spécialisés, dont le rôle est de compenser les variations régulières de la trajectoire apparente du Soleil.

Ainsi, le passage de l'heure solaire à l'heure légale est-il une opération compliquée qui ne se réduit pas, contrairement à une idée répandue, à la correction légale d'une heure (en horaire d'hiver) ou de deux heures (en horaire d'été). En particulier, lors de l'étude de la variation de l'ombre d'un gnomon, il ne faut pas s'attendre à obtenir l'ombre la plus courte à 13 h (horaire d'hiver) ou à 14 h (horaire d'été). En revanche, il est juste de dire qu'il est « midi solaire » à cet instant.

1. Il y a quelques rares exceptions, certains pays ayant un décalage d'une demi-heure avec leurs voisins.

## Programme

### Cycle 3 :

Le ciel et la Terre

Le système solaire et l'Univers.

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire commun

Les noms des planètes peuvent avoir été rencontrés dans le cadre de rubriques astrologiques, de même l'expression « être né sous une bonne étoile » peut entretenir la même confusion.

Des œuvres de fiction de qualité variée peuvent avoir familiarisé les élèves avec un vocabulaire mais ne donnent pas de garanties sur le sens qui y est associé. L'acception du mot « satellite » est souvent limitée à un objet construit par l'homme et non à la Lune, par exemple.

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves confondent souvent étoiles et planètes. Ils ne sont pas *a priori* conscients que le Soleil est une étoile, car celles-ci apparaissent dans le ciel comme des points minuscules très différents de l'aspect du Soleil vu depuis la Terre.

Les élèves pensent souvent que les planètes sont beaucoup plus volumineuses que les étoiles : en effet, ils ont souvent observé des photos de planètes où celles-ci ont une taille importante ; du fait de leur distance considérable, malgré leur taille, les étoiles n'ont pas de surface apparente (aspect d'un disque) ni pour l'œil, ni pour la plupart des télescopes (leur image apparaît comme une tache lumineuse sans aucun détail).

Les élèves attribuent souvent les phases de la Lune à l'ombre portée de la Terre sur la Lune : ils confondent ainsi l'origine des phases avec celle des éclipses de Lune. Parfois, ils expliquent que la surface de la Lune n'est pas totalement visible à cause des nuages. Le Soleil (ou une étoile) est qualifié de « boule de feu », ce qui laisse penser que sa lumière provient d'une combustion.

Les dimensions dans l'Univers sont toujours très sous-évaluées. Si de nombreux termes sont connus des enfants (étoiles, planètes, galaxies, satellites, comètes...), ils n'ont aucune idée de la structure de l'Univers, ni des distances.

La notion de « haut » et « bas » est liée à la pesanteur terrestre. Dans l'espace, on ne peut s'orienter (navigation des vaisseaux) qu'à partir de la direction des étoiles.

## Quelques écueils à éviter lors des observations et manipulations

Lorsqu'on essaie de représenter le système solaire à l'échelle dans la salle de classe, il faut éviter de faire figurer sur la même représentation les dimensions des orbites à une échelle et celles des planètes à une échelle autre. Si on représente les orbites à une échelle donnée, à cette même échelle les planètes sont assimilables à des points minuscules. Si au contraire on choisit une échelle adaptée pour représenter les tailles des planètes, en respectant la même échelle les planètes devraient être à des distances déraisonnables les unes des autres. Ces réflexions permettent de faire prendre conscience aux élèves de l'importance des espaces vacants à l'intérieur du système solaire.

De même, on peut mettre en évidence, à l'échelle des dimensions des orbites, la distance de l'étoile la plus proche et montrer que celle-ci est considérable par rapport à l'étendue du système solaire. Cela permet de montrer qu'au-delà du système solaire s'étendent d'immenses espaces pratiquement vides.

Le « temps de lumière » (1 s pour la Lune, 8 min pour le Soleil, 1 h pour Saturne, quelques années pour les étoiles les plus proches) est une bonne unité pour faire percevoir ces distances aux élèves.

Lors de l'observation de représentations de planètes, il faut parfois préciser aux élèves que les couleurs ne sont pas de « vraies » couleurs, mais résultent souvent d'un traitement informatique.

## Connaissances

– Le système solaire est constitué en son centre d'une étoile, le Soleil, et de neuf planètes qui gravitent autour de lui sur des trajectoires pratiquement circulaires. Le Soleil est beaucoup plus gros que les

planètes (son diamètre est 100 fois plus grand environ que celui de la Terre.) Ces planètes sont au nombre de neuf : les quatre premières à partir du Soleil (Mercure, Vénus, la Terre et Mars) sont de plus petite taille, ce sont des planètes solides, ayant un sol, et relativement proches du Soleil ; les quatre suivantes (Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune) sont des planètes de plus grande taille, gazeuses et nettement plus éloignées du Soleil.

– La plupart des planètes ont des satellites, des corps qui gravitent autour d'elles suivant des orbites à peu près circulaires ; la Terre a un seul satellite naturel : la Lune.

– Certaines planètes géantes ont des anneaux faits de roches et de glaces ; les plus importants, visibles sans difficulté depuis la Terre dans une lunette ou un télescope, sont ceux de Saturne.

– Le système solaire est minuscule à l'échelle de notre Galaxie qui est elle-même minuscule à l'échelle des distances séparant les milliards de galaxies qui peuplent l'univers.

– Les étoiles sont des boules de gaz à très haute température qui émettent leur propre lumière. Les planètes gravitent autour du Soleil : les planètes du système solaire ne sont visibles que parce qu'elles sont éclairées par le Soleil. De la même façon, la Lune n'est visible que parce qu'elle est éclairée par le Soleil. Une moitié de la sphère lunaire est toujours éclairée par le Soleil, mais la Lune tournant autour de la Terre, l'observateur terrestre ne voit pas toujours entièrement cette zone éclairée ; il n'en voit qu'une partie, ne présentant pas toujours le même aspect : ce sont les phases de la Lune vues de la Terre.

## Pour en savoir plus

– L'exploration spatiale consiste à envoyer dans l'espace soit des hommes (les hommes se sont seulement posés sur la Lune qui est l'astre le plus proche de la Terre), soit des sondes (inhabitables) qui explorent le système solaire.

L'exploration humaine présente de grandes difficultés (les conditions de la vie ne sont pas réunies sur la Lune et les astronautes ont dû emporter dans leurs fusées de la nourriture, de l'oxygène, des scaphandres, de quoi se protéger du froid...), de plus les distances considérables rendent les voyages extrêmement longs. Seule la planète Mars sera probablement explorée par les hommes au cours du XXI<sup>e</sup> siècle.

Du fait de ces difficultés, on envoie dans le système solaire des sondes non habitées (robots) qui survolent les différentes planètes du système solaire et envoient sur Terre les informations recueillies.

– Ce que nous savons de l'univers, au delà du système solaire, ne vient pas de l'exploration directe mais de l'analyse de la lumière que nous en recevons. Les étoiles ne sont pas uniformément réparties dans l'Univers mais sont regroupées en galaxies contenant un très grand nombre d'étoiles. La Galaxie (la nôtre, qui s'écrit avec un G majuscule) a l'aspect d'un disque plat et regroupe environ 100 milliards d'étoiles. Les étoiles visibles à l'œil nu sont des étoiles proches appartenant à notre Galaxie. Elles sont en général à des distances de la Terre très différentes, même si elles apparaissent proches l'une de l'autre dans le ciel. La Voie lactée est une traînée laiteuse qui traverse le ciel ; elle est formée d'une multitude d'étoiles situées quasiment dans le plan de notre Galaxie. Quand on regarde la Voie lactée, la direction du regard est contenue dans le plan de notre Galaxie. Quelques galaxies, proches de la nôtre, sont visibles à l'œil nu comme de petites taches : celle d'Andromède dans l'hémisphère Nord, celle des nuages de Magellan dans l'hémisphère Sud. Depuis 1995, on a découvert des dizaines de planètes autour d'autres étoiles que le Soleil.



# M

## anifestations de l'activité de la Terre

### Programme

#### Cycle 3 :

Le ciel et la Terre

Manifestations de l'activité de la Terre  
(volcans, séismes).

### Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves s'attachent souvent à ce qui est observable, parlent plus volontiers de structure (le volcan) que du phénomène (éruption volcanique).

Les élèves ne considèrent que la partie superficielle, visible d'un volcan et n'en donnent, le plus souvent, qu'une seule représentation stéréotypée en forme de cône, omettant ainsi les relations avec la profondeur du globe terrestre.

Dans les dessins des élèves, le problème de l'échelle se manifeste souvent par la hauteur exagérée de la représentation d'un volcan par rapport à sa superficie. Pour les élèves, l'origine profonde d'un volcan est « au centre de la Terre », alors qu'en réalité le magma se forme seulement à quelques dizaines de kilomètres de la surface de la Terre et en aucun cas au centre qui se situe à 6 370 km de profondeur.

Les élèves ne connaissent les séismes que par leurs conséquences catastrophiques et les données sensorielles ne permettent pas de supposer que l'activité de la Terre est permanente.

### Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Éviter de réduire l'étude des manifestations de l'activité de la Terre à la connaissance de structures (par exemple, les différents types d'appareils volcaniques).

Éviter de s'attacher au seul catastrophisme des photographies dans ce type d'étude.

### Connaissances

– Le magma est le résultat de la fusion partielle de roches. Cette fusion se déroule à quelques dizaines de kilomètres de profondeur. Le magma remonte vers la surface, empruntant une ou plusieurs fissures de la croûte terrestre. La sortie du magma (et ses conséquences et phénomènes associés : nuées ardentes...) constitue une éruption volcanique. Une éruption présente souvent des signes précurseurs, une période d'activité maximale (écoulements de laves, explosions, nuées ardentes...); enfin, une période d'accalmie plus ou moins longue.

– Un séisme correspond au mouvement brusque d'une ancienne fracture de roches en profondeur ou à la formation d'une nouvelle faille. Des vibrations plus ou moins fortes peuvent être ressenties en surface. Ces manifestations peuvent être catastrophiques ou imperceptibles.

– L'étude des risques majeurs naturels permet de rechercher les conditions de leur prévention.

### Pour en savoir plus

La Terre est formée de couches concentriques de nature et de consistance différentes. Par exemple, en surface, la lithosphère terrestre rigide et cassante est formée de plaques qui se déplacent sur une couche également solide mais lentement déformable à l'échelle du temps du mouvement des plaques (des millions d'années). La répartition des séismes, des volcans à la surface de la Terre est en relation avec la structure discontinue de la lithosphère terrestre. Le déplacement des plaques provoque une lente déformation des roches qui cassent lorsqu'elles ont atteint leur limite de résistance, ensuite un rebond élastique provoque les ondes sismiques.

### Réinvestissements, notions liées

Fiche n° 1 « États de la matière et changements d'état ».

Fiche n° 2 « Mélanges et solutions ».

Gaz dissous. Prévention des risques majeurs naturels.

### Programme

#### Cycle 2 :

Les objets et les matériaux

Réalisation d'un circuit électrique simple.

Principes élémentaires de sécurité des personnes et des biens dans l'utilisation de l'électricité.

#### Cycle 3 :

Monde construit par l'homme

Circuits électriques alimentés uniquement avec des piles : bornes, conducteurs et isolants ; quelques montages en série et en dérivation.

Principes élémentaires de sécurité électrique.

### Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

« Courant » est employé dans de nombreux sens : adjectif (une situation courante), verbe (en courant, je suis tombé), nom (courant d'eau, d'air...). « Conducteur » désigne aussi le conducteur d'une voiture. « Ferme la lumière » signifie en général « Éteins la lumière », alors que, en termes de physique, le courant circule lorsque le circuit électrique est fermé. Pour éteindre la lumière il faut, en termes de physique, ouvrir le circuit.

Le programme, en cohérence avec celui du collège, préconise d'utiliser « borne » à la place de « pôle », car ce dernier mot désigne aussi les pôles de la Terre et les pôles d'un aimant.

### Difficultés provenant des idées préalables des élèves

L'utilisation de l'électricité est associée à la notion de danger. On s'appuie, en classe, sur cette idée salutaire pour rendre rationnels les comportements relatifs à la sécurité.

Les élèves les plus jeunes ne savent pas toujours qu'une source d'énergie (une pile par exemple) est nécessaire pour produire un effet. Ils sont habitués, dès le plus jeune âge, à agir sur un « bouton » (interrupteur ou bouton-poussoir) pour allumer une lumière ou mettre en marche un jouet. C'est celui-ci qu'ils imaginent être la cause première de l'effet obtenu. Dans les installations domestiques, deux fils conducteurs sont en général présents dans un même cordon. Les élèves ont ainsi l'impression que le courant est amené de la « prise » à l'appareil

électrique par un seul fil, et est absorbé par l'appareil, sans idée de retour ou de circulation du courant.

Lorsque les manipulations faites en classe ont permis d'aborder la notion de circuit électrique, cette notion reste souvent associée à l'idée selon laquelle chaque borne de la pile envoie « quelque chose » dans l'ampoule dont la rencontre produit de la lumière, ou encore à l'idée selon laquelle le courant « s'use » en circulant dans le circuit (au lieu de considérer qu'un même courant circule, d'une borne de la pile à l'autre dans un circuit en série).

Les élèves associent souvent la propriété « être conducteur » à l'objet et non à la substance qui le constitue.

### Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

#### Attention

Il faut attirer l'attention des élèves sur le fait que l'on ne doit pas refaire à la maison, avec les prises de courant, les expériences faites en classe avec des piles.

Il est indispensable que les expériences soient réalisées avec des montages comportant des contacts électriques fiables ; il convient, en particulier, de disposer assez rapidement de supports pour les ampoules.

Au niveau de l'école primaire, les notions d'isolant et de conducteur sont des notions uniquement pratiques, liées au dispositif utilisé : si l'on utilise un appareil témoin peu sensible (ampoule), l'eau du robinet est classée comme isolante, les métaux sont

classés comme conducteurs, alors qu'avec un témoin plus sensible (diode électroluminescente), l'eau du robinet peut être classée comme conductrice. Attention, on trouve maintenant des plastiques qui sont conducteurs de l'électricité.

Les activités réalisées avec des piles ne présentent pas de danger si ce n'est en cas de court-circuit prolongé (bornes de la pile reliées par un fil « parfaitement » conducteur) qui peut conduire à des dégagements de chaleur importants et à la détérioration des piles, laissant couler les substances corrosives qu'elles contiennent. Les courts-circuits peuvent se produire dans trois circonstances que le maître doit pouvoir contrôler :

- lors des tâtonnements des élèves. Le maître doit les mettre en garde que s'ils sentent que la pile ou les fils deviennent chauds, ils doivent immédiatement débrancher ou le prévenir;
- lors du rangement des piles. Ne pas les laisser « en vrac » mais les disposer correctement les unes à côté des autres ; préférer des boîtes en bois ou en carton aux boîtes métalliques;
- lors du transport. Il est en effet fréquent de demander aux parents de prêter une pile pendant la durée de la séquence d'électricité. Au cours d'un déplacement, les piles peuvent se mettre en court-circuit dans le cartable (par l'intermédiaire d'un compas, d'une fermeture éclair...). Pour prévenir ces risques, il est conseillé d'envelopper chaque pile dans un sachet plastique.

## Connaissances

– Une pile peut faire circuler de l'électricité (un courant électrique) dans une chaîne continue et fermée, formée de la pile et d'objets conducteurs reliant une borne de la pile à l'autre (circuit électrique fermé). Dès que cette chaîne est interrompue, l'électricité (le courant électrique) ne circule plus du tout, y compris dans la pile. En revanche, lorsque l'on met ses doigts dans une prise électrique, on « ferme le circuit », ce qui présente un grave danger.

– Le témoin du passage du courant électrique, à l'école primaire, est une ampoule montée en série dans ce circuit. C'est avec ce témoin que l'on classe les matériaux en conducteurs et isolants.

La réalisation de montages en série ou en dérivation ne s'accompagne d'aucune définition théorique. En revanche, il peut être demandé de dessiner le chemin que peut suivre l'électricité (le courant) et constater qu'à un circuit série correspond une boucle unique

et qu'à des circuits dérivés correspondent autant de boucles qu'il y a de dérivations.

– Une pile électrique comporte deux bornes qui sont notées + et -.

– Le passage de l'électricité dans le corps humain présente des dangers qui peuvent être mortels.

## Pour en savoir plus

– Tension de sécurité : en milieu humide, il est dangereux de soumettre le corps humain à une tension de plus de 24 V. La tension du secteur (220 V) présente donc toujours des risques mortels : ainsi, est-il extrêmement dangereux d'utiliser un appareil électrique (séchoir à cheveux par exemple) avec les pieds dans l'eau.

– Les piles débitent du courant continu qui, dans la partie du circuit extérieure à la pile, circule toujours de la borne + vers la borne -. Les centrales électriques qui alimentent les prises de courant, les alternateurs de bicyclette, débitent du courant alternatif. Cette distinction n'est à aborder à l'école primaire que par ses conséquences concrètes. (Comment placer les piles dans un appareil compte tenu du fait que les deux bornes sont électriquement différentes ? Le sens de rotation d'un moteur alimenté par des piles est-il affecté par le sens de leur branchement ?)

– Dans le cas de circuits dérivés comprenant chacun une ampoule, chacune d'entre elles brillerait exactement comme si elle était seule, si la pile était ce que l'on appelle une source de tension idéale. Cette propriété n'est en fait qu'approchée en raison de l'énergie dissipée à l'intérieur de la pile<sup>1</sup>. Aussi, si l'on branche plusieurs ampoules en dérivation sur une même pile, chacune brille en général un peu moins que si elle était seule. Ce n'est pas le cas pour le secteur, plus proche d'une source de tension idéale. L'ampoule du salon brille comme si elle était seule, que les ampoules des autres pièces soient ou non allumées.

Une pile est également non idéale en ce sens que son efficacité (tension à ses bornes en circuit ouvert) diminue au cours du temps même si elle ne débite pas, en raison d'une lente évolution des substances qu'elle contient.

– Une pile consomme plus d'énergie (s'use plus vite) lorsqu'elle est reliée à deux circuits dérivés comprenant chacun une ampoule identique que lorsqu'elle est reliée à ces deux mêmes ampoules montées en série.

## Réinvestissement

Fiche n° 16 « Énergie ».

1. Cette propriété, appelée résistance interne, a pour conséquence que la tension aux bornes de la pile est différente de sa « force électromotrice » et dépend du circuit dans lequel elle débite.

# Leviers et balances

## Programme

**Cycle 3 :**  
 Monde construit par l'homme  
 Leviers et balances : réalisation de l'équilibre.

### Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Le vocabulaire courant confond poids et masse, mais il n'est pas utile d'aborder cette distinction à l'école primaire. Il suscite de nombreuses confusions entre force, effort, poids, et parfois même vitesse, mouvement. Ces notions sont trop complexes pour être définies ou même abordées à l'école primaire. L'enseignant pourra, dans les cas où cela n'entraîne pas une lourdeur excessive, employer lui-même un vocabulaire correct, mais il ne semble pas possible d'insister auprès des élèves sur ces éventuelles confusions.

### Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les efforts, les forces, sont, pour les élèves, exercés par les muscles ; ils produisent de la fatigue. Le fait qu'un objet inerte puisse exercer une force sur un autre objet nécessite donc une transposition difficile. Il est donc proposé d'employer, sans chercher du tout à le définir, le terme utilisé en physique (force), plutôt que « effort », « action », qui évoquent davantage l'intervention d'un être vivant.

### Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

L'étude de situations de rotation d'un solide autour d'un axe fixe suppose, dans le cas général, la maîtrise de compétences abordées seulement au lycée. À l'école primaire, on se limite donc à l'étude de dispositifs (réels, fabriqués ou simulés) dans lesquels l'équilibre est obtenu avec un fléau horizontal : balançoire horizontale, balance romaine, flèche d'une grue, « mobiles » construits par les élèves.

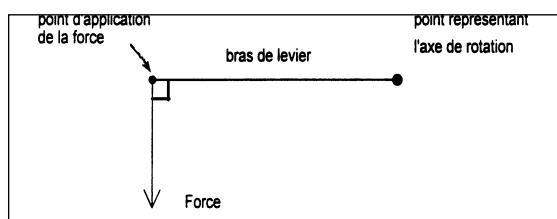
## Connaissances

- Un objet qui peut tourner autour d'un axe fixe peut rester en équilibre s'il est soumis à des forces dont les effets se compensent.
- Pour faire tourner l'objet, une grande force a plus d'effet qu'une petite force appliquée à la même distance de l'axe.
- Pour faire tourner l'objet, une même force a davantage d'effet si elle est appliquée à une plus grande distance de l'axe.

## Pour en savoir plus

Les « Connaissances » énumérés ci-dessus conviennent pour étudier les situations abordées à l'école primaire. Elles ne constituent toutefois une formulation exacte que sous les conditions suivantes :

- la force est dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation ;
- dans ce plan, la droite d'action de la force et la droite qui joint le point représentant l'axe de rotation au point d'application de la force sont perpendiculaires. Le mot « effet » (formulation à destination des élèves) recouvre la notion physique de moment d'une force. Le moment d'une force est égal au produit du bras de levier par l'intensité de la force. Le bras de levier est la distance du point d'application de la force à l'axe de rotation.



## Réinvestissements, notions liées

Les équilibres interviennent dans de nombreux dispositifs pratiques. Les notions physiques sous-jacentes aux situations étudiées (force, distinction poids/masse, moment d'une force) ne font pas partie du programme de l'école primaire.

# T ransmission de mouvements

## Programme

### Cycle 2 :

Les objets et les matériaux

La découverte de quelques objets, de leurs usages et de leur maniement ; les règles de sécurité qu'ils impliquent.

### Cycle 3 :

Monde construit par l'homme

Objets mécaniques ; transmission de mouvements.

## Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Voir la fiche n° 21, en particulier à propos de l'emploi du terme « force ».

## Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Rien de particulier n'est à signaler dans ce domaine. Au contraire, les élèves ont plutôt de bonnes aptitudes à comprendre les mécanismes : cela correspond à leur forme de pensée fondée sur des relations de cause à effet.

## Quelques écueils à éviter lors des observations et manipulations

Les mécanismes n'ont pas à être étudiés pour eux-mêmes.

Leur utilité doit être justifiée par leur emploi dans des dispositifs réels.


Il est indispensable d'opérer avec du bon matériel ou de bons matériaux. Le choix des dispositifs à construire doit donc dépendre des ressources de l'école.

L'étude quantitative des engrenages (proportionnalité inverse entre le nombre de tours d'une roue dentée et son nombre de dents) n'est pas au programme de l'école. D'éventuels prolongements de cet ordre ne doivent pas occulter l'intérêt qualitatif du dispositif.

## Connaissances

La liste indicative ci-dessous est destinée à aider les enseignants à repérer l'utilité des mécanismes les plus habituels.

Mécanisme	Fonction	Exemples d'utilisation
Poulie simple	Transmettre un mouvement de translation de manière à modifier la direction de l'effort à exercer sans en modifier l'intensité. En somme, l'utilité d'une poulie réside dans le fait qu'elle permet à l'ouvrier de travailler dans une position plus confortable.	Dispositifs de levage, grues.
Engrenages (deux roues dentées entraînées l'une par l'autre) ; transmission par chaîne	Transmettre et transformer des mouvements de rotation de manière à modifier l'effort à appliquer et la vitesse de rotation (de façon indissociable, voir le paragraphe « Pour en savoir plus »).	Perceuse, changement de vitesse (bicyclette), essoreuse à salade, grue...
Système bielle-manivelle	Transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation alternatif (va-et-vient). Réciproquement, transformer un mouvement de translation alternatif en un mouvement de rotation.	Scie sauteuse, machine à coudre... Piston de moteur...

 Système pignon-crémaillère	Transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation.	Funiculaire, train à crémaillère ; porte d'écluse ; loupe binoculaire, microscope...
---	--	--

### Pour en savoir plus

Dans le cas des systèmes en rotation, la grandeur physique qui rend compte de ce qu'intuitivement on appelle « l'effort » est le couple exercé (plus précisément, le moment de ce couple). Il représente en quelque sorte « l'effort pour produire la rotation ». Rien n'oblige les enseignants à maîtriser ces distinctions et, bien entendu, il est déraisonnable d'essayer de les faire percevoir aux élèves.

Tous les dispositifs de transmission du mouvement transmettent aussi de l'énergie. Dans le cas idéal où les frottements sont considérés comme négligeables, l'énergie mécanique disponible à la sortie est égale à celle qui est fournie à l'entrée ; dans les cas réels, elle est toujours un peu inférieure, une partie de l'énergie étant dissipée par frottement avec production de chaleur.

Si l'énergie se conserve, il n'en va pas de même des différentes composantes de la situation physique

(effort exercé, vitesse de rotation). Par exemple, dans le cas des engrenages, deux cas peuvent se produire. En entraînant le petit pignon (placé en « sortie ») par un gros pignon (en « entrée »), on augmente la vitesse de rotation alors qu'on réduit le couple. Réciproquement, un petit pignon en « entrée » et un gros pignon en « sortie » conduit à une augmentation du couple mais à une diminution de la vitesse de rotation. Il est facile de montrer cela à partir de la construction du système de levage d'une grue. Pour augmenter la charge pouvant être soulevée, il convient de réduire au maximum le pignon d'entrée et d'augmenter celui de sortie. Ce faisant, on réduit la vitesse de levage. Il est fondamentalement impossible de gagner sur les deux tableaux.

### Réinvestissements, notions liées

Fiche n° 24 « Leviers et balances » : levier.

Fiche n° 16 « Énergie »).

# T

## Technologies de l'information et de la communication

### Programme

#### Cycle 2 :

Les technologies de l'information et de la communication (TIC). [...] Avec l'aide de l'enseignant, les élèves apprennent à utiliser les TIC de façon raisonnée. Les compétences, connaissances et savoir-faire cités dans le Brevet informatique et Internet (B2i) font partie du programme du cycle 2. Elles doivent être acquises à la fin du cycle 3 mais, en ce qui concerne le niveau 1, certaines compétences peuvent être validées dès le cycle des apprentissages fondamentaux.

#### Cycle 3 :

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) dans les sciences expérimentales et la technologie. Maîtriser les premières bases de la technologie informatique et avoir une approche des principales fonctions d'un ordinateur.

Adopter une attitude citoyenne face aux informations véhiculées par les outils informatiques. Produire, créer, modifier et exploiter un document à l'aide d'un logiciel de traitement de texte. Chercher, se documenter au moyen d'un produit multimédia (cédérom, dévédérom, site Internet, base de données).

### Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

De nombreux termes du vocabulaire de l'informatique existent aussi dans le langage courant où leur sens peut induire des confusions. Ainsi la mémoire de l'ordinateur a-t-elle des fonctions communes avec la mémoire de l'être humain, mais aussi de nombreuses caractéristiques spécifiques : par exemple, la mémoire de l'être humain ne s'efface pas quand il dort, alors qu'une partie des informations contenues dans l'ordinateur (dans la partie de la mémoire appelée « mémoire vive ») s'effacent lorsque l'appareil n'est plus sous tension. Le programme d'un concert, le programme d'un homme politique sont à distinguer du programme de l'ordinateur. Le terme « information » couvre dans l'usage courant un ensemble très vaste (on regarde « les informations » à la télévision). En informatique, le mot information a un sens plus restrictif (voir paragraphe « Réinvestissements, notions liées »).

### Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves ont souvent une représentation anthropomorphique de l'ordinateur, en lui prêtant une volonté et la capacité de prendre des initiatives. Cette repré-

sentation est accentuée par certains logiciels, qui font « parler » l'ordinateur à la première personne.

Les élèves ont souvent une conception magique : l'ordinateur l'a « dit », donc c'est vrai, sans se demander comment les résultats ont été obtenus.

### Quelques écueils à éviter lors des manipulations

Avec l'ordinateur, plus encore que dans d'autres situations, les élèves procèdent par essais et erreurs, dans une démarche d'exploration spontanée souvent fructueuse. Cela conduit parfois à affirmer que « les enfants, mieux que les adultes, connaissent l'informatique ». En fait, la pratique spontanée, souvent riche, ne dispense pas de l'acquisition de quelques notions, qui, elles, ne se dégagent pas spontanément de la pratique, et que le maître introduit en s'appuyant sur la pratique.

Lors des utilisations de l'ordinateur, il convient de veiller aux conditions ergonomiques du travail des élèves : éclairage de la salle par rapport à la position des écrans, position de travail...

### Connaissances

L'ordinateur peut recevoir de l'information, par exemple les *données* saisies par l'utilisateur au

moyen du *clavier* ; ou acquises au moyen de la *souris*, du *microphone*, du *scanneur (numériseur)*.

L'ordinateur peut communiquer de l'information à l'utilisateur, par exemple grâce au *moniteur*, au *haut-parleur*, à l'*imprimante*. L'ordinateur peut garder de l'information en *mémoire* grâce à divers supports (*disquette, cédérom, dévédérom...*).

L'ordinateur peut modifier (*traiter*) l'information et produire des résultats à partir des données qui lui ont été fournies. Il le fait en exécutant un *programme* ou un ensemble de programmes (*logiciel*). Un programme est une suite d'instructions, écrite par l'homme puis exécutée automatiquement par la machine. L'ordinateur ne peut exécuter que les opérations pour lesquelles il a été programmé. Un ensemble structuré d'informations, enregistré et utilisable par un logiciel déterminé est appelé *fichier* informatique.

L'ordinateur peut transmettre de l'information à distance ou en recevoir. Cela est le cas en particulier lorsqu'il est connecté à un *réseau* tel que le réseau interne à l'école ou le réseau *Internet*.

Sur le réseau Internet, les services de messagerie électronique permettent d'échanger des *messages électroniques (mél, ou, en anglais, e-mail)* et des fichiers électroniques *jointés (attachés)* à ces messages. Chaque utilisateur de messagerie est identifié par une adresse électronique, qui comporte, dans le système en vigueur en 2001, le caractère @.

Sur le réseau Internet, on utilise la Toile (Web en anglais) pour accéder à un ensemble d'informations (textes, images fixes ou vidéo, sons,...) stockées sous forme de *pages sur la Toile* dans de très nombreux ordinateurs (*serveurs*) qui peuvent être situés dans le monde entier. Un *site* rassemble un ensemble structuré de pages, et est identifié par une adresse se terminant, dans le système de dénomination en vigueur en 2001, par un suffixe du type « .fr », « .com », « .org », etc. La Toile permet aussi de faire connaître ses propres productions en créant son site ou en déposant ses productions sur un site existant.

Lorsque les informations (logiciel, textes, images, sons...) ont un propriétaire, les droits correspondant à cette propriété doivent être respectés.

## Pour en savoir plus

Dans le langage courant, l'information désigne tout fait ou élément porté à la connaissance et à l'interprétation des personnes.

Dans le langage de l'informatique, on appelle information ce qui peut être codé sous une forme permettant de distinguer un état parmi plusieurs (par exemple le code binaire 0 ou 1, qui permet de distinguer un état parmi deux états, ou l'alphabet, dans lequel une lettre permet de distinguer un état parmi vingt-six).

Les programmes qui assurent l'exécution des opérations réalisées par l'ordinateur sont codés en langage binaire et stockés dans les mémoires de l'ordinateur dans des fichiers « exécutables ». Les données manipulées par les programmes sont elles aussi codées en langage binaire et stockées dans les mémoires de l'ordinateur dans des fichiers de données généralement propres aux programmes qui les utilisent.

L'ordinateur traite les données et produit des résultats sans leur attribuer de sens.

Des textes (lois françaises, directives européennes,...) régulièrement remis à jour en fonction de l'évolution des techniques et des évolutions de la société déterminent les règles concernant la propriété intellectuelle des données et la protection des libertés des citoyens face aux traitements automatisés des informations les concernant.

Des textes paraissant régulièrement au journal officiel donnent les équivalents français des termes anglais souvent employés par les informaticiens. Il convient à l'école d'utiliser le vocabulaire français ainsi défini.

## Réinvestissements, notions liées

Les compétences du premier niveau du Brevet informatique et internet (B2i) doivent être acquises à la fin de l'école primaire. Elles font l'objet d'un travail régulier dans l'ensemble des domaines d'apprentissage, tout au long de la scolarité. Elles sont détaillées en annexe des programmes (arrêté du 25 janvier 2002, BO hors série n° 1 du 14 février 2002).