

collection École
documents d'accompagnement des programmes

Enseigner les sciences à l'école

outil pour la mise en œuvre des programmes 2002

cycle 3

Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation nationale et de la Recherche
Direction de l'enseignement scolaire
Académie des sciences – *La main à la pâte*

applicable à la rentrée 2002

Centre national de documentation pédagogique

Comité de lecture

François Chevalérias, direction de l'enseignement scolaire
Pierre Léna, Académie des sciences
Édith Saltiel, INRP – *La main à la pâte* ; université Paris 7
Jean-Pierre Sarmant, inspection générale de l'Éducation nationale

Les auteurs

• Groupe technique :

Lise Adam, IEN – Saint-Fons
Jean-Claude Arrougé, responsable de la division de l'animation pédagogique et de l'intégration des ressources – CNDP
Jean-Michel Bérard, inspecteur général de l'Éducation nationale, groupe du premier degré
Nadine Belin, IEN – Bergerac-Est
René Cahuzac, inspecteur général de l'Éducation nationale, groupe des sciences et techniques industrielles
François Chevalérias, IEN – DESCO A1
David Jasmin, ingénieur de recherche INRP – *La main à la pâte*
Henri Kighelman, IEN – Bonneville
André Laugier, maître de conférences – didactique des sciences IUFM – antenne de Bordeaux-Caudéran
Bernard Leroux, IA-IPR sciences physiques et chimiques – académie de Nantes
Francine Malexis, IA-IPR SVT – académie de Lille
Renée Midol, IEN – Vaulx-en-Velin
Jean-Michel Rolando, professeur d'IUFM – académie de Grenoble
Jean-Pierre Sarmant, IGEN, président du Comité national de suivi du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école
Guy Simonin, conseiller éditorial sciences – CNDP ; professeur à l'IUFM de Versailles, antenne de Cergy
Jacques Toussaint, maître de conférences en physique ; directeur adjoint de l'IUFM de Lyon
Danièle Villemin, IEN – sud Loire-Bouguenais

• Équipe *La main à la pâte* (équipe placée auprès de l'Académie des sciences par convention avec l'INPR et l'École normale supérieure – Ulm) :

Jean-Marie Bouchard, INRP – *La main à la pâte*
Alain Chomat, INRP – *La main à la pâte*
Nicolas Poussielgue, INRP – *La main à la pâte*
Béatrice Salviat, INRP – *La main à la pâte*
Claudine Schaub, directrice d'école – Issy-les-Moulineaux
David Wilgenbus, équipe de *La main à la pâte*

Remerciements

De nombreux maîtres ont contribué à cet ouvrage par l'apport de documents de classe ; les écoles sont citées dans les séquences correspondantes. L'ouvrage bénéficie également d'autres apports d'enseignants ou de scientifiques : Carole Broisi, Bernard Calvino, Annie Deforge, Sylvie Frémineur, Guy Gauthier, Brice Goineau, François Gros, Didier Geffard, Déborah Katz, Bernard Kloareg, Jean Matricon, Michel Mocellin, Jocelyne Nomblot, Tatiana Tomic, Denis Weber, Anne-Muriel Winter.

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

Suivi éditorial : Christianne Berthet

Secrétariat d'édition : Élise Goupil

Maquette de couverture : Catherine Villoutreix et Atelier Michel Ganne

Mise en pages : Atelier Michel Ganne

© CNDP, octobre 2002

ISBN : 2-240-00993-4

ISSN : en cours

Sommaire

Préface	5
Introduction	7
Que deviennent les aliments que nous mangeons ?	15
La place dans les programmes	16
Un déroulement possible de la séquence	17
Introduction et débat initial sur la nutrition	17
Séance 1. Où vont l'eau et le pain ?	19
Séance 2. Que ressent-on quand on mange ?	20
Séance 3. Que se passe-t-il quand on avale ?	21
Séance 4. Comment fonctionne l'appareil digestif ?	23
Séance 5. Que deviennent les aliments dans le corps ?	25
Séance 6. Évaluation	26
Conditions de la mise en œuvre de la séquence	27
Conclusion	27
Sélection indicative de sites	28
Quelle heure est-il à Paris, Pékin ou Sydney ? – Étude des fuseaux horaires	29
La place dans les programmes	30
Un déroulement possible de la séquence	31
Séance préalable. Observation de la course du Soleil au cours d'une journée	33
Séance 1. Comment connaître l'heure dans un pays lointain ?	33
Séance 2. Quand il est midi à Paris, pourquoi fait-il nuit à Sydney ?	33
Séance 3. Élaborer un lexique (pôle, équateur, hémisphère, etc.)	34
Séance 4. Quelle heure est-il à Sydney lorsqu'il est midi à Paris ?	35
Séance 5. Comment expliquer l'alternance des jours et des nuits ?	36
Séance 6. L'alternance jours/nuits – utilisation d'une maquette	37
Séance 7. Quelle heure est-il à Pékin lorsqu'il est midi à Paris ?	38
Séance 8. Dans quel sens s'effectue la rotation de la Terre sur elle-même ?	39
Séance 9. Quelle heure est-il à Pékin... ?	40
Séance 10. Comment garder la trace de ce qui a été compris ?	41
Conditions de la mise en œuvre de la séquence	42
Conclusion	42
Pour aller plus loin	43
Sélection indicative de sites	43
Annexe 1. Frise à utiliser en séance 1 et synthèse	45
Annexe 2. Photographies à exploiter en séance 10	46
Le fonctionnement du levier – «Donnez-moi un point d'appui : je soulèverai le monde»	47
La place dans les programmes	48
Un déroulement possible de la séquence	49
Séance 1. Comment soulever le bureau de l'enseignant ?	50
Séance 2. Comment les hommes des temps anciens soulevaient-ils des charges ?	51
Séance 3. Comment réduire l'effort à l'aide d'un levier ?	52
Séance 4. Comment réduire l'effort à l'aide d'un levier ?	53
Séance 5. Comment fabriquer une maquette de pont-levis ?	54
Séance 6. Où fixer l'attache du fil sur la passerelle ?	55
Séance 7. Qu'est-ce qui est pareil, qu'est-ce qui n'est pas pareil ?	56
Séance 8. Y a-t-il des leviers dans les organismes vivants ?	57

Conditions de la mise en œuvre de la séquence	59
Conclusion	59
Pour aller plus loin	59
Sélection indicative de sites	60
Annexe 1. Le vol d'un insecte	62
Annexe 2	63
Comment savoir d'où vient le vent ?	66
La place dans les programmes	67
Un déroulement possible de la séquence	68
Séance 1. Quels sont les effets du vent ?	69
Séance 2. Quels objectifs indiquent la direction du vent ?	70
Séance 3. Quelles sont les caractéristiques de ces objets ?	72
Séance 4. Comment fabriquer une girouette ?	75
Séance 5. Construction d'une girouette	77
Séance 6. Pourquoi chercher à savoir d'où vient le vent ?	77
Séance 7. Comment repérer la direction du vent ?	77
Séance 8. Quels sont les vents dominants ?	78
Conditions de la mise en œuvre de la séquence	79
Pour aller plus loin	79
Sélection indicative de sites	80

La version de ce document incluse dans le cédérom l'accompagnant comprend également trois séquences concernant les cycles 1 et 2 :

- L'eau à l'école maternelle – cycle 1
- L'air est-il de la matière? – cycle 2*
- Une graine, une plante? – cycle 2

La version complète de ce document est également accessible sur le site du Scérén-CNDP : www.cndp.fr, rubrique « École ».

* Cette séquence peut également être utile pour le cycle des approfondissements (cycle 3).

Préface

En juin 2000, après avoir rendu hommage à l'opération La main à la pâte, « cette heureuse initiative de Georges Charpak et de l'Académie des sciences, relayée par l'Institut national de la recherche pédagogique », le ministre de l'Éducation nationale annonçait la mise en place du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école¹ : « C'est une opération de grande ampleur que je mets en place. Elle s'installera à l'école primaire et préfigurera les changements que j'entends conduire au collège puis au lycée. »

En février 2002, de nouveaux programmes d'enseignement de l'école primaire ont été publiés², ils entrent en vigueur à la rentrée 2002. Les rubriques « Découverte du monde » (école maternelle et cycle des apprentissages fondamentaux) et « Sciences et technologie » (cycle des approfondissements) de ces programmes sont en cohérence avec les recommandations du plan de rénovation.

Il n'est pas nécessaire d'être un spécialiste pour conduire des activités scientifiques à l'école primaire. Le travail expérimental d'investigation peut être simple, les connaissances mises en œuvre sont accessibles. Le maître peut susciter et partager le plaisir et la curiosité des élèves, favoriser une exploration raisonnée du monde qui les entoure, qu'ils peuvent mettre en mots, en images et en arguments. L'univers de la science, où œuvrent les scientifiques dont le métier est la découverte et les ingénieurs qui créent de nouveaux objets ou produits, est vraiment à la portée des maîtres polyvalents de l'école et de leurs élèves.

Outil pour la mise en œuvre du plan de rénovation et des nouveaux programmes, le présent volume a pour ambition d'accompagner les maîtres dans le développement d'un enseignement basé sur le questionnement et sur l'expérimentation par les élèves eux-mêmes.

Les auteurs

1. Note de service n°2000-078 du 8 juin 2000 parue au *BO* n° 23 du 15 juin 2000.

2. Arrêtés du 25 janvier 2002 parus au *BO* hors-série n° 1 du 14 février 2002.

Introduction

Après une présentation, dans cette introduction, de textes d'orientation pédagogique, ce volume propose sept séquences pédagogiques. Réparties entre les cycles et les divers domaines couverts par le programme, ces séquences présentent des exemples entièrement explicités de la mise en œuvre des démarches actives recommandées.

Cette brochure est destinée à aider l'enseignant à mettre en œuvre un enseignement rénové des sciences et de la technologie, tant du point de vue de la méthode pédagogique que des éléments de connaissance scientifique nécessaires. Il ne s'agit en aucune manière d'un manuel d'enseignement des sciences à l'école primaire. Les séquences pédagogiques, dont les thèmes sont tirés du cœur même des programmes, visent à fournir un outil de démarrage au maître engagé dans la voie de la rénovation de l'enseignement des sciences. Le maître qui aura assuré sa démarche au cours de ces quelques séquences sera progressivement à même de poursuivre à l'aide des outils déjà disponibles¹ et qui continueront à lui être proposés.

La prise en compte du développement des capacités d'expression, tant écrites qu'orales, est au cœur de la pédagogie suscitée par le programme de sciences et technologie. La partie « Sciences et langage dans la classe » présente diverses recommandations à cet égard. Concernant la langue française, cet aspect est développé tout au long des séquences présentées dans ce document².

Il est également possible que le travail sur la langue auquel une activité scientifique doit donner lieu soit étendu à la langue étrangère ou régionale étudiée dans la classe. La séquence « Quelle heure est-il à Paris, Pékin ou Sydney ? » présente un exemple d'une telle incitation, portant sur des énoncés ou des structures syntaxiques dont l'acquisition est prévue par le programme.

Cette introduction est due au groupe technique associé au comité de suivi national du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école.

Les séquences d'enseignement résultent de la collaboration du même groupe technique et d'une équipe de *La main à la pâte* (Académie des sciences – Institut national de recherche pédagogique – École normale supérieure ULM).

La rédaction de cet ouvrage résulte de la collaboration de personnes d'horizons très variés : maîtres, enseignants en IUFM, inspecteurs territoriaux, scientifiques. La collaboration étroite au sein d'une même équipe de spécialistes des domaines abordés et d'acteurs de terrain a eu pour but de traiter avec la même exigence la qualité scientifique de l'ouvrage et sa qualité pédagogique. La signature « Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation nationale et de la Recherche – Direction de l'Enseignement scolaire & Académie des sciences – *La main à la pâte* » témoigne du rôle notable joué par *La main à la pâte* dans le contexte du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école : « L'opération *La main à la pâte* est poursuivie. Elle conserve sa dynamique propre ainsi que sa spécificité apportée notamment par l'association de partenaires scientifiques. Intégrée au plan en tant que pôle innovant et centre de diffusion, elle en est un élément essentiel³. »

Repères pour la mise en œuvre d'une séquence⁴

Le canevas ci-dessous est destiné aux maîtres. Il a pour objet de leur donner des repères pour la mise en œuvre d'une démarche d'enseignement respectant l'esprit de la rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie et celui des programmes 2002.

1. Notamment sur le site www.inrp.fr/lamap.

2. Les documents d'élèves qui sont reproduits peuvent contenir des fautes de syntaxe ou d'orthographe. Il s'agit bien entendu de traces écrites restées dans leur état premier et destinées à être retravaillées avec le maître.

3. Extrait de la déclaration commune du 8 septembre 2000 signée par les secrétaires perpétuels de l'Académie des sciences, le directeur de l'enseignement scolaire et le président du Comité de suivi national du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie. Le texte complet est en ligne à l'adresse www.eduscol.education.fr.

4. Dont la démarche répond au schéma « Du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience », le mot « expérience » étant pris ici dans le sens large de démarche expérimentale d'investigation.

Il s'agit d'un document pédagogique opérationnel qui n'a pas la prétention de définir « la » méthode scientifique, ni celle de figer de façon exhaustive le déroulement qui conduit de la problématique à l'investigation, puis à la structuration. Apparentée aux méthodes actives, la démarche proposée pourra être comparée à celle qui est recommandée pour la résolution de problèmes en mathématiques. Par commodité de présentation, cinq moments essentiels ont été identifiés. L'ordre dans lequel ils se succèdent ne constitue pas une trame à adopter de manière linéaire. En fonction des sujets, un aller et retour entre ces moments est tout à fait souhaitable. En revanche, chacune des phases identifiées est essentielle pour garantir l'investigation réfléchie des élèves.

Divers aspects d'une démarche expérimentale d'investigation

La démarche qui sous-tend le plan de rénovation des sciences et de la technologie à l'école obéit aux principes d'unité et de diversité.

– Unité : cette démarche s'articule sur le questionnement des élèves sur le monde réel : phénomène ou objet, vivant ou non vivant, naturel ou construit par l'homme. Ce questionnement conduit à l'acquisition de connaissances et de savoir-faire, à la suite d'une investigation menée par les élèves guidés par le maître ;

– Diversité : l'investigation réalisée par les élèves peut s'appuyer sur diverses méthodes, y compris au cours d'une même séance :

- expérimentation directe,
- réalisation matérielle (construction d'un modèle, recherche d'une solution technique),
- observation directe ou assistée par un instrument,
- recherche sur documents⁵,
- enquête et visite.

La complémentarité entre ces méthodes d'accès à la connaissance est à équilibrer en fonction de l'objet d'étude.

Chaque fois que cela est possible, d'un point de vue matériel et déontologique, on doit privilégier l'action directe et l'expérimentation des élèves.

Canevas d'une séquence⁶

Le choix d'une situation de départ

- Paramètres choisis en fonction des objectifs des programmes.
- Adéquation au projet de cycle élaboré par le conseil des maîtres du cycle.
- Caractère productif du questionnement auquel peut conduire la situation.
- Ressources locales (en matériel et en ressources documentaires).
- Centres d'intérêt locaux, d'actualité ou suscités lors d'autres activités, scientifiques ou non.
- Pertinence de l'étude entreprise par rapport aux intérêts propres de l'élève.

La formulation du questionnement⁷ des élèves

- Travail guidé par le maître qui, éventuellement, aide à reformuler les questions pour s'assurer de leur sens, à les recentrer sur le champ scientifique et à favoriser l'amélioration de l'expression orale des élèves.
- Choix orienté et justifié par le maître de l'exploitation de questions productives (c'est-à-dire se prêtant à une démarche constructive prenant en compte la disponibilité du matériel expérimental et documentaire, puis débouchant sur un apprentissage inscrit dans les programmes).
- Émergence des conceptions initiales des élèves⁸, confrontation de leurs éventuelles divergences pour favoriser l'appropriation par la classe du problème soulevé.

L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation

- Gestion par le maître des modes de groupement des élèves (de niveaux divers selon les activités, de la dyade au groupe-classe entier) ; consignes données (fonctions et comportements attendus au sein des groupes).
- Formulation orale d'hypothèses dans les groupes.
- Élaboration éventuelle de protocoles⁹, destinés à valider ou à invalider les hypothèses.
- Élaboration d'écrits précisant les hypothèses et protocoles (textes et schémas).
- Formulation orale et/ou écrite par les élèves de leurs prévisions : « que va-t-il se passer selon moi », « pour quelles raisons ? ».

5. Voir le paragraphe suivant, « Statut de la recherche documentaire et des TIC ».

6. Constituée en général de plusieurs séances relatives à un même sujet d'étude.

7. Voir les textes « Du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience » et « L'enseignement des sciences à l'école primaire » en ligne à l'adresse www.eduscol.education.fr.

8. Le guidage par le maître ne doit pas amener à occulter ces conceptions initiales.

9. Au sens large, incluant notamment un projet de construction.

- Communication orale à la classe des hypothèses et des éventuels protocoles proposés.

L'investigation conduite par les élèves

- Moments de débat interne au groupe d'élèves : les modalités de la mise en œuvre de l'expérience.
- Contrôle de la variation des paramètres.
- Description de l'expérience (schémas, description écrite).
- Reproductibilité de l'expérience (relevé des conditions de l'expérience par les élèves).
- Gestion des traces écrites personnelles des élèves.

L'acquisition et la structuration des connaissances

- Comparaison et mise en relation des résultats obtenus dans les divers groupes, dans d'autres classes...
- Confrontation avec le savoir établi (autre forme de recours à la recherche documentaire), respectant des niveaux de formulation accessibles aux élèves.
- Recherche des causes d'un éventuel désaccord, analyse critique des expériences faites et proposition d'expériences complémentaires.
- Formulation écrite, élaborée par les élèves avec l'aide du maître, des connaissances nouvelles acquises en fin de séquence.
- Réalisation de productions destinées à la communication du résultat (texte, graphique, maquette, document multimédia).

Statut de la recherche documentaire et des TIC¹⁰

La méthodologie mise en œuvre par le plan est définie par le *BO* n° 23 du 15 juin 2000 :

« Les élèves construisent leur apprentissage en étant acteurs des activités scientifiques.

– Ils observent un phénomène du monde réel et proche, au sujet duquel ils formulent leurs interrogations.

– Ils conduisent des investigations réfléchies en mettant en œuvre des démarches concrètes d'expérimentation, complétées le cas échéant par une recherche documentaire. Il est important que les élèves pratiquent l'une et l'autre de ces deux voies complémentaires. »

Le déroulement d'une séquence conforme aux objectifs du plan de rénovation a été décrit dans le document ci-dessus. L'objet des développements qui suivent est de préciser comment la recherche documentaire peut et doit intervenir en complément d'une démarche qui conduit du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience.

Précisons d'abord les divers sens qu'il est possible de donner à la « recherche documentaire ».

La recherche de documents

En bibliothèque, en BCD, dans un dictionnaire, une encyclopédie ou sur Internet, pour répondre aux questions « productives » de la classe et pour résoudre des problèmes scientifiques qui n'ont pu l'être totalement par la confrontation expérimentale au réel, l'élève doit être capable de :

- rechercher dans un dictionnaire le mot qui pourra éventuellement lui donner des éléments de réponse ;
- savoir utiliser un index dans une encyclopédie ;
- comprendre l'organisation d'une bibliothèque pour en tirer quelques ouvrages accessibles et intéressants ;
- savoir utiliser le sommaire d'un livre ;
- savoir extraire d'un article l'information intéressante ;
- savoir décrypter texte, schémas et illustrations d'un article ;
- formuler une requête efficace dans un moteur de recherche approprié, et savoir distinguer des réponses pouvant présenter un intérêt pour l'investigation.

En fait, ces compétences s'établissent progressivement et se renforceront au cours de la scolarité, dans le cadre des enseignements, des dispositifs interdisciplinaires, comme les TPE, les PPCP ou les TIPE, ou dans les projets de mémoires universitaires...

La recherche sur documents¹¹

Avec la multiplication des images et des écrans, on assiste à des réactions contradictoires souvent passionnelles vis-à-vis de leur impact pédagogique. Entre les tenants de l'éducation informelle (« de toute façon les écrans sont là, les jeunes en profitent plus qu'on ne peut imaginer... ») et ceux qui craignent pour la santé morale et intellectuelle des enfants, quel parti peut-on raisonnablement adopter ?

L'impact psychologique des documents

– Impact historique : l'introduction de documents audiovisuels pédagogiques depuis le début du siècle a été marquée par une apogée, notamment avec les films courts muets (dans les années 1970) présentant des phénomènes que l'élève et la classe devaient interpréter. L'avènement des émissions télévisuelles enregistrées ensuite sur VHS a pu faire considérablement régresser la part active de l'élève.

– Impact géographique : la qualité des télévisions éducatives mondiales s'est avérée très dépendante des dispositifs pédagogiques accompagnant leur

10. Technologies de l'information et de la communication. Cette réflexion entre dans le cadre du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école.

11. En particulier les documents images.

diffusion. Des revues puis des sites Internet proposent de nombreuses pistes d'activités à partir des images diffusées (TéléQuébec, BBC Education, NOT, ou France 5 proposent des documents d'accompagnement pour les programmes éducatifs).

– Impact pédagogique : quels statuts et quelle place donner aux documents par rapport à la confrontation à des phénomènes réels, directement perceptibles par l'élève ? Dans quel type de démarche pédagogique ?

Quels documents ?

Il faut distinguer les documents interprétés explicatifs, montrant et donnant du sens, des documents bruts non interprétés où le travail de recherche de sens est à faire par les élèves (exemple : la radio d'une fracture de la jambe, une séquence non commentée d'une éruption volcanique, ou des images en accéléré du développement d'une plante, de la fleur au fruit...).

À quel moment les utiliser ?

– Pour aider à faire émerger un questionnement, de façon motivante. Exemples : une séquence ou une image d'actualité (tremblement de terre) ; une séquence d'activité professionnelle (un chantier de fouilles archéologiques pour introduire le travail sur les fossiles et les traces d'évolution), etc.

– Pour donner des compléments d'information à faire analyser par les élèves. Exemple : imagerie médicale du corps humain, ou les exemples des documents bruts cités précédemment.

– Pour aider à élaborer une synthèse collective, avec reformulation par la classe de ce qui sera noté dans le carnet d'expériences, à l'issue d'un travail de recherche. Exemples : tous les documentaires explicatifs souvent issus des émissions de télévision (*C'est pas sorcier*, *E = Mc...*), ou toutes les séquences en images de synthèse à visées explicatives (avec la difficulté d'expliquer les codages ou les images analogiques employées).

– Pour réinvestir les connaissances acquises dans d'autres exemples ou pour l'évaluation. Par exemple : séquences ou images montrant des sources d'énergie autres que celles abordées dans le cours, documents ouvrant sur des problèmes plus larges d'éducation à la santé ou à l'environnement (par exemple à partir d'une étude très précise sur les pelotes de déjection de rapaces, d'un documentaire sur l'importance écologique de la protection des rapaces...) ou de l'impact des gestes quotidiens sur l'équilibre de certaines chaînes alimentaires...

Complémentarité entre objets/phénomènes réels et documentation

Certains phénomènes ou objets ne sont pas perceptibles directement car ils sont trop grands (en astronomie), trop petits (microbes), trop longs (croissance

d'un arbre), trop courts, trop rares ou trop dangereux (éruptions, séismes), trop coûteux (fusée) ou encore appartenant au passé (histoire des sciences et des techniques).

Le réel lui-même peut être investi sous différents angles : par des observations, des expérimentations, des comparaisons...

Mais des documents complémentaires peuvent enrichir ce questionnement du réel. Par exemple, une séquence sur la banquise ou sur un glacier, sur une chute de neige ou sur la prise en glace d'un ruisseau sera intéressante à analyser, en complément d'une démarche expérimentale sur les changements d'état de l'eau.

Un va-et-vient sera fécond entre le concret et l'abstrait, entre des phénomènes scientifiques et techniques et leurs applications (par exemple, dans le monde professionnel ou dans le fonctionnement d'objets quotidiennement utilisés par l'élève).

La rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école vise l'acquisition de connaissances et de savoir-faire, grâce à un juste équilibre entre l'observation de phénomènes et d'objets réels, l'expérimentation directe et l'analyse de documents complémentaires, afin de former l'élève aux méthodes scientifiques d'accès à la connaissance, de l'habituer à identifier et à vérifier ses sources d'information, développant ainsi son esprit critique et citoyen.

Le rôle des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans le cadre du plan peut être précisé dans la même logique : « L'expérimentation directe, réalisée par les élèves, est à la base de la démarche mise en œuvre. Dans cette perspective, l'observation du réel et l'action sur celui-ci ont la priorité sur le recours au virtuel. »

Cette considération ne minore en rien l'intérêt de recourir aux TIC, que ce soit pour la consultation de documents qui viennent compléter l'observation directe ou pour la recherche de références permettant la confrontation de résultats d'expériences au savoir établi.

Sciences et langage dans la classe

Dans la démarche qui sous-tend l'activité de la classe en sciences et technologie, le langage n'est pas l'objet d'étude premier.

Mais dans les allers et retours que le maître organise entre observation du réel, action sur le réel, lecture et production d'écrits variés, l'élève construit progressivement des compétences langagières (orales et écrites¹²) en même temps que s'élabore sa pensée. Individuellement ou collectivement, en sciences, le langage est notamment mobilisé pour :

12. Y compris images et schémas.

- formuler des connaissances qui se construisent : nommer, étiqueter, classer, comparer, élaborer des référents, transmettre ;
- mettre en relation : interpréter, réorganiser, donner du sens ;
- faire valoir son point de vue : convaincre, argumenter ;
- interpréter des documents de référence : rechercher, se documenter¹³, consulter.

L'expression des conceptions initiales des élèves pourra se faire aussi bien à l'oral que lors d'écrits individuels, mais ne sera bien souvent complète qu'à l'occasion de la mise en œuvre d'une première expérimentation. Celle-ci permet au maître de mieux cerner les théories implicites des élèves, et à ces derniers de mieux identifier la nature scientifique du problème posé.

L'oral

L'initiative laissée aux élèves dans la conception des actions et dans l'organisation des confrontations permet d'installer dans la classe des échanges oraux chargés d'utilité et porteurs de sens.

L'expression parlée favorise une pensée à la fois réfléchie et spontanée, divergente, flexible et propice à l'invention. Ceci implique que les temps de parole s'inscrivent dans la durée grâce au questionnement du maître et à l'organisation du travail entre pairs.

De l'oral à l'écrit

Le projet développé par les élèves nécessite que certains éléments du discours soient fixés comme traces provisoires ou définitives, comme éléments de référence, comme notes et relevés, comme messages à communiquer.

En prenant appui sur l'écrit, la parole peut aussi s'assurer, être remodelée, réécrite, mise en relation avec d'autres écrits. La langue, vecteur de la pensée, permet d'anticiper sur l'action. Lorsque la parole précède l'écriture, le discours de l'élève passe d'un langage parlé nourri d'implicite à un langage plus précis, respectant la monosémie du langage scientifique et intégrant à l'écrit des formes variées : schémas, graphiques, alinéas, soulignements...

Écrire favorise alors le passage à des niveaux de formulation et de conceptualisation plus élaborés.

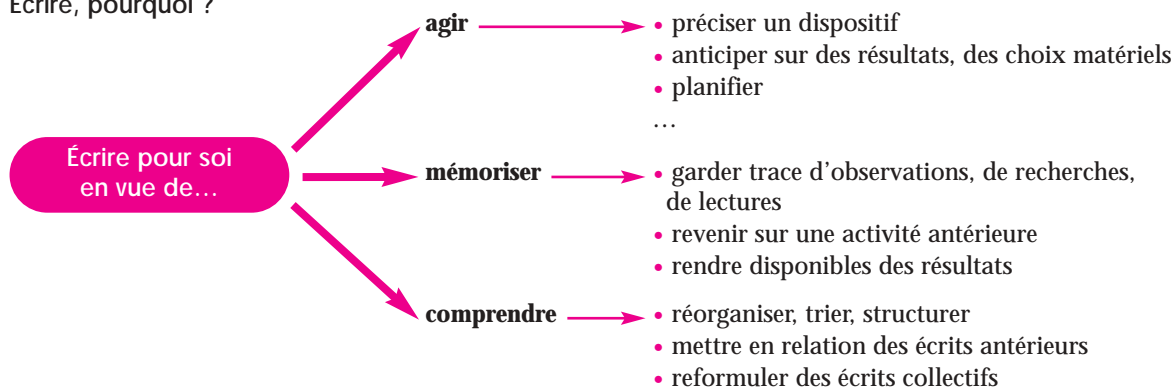
L'écrit

L'écrit invite à objectiver, à mettre à distance. Produire des écrits pour d'autres nécessite de les rendre interprétables dans un système de référents qui n'appartient plus en propre à leur seul auteur, et donc de clarifier les savoirs sur lesquels il s'appuie. En classe de sciences, le travail de production d'écrits n'a pas comme visée principale de montrer que l'on sait écrire, mais bien de favoriser les apprentissages scientifiques de l'élève et de faciliter le guidage pédagogique du maître.

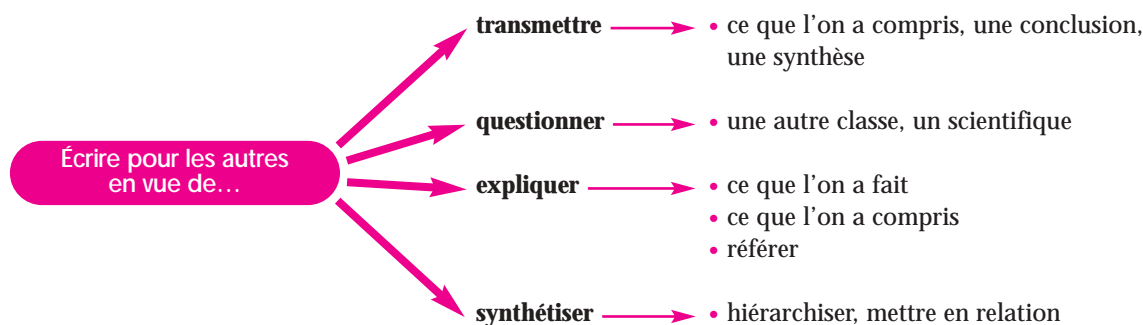
Les élèves sont invités, individuellement ou en groupe, à produire des écrits qui sont acceptés en l'état, et utilisés en classe comme moyens pour mieux apprendre.

Au-delà du texte narratif, très usité à l'école, on introduit d'autres usages de l'écrit. Ce rapport renouvelé à l'écrit présente un intérêt tout particulier pour les élèves qui n'ont pas spontanément envie d'écrire ou qui ont peu l'habitude de réussir dans ce domaine.

Écrire, pourquoi ?



13. Voir paragraphe « Statut de la recherche documentaire et des TIC ».



Le carnet d'expériences

Il appartient à l'élève ; il est donc le lieu privilégié de l'écrit pour soi, sur lequel le maître n'intervient pas d'autorité ; mais c'est aussi un outil personnel de construction d'apprentissages.

À ce titre, il est important que l'élève garde son carnet tout le long du cycle : qu'il puisse y retrouver la trace de sa propre activité, de sa propre pensée, y rechercher des éléments pour construire de nouveaux apprentissages, des référents à mobiliser ou à améliorer... Le carnet comprendra aussi bien les traces personnelles de l'élève que des écrits élaborés collectivement et ayant le statut de savoir, que la reformulation par l'élève de ces derniers écrits.

Toutefois, l'élève doit pouvoir ne pas tout garder de ses tâtonnements et de ses brouillons. Ses critères pour garder ou non une trace doivent concerner la pertinence de l'écrit par rapport à l'intention qui est la sienne, non la qualité intrinsèque de cet écrit en tant que telle.

Les écrits de statuts différents gagneront à être facilement repérables par l'élève : par exemple, chaque fois que possible, la synthèse de classe sera traitée sur ordinateur puis photocopiée pour chacun.

Dans la situation d'écriture en sciences, l'élève mobilise l'essentiel de ses efforts sur le contenu des connaissances en jeu et sur son activité (expérimentation, interactions...). Il intègre d'autre part des mots, des signes, des codes, spécifiques aux textes à caractère scientifique.

La nécessaire implication des élèves dans le travail doit amener le maître à une tolérance raisonnée. Les compétences spécifiques liées à la production d'écrits en sciences se construisent sur le long terme.

Le va-et-vient permanent et réfléchi entre l'écrit personnel et l'écrit institutionnalisé favorise l'appropriation par l'élève de caractéristiques du langage scientifique :

- représentations codifiées ;
- organisation des écrits liés aux mises en relation (titres, typographies, connecteurs...), en particulier à la relation de causalité ;
- usages des formes verbales : présent, passif.

Le rôle du maître

Le maître apportera des aides sous des formes variées :

- en réponse à une demande ;
 - sous la forme d'un glossaire affiché construit au fur et à mesure des besoins, et relatif à un domaine identifié ;
 - en proposant des outils pour garder trace des observations, tels que :
 - bandes de papier quadrillé, ligné, qui favorisent le passage au graphique,
 - gommettes autocollantes de couleurs, qui favorisent la compréhension statistique (nuages de points),
 - papier calque pour extraire les éléments jugés pertinents ou réutiliser tout ou partie d'un document antérieurement construit ou sélectionné au cours d'une recherche ;
 - en proposant des cadres d'écriture pour guider sans enfermer :
 - tableaux à double entrée,
 - calendriers ;
 - en organisant la communication d'expériences ou de synthèses dans la classe et avec d'autres classes pour permettre aux élèves de tester l'efficacité de leurs choix ;
 - en mettant à la disposition des élèves des documents, des supports d'analyse, des référents, écrits de forme complexe et dont l'usage est bien identifié ;
- Ces aides seront efficaces lors des confrontations.

Les écrits intermédiaires

Produits par les groupes ou à la suite d'interactions entre élèves, ils permettent le passage du « je » au « nous », la généralisation (passage du « nous » au « on ») se faisant en général en classe entière, avec l'aide du maître. Ils permettent soit le retour de chaque élève sur son propre cheminement, soit l'élaboration de propositions pour la synthèse de classe. Ils sont enrichis par tous les documents mis à disposition des élèves.

Les documents de la classe

Ils s'appuient sur les écrits produits individuellement et par les groupes. Le maître y apporte les éléments d'organisation, de formalisation, qui permettent de résoudre les problèmes posés par la confrontation des outils intermédiaires entre eux.

Le niveau de formulation de ces documents sera compatible avec les niveaux de formulation du savoir établi que le maître aura choisis.

Enfin, il est important que le maître permette à chaque élève de reformuler, avec ses propres mots et supports, la synthèse collective validée. Le maître s'assurera ainsi du degré d'appropriation de la notion.

Les écrits personnels pour	Les écrits collectifs des groupes pour	Les écrits collectifs de la classe avec le maître pour
<ul style="list-style-type: none">- exprimer ce que je pense- dire ce que je vais faire et pourquoi- décrire ce que je fais, ce que j'observe- interpréter des résultats- reformuler les conclusions collectives	<ul style="list-style-type: none">- communiquer à un autre groupe, à la classe, à d'autres classes- questionner sur un dispositif, une recherche, une conclusion- réorganiser, réécrire- passer d'un ordre chronologique lié à l'action, à un ordre logique lié à la connaissance en jeu	<ul style="list-style-type: none">- réorganiser- relancer des recherches- questionner, en s'appuyant sur d'autres écrits- préciser les éléments du savoir en même temps que les outils pour les dire- institutionnaliser ce que l'on retiendra

Que deviennent les aliments que nous mangeons ?

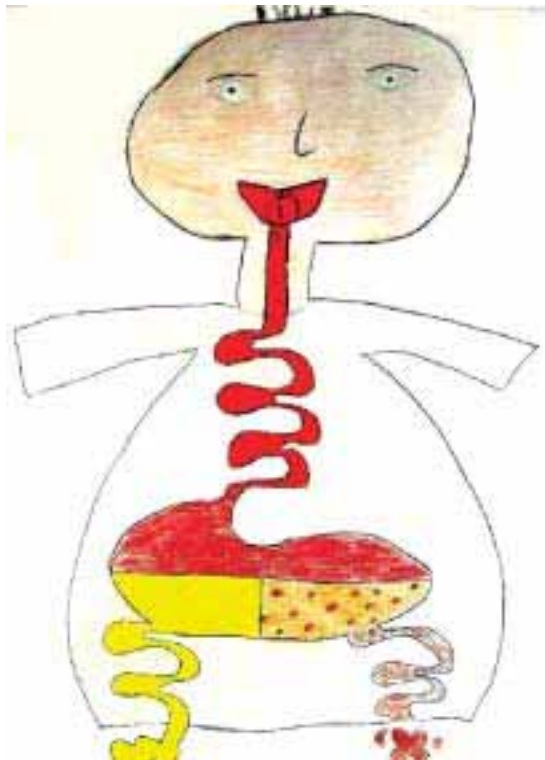


Figure 1

Pour tout organisme vivant, se nourrir est un besoin fondamental. L'alimentation humaine, thème interdisciplinaire par excellence, revêt une dimension à la fois individuelle et collective. Parce que chaque enfant, chaque famille, chaque société entretient avec la nourriture un rapport particulier, comprendre ce que deviennent les aliments dans le corps donne l'occasion de construire un fonds scientifique commun, partagé par toutes les cultures et en relation avec l'éducation à la santé. La progression proposée ne prétend pas être un modèle. Elle suggère comment une investigation peut être conduite, lors de temps de recherche personnel, seul ou en groupe, alternant avec des moments de synthèse en classe entière. Elle intègre des objectifs d'apprentissages transversaux : maîtrise des langages oral-écrit-images, recherche documentaire, argumentation, confrontation des savoirs élaborés par les enfants aux savoirs établis et publiés.

En complément documentaire, vous trouverez, en plus de ce texte présentant un déroulement type de séquence, des documents images et extraits vidéo utilisables avec les élèves sur le cédérom distribué avec cet ouvrage.

La place dans les programmes

- Au cycle 1 : des activités de découverte sensorielle, des expériences culinaires ont pu susciter un ensemble de constatations et de questions sur l'alimentation. « Qu'est-ce que je peux manger et qu'est-ce que je ne peux pas manger? Qu'est-ce que j'aime manger et qu'est-ce que je n'aime pas? D'où vient le vomi? Qu'est-ce qui donne des forces? » Les enfants ont appris à préparer des plats simples, à distinguer des saveurs : sucré, salé, acide, amer. Ils ont parfois observé qu'un petit objet avalé par erreur (noyau de cerise, bille en plastique) se retrouvait dans les selles. Ils savent que les jeunes enfants peuvent s'étouffer en avalant de travers des cacahuètes. Ils ont constaté que s'ils boivent beaucoup, ils urinent davantage.
- Au cycle 2 : des travaux sur la diététique, sur l'hygiène alimentaire et les dents ont sans doute été menés. « Qu'est-ce que bien manger? Comment bien manger? À quoi servent nos dents? Comment les protéger? » Les élèves ont pu découvrir dans leur famille ou à l'école que certaines personnes suivaient des régimes alimentaires particuliers pour des raisons médicales (intolérance à certaines substances, nécessité de maigrir), pour des raisons esthétiques ou dans le cadre d'une activité sportive intense.
- Au cycle 3 : une investigation plus approfondie sur les besoins alimentaires conduit à découvrir l'organisation générale de l'appareil digestif et la fonction de nutrition. L'éducation à la santé est davantage fondée sur des bases scientifiques.

Extraits du programme	Extraits du document d'application	
Le corps humain et l'éducation à la santé Première approche des fonctions de nutrition (digestion, respiration et circulation).	Compétences spécifiques	Commentaires
	Être capable de rendre compte du trajet et des transformations des aliments dans le tube digestif et de leur passage dans le sang. Être capable d'exploiter des documents (radiographies, livres, multimédias).	Privilégier une approche fonctionnelle en partant de questions comme « que devient dans ton corps, ce que tu bois, ce que tu manges, l'air que tu respires » afin d'établir des liens entre les différentes fonctions (respiration, digestion en petits éléments capables de traverser la paroi du tube digestif, ils sont emportés dans tous les organes du corps dont ils permettent le fonctionnement).

- Au collège : l'aspect chimique de la transformation des aliments sera étudié, ainsi que les concepts de solubilisation ou de diffusion.
- Au lycée : les notions de surfaces d'échanges, de réactions chimiques et de métabolisme pourront être approfondies, en relation avec le concept d'énergie.

Concepts en jeu, notions à construire	1 ^{er} niveau d'acquisition	2 ^e niveau d'acquisition
Trajet des aliments	cycle 2	cycle 3
Transformations mécaniques des aliments	cycle 2	cycle 3
Transformation chimique des aliments	cycle 3 (évocation)	collège (3 ^e) – lycée
Fonctionnement des enzymes digestifs		lycée
Solubilisation des nutriments	cycle 3	collège
Diffusion à travers une membrane	cycle 3	collège
Passage dans le sang des nutriments	cycle 3	collège – lycée
Notion de cellule	collège	collège – lycée
Utilisation cellulaire des nutriments	collège	lycée

Un déroulement possible de la séquence

Une séance préliminaire sur l'alimentation permet d'introduire la séquence.

	Question de départ	Activités conduites avec les élèves	Activités langagières	Organisation de la classe	Connaissances, savoirs et savoir-faire en jeu
Séance 1	Où vont l'eau et le pain ?	Recueil et confrontation des représentations.	Dessin, écrit, oral.	Individuel, binôme et classe entière (confrontations).	Communiquer par textes, schémas puis par oral.
Séance 2	Que ressent-on quand on mange ?	Observations sur soi, travail sur documents.	Oral, écrit (compte rendu), schématisation.	Binôme, individuel.	Observer, faire un dessin d'observation.
Séance 3	Que se passe-t-il quand on avale ?	Construction d'une maquette.	Oral, dessin (plans).	Groupe.	Manipuler, raisonner.
Séance 4	Comment fonctionne l'appareil digestif ?	Observations sur un animal.	Écrit (compte rendu des observations), oral (questions pendant la dissection).	Classe entière (dissection), individuel (compte rendu).	Observer, raisonner.
Séance 5	Que deviennent les aliments dans le corps ?	Recherche documentaire synthèse.	Lecture, écrit et oral.	Binômes, classe entière.	Rechercher des informations : bibliothèque, centre de documentation, Internet.
Séance 6		Évaluation.	Dessin, écrit.	Individuel.	Réinvestir les connaissances acquises au cours de la séquence.

Introduction et débat initial sur la nutrition

À propos d'alimentation

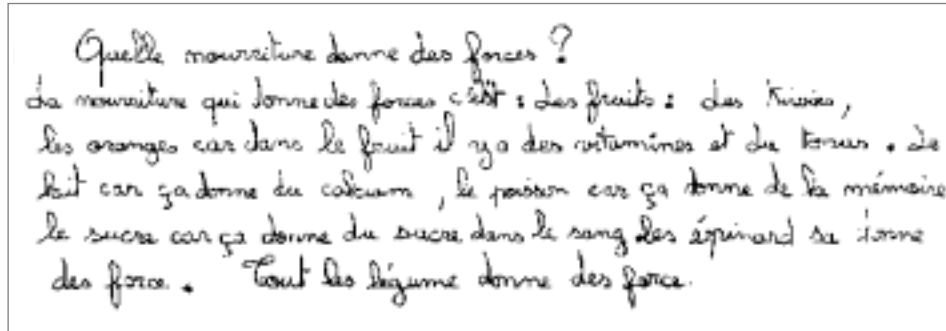
Il existe de multiples façons d'introduire le thème de l'alimentation. Il est possible de commencer par un jeu sur les familles d'aliments ou encore de proposer à chaque élève de donner son point de vue sur des questions d'alimentation. On remarque qu'on ne mange pas à tout instant. La dimension sociale de la rencontre au cours du repas constitue une référence à la diététique alimentaire : on peut s'interroger sur les conséquences du grignotage et de la consommation abusive de sodas. Tandis que l'obésité menace un nombre croissant d'individus, la malnutrition par défaut de nourriture sévit dans de nombreux pays.

Certaines questions posées par les enfants à leurs camarades au cours du débat en classe entière sont inscrites au tableau ; elles servent à prolonger une réflexion individuelle. Chaque enfant répond par écrit dans la partie personnelle de son carnet d'expériences et utilisera ses notes pour participer à l'échange verbal qui suivra. Voici quelques exemples de questions recensées par le maître :

- « Que préfères-tu manger ? »
- « Qu'est-ce que tu n'aimes pas ? »
- « Quelle nourriture donne des forces ? »
- « Qu'est-ce que tu n'aimes pas mais qu'il faut manger, pourquoi ? »
- « Que se passe-t-il quand on ne mange pas ? »

Débat et questionnement

Quelques extraits de cahiers d'expériences d'élèves de CM2 sont reproduits ci-dessous :



Quelle nourriture donne des forces ?
La nourriture qui donne des forces c'est : Les fruits : les kiwis,
les oranges car dans le fruit il y a des vitamines et du fer. Le
lait car ça donne du calcium, le poisson car ça donne de la mémoire
le sucre car ça donne du sucre dans le sang les épinards se donne
des force. Tout les légumes donne des force.

Figure 2. Extrait du cahier d'expériences de M.

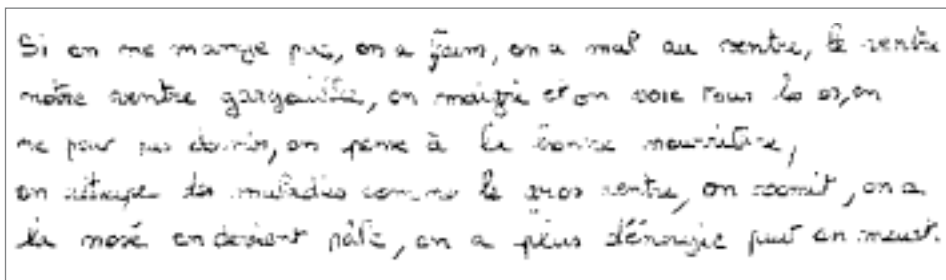
- Points de vue individuels :

Extrait du cahier de L : « Quelle nourriture donne des forces. Je pense que la nourriture qui donne des forces sont les légumes verts car ils portent beaucoup de calcium et des vitamines, c'est pourquoi il faut manger plein de légumes. »

Extrait du cahier de R : « La nourriture qui donne des forces, c'est les kiwis, car il y a des vitamines. Aussi je crois que les épinards donnent des forces. La soupe aussi doit donner des forces car il y a beaucoup de légumes dedans. (...) J'adore les bonbons au fruit et à la menthe. Ce que je n'aime pas et qui donne des forces, c'est les épinards. »

Extrait du cahier de A : « Les nourritures qui donnent des forces sont : les kiwis, les pommes, les poires et les autres fruits et les céréales. Les céréales sont efficaces pour être en forme, mais je n'aime pas ça. »

- Compte rendu d'un débat de groupe entre quatre élèves.



Si on ne mange pas, on a faim, on a mal au ventre, le ventre
notre ventre gargouille, on maigrit et on voit tous les os, on
ne peut pas dormir, on pense à la bonne nourriture,
on attrape des maladies comme le gros ventre, on dort, on a
la mort en devant nous, on a plus d'énergie peut en manger.

Figure 3

Les élèves ont tous un point de vue sur la question de l'alimentation. En revanche, à ce stade de la progression, le mot « force » ne signifie rien de très précis, sans lien avec le concept scientifique de force. Il sera progressivement remplacé par le mot « énergie ». Dans cette classe, les enfants pensent que les vitamines et le calcium donnent des « forces », conformément à une représentation fréquemment véhiculée par les messages publicitaires. Et ce sont justement les nourritures qu'ils n'aiment pas manger qui, pensent-ils, donnent des « forces »... sans doute parce que c'est l'un des arguments qu'utilisent leurs parents pour les inciter à consommer ces nourritures peu appréciées.

À l'issue du débat, une question est retenue : comment les aliments que nous mangeons peuvent-ils donner des « forces » dans le corps et aussi « faire grandir » ?

L'enseignant peut suggérer que les enfants aillent demander à des sportifs (si un club se trouve près de l'école) ou au médecin scolaire, ou bien recherchent dans un livre ce qu'il faut manger et boire avant et pendant une compétition pour avoir de l'énergie. Un entretien avec une personne responsable du restaurant scolaire peut également être fructueux.

Ce débat introduit plusieurs pistes possibles, donc plusieurs parcours envisageables. Ces pistes, déjà travaillées au cycle 2, peuvent être approfondies au cycle 3 et au collège. La piste développée ci-dessous est principalement « mécaniste », par opposition aux pistes « chimique

et énergétique» qui seront développées dans le secondaire. Elle comporte des suggestions de séquences optionnelles reliées à des séquences plus fondamentales. Comment notre corps s'approprie-t-il les aliments? Tel est le principal problème à résoudre.

Séance 1. Où vont l'eau et le pain?

Formulation du problème et recueil des conceptions initiales

L'enseignant vérifie avant tout qu'aucun enfant n'est soumis à un régime alimentaire particulier. Il distribue du pain et un verre d'eau à chaque élève, en guise de collation. Une discussion s'engage sur le devenir de ces aliments: « Dans quelle partie du corps l'eau et le pain vont-ils aller? » Il distribue alors une feuille avec la silhouette d'un homme, avec les consignes: *Dessine le trajet du pain et celui de l'eau. Nomme les endroits par où passent ces aliments. Que deviennent les aliments dans le corps?*

Analyse collective des productions d'enfants

La confrontation des représentations des élèves peut se faire d'abord par un échange de feuilles entre voisin. Au cours du débat, les élèves utiliseront probablement spontanément un vocabulaire enfantin avec les mots « pipi » et « caca ». Le maître choisit le moment opportun pour leur faire acquérir le vocabulaire scientifique correspondant: urine et selles en prenant toutes les précautions dans le but d'éviter les situations que des enfants pourraient ressentir comme humiliantes. L'enseignant récolte les dessins, les classe en plusieurs catégories, reforme des groupes d'enfants partageant les mêmes points de vue et leur demande de faire une affiche par grand type de représentation.

Recueil des questions d'élèves et élaboration d'hypothèses

Un rapporteur est désigné dans chaque groupe pour venir expliquer à l'ensemble de la classe ce qu'il pense du devenir des aliments. Une discussion collective s'engage dans laquelle chaque groupe peut librement défendre son point de vue à tour de rôle. On ne cherche pas à trouver tout de suite la bonne réponse, mais on cherche ce qui pourrait exister.

L'enseignant note sur le tableau ou sur une affiche les questions posées par les enfants pendant la phase d'échange et de confrontation des représentations. Celle-ci est facilitée par une présentation, par rétro ou vidéo projecteur, des quelques productions typiques de la classe, scannées ou photocopiées sur transparent.

Voici quelques exemples types de représentations obtenues (Voir d'autres exemples en annexe sur le cédérom.)

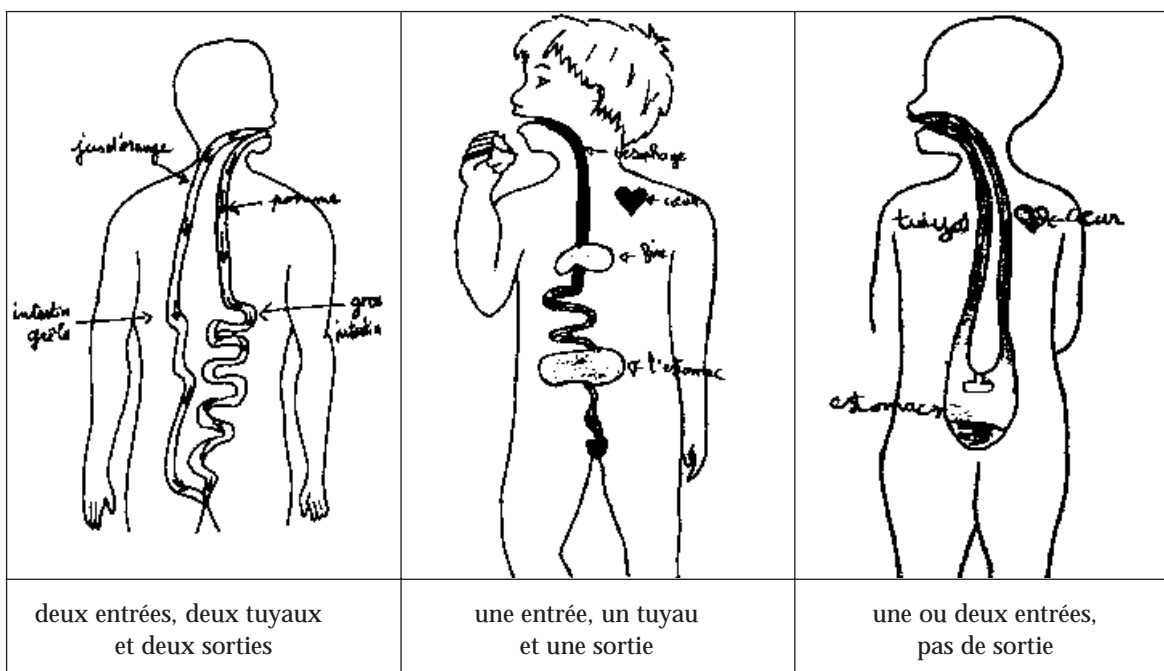


Figure 4

Les élèves ne sont pas d'accord entre eux ou semblent bloquer sur :

Trajet	Transformations	Devenir
Une ou deux entrées? Une ou deux sorties? Un ou deux tuyaux?...	Par l'estomac? Comment se passe la digestion? Qu'est-ce que digérer? Qu'est-ce qu'une mauvaise digestion? Qu'est-ce que le vomi?	Des bons et des mauvais aliments? L'eau donne-t-elle l'urine? Comment les bons aliments sont-ils utilisés? Le cerveau se nourrit-t-il? À quoi sert le sang?

La séance de confrontation des représentations permet à chacun de remettre en cause ses propres idées, et d'être motivé pour rechercher des preuves et une argumentation solide afin de répondre aux questions retenues par la classe.

Les obstacles recensés lors de cette confrontation pourraient conduire la classe à entreprendre de multiples activités, proposées par les élèves ou suscitées par l'enseignant. Un choix est nécessaire afin de ne pas engager une démarche trop complexe ou trop longue. Une partie des phénomènes en jeu peut être mise en évidence expérimentalement ou par des manipulations de maquettes, le reste sera mis en place lors d'une phase de recherche documentaire. (D'autres pistes sont proposées sur le cédérom.)

Une hypothèse retenue par la classe à la fin de cette séance peut être la suivante : « On suppose que les liquides vont dans une poche à liquides et donnent l'urine, tandis que les aliments solides prennent un autre chemin et donnent les selles. » Elle sera testée au cours de la séance suivante.

Séance 2. Que ressent-on quand on mange ?

L'investigation sur son propre corps

L'enseignant distribue du pain et de l'eau aux élèves, avec un miroir par groupe d'élèves. Il s'agit de rechercher des indices sensoriels, notamment pour savoir s'il y a un ou deux tuyaux, un pour les liquides et un pour les solides. Quel est le ressenti de chacun lorsque l'on mange ?

Lors de la préparation collective de la séance, l'enseignant demande si certains ont déjà avalé de travers et comment ils expliquent ce phénomène.

L'observation du fond de la gorge et une palpation tactile au niveau du cou lors de la déglutition ne permettent pas de répondre à la question mais semblent indiquer que l'entrée des aliments liquides et celle des solides est la même. On peut avaler de travers des aliments solides ou des aliments liquides. Une fois mastiqués, même les aliments solides deviennent une sorte de bouillie, ni vraiment liquide, ni vraiment solide. Il est donc peu probable que l'hypothèse d'un trajet distinct entre liquides et solides soit validée. (Voir d'autres remarques d'élèves en annexe sur le cédérom.)

L'investigation par l'imagerie scientifique (radiographies)¹

Cette phase peut être éventuellement remplacée ou complétée par l'observation de radiographies de l'appareil digestif fournies par un médecin ou un parent d'élève.

La vidéo *Le trajet des aliments* du classeur *Le corps humain*, Delagrave/CNDP (en annexe sur le cédérom), est projetée collectivement (1 min 30) avec un commentaire préalable et une question destinée à orienter les observations :

« Voilà un film tourné à l'hôpital. On a fait boire au patient une bouillie épaisse qui arrête les rayons X, rayons puissants de lumière invisible pouvant traverser le corps. La radiographie, c'est le procédé qui envoie sur le patient de tels rayons et qui permet d'observer à l'intérieur du corps. »

« On suppose que la bouillie épaisse suit le même trajet que les aliments. Quel est ce trajet ? »

1. Phase optionnelle.

Afin de répondre à cette question, les enfants effectuent autant d'arrêts sur image qu'ils le jugent nécessaire et tentent de rédiger un texte et un schéma dans la partie personnelle de leur carnet d'expériences.

Il existe différentes façons d'organiser le débat. Si on dispose d'un projecteur, on peut faire dessiner au feutre par un élève le contour de la bouillie épaisse et son trajet sur un grand papier blanc affiché sur l'écran ou sur le mur. Si on dispose seulement d'un téléviseur ou de postes informatiques, le même travail peut être effectué par les différents groupes d'élèves à partir d'un calque posé sur l'écran. Des comparaisons entre groupes seront effectuées. L'observation objective nécessite un travail de remise en cause des points de vue personnels et des retours fréquents sur le document pour infirmer ou confirmer les faits relatés par chacun dans son carnet d'expériences.

L'échange oral permet de pointer plusieurs indices concordants qui pourront être confirmés après une deuxième observation du film. À l'issue d'un débat, les enfants ont noté dans la partie collective du carnet d'expériences :

1. la bouillie épaisse entre dans la gorge ; elle semble hésiter entre deux trajets, mais elle se dirige vers le tube situé à l'arrière du cou ;
2. elle descend dans ce tube ;
3. elle rejoint une poche ;
4. elle passe dans un tube dentelé, en mouvement constant.

L'hypothèse selon laquelle les liquides et les solides emprunteraient deux trajets différents n'est pas validée. Il existe bien deux tubes, mais un seul sert à conduire les aliments, qu'ils soient liquides ou solides. Une recherche documentaire (par exemple dans un dictionnaire illustré) révèle que ce tube dans lequel passent tous les aliments s'appelle *l'œsophage*. La poche se nomme *l'estomac* et le tube dentelé se nomme *l'intestin*.

Le second tube situé à l'avant du cou s'appelle *la trachée*. Il conduit l'air aux poumons (si les élèves posent la question de savoir comment la nourriture est guidée vers le tuyau *œsophage* plutôt que vers le tuyau *trachée* ou bien de savoir ce qui se passe quand on avale de travers). Une activité de modélisation facultative, proposée dans la première partie de la séance 3, apporte des éléments de réponse.

Séance 3. Que se passe-t-il quand on avale ?

Réalisation d'une maquette²

Une maquette est construite pour modéliser le fonctionnement des soupapes naturelles que sont le *voile du palais* et l'*épiglotte* du *pharynx*, afin de mieux comprendre le carrefour des voies respiratoires et alimentaires. Pour cela, l'enseignant demande aux élèves de repérer les parties de la gorge qui bougent lors de la déglutition (c'est l'épiglotte qui se place en position de fermeture sur l'orifice de la trachée artère, située en avant de l'œsophage) et lors d'une inspiration nasale bloquée brusquement (c'est le *voile du palais* qui se place de manière à isoler la cavité nasale de la bouche.) La coupe de la gorge, proposée dans ce document (ou à partir de la banque d'images), est complétée par les élèves avec des éléments mobiles et des attaches parisiennes, selon leurs hypothèses. Toutes les solutions qui sont en désaccord avec les observations directes ou avec les images du film sont écartées progressivement. (Voir figure 4.)

Suite du trajet des aliments

Les étapes suivantes seront enrichies par quelques radiographies supplémentaires distribuées sous forme de photocopies et pouvant être décalquées (disponibles sur le cédérom). Il s'agit de rechercher, à partir de ces images brutes, des éléments de réponse à la question de « tuyauterie ». Le film permet de mieux se représenter le tube digestif en fonctionnement dynamique, ainsi que les contractions de l'intestin notamment. Des arrêts sur image du film ou des images fixes de radiographies sont plus faciles à schématiser et à interpréter. Des élèves pourront découvrir ainsi le contour dentelé de l'intestin grêle en quelques endroits particuliers et généraliser pour l'ensemble de l'intestin cette augmentation de la surface d'échange occasionnée par les replis nombreux.

2. Phase optionnelle pouvant servir dans une étape d'évaluation intermédiaire, au début de la séance 4.

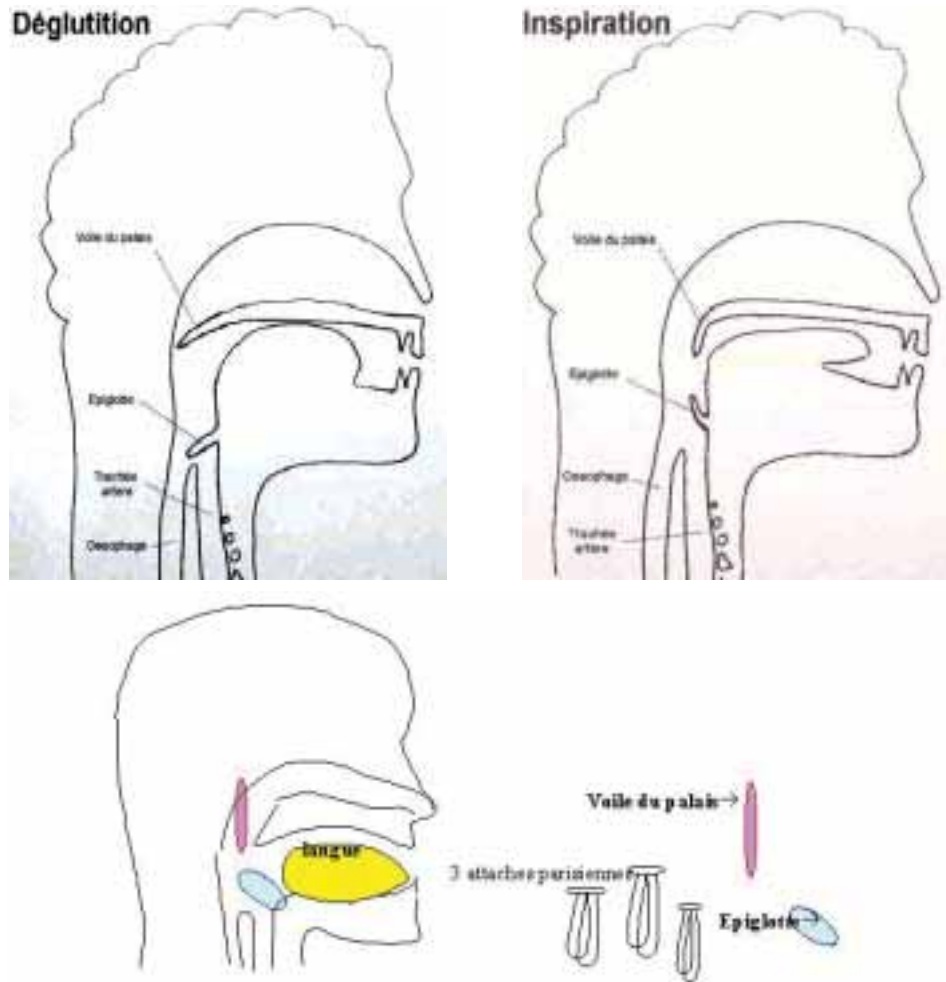


Figure 5. Éléments mobiles de la maquette pouvant être élaborés :
langue, épiglotte et voile du palais.

Comment les aliments avancent-ils de la bouche jusqu'au bout de l'intestin ?

Si cette question est sélectionnée, les propositions d'explications par les élèves sont variées : le plus souvent ils pensent que les aliments tombent par gravité. L'étonnement et la remise en cause de cette hypothèse surviennent lorsque l'on constate que le tube digestif est enroulé et replié plusieurs fois sur lui-même, et que la nuit, en position couchée, la digestion se passe bien. Le visionnement du film radiographique *Le Trajet des aliments* montre qu'il existe des mouvements, et que l'on peut les entendre (*borborygmes*) en posant l'oreille sur le ventre de l'élève voisin.

Les hypothèses nouvelles qui sont évoquées peuvent être testées avec un dispositif décrit sur www.inrp.fr/lamap/activites/insights/corps_humain/
www.inrp.fr/lamap/activites/insights/corps_humain/sequences/accueil.html

Le problème posé est : avec un manchon obtenu dans un bas de nylon et avec des balles de ping-pong, comment faire passer les balles d'un bout à l'autre du manchon ?

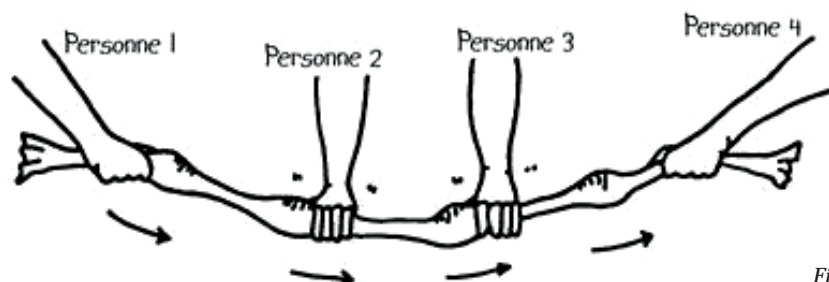


Figure 6

Les élèves, en manipulant, vont simuler le principe du péristaltisme, c'est-à-dire des contractions progressant en ondes le long de l'intestin.

Modélisation du tube digestif

D'autres informations pourront être déduites des images radiographiques :

- évaluation de la taille de l'estomac, par comparaison avec des récipients connus ;
- évaluation de la longueur de l'intestin, par le calcul d'échelle sur une image fixe (activité de mathématiques).

Une maquette du tube digestif est alors construite en utilisant un tuyau d'arrosage usagé ou une corde de 10 m environ, des poches en plastique, des schémas, des étiquettes indiquant les différents organes du tube digestif. Cette maquette permet de mieux se représenter la taille du tube digestif déroulé. Elle aide à comprendre comment une grande surface d'échange favorise le passage des nutriments dans le sang (séances suivantes). Elle a ses limites : diamètre de la corde constant, pas de replis, manque de relation avec le système sanguin... et il serait souhaitable, quand cela est possible, et avec les précautions nécessaires (voir séance 4, « Observations sur un animal disséqué ») de faire une dissection d'un lapin ou d'un poulet entier pour se représenter la taille, la forme réelles et les relations du tube digestif avec les autres organes.

Schématisation du tube digestif

La distribution de schémas incomplets à reconstruire et à légender permet à la classe de clore cette partie, en retenant l'essentiel.

L'appareil digestif ainsi reconstruit peut être replacé sur un schéma plus général dans lequel l'appareil respiratoire et l'appareil circulatoire vont progressivement prendre place.

Séance 4. Comment fonctionne l'appareil digestif ?

Observations sur son propre corps

On peut comparer la quantité d'aliments entrant à la quantité de déchets sortant. Des estimations d'ordre de grandeur peuvent être faites en utilisant les mesures approchées.

Une orange : 100 g	Un verre d'eau : 100 g	Une assiette de pâtes : 200 g
Une cuillère à soupe de sucre ou un morceau de sucre : 5 g	Selles quotidiennes : 200 g	Urines quotidiennes : 1 kg environ pour un enfant, mais plus du double pour un adulte

Ce type de comparaison montre qu'une bonne partie des aliments n'est pas rejetée par les selles et l'urine. Les hypothèses sur le rôle des aliments, recueillies lors de la première séance, sont alors rappelées. Elles répondent en partie à la question ; une partie des aliments sert à réparer, à remplacer les cheveux et peaux mortes (pellicules...) que notre corps produit continuellement et à assurer la croissance de l'enfant, une autre partie est consommée lors de la production d'énergie par respiration. Il reste à savoir où et comment les aliments passent dans le corps pour jouer leur rôle nutritif.

N.B. - Le rôle diététique des aliments et la notion d'équilibre alimentaire ne sont pas abordés dans cette séquence. Très importante pour l'éducation à la santé des élèves, cette partie du programme a été traitée avant cette séquence ou le sera après.

- Recherche à la maison :

Quels sont les remèdes employés aux différents problèmes digestifs rencontrés ?

- tous les dérivés du bicarbonate de soude contre une digestion difficile ;
- les médicaments contre la diarrhée ou contre le vomissement ;
- les médicaments ou les aliments enrichis en fibres contre la constipation.

Ces informations recueillies à la maison font prendre conscience de l'importance sociale de la digestion. On peut recueillir également les expressions se rapportant à la nutrition (« Bon appétit ! »).

Observations sur un animal disséqué ou sur des photos de dissections³

Mieux qu'un film ou qu'un ensemble de documents iconographiques, une dissection d'un lapin ou d'un poulet entier permet de tester les hypothèses des élèves.

N.B. – Attention! Les dissections d'animaux vertébrés ne sont autorisées que dans des conditions strictes, excluant notamment tout mammifère sauvage et toute manipulation par les élèves (NS. 85-179 du 30 avril 1985 – *BO* n° 20 du 16 mai 1985).

La méthode préconisée pour disséquer un animal est bien décrite dans *Le Corps humain*, Raymond Tavernier, Bordas, 1972⁴. Le matériel nécessaire comprend un plateau en liège ou en bois, des gants latex, de bons ciseaux, un scalpel ou cutter, des épingles, des baguettes fines (comme des baguettes chinoises par exemple) pouvant servir de canules, pour vérifier le trajet des « tuyaux ». Menée délicatement par l'enseignant, elle peut être appliquée devant une demi-classe disposée en arc de cercle, pendant que l'autre demi-classe mène un travail de recherche sur document. Les élèves demandent au maître de vérifier leurs hypothèses : par exemple pour constater la continuité ou non entre l'estomac et l'intestin, à l'aide de la canule.

L'enseignant incise l'abdomen comme l'indique la figure (7), du pubis jusqu'au thorax. Ceci permet d'ouvrir l'abdomen en deux volets et d'épingler chacun sur une planche (8). En progressant le long de l'intestin, on voit le *bol alimentaire* se modifier.

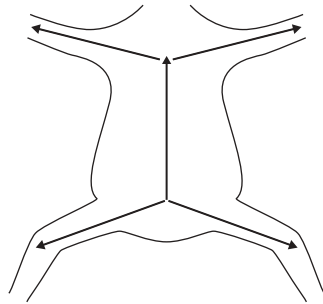


Figure 7

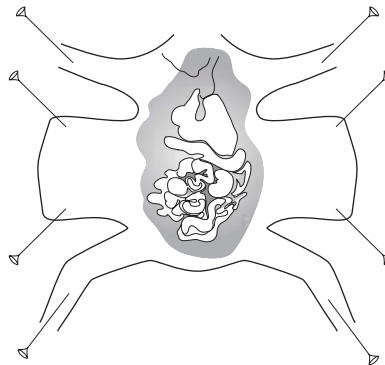


Figure 8

Les aliments récemment ingérés sont repérés dans l'œsophage, l'estomac (le *jabot* puis le *gésier* chez une poule). On les suit après tout au long de l'intestin grêle, du *cæcum* et du gros intestin que l'on peut déployer. À la différence du tube digestif des mammifères, celui du poulet contient un gésier très volumineux et très musculéux renfermant souvent des petits cailloux, permettant un broyage des graines.

Celui du lapin contient un intestin volumineux dans lequel la digestion de l'herbe est facilitée, notamment au niveau du *cæcum* (à l'entrée du gros intestin). La transformation du bol alimentaire de l'entrée à la sortie du tube digestif peut être constatée. La riche vascularisation des parois du tube digestif peut également être observée.

Bilan d'étape

Le groupe classe est interrogé, les mots-clés notés au tableau et un début d'essai de synthèse est tenté. Il n'y a pas de bon ou de mauvais aliment. Certains aliments résistent à la digestion et ne sont pas broyés (les fibres végétales par exemple). D'autres n'y résistent pas et sont réduits en très petits morceaux. Une expérience de simulation utilisant un filtre à café montre que l'eau peut entraîner avec elle de fines particules, les plus grosses restant bloquées dans le filtre. Un morceau de sucre, même réduit en poudre ne passera pas à travers le filtre. Par contre, de l'eau peut dissoudre ce sucre et lui permettre de passer entièrement. Les aliments subissent des transformations mécaniques, mais aussi des transformations chimiques, qui seront étudiées au collège. Un questionnaire sur l'origine du goût sucré d'une bouchée de pain longuement mastiquée ou de l'odeur du vomé peut conduire à introduire cette notion, sans toutefois l'approfondir.

3. Facultatif.

4. À consulter en bibliothèque.

Séance 5. Que deviennent les aliments dans le corps ?

Plusieurs problèmes restent à résoudre : où se fait le passage des aliments dans le corps ? Comment les aliments ingérés vont-ils être utilisés dans et par tout le corps ?

Recherche documentaire

Pour répondre à ces questions, les démarches précédemment utilisées (observations sur le vivant et sur images scientifiques, expérimentation, construction de maquettes) ne sont pas suffisantes. Une recherche des savoirs établis sur le sujet est maintenant nécessaire. Elle servira à élaborer une synthèse plus aboutie et à confronter les résultats collectés par la classe à ceux établis par les scientifiques (qui reposent sur des cas médicaux et des techniques d'investigation inaccessibles aux élèves).

Par binômes, les recherches sont entreprises en bibliothèque (par demi-classe) et sur Internet (autre demi-classe).

Consignes données :

Trouvez des textes simples (dix lignes maximum), des images scientifiques ainsi que des schémas qui permettent de répondre en partie ou totalement aux deux questions : comment se fait le passage des aliments dans le corps ? comment les aliments digérés vont-ils être utilisés dans tout le corps ?

Fiche : Recherche sur Internet

1. Je choisis le moteur de recherche : www
2. Les mots-clés que j'ai choisis :
(ou avec le maître : digestion, nutriments, absorption intestinale, nutrition...)
3. Parmi les sites proposés, je choisis le 1er site dont le résumé semble le plus simple et le plus approprié :
4. Dans le site qui me paraît le plus intéressant, je trouve l'information dans :
5. Texte retenu : (phrase la plus intéressante pour notre enquête)
.....
.....
.....
6. Image scientifique trouvée : (description et adresse)
7. Schéma retenu : (description et adresse)

Fiche : Recherche en BCD

1. J'utilise le rayonnage appelé :
 2. L'ouvrage choisi porte un titre me semblant répondre à ma recherche :
 3. Dans la table des matières choisit le chapitre :
 4. Le texte sélectionné comporte :
 5. Texte retenu :
.....
.....
.....
- Image scientifique trouvée (description et page) :
- Schéma retenu (description et page) :

NB. – les fiches « Recherches sur Internet » et « Recherches en BCD » sont sur le cédérom.

Synthèse collective, à partir des recherches documentaires

Les binômes restituent à la classe ce qu'ils ont trouvé : le maître a collecté au préalable les feuilles des « récoltes » documentaires et a préparé quelques textes et images, schémas extraits de cette récolte. Il répartit sur quatre groupes de six à huit élèves les quatre thèmes suivants :

- groupe 1 : devenir des aliments dans l'appareil digestif ;
- groupe 2 : rôle du sang ;
- groupe 3 : devenir des aliments dans le corps ;
- groupe 4 : schéma général de la nutrition (digestion, circulation, excrétion).

Cette restitution est l'occasion pour chaque élève de noter sur son carnet d'expériences ce qu'il a retenu ainsi que la mise au point collective. Le maître a préparé une photocopie du schéma complet de l'appareil circulatoire et de l'appareil digestif. Il utilise des calques afin de superposer ces deux appareils pour en faire ressortir les liens. Voici quelques exemples de phrases pouvant être notées dans la partie collective du carnet d'expériences :

« Les aliments que nous mangeons sont transformés et découpés finement. Il n'y a pas de tri entre aliments solides et liquides. Les aliments de petite taille passent ensuite à travers l'intestin grêle dans le sang qui les transporte à tous nos organes, où ils donnent de l'énergie (sucres, graisses), servent d'éléments de construction (calcium, protéines) ou encore de fonctionnement (eau, vitamines). »

« Les aliments insuffisamment découpés (non digérés) passent dans le gros intestin puis sont rejetés par l'anus sous forme de selles. »

« Les déchets qui sont rejetés dans le sang par tous nos organes sont filtrés par les reins et se retrouvent dans l'urine. »

La *digestion* désigne la transformation des aliments en matériaux de petite taille. L'*absorption* désigne le passage à travers la paroi intestinale. Puis *le transport par le sang* et *l'apport aux organes* (permettant la libération d'énergie, la croissance et le renouvellement des tissus) suivent ces deux phases.

Le rôle de la respiration dans la nutrition sera étudié après un travail sur la ventilation pulmonaire et sur la respiration. Il est fondamental de relier respiration et alimentation car la finalité de la respiration est de fournir du dioxygène à toutes les cellules de toutes les parties du corps. Ce dioxygène permet l'oxydation des aliments apportés par la voie sanguine, réaction chimique qui libère de l'énergie. De plus, la respiration évacue de l'organisme du dioxyde de carbone produit par l'oxydation des aliments. Ces deux phrases, en italique, correspondent à un niveau de formulation qui n'est accessible qu'au collège. Au cycle 3, on se contentera de constater l'existence de liens entre ces deux fonctions : un exercice sportif nécessite conjointement une nourriture appropriée et une bonne ventilation pulmonaire (sous peine de crampes, dues à une mauvaise oxydation des nutriments et à la production d'acide lactique dans les muscles).

Séance 6. Évaluation

À partir d'une silhouette d'enfant, il est demandé à nouveau de dessiner le trajet des aliments dans le corps.

Les manipulations pratiques proposées dans la séance 3 peuvent être demandées.

Des questions plus ouvertes permettent de déceler si l'élève sait réinvestir les connaissances acquises au cours de cette séquence.

Explique pourquoi quand tu manges du lapin ou une carotte, tu ne deviens pas en partie lapin ou carotte. Les aliments subissent des transformations, ils entrent dans notre corps et servent de matériaux pour fabriquer notre corps (grandir, grossir) et fournir de l'énergie (les besoins augmentent quand nous bougeons).

Sur ton carnet de santé, observe ta courbe de croissance de bébé et décris-là. Qu'est-ce qui t'a permis de grandir et de grossir ? Le bébé grandit et grossit grâce aux aliments. Le lait contient tous les matériaux nécessaires. Il y a aussi des pertes. Seulement une partie de ce que le bébé a mangé entre dans son corps par le sang. L'alimentation permet de grandir et fournit de l'énergie.

Les évaluations proposées à titre d'exemple permettent d'appréhender l'évolution des représentations des enfants entre le début et la fin de la séquence. Des exemples de formulations acceptables pour le cycle 3 sont donnés sur le site « Une salle des sciences en Ariège » www.ac-toulouse.fr/ariège-education/sciences09/programmation_biologie.PDF, avec des formulations accessibles aux cycles 1 et 2, à titre de comparaison.

Conditions de la mise en œuvre de la séquence

Matériel et documents

- Des radiographies du tube digestif, par exemple dans *Le corps humain*, Tavernier, Bordas.
- Un film, par exemple *Le trajet des aliments* dans *Le corps humain*, Delagrave/CNDP.
- Matériel pour réaliser des maquettes du tube digestif : tuyaux souples, poches plastiques, corde (10 m), carton, ciseaux, attaches parisiennes...
- Images d'endoscopie du tube digestif (par exemple le cédérom *Les mystères du corps humain*, Hachette).

Précautions

Ce sujet concerne le corps de l'enfant, son intimité et aussi son intégrité. Il est donc essentiel de respecter la sensibilité de chacun.

Si la dissection d'un lapin ou d'un poulet est envisagée, certains élèves peuvent éprouver un malaise à la vue du sang (consulter la note de service n° 85-179 du 30 avril 1985, *BO* n° 20 du 16 mai 1985 concernant la protection de l'animal et les possibilités de dissections en classe). Des paroles explicatives apaisent souvent ces problèmes. Passé ce moment délicat, l'investissement des élèves est souvent bien plus grand.

Durée

Six à huit séances de 45 minutes environ avec des classes de CM1 ou CM2. Selon les objectifs recherchés, on s'attarde davantage sur une production écrite, graphique ou technologique (maquette, expositions). L'appropriation de tous les points du programme ne nécessite pas une durée de même importance. Dans cet exemple, il a été volontairement choisi de pratiquer une gamme étendue de types différents d'activités pour montrer la variété des modes d'investigation à faire pratiquer aux élèves tout au long de l'année. L'enseignant choisit de privilégier ce qui convient le mieux aux objectifs qu'il s'est fixé avec sa classe.

Fiches connaissances conseillées

Voir les fiches n° 12, « Nutrition animale et humaine : digestion et excrétion », et n° 15, « Éducation à la santé ».

Conclusion

Quelques dérives sont à éviter. Un travail trop centré sur la *mastication* (destruction mécanique des aliments) et le rôle de la *salive* (destruction chimique des aliments) risque de donner aux élèves l'idée erronée que toute la digestion se passe dans la bouche. Il convient d'insister sur le fait que ceci ne concerne que les sucres. La mastication n'est qu'une étape préliminaire de la destruction mécanique. L'essentiel de la destruction mécanique s'effectue dans l'estomac, sinon on devrait passer des heures à mastiquer (le vomir, qui correspond à l'état physique des aliments dans la poche de l'estomac comporte parfois de gros morceaux). La digestion est grandement facilitée par l'*hydrolyse* acide des aliments (l'estomac secrète de l'acide chlorhydrique). Cette notion peut être introduite en montrant que l'estomac est un muscle broyeur puissant, alors que ce n'est pas le cas de l'intestin et qu'en versant de l'acide sur des aliments, ils se délitent assez rapidement. L'essentiel de la destruction chimique des aliments se fait dans l'intestin grêle grâce aux enzymes digestives. Pour l'essentiel, l'estomac est une poche fermée par une vanne (*sphincter* du *pylore*) qui malaxe et réduit les aliments littéralement à l'état de bouillie. Ce n'est que lorsque les aliments sont réduits à ce stade physique (suspension) que la vanne s'ouvre périodiquement pour laisser passer la bouillie dans l'intestin. La durée de l'étape gastrique est longue (plusieurs heures).

L'eau n'est pas un aliment comme les autres. Elle est le solvant indispensable à la vie des cellules, c'est-à-dire de nos organes (muscles, cerveau, tube digestif, vaisseaux sanguins...). Il y a un petit « lac intérieur » dans notre corps (qui est l'espace extracellulaire) dans lequel baignent toutes nos cellules. L'eau représente environ 60 % du poids de notre corps. L'eau bue passe dans le sang puis dans le « lac intérieur » et l'excédent, quand on boit beaucoup, est déversé dans les urines (baignoire qui déborde !). On peut avoir soif sans avoir faim, par exemple quand on a beaucoup transpiré (le niveau de la baignoire est insuffisant !). Cela est fondamental car l'eau est le solvant des sels et quand on manque d'eau,

l'augmentation de la concentration des sels provoque la soif. Les *urines* contiennent une partie des déchets de l'activité des cellules de l'organisme (par exemple l'*urée*) dont l'eau est le solvant. Les *urines* sont le résultat de la filtration du sang qui permet l'évacuation de ces déchets (l'autre partie, c'est le dioxyde de carbone évacué par les poumons). Les processus d'évacuation des selles d'une part, de l'urine d'autre part, ne sont pas de même nature. Les *selles* contiennent les déchets des aliments qui sont restés dans « le milieu extérieur » de l'organisme (en effet la cavité du tube digestif ; par la bouche et l'anus, est en relation directe avec l'extérieur). En revanche, l'urine contient des déchets qui viennent de l'activité des organes, donc de l'intérieur du corps, du « milieu intérieur ». Ils sont rejetés dans le sang puis filtrés et excrétés par les reins.

Sélection indicative de sites

Site Internet consultables et utiles à l'enseignant pour préparer son cours

- *La main à la pâte* : www.inrp.fr/lamap/activités/corps-humain/accueil.html
- L'école des sciences de Bergerac : www.perigord.tm.fr/ecole-sciences/PAGES/Accueil.htm
notamment : www.perigord.tm.fr/ecole-sciences/PAGES/CORPSHUM/CorpsHum.htm
- Une salle de sciences en Ariège, avec sous la rubrique ressources, un exemple de programmation d'activités en biologie sur les trois cycles : www.ac-toulouse.fr/ariege-education/sciences09/programmation_biologie.PDF

Sites utiles aux élèves dans leur phase de recherche documentaire

- Expériences sur la digestion (Petits débrouillards/Palais de la découverte) : www.palais-decouverte.fr/feteint/juniors/html/exp.htm
- Une encyclopédie junior avec un article et un dossier de l'école de Saint-Vallier sur la digestion : www.momes.net/dictionnaire/index.html
- Des informations complémentaires sur l'appareil digestif, dans « dossiers de sciences, corps humain » : www.chez.com/haplosciences/index2.html
- Une banque nationale d'images : www.bsip.com/homeF/
- Des coupes réelles d'un corps humain (intéressantes, mais difficiles à interpréter) : www.meddean.luc.edu/lumen/MedEd/GrossAnatomy/cross_section/index.html

Sources

Cette progression a été testée avec plusieurs classes de CM d'Île-de-France en 2000 et 2001.



Quelle heure est-il à Paris,

Pékin ou Sydney ? –

Étude des fuseaux horaires

Cette séquence permet d'aborder l'étude de la rotation de la Terre sur elle-même et, de manière simplifiée, quelques-unes de ses conséquences : l'alternance des jours et des nuits et les fuseaux horaires. Les villes étrangères de Pékin et de Sydney ont été choisies dans les exemples développés, non seulement parce que l'organisation des Jeux olympiques (passés ou futurs) les a rendues célèbres, mais parce que leur position sur Terre présente des avantages pédagogiques qui apparaîtront plus loin :

– Sydney est dans l'hémisphère Sud et son méridien est, approximativement, opposé à celui de Paris, de sorte qu'il est possible de dire que « lorsqu'il fait jour à Paris, il fait nuit à Sydney » ;

– notre méridien et celui de Pékin font, grossièrement, un angle voisin de l'angle droit, permettant de dire par exemple que « lorsqu'il est midi à Paris, la nuit tombe à Pékin ». Les connaissances que les élèves auront à construire dans cette séquence ne seront pas plus élaborées.

La place dans les programmes

Extraits programme	Extraits du document d'application	
Le ciel et la Terre	Compétences spécifiques	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> - La rotation de la Terre et ses conséquences. 	<p>À partir d'une modélisation matérielle élémentaire du système Terre-Soleil (une boule et une source de lumière), être capable d'examiner différentes hypothèses destinées à expliquer l'alternance des jours et des nuits et conclure qu'aucune observation familière ne permet de les départager entièrement. Savoir que la Terre tourne sur elle-même d'un tour en vingt-quatre heures. Être capable de retrouver le sens de rotation de la Terre sur elle-même à partir de l'observation du mouvement apparent du Soleil.</p> <p>À partir d'une maquette ou d'un schéma, être capable d'estimer approximativement l'heure d'un lieu et comprendre ainsi le principe des fuseaux horaires.</p>	<p>Travail à mener en liaison avec l'histoire et particulièrement l'histoire des idées sur le système solaire (géocentrisme, héliocentrisme).</p> <p>C'est le raisonnement à mener qui est important et non la mémorisation du sens.</p> <p>Une représentation simplifiée de la Terre rendant compte de quatre périodes (matin, après-midi, début de nuit, fin de nuit) est suffisante. Le détail des fuseaux horaires et la ligne de changement de date ne sont pas au programme. C'est l'occasion de distinguer l'instant (identique sur toute la Terre) et l'heure (dépendant du lieu).</p>

Cette séquence peut également trouver un écho dans une partie du programme de géographie (« Comparaison des représentations globales de la Terre » dans la partie « Regard sur le monde : des espaces organisés par les sociétés humaines ») et permettre d'acquérir certaines des compétences visées par cet enseignement :

- être capable d'effectuer une recherche dans un atlas imprimé et dans un atlas numérique ;
 - avoir compris et retenu le vocabulaire géographique de base (être capable de l'utiliser dans un contexte approprié).
- La dimension internationale de l'apprentissage d'une langue étrangère, partie intégrante du programme de cet enseignement, peut également trouver sa place dans cette séquence qui se prête à des échanges par Internet avec des écoles étrangères et à la formulation de quelques phrases simples. En anglais: *It is twelve o'clock in Paris, what time is it in Sydney?...* En chinois:

法国时间是十二点, 现在是中国时间几点?

Par ailleurs, ces premières connaissances en astronomie marquent le début d'un apprentissage qui sera poursuivi dans la scolarité ultérieure. À l'école primaire, d'autres observations sont complémentaires: le mouvement apparent du Soleil par rapport à l'horizon et son évolution au fil de l'année; les heures de lever et de coucher du Soleil et leur évolution au fil de l'année. Ces observations donneront lieu à une première modélisation, à un premier niveau d'explication qui seront prolongées au collège et au lycée.

- À l'école primaire : l'heure entretient des relations (non explicitées) avec le mouvement apparent du Soleil; elle n'est pas identique partout sur Terre. Ombre propre: la Terre présente une partie éclairée par le Soleil et une partie à l'ombre. La rotation de la Terre sur elle-même et ses conséquences: principe de fuseaux horaires. La révolution de la Terre et des planètes autour du Soleil, considérée comme circulaire.
- Au collège: la révolution de la Terre autour du Soleil. L'explication des saisons. Notions de force, poids et masse.
- Au lycée: gravitation universelle. Seconde loi de Newton. Lois de Kepler. Modélisation du mouvement uniforme d'un satellite ou d'une planète.

Connaissances et savoir-faire à acquérir à l'issue de la séquence

- Comprendre que la rotation de la Terre sur elle-même face au Soleil a pour conséquence que l'heure n'est pas identique partout sur Terre.
- Être capable de retrouver le sens de rotation de la Terre sur elle-même connaissant le mouvement journalier du Soleil relativement à l'horizon (en cours d'acquisition).

- Être capable de positionner des villes sur une boule représentant un globe terrestre, à partir de leur position sur un planisphère.
- Connaître le lexique suivant : hémisphère, équateur, méridien, pôles.
- Être capable d'utiliser une carte des fuseaux horaires graduée d'heure en heure.
- Être capable d'utiliser une maquette pour y indiquer le moment de la journée dans différents pays.

Un déroulement possible de la séquence

La démarche prend appui sur la question inductrice suivante : « Comment se fait-il qu'au même moment, l'heure ne soit pas identique en deux villes éloignées de la Terre ? » La question est complexe. Sa résolution oblige en effet à mobiliser et à coordonner plusieurs connaissances :

- le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même et ses conséquences sur l'alternance des jours et des nuits ;
- l'heure d'un lieu, déterminée par la position du méridien de ce lieu par rapport au Soleil ;
- des éléments de repérage sur le globe terrestre (méridien, équateur, pôles, hémisphères).

Le parti pris est de ne pas considérer ces différentes connaissances comme des préalables devant être traités avant d'aborder les fuseaux horaires, mais au contraire de donner à la question initiale le rôle de « fil conducteur » qui impose d'acquérir au passage ces connaissances plus spécifiques. Il y a quand même des pré-requis :

- la question des fuseaux horaires, pour être traitée même de façon simplifiée, nécessite de connaître le caractère sphérique de la Terre¹ ;
- le fait que l'heure ne soit pas identique partout sur Terre doit être connu des élèves avant de les engager dans la recherche d'explications. C'est en général le cas d'autant qu'il suffit d'un premier niveau de connaissances très élémentaire (« quand il fait jour chez nous, il fait nuit de l'autre côté de la Terre »).

Séances	Question de départ	Activités conduites avec les élèves	Démarche scientifique	Conclusion de la séance, aboutissement
Séance préalable	Observation de la course du Soleil au cours d'une journée.	Observation.	Observation.	C'est aux environs de midi, heure de nos montres, que le Soleil culmine au sommet de sa trajectoire.
Séance 1	Comment connaître l'heure dans un pays lointain ?	Utilisation d'une carte des fuseaux horaires.	Objectivation et formulation du questionnement.	Les élèves savent utiliser la carte.
Séance 2	Quand il est midi à Paris, pourquoi fait-il nuit à Sydney ?	Recueil et confrontation des conceptions.	Premières hypothèses.	Les élèves maîtrisent mal le vocabulaire qui nécessite d'être précisé.
Séance 3	Élaborer un lexique (pôles, équateur, hémisphères, méridien, etc.)	Recherche documentaire.	Recherche documentaire.	Constitution d'un lexique. Tracé de l'équateur et d'un méridien sur une boule en polystyrène. Place de Paris et Sydney.
Séance 4	Quelle heure est-il à Sydney lorsqu'il est midi à Paris ?	Appropriation d'une maquette : spot + boule blanche.	Premières simulations.	Lorsqu'une de ces deux villes est au Soleil, l'autre est dans l'ombre.

1. Bien qu'il s'agisse là d'une connaissance difficile à maîtriser, elle est en général suffisamment stable au cycle 3 pour que la séquence puisse se dérouler.

Séances	Question de départ	Activités conduites avec les élèves	Démarche scientifique	Conclusion de la séance, aboutissement
Séances 5 et 6	Comment expliquer l'alternance des jours et des nuits ?	Apprentissage plus systématique de l'utilisation de la maquette. Confrontation des hypothèses à la maquette.	Hypothèses et premières manipulations.	La maquette ne permet pas de trancher entre plusieurs hypothèses. On sait toutefois que la Terre tourne sur elle-même devant le Soleil.
Séance 7	Quelle heure est-il à Pékin lorsqu'il est midi à Paris ?	Recherche en utilisant la maquette.	Émergence d'une question.	Pour le savoir, il faut connaître le sens de rotation de la Terre sur elle-même.
Séance 8	Dans quel sens s'effectue la rotation de la Terre sur elle-même ?	Manipulation : spot et boule blanche.	Raisonnement.	Le Soleil se déplace devant nous de la gauche vers la droite, donc la Terre, vue du pôle nord, tourne sur elle-même dans l'autre sens.
Séance 9	Retour sur la question de la séance 7 : quelle heure est-il à Pékin lorsqu'il est midi à Paris ?	Manipulation de la maquette.	Solution.	Connaissant le sens de rotation de la Terre sur elle-même, les élèves répondent à la question et en inventent d'autres.
Séance 10	Comment garder la trace de ce qui a été compris ?	Rendre compte par différentes traces en deux dimensions.	Schématisation.	Construction d'une maquette en deux dimensions, photographies et schémas à légender.

Le découpage proposé ci-dessus n'est qu'un exemple qui, bien entendu, est destiné à être aménagé par chaque enseignant en fonction de sa classe, de sa progression et de la programmation établie dans le cycle. La séance 3 ne trouve son intérêt que si les élèves se rendent compte qu'ils ne réussissent pas à exprimer correctement leur pensée faute d'un vocabulaire précis. Il n'est pas certain qu'elle doive avoir lieu à ce moment de la démarche. L'enseignant doit décider du moment opportun en se souvenant que les définitions ne deviennent nécessaires que lorsque le fond (le sens) est assuré. Il n'est pas obligatoire non plus d'organiser une séance entière de recherche documentaire. Une autre possibilité est d'encourager les élèves à vérifier le sens des mots qu'ils utilisent s'ils n'en sont pas sûrs ou si les confrontations font apparaître des désaccords. La séance 4 est facile et courte. Certains enseignants préfèrent intégrer son contenu à la séance 2 en indiquant aux élèves où placer Paris et Sydney sur leur boule.

La séquence peut être découpée en deux parties traitées l'une en CM1, l'autre en CM2. Nous suggérons alors le découpage suivant :

- en CM1, poser la problématique de l'heure dans différentes villes. Y répondre par un planisphère et par une maquette (spot, boule) en indiquant aux élèves le sens de rotation de la Terre sur elle-même qui est la difficulté principale de la séquence ;
- en CM2, après une séance de remise en mémoire, quelques séances seraient consacrées à réfléchir aux explications possibles de l'alternance des journées et des nuits et à la question du sens de rotation de la Terre sur elle-même en liaison avec le difficile problème du mouvement relatif.

Séance préalable. Observation de la course du Soleil au cours d'une journée

La mise en œuvre pédagogique de cette activité n'est pas détaillée ici. Rappelons cependant les compétences devant être acquises à la fin de cette séance préalable :

- non confusion entre l'heure et la durée ;
- description simplifiée du mouvement apparent du Soleil au cours d'une journée.

Séance 1. Comment connaître l'heure dans un pays lointain ?

Cette séance permet de partager les informations dont tout le monde dispose sur les décalages horaires (l'heure n'est pas la même en tous lieux sur Terre) et d'apprendre à utiliser une carte simplifiée des fuseaux horaires.

Collectivement : mise en scène

Il est souhaitable de pouvoir s'appuyer sur des faits précis et objectifs. L'enseignant présente donc le problème en s'appuyant si possible sur un événement médiatisé (passage vidéo...) et en adoptant une attitude énigmatique : « Comment est-ce possible ? C'est le soir à Paris et c'est midi dans tel pays !... Est-ce que cela est bien vrai ? Est-ce que cela vous étonne ? ». Les élèves s'expriment, font part de leurs connaissances voire de leurs expériences éventuelles. L'enseignant ne valide aucune proposition. Il se contente d'animer les échanges et d'en garder la mémoire.

Individuellement

Chaque élève dispose d'une carte des fuseaux horaires sur laquelle sont portées quelques grandes villes (annexe 1). Ils doivent répondre à des questions telles que les suivantes :

- « Il est midi à Paris, quelle heure est-il à Pékin ? » ;
- « Il est 8 heures à Paris, quelle heure est-il à New York ? » ;
- « Il est 14 heures à Moscou, quelle heure est-il à Dakar ? » ;
- « Il est 15 heures à Mexico, quelle heure est-il à Delhi ? » , etc.

Par petits groupes

Les élèves confrontent leurs réponses. En cas d'accord, ils inventent et se posent mutuellement de nouvelles questions. En cas de désaccord, ils sollicitent le maître qui propose si nécessaire d'utiliser la seconde bande mobile (voir annexe 1).

Collectivement

Le maître récapitule la manière d'utiliser la carte et, en conclusion, demande aux élèves de recueillir des témoignages sur les décalages horaires, auprès des adultes de leur entourage. En complément, et en veillant à ne pas alourdir la séance, d'autres remarques sont intéressantes à formuler :

- le découpage se fait en 24 fuseaux parce qu'il y a 24 heures dans un jour ;
- l'heure de la France métropolitaine a été prise comme référence. C'est commode parce que nous y vivons et parce que cela correspond à un rôle historique joué par les pays européens, mais c'est arbitraire. La même carte pourrait être graduée à partir d'une autre origine.

Séance 2. Quand il est midi à Paris, pourquoi fait-il nuit à Sydney ?

Les élèves cherchent à expliquer pourquoi l'heure n'est pas identique partout sur Terre. Dans leurs formulations ils utilisent un vocabulaire mal maîtrisé. Le but de la séance est de leur faire prendre conscience de la nécessité de préciser le sens des termes qu'ils utilisent.

Collectivement

L'enseignant fait le point sur les renseignements complémentaires que les élèves ont obtenus. Puis il propose le travail suivant : « Essayer d'expliquer pourquoi, lorsqu'il est midi à Paris, c'est la nuit à Sydney. » La question est dans un premier temps limitée à deux villes situées sur deux méridiens sensiblement opposés et à un instant particulier (on ne s'intéresse pour l'instant qu'au phénomène journée/nuit.)

Par petits groupes

Les élèves élaborent une affiche sur laquelle ils formulent, à l'aide de textes et de dessins, l'explication qu'ils imaginent.

De nombreux groupes formulent des explications « allant dans le bon sens ». Certaines peuvent être momentanément acceptées : « Le Soleil n'éclaire pas partout à la fois » ; « Le Soleil ne peut pas éclairer Paris et Sydney en même temps » ; « Paris est d'un côté de la Terre, Sydney est de l'autre côté... » En même temps, on s'aperçoit que les élèves font des confusions et emploient le plus souvent un vocabulaire mal maîtrisé : « Paris et Sydney ne sont pas dans le même hémisphère » ; « Paris est en haut, Sydney en bas » ; « Sydney, c'est sur l'équateur mais pas Paris », etc.

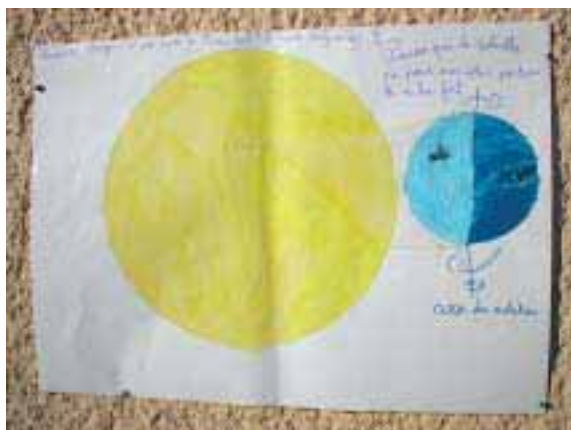


Figure 1

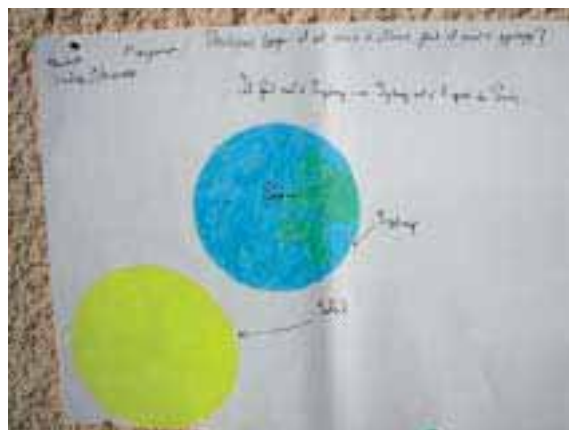


Figure 2

Collectivement

Les élèves exposent les explications qu'ils ont formulées.

L'enseignant recense les mots et les expressions que les élèves utilisent (voir ci-dessus) et en garde la trace en vue de la séance suivante. Il explique qu'avant d'aller plus loin, il s'agit d'abord de rechercher (ou de vérifier) le sens de ces termes sur des documents. Il sollicite les élèves pour apporter en classe ceux dont ils disposent.

Séance 3. Élaborer un lexique (pôles, équateur, hémisphères, etc.)

Conscients de la nécessité d'adopter un vocabulaire précis, les élèves mènent une recherche documentaire.

Par petits groupes

Les élèves constituent un petit lexique avec les mots suivants : pôles, équateur, hémisphère, méridien. Ils s'aident si nécessaire d'un dessin simplifié. Ils utilisent diverses ressources documentaires traditionnelles (dictionnaires, livres et revues de la BCD, encyclopédies, atlas, mappemonde, planisphère appartenant à la classe ou prêtées par les familles) et numériques, hors ligne et en ligne permettant des recherches par mots-clés.

– Cédérom :

le Robert Junior 1999 Havas Interactive ; diffusé par JERIKO ; produit reconnu d'intérêt pédagogique (RIP) par le ministère de l'Éducation nationale :

www.educnet.education.fr/res/bliste.htm

un guide complet se trouve sur le site du CNDP :
www.cndp.fr/tice/ressources/Le_Robert/present.htm

– Sites :

un site « .com » validé par le ministère :

www.espace-ecoles.com

À partir de la page d'accueil, cliquer sur « Recherche » ; une requête avec le mot-clé « méridien » donne accès à quatre pages intéressantes sur « La méridienne verte ».

Collectivement

Le maître valide les définitions trouvées, aide si nécessaire à leur compréhension, et revient sur les difficultés qu'il a éventuellement observées. Un glossaire est constitué (voir figure 3).

Individuellement

Les expressions recensées à la précédente séance sont rappelées aux élèves qui doivent les remplacer par les expressions correctes.

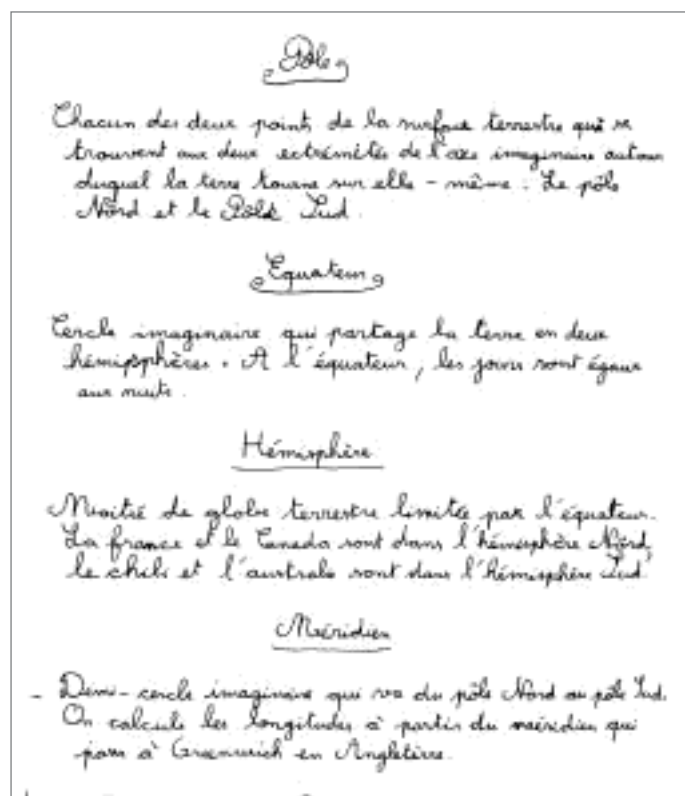


Figure 3

Séance 4. Quelle heure est-il à Sydney lorsqu'il est midi à Paris ?

Les élèves placent les pôles, tracent l'équateur et un méridien sur une boule blanche. Après avoir positionné Paris et Sydney, ils réalisent leur première simulation.

Objectifs

Consolider les définitions trouvées précédemment en les visualisant sur une boule blanche représentant la Terre (figure de gauche ci-dessous). Simuler la position de la Terre face au Soleil lorsqu'il est midi à Paris (figure de droite ci-dessous) puis lorsqu'il est midi à Sydney ; comprendre que c'est alors la nuit dans l'autre ville.



Figure 4



Figure 5

Dans les photographies présentées (ci-dessus et dans les pages suivantes), la direction du Soleil est perpendiculaire à l'axe des pôles, ce qui n'a lieu qu'aux équinoxes. Il n'est pas nécessaire de soulever cette question (hors programme) avec les élèves sauf s'ils objectent eux-mêmes que la durée de la journée n'est pas toujours égale à celle de la nuit (voir partie « Pour aller plus loin ».)

Par petits groupes

Sur leurs boules, les élèves tracent au crayon à papier l'équateur et un méridien. Ils positionnent Paris sur celui-ci. Puis ils cherchent où positionner Sydney en s'aidant des globes terrestres disponibles.

Disposant de leur boule et d'une lampe de poche, les élèves reproduisent la configuration de la question initiale². La consigne est la suivante : *Placer la boule devant la lampe de manière à reproduire ce qui se passe lorsqu'il est midi à Paris. Indiquer quelle heure il est, approximativement, à Sydney. Faire un dessin de l'expérience.*

La même consigne est formulée en inversant Paris et Sydney.

Collectivement

Une maquette plus grosse est utilisée pour un moment de synthèse au cours duquel le maître valide les explications proposées par les élèves et revient, le cas échéant, sur des difficultés observées. Il aide à formuler la conclusion : « L'heure n'est pas la même à Paris et à Sydney parce que lorsqu'une ville est éclairée par la lumière du Soleil, l'autre est dans l'ombre. »

On peut se rendre compte, à ce stade, que les manipulations des élèves sont peu précises. S'ils réussissent, de manière statique, à placer le point repérant Paris face à la lampe et à expliquer qu'alors le point représentant Sydney est dans l'ombre, les mouvements respectifs du spot et de la boule sont erratiques. Il n'est pas nécessaire de s'en inquiéter pour l'instant.

Séance 5. Comment expliquer l'alternance des jours et des nuits ?

En manipulant leur boule et leur source de lumière, les élèves tentent de reproduire l'alternance des jours et des nuits et imaginent différentes hypothèses.

Collectivement

Le maître pose la question et s'assure de sa bonne compréhension.

2. Les spots ou lampes de poche représentant le Soleil sont des sources lumineuses directives alors que ce dernier rayonne dans toutes les directions. Il est important de s'assurer que cela n'entrave pas la compréhension des élèves.

Par petits groupes

Les élèves cherchent une explication à l'aide de leur maquette.

Collectivement

Les différentes hypothèses sont récapitulées, et discutées. On peut s'attendre à l'échantillonnage suivant qui dépend des connaissances initiales des élèves :

- la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil ;
- la Terre tourne autour du Soleil ;
- la Terre tourne sur elle-même (sans mention d'un éventuel mouvement autour du Soleil) ;
- le Soleil tourne autour de la Terre.

Exceptionnellement, on rencontre parfois des réponses relevant de la pensée enfantine : « le jour c'est pour jouer et travailler ; la nuit, c'est pour dormir ». Elles sont en général éliminées par les débats entre élèves. Dans la plupart des cas, les élèves ne réussissent pas à manipuler leur maquette rigoureusement, ce qui fait qu'il n'y a pas consensus pour déterminer les hypothèses à retenir ou à rejeter. Une seconde séance de manipulation sera donc nécessaire.

La séance se termine donc, le plus souvent, par un constat de désaccord pointé par le maître : la classe n'a pas réussi à se mettre d'accord pour savoir quelles hypothèses retenir ou éliminer. En revanche, il y a convergence vers une préoccupation commune : il faut apprendre à se servir plus rigoureusement de la maquette.

Séance 6. L'alternance jours/nuits – utilisation d'une maquette

Les élèves apprennent à utiliser la maquette pour ce qu'elle devrait être : un outil pour raisonner. Ils prennent alors conscience qu'elle ne permet pas de départager certaines hypothèses. À la fin de la séance, l'enseignant indique la bonne explication tout en précisant qu'elle ne peut pas être prouvée à l'école.

Collectivement

Le maître précise aux élèves le rôle de la maquette et la manière dont on l'utilise. C'est un outil qui leur permet de raisonner. La boule représente la Terre, la lampe représente le Soleil. Toute observation sur la maquette peut se traduire par un phénomène dans la réalité. Par exemple, si le point repérant Paris est dans la zone éclairée, cela se traduit dans la réalité par la proposition « Il fait jour à Paris » ; réciproquement, si le point repérant Pékin est dans l'ombre, cela se traduit par « Il fait nuit à Pékin ».

Le maître relance un travail par groupes ayant pour consigne d'examiner chacune des hypothèses en respectant ce mode de raisonnement.

Par petits groupes

Les élèves reprennent leurs manipulations. Ils indiquent, pour chaque hypothèse, si elle peut ou non expliquer l'alternance des journées et des nuits.

Collectivement

Les conclusions sont dégagées. Elles dérangent souvent les élèves et il revient au maître de ne pas laisser subsister le doute. La « bonne explication » (la Terre tourne sur elle-même) est indiquée en précisant que les raisons ayant permis aux scientifiques de l'établir ne peuvent pas leur être expliquées. Toutefois, il les invite à réfléchir sur le problème général du mouvement relatif en évoquant des expériences qu'ils ont peut-être eues : train qui démarre en douceur et qui laisse croire que c'est le paysage qui se déplace dans l'autre sens ; ascenseur. Sans insister outre mesure, une seconde conclusion peut être tirée : on peut être en mouvement relatif et ne pas le percevoir³.

3. La question du mouvement relatif, même rectiligne, est difficile. Dans l'histoire de la pensée, le premier à l'expliciter fut Galilée qui comprit la relativité du mouvement.

Séance 7. Quelle heure est-il à Pékin lorsqu'il est midi à Paris ?

À ce stade il n'est pas encore possible de répondre à la question. Tout ce qui peut être affirmé c'est que Pékin se trouve à la limite de la journée et de la nuit. Pour savoir s'il s'agit du début ou de la fin de la journée il faut connaître le sens de rotation de la Terre sur elle-même. Cette séance a pour but de faire émerger la question.

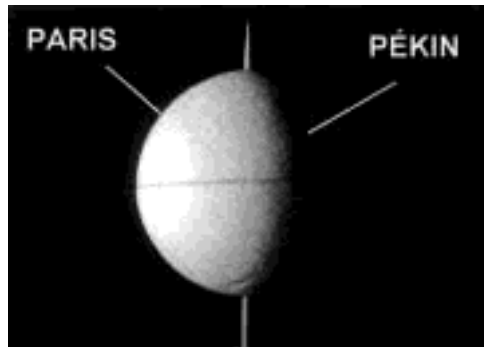


Figure 6. Si la Terre tourne de la gauche vers la droite (voir aussi figure 7), alors Pékin vient de passer dans l'obscurité; c'est le soir dans cette ville. Mais si elle tourne dans l'autre sens, la ville de Pékin s'apprête à passer dans la lumière: dans ce cas c'est le matin dans cette ville.

Collectivement

Le maître rappelle les conclusions de la séance précédente et précise la question faisant l'objet de la séance. Il indique que les réponses doivent être argumentées à l'aide de la maquette habituelle dont il rappelle la manière de s'en servir.

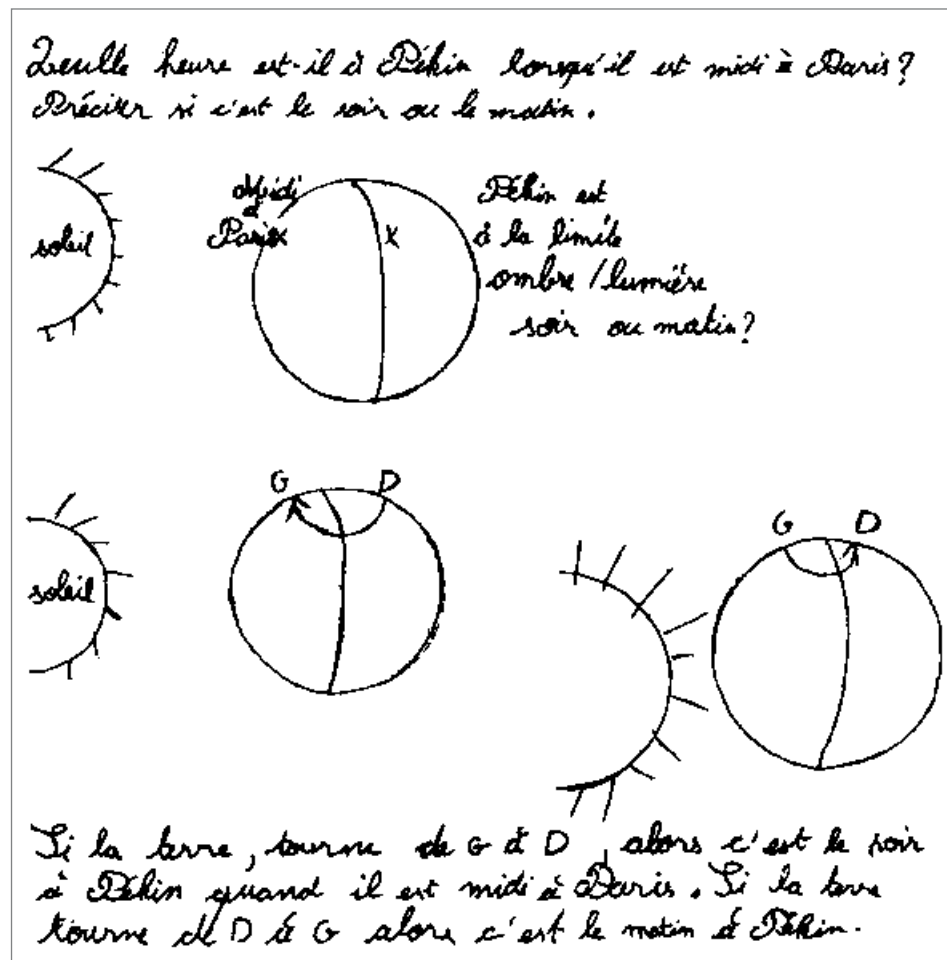


Figure 7

Par petits groupes

Les élèves préparent leurs maquettes en positionnant Paris et Pékin. Ils manipulent ensuite et tentent de se mettre d'accord sur la réponse à la question posée.

Collectivement

Les différents groupes indiquent la réponse qu'ils pensent pouvoir donner à la question. Le maître organise le débat. S'appuyant sur les groupes qui ont correctement perçu le problème, il aide à dégager la conclusion : la réponse à la question posée ne peut pas être donnée si l'on ne connaît pas le sens de rotation de la Terre sur elle-même.

Séance 8. Dans quel sens s'effectue la rotation de la Terre sur elle-même ?

Connaissant le mouvement apparent du Soleil, les élèves déduisent le sens de rotation de la Terre sur elle-même.



Figure 8. Depuis l'Europe, le personnage voit le Soleil se déplacer de l'Est vers l'Ouest.



Figure 9. Depuis le voisinage du Soleil, un spationaute verrait la Terre tourner sur elle-même d'Ouest en Est.

Collectivement

L'enseignant rappelle les conclusions de la dernière séance et la question en suspens. Il est préférable, à ce stade, de laisser la question ouverte, sans indiquer aux élèves que la clé de l'énigme se trouve dans le mouvement apparent du Soleil. Il sera toujours temps de les aider un peu plus tard, s'ils ne font pas eux-mêmes cette corrélation.

Par petits groupes

Les élèves cherchent. Ils peuvent s'aider de leur maquette. L'enseignant circule et veille à ce que les tâtonnements infructueux ne durent pas trop longtemps. Il fournit l'aide évoquée ci-dessus lorsqu'il l'estime nécessaire.

Collectivement

Le maître dirige les échanges entre les différents groupes et valide la solution. Il aide à la compréhension en formulant ou en faisant formuler les raisonnements : « Si je me tiens debout sur la Terre, en Europe, et regarde le Soleil, il va, au cours de la journée, de l'Est vers l'Ouest, de ma gauche vers la droite. Si maintenant je m'imagine au voisinage du Soleil, regardant la France métropolitaine, je vois la Bretagne se déplacer vers l'endroit où était Paris, c'est-à-dire d'Ouest en Est. »

Le maître met en parallèle ce raisonnement avec les situations évoquées dans la séance 6 (trains, ascenseurs) en faisant faire le dessin correspondant. Il peut aider à conclure : « Nous ne pouvons pas décider de façon définitive quel est l'objet (Terre ou Soleil) en mouvement mais nous avons au moins établi que, si c'est la Terre qui tourne sur elle-même, elle le fait d'Ouest en Est ».

Séance 9. Quelle heure est-il à Pékin... ?

Les élèves ont maintenant tous les éléments pour comprendre le principe des fuseaux horaires. Ils reviennent sur la question laissée en suspens à la séance 7. Puis ils traitent d'autres exemples.

Collectivement

Le maître rappelle d'une part la question non résolue – «lorsqu'il est midi à Paris, quelle heure est-il à Pékin?» – d'autre part la question du sens de rotation de la Terre sur elle-même. Il fait comprendre sur un globe terrestre le sens de l'expression «d'Ouest en Est» qui qualifie habituellement le sens de rotation de la Terre. Sur le bureau, il met en place une maquette qui pourra servir de support pour les élèves.

Individuellement

Les élèves cherchent la réponse à la question et la formulent par écrit. La correction se fait de manière collective.

Collectivement

Il s'agit maintenant d'appliquer à d'autres villes ce qui vient d'être compris à propos de Paris et de Pékin.

De manière à rester simple, nous proposons des villes qui se situent approximativement sur le même méridien (New York et Lima) ou sur des méridiens faisant entre eux un angle d'environ 90° (Paris, Pékin, Sydney, Lima et New York). Ainsi, la difficulté des exercices pourra-t-elle rester limitée en restreignant les questions (et par conséquent les réponses) à quatre moments particuliers de la journée : midi, minuit, le début de la nuit et la fin de la nuit.

Ainsi, le maître demande-t-il aux élèves de chercher où se situent ces trois nouvelles villes et de les positionner sur leur boule. Il précise qu'ensuite, il faudra utiliser la maquette pour répondre aux questions écrites au tableau :

«Il est midi à Lima, quel moment de la journée est-ce à Sydney?»

«C'est le lever du jour à Pékin, quel moment de la journée est-ce à Paris?»

«C'est la tombée de la nuit à New York, quel moment de la journée est-ce à Lima?», etc.

Par petits groupes

Les élèves placent les villes proposées sur leur boule en s'aidant d'atlas et de globes terrestres. Ils cherchent ensuite à répondre aux questions. Lorsqu'ils sont d'accord entre eux, ils en inventent de nouvelles et se les posent.

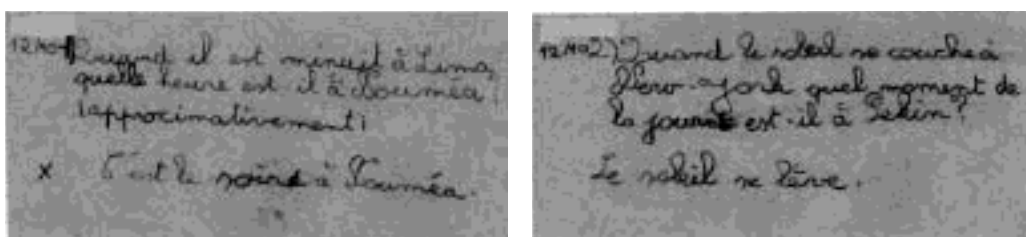


Figure 10

Au cours de la première phase, les élèves ont à utiliser pour la Terre une représentation tantôt plane, tantôt sphérique et sont contraints à passer de l'une à l'autre. L'exercice est particulièrement formateur mais il faut veiller à lui réserver une durée suffisante.

Collectivement

Le maître corrige les questions qu'il a lui-même posées. Il reprend quelques exemples dont il sait qu'ils peuvent poser problème. En particulier, il note deux phrases au tableau : «L'heure n'est pas la même à Paris et Sydney parce que Paris et Sydney ne sont pas dans le même hémisphère». «L'heure est la même à New York qui est dans l'hémisphère Nord, et à Lima qui est dans l'hémisphère Sud».

Individuellement, les élèves notent sur leur ardoise si chaque affirmation est vraie ou fausse. La première affirmation est corrigée et devient : « L'heure n'est pas la même à Paris et Sydney parce que Paris et Sydney ne sont pas sur le même méridien. »

Séance 10. Comment garder la trace de ce qui a été compris ?

Plusieurs activités sont proposées. Elles visent à représenter, dans un espace plan, le système Terre-Soleil vu depuis le pôle Nord, de manière à rendre compte des différents moments de la journée (midi, minuit, matin, après-midi, début de nuit, fin de nuit).

Activité 1

Le maître présente les photos de l'annexe 2 qu'il a reproduites. Individuellement, les élèves indiquent le moment de la journée dans chacune des villes. Par petits groupes, ils confrontent ensuite leurs résultats. Ils s'aident de la maquette s'ils en éprouvent le besoin.

Activité 2

Il s'agit de construire la maquette reproduite ci-contre (le cercle représentant la Terre est mobile autour d'une attache parisienne, il peut être de grande taille pour faciliter l'observation par les élèves) puis de la faire fonctionner, toujours à partir de questions : « C'est l'après-midi à Pékin, où en est la journée à Los Angeles ? », etc.

Le cas échéant, il est envisageable d'améliorer le modèle en partageant le cercle mobile en vingt-quatre secteurs de manière à représenter les vingt-quatre fuseaux horaires.



Figure 11

Activité 3

On en arrive à la schématisation classique. Les élèves doivent légendier le schéma (agrandi) ci-dessous.

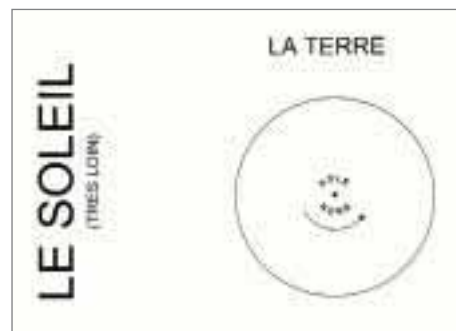


Figure 12. Mettre une légende en indiquant la zone où il est :

- midi ;
- minuit ;
- le début de la nuit ;
- la fin de la nuit ;
- le matin ;
- l'après-midi.

Conditions de la mise en œuvre de la séquence

Matériel pour un groupe d'élèves

- Une carte des fuseaux horaires (fournie en annexe) ;
- une lampe de poche pour représenter le Soleil ;
- une petite boule (polystyrène par exemple) percée de part en part d'un axe (aiguille à tricoter, pic de brochette...) pour représenter la Terre. La dimension de la boule représentant la Terre doit être adaptée à la largeur du faisceau de la source de lumière pour tenir largement dans celui-ci. Pour éviter tout risque de blessure, le maître effectue lui-même la mise en place de l'axe des pôles en enfonçant l'aiguille selon un diamètre de la boule.

Matériel destiné aux synthèses

- Une boule blanche pour représenter la Terre, plus grosse que celles qui servent aux élèves ;
- pour représenter le Soleil, un spot ou une ampoule relativement puissante⁴ (100 W). Si cette dernière solution est choisie, il faut être attentif à la sécurité du dispositif et ne pas le laisser manipuler par les élèves.

Il est en outre utile de disposer de quelques globes terrestres.

Durée

Une dizaine de séances, de 45 à 60 minutes chacune, paraît nécessaire. La démarche est donc assez longue, mais une part importante du programme d'astronomie est ainsi traitée en même temps que des notions de géographie.

Fiches connaissances conseillées

Voir essentiellement la fiche n° 20 « Rotation de la Terre sur elle-même ». En complément, pour les activités préalables, il peut être utile de se reporter aussi à la fiche n° 19 « Mouvement apparent du Soleil » ainsi qu'à la n° 21 « Système solaire et Univers ».

Conclusion

Les savoirs principaux visés par ces différentes séances sont ceux qui sont prévus par les programmes officiels que nous avons rappelés dans l'encadré « La place dans les programmes ». Ils concernent essentiellement l'astronomie mais aussi, de manière annexe, la géographie.

Au-delà des savoirs, les élèves ont mené des activités qui leur ont permis de réfléchir aux différents points de vue pouvant être pris pour expliquer un même phénomène. En s'efforçant de mettre en cohérence les phénomènes observés et décrits dans un repère terrestre (est, ouest) voire égocentrique (gauche, droite) avec une représentation abstraite (la maquette, le schéma), les élèves apprennent à se décentrer et développent ainsi leur aptitude à se repérer dans l'espace.

Si l'occasion s'en présente, un travail portant sur la Lune permettra de manipuler de nouveau des maquettes et d'évaluer dans quelle mesure les compétences liées à leur utilisation et à la représentation mentale de l'espace sont réinvesties.

Enfin, tout au long de la démarche, les élèves sont invités à réfléchir, à échanger, à argumenter. Ils ont à expliciter leur pensée ou leurs explications par écrit à l'aide de textes et de schémas. Les formes et les modalités de production sont variées (affiches collectives, écrits individuels ou par petits groupes, glossaire...). Tous ces éléments contribuent à les faire progresser dans la maîtrise de la langue.

4. L'utilisation d'une ampoule de 100 W permet d'obtenir un bon contraste, mais provoque l'éblouissement des élèves. Un cache en carton, placé entre l'ampoule et la classe, permet d'éviter ce désagrément.

Pour aller plus loin

La nécessité de l'heure universelle peut être abordée en prolongement. Il est utile d'avoir, partout dans le monde, une heure commune pour dater des événements d'importance mondiale (Quel jour et à quelle heure Neil Armstrong a-t-il posé le pied sur la Lune?). On utilise pour ce faire l'heure de notre fuseau horaire (qui est aussi celui de Greenwich) qu'on nomme heure universelle ou temps universel (T.U.).

À l'issue de ces séances, les élèves ont d'une part associé l'heure au mouvement apparent du Soleil, d'autre part manipulé des boules et des spots pour modéliser les phénomènes, ce qui peut conduire les élèves à poser de nombreuses questions pertinentes et dont les réponses ne sont pas aisées. » Pourquoi l'ombre du gnomon n'est-elle pas la plus courte lorsqu'il est midi à nos montres? », « Pourquoi la durée de la journée n'est-elle pas toujours égale à celle de la nuit⁵? », « Qu'est-ce que la ligne de changement de date? », etc. L'enseignant peut éventuellement aider les élèves à se doter de quelques éléments de réponse. Mais il n'a pas à s'en faire une obligation. Qu'une séquence d'activités scientifiques se termine par de nouvelles questions non résolues est non seulement possible mais souhaitable. Il en est d'ailleurs ainsi de la véritable activité scientifique. Dans le but d'aider les élèves à décentrer encore leur perspective, et à l'occasion d'un travail sur la Lune ou sur le système solaire, il est intéressant d'évoquer l'alternance des journées et des nuits sur d'autres astres: *Vue du Soleil, la planète Jupiter fait un tour sur elle-même en environ 10 heures. Quelle est la durée de la nuit jovienne? Quelle est la durée de l'après-midi? Vue du Soleil, la Lune fait un tour sur elle-même en environ 30 jours. Quelle est la durée de la journée lunaire? Dans Le Petit Prince, il est question d'un allumeur de réverbères qui vit sur une planète imaginaire. Il allume et éteint son réverbère une fois par minute. En combien de temps cette planète imaginaire, vue de son étoile, effectue-t-elle un tour sur elle-même? Quelle est la durée de la journée et celle de la nuit?*

Enfin, il est envisageable de proposer aux élèves un travail documentaire sur des sites Internet. Compte tenu des essais que nous avons effectués il nous semble préférable de faire travailler les élèves sur une liste préparée⁶:

- proposer une liste d'institutions type CNRS, CEA, NASA, etc., avec la signification de tous ces sigles;
- prévoir une liste de dix sites à classer par ordre de pertinence; cette liste contient:
 - une catégorie de sites institutionnels de qualité variable par rapport au sujet, à charge aux élèves de repérer les meilleurs,
 - une catégorie de sites intéressants, non institutionnels (pages personnelles bien documentées),
 - une catégorie déchet (sites ayant peu ou pas de rapport avec le sujet);
- dans un dernier temps les élèves pourraient être placés sur la recherche en réel, avec un moteur de recherche et des mots-clés bien choisis.

Sélection indicative de sites

www.fourmilab.ch/earthview/

Très bon site (en anglais), avec des images interactives de la planète en éclairage variable jour/nuit.

www-obs.univ-lyon1.fr/~ga/terre.html

Permet une animation de la Terre en rotation.

<http://195.221.249.130/Pointeurs/liens-img/science.htm>

Banque d'images scientifiques. On choisira l'image de « la Terre, la nuit ». Cette image permet de réaliser l'impact de l'éclairage nocturne; certains continents sont illuminés, d'autres apparaissent faiblement: l'accès à l'électricité présente une forte disparité.

5. Cette question ne figure pas explicitement dans les programmes, mais peut néanmoins faire l'objet d'une séquence si l'enseignant se sent capable de la mener à bien.

6. Avec le moteur de recherche www.google.fr/ et les mots-clés classiques « jour+nuit+alternance » ou « jour+nuit+planète Terre » on trouve plus de 800 références de sites !

www.bips.cndp.fr/

Le site précédent était un extrait de cette banque d'images, utile à connaître, car utilisable en toutes disciplines.

www.ac-nice.fr/clea/C1.html

Une mise au point rigoureuse pour les enseignants concernant la mesure du temps et les coordonnées géographiques.

www.planetobserver.com/commun/jsp/navigateur.jsp?espace=Ind&langue=fr

Cliquer sur « naviguez » pour obtenir une image haute définition de la Terre qui peut être observée selon différentes perspectives (vues polaires par exemple).

www.ac-poitiers.fr/pedago/ecoles/cederom-ien/former/ressourc/monde.htm

Banque d'images scientifiques ; multiples documents dans « l'observation de la Terre ».

www.teteamodeler.com/boiteaoutils/decouvrirlemonde/fiche29.htm

Sur cette page du site on trouve de belles images de la Terre à différentes phases du jour ou de la nuit (on clique dessus pour les avoir en plein écran) ainsi qu'une fiche d'activité « fabriquer une mini Terre ».

www.inrp.fr/lamap/scientifique/astromie/consultants/reponses_consultants.htm

Le site de *La main à la pâte* propose aux enseignants de poser des questions en astronomie, auxquelles répondent des consultants scientifiques, de façon simple et précise. Questions et réponses sont archivées.

www.geocities.com/heureinternational/

Ce site présente sous forme de tableau les conversions entre le temps universel (méridien de Greenwich) et l'heure locale. Il est intéressant de confronter les élèves à deux types de présentation : le tableau et une carte des fuseaux horaires.

<http://fgi.citeglobe.com/fuseaux/fuseaux.html>

Carte mondiale des fuseaux horaires.

www.rog.nmm.ac.uk/

Site en anglais. En cliquant sur *Home of the prime meridian of the world*, l'enseignant comprend mieux la mise en place du méridien 0. Le texte est à traduire pour les élèves (recherche sur Google avec le mot-clé « Greenwich »).

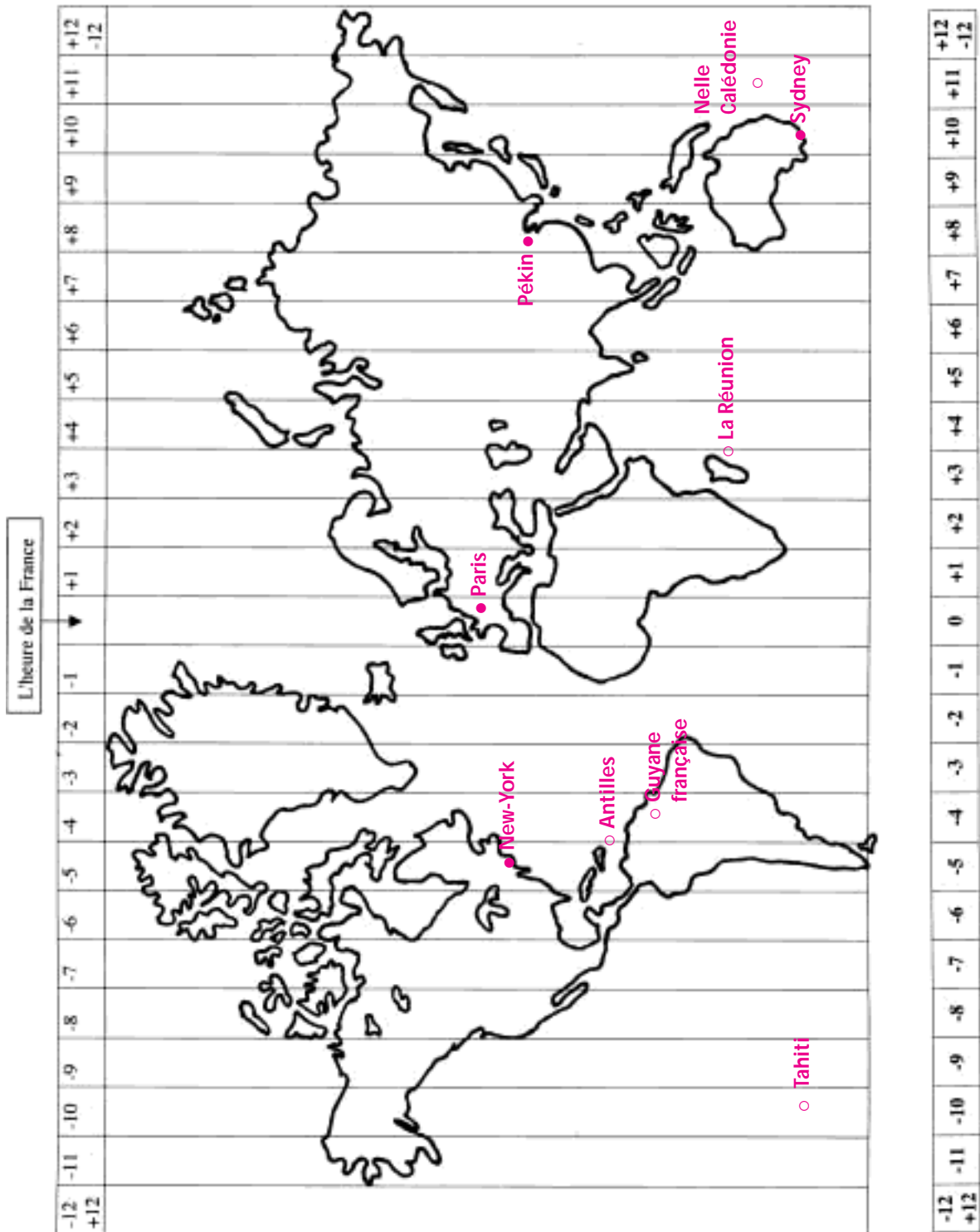
www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/

Présente à la fois des explications scientifiques et des propositions pédagogiques sur les cadrans solaires.

Sources

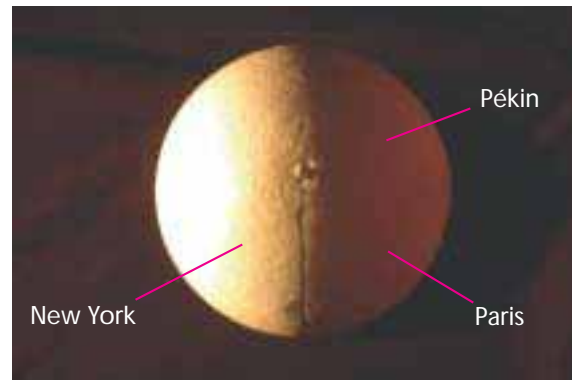
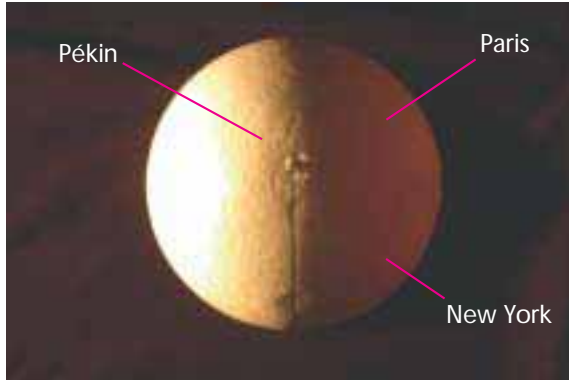
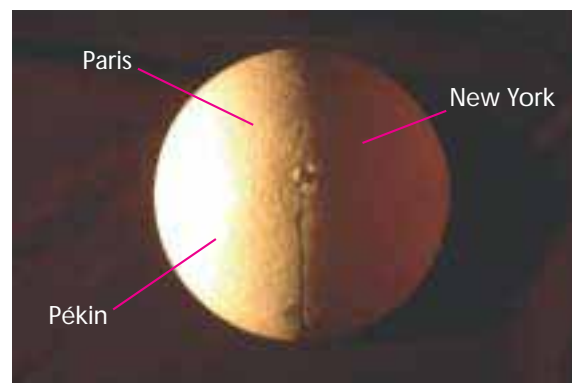
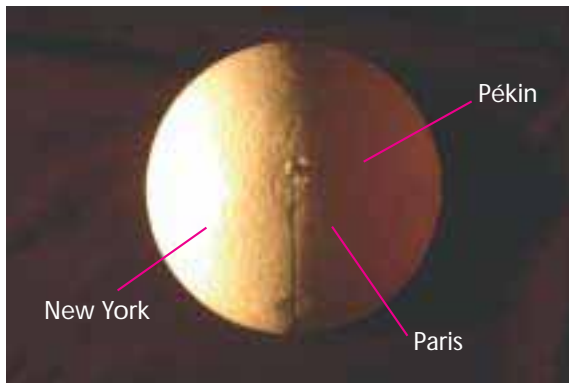
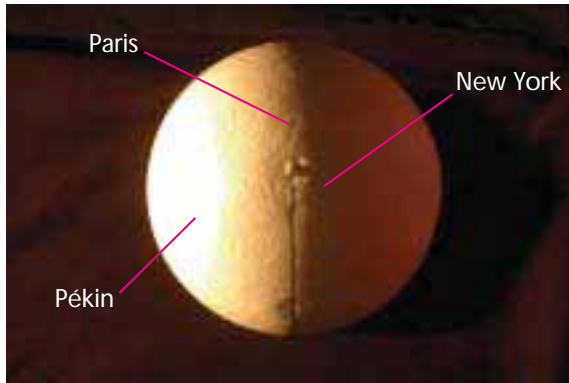
Travail expérimenté dans la classe de CM1 de l'école élémentaire de Beaupré-Le Châble (74) et dans la classe de CE2-CM1-CM2 de l'école du Chaumet à Évires (74) dont sont issus les documents d'élèves.

Frise à utiliser en séance 1 et synthèse



La frise de droite est à découper (en la prolongeant des deux côtés de quelques heures). Elle peut ainsi être superposée à la carte, la référence (le zéro) étant sur n'importe quel fuseau horaire. On obtient ainsi directement le décalage horaire entre n'importe quelle ville de référence et n'importe quel fuseau horaire. Cette frise est à utiliser à la fin de la première séance pour aider les élèves qui ont des difficultés, puis au moment de la synthèse.

Photographies à exploiter en séance 10



Photographies à photocopier et à découper. Pour chacune d'entre elles, les élèves cherchent le moment de la journée dans chaque ville. Le maître peut rappeler le sens de rotation de la Terre sur elle-même.

L e fonctionnement du levier – « Donnez-moi un point d'appui : je soulèverai le monde »

Cette séquence propose des activités pédagogiques dont l'objectif est de comprendre que la mise en rotation d'un solide par une force de grandeur donnée se fait plus ou moins efficacement selon la distance entre l'axe de rotation et l'endroit où s'applique cette force. L'étude est menée en partant d'un objet particulier : le levier. Celui-ci est constitué d'une barre rigide mobile autour d'un axe de rotation appelé « pivot » (et aussi, anciennement, « point d'appui »). Un levier modifie la force à exercer. Au-delà de l'objet, l'objectif est de comprendre que le même principe est à l'œuvre dans d'autres dispositifs techniques. Nous avons choisi le pont-levis qui n'est pas un levier au sens strict mais dont le fonctionnement relève du même principe. Une séance est également consacrée à la reconnaissance du principe des leviers dans les organismes vivants. À travers ces exemples, nous souhaitons illustrer l'intérêt et la complémentarité d'approches relevant de disciplines différentes : recherche d'un principe général s'appliquant dans différents contextes (dispositifs techniques, monde du vivant) ; constructions ; recherche d'une solution technique ; étude de mécanismes. Ainsi, pour soulever un objet donné, peut-on, à la limite, utiliser une force aussi petite qu'on veut, pourvu qu'on utilise un levier assez grand. « Donnez-moi un point d'appui : je soulèverai le monde » disait Archimède trois siècles avant notre ère. Mais en contrepartie, on constate aussi que l'on soulèvera l'objet moins haut. Ce dernier aspect, tout à fait général, a une grande importance théorique car il est en rapport avec le principe de conservation de l'énergie.

Dans cette configuration, la charge (cinq gros écrous dans la boîte de droite) ne peut pas être soulevée par la force due aux six petits écrous situés dans la boîte de gauche.



Si l'on rapproche le pivot de la charge, il devient alors possible de la soulever.



Si la force due à la boîte de gauche s'exerce trop près du pivot, elle ne peut plus soulever la charge.



Figure 1. Le principe du levier

La place dans les programmes

Extraits du programme	Extraits du document d'application	
<p>Monde construit par l'homme – Leviers et balances ; équilibres.</p>	<p>Compétences spécifiques</p> <p>Être capable de prévoir ou d'interpréter qualitativement quelques situations d'équilibre, en particulier lorsque les forces qui s'appliquent ne sont pas à égale distance de l'axe.</p> <p>Être capable d'utiliser pour ce faire les deux propriétés suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – une même force a plus d'effet sur la rotation si elle est appliquée à une plus grande distance de l'axe ; – une grande force a plus d'effet qu'une petite force si elle est appliquée à la même distance de l'axe. 	<p>Commentaires</p> <p>C'est à travers des réalisations effectives et concrètes que s'exerce la réflexion (exclusivement qualitative) des élèves.</p> <p>Exemples possibles : fabrication d'une grue et équilibre de la flèche ; fabrication et équilibre d'un mobile, fabrication ou utilisation de pinces, de leviers... Étude de leur efficacité...</p>
<p>Le corps humain et l'éducation à la santé – Les mouvements corporels (fonctionnement des articulations et des muscles).</p>	<p>Être capable d'établir des relations par comparaison avec l'observation de pattes d'animaux.</p> <p>Être capable d'exploiter des documents radiographiques ou multimédia.</p> <p>Être capable de concevoir et construire un modèle matériel simple rendant compte de façon approchée du rôle des muscles antagonistes dans le mouvement d'une articulation.</p>	<p>Cette étude (...) passe par la mise en place d'activités qui permettent aux élèves de remettre en cause leurs conceptions en se construisant une vision fonctionnelle du mouvement. On se limite à une modélisation très simple.</p>

Les notions qui régissent l'équilibre d'un solide pouvant tourner autour d'un axe fixe ne sont pas abordées dans les programmes actuels du second degré.

Connaissances et savoir-faire que l'on souhaite voir acquis ou en cours d'acquisition par les élèves à l'issue de la séquence

- Être capable de reconnaître le principe du levier dans différents domaines et d'identifier l'axe autour duquel s'effectue la rotation (pivot).
- Savoir que l'efficacité d'une force exercée est d'autant plus grande qu'elle s'applique à une plus grande distance du pivot et que ce principe a permis aux hommes de construire les premières machines.
- Être capable de représenter par un modèle simple le principe de celles-ci.
- Être capable de représenter par un modèle simple le fonctionnement d'un système comportant une articulation. Cette dernière compétence ne peut pas être acquise à l'issue de cette seule séquence (voir la construction d'une girouette dans la séquence « Comment savoir d'où vient le vent ? ») mais trouve ici une contribution.

Un déroulement possible de la séquence

Les deux premières séances introduisent l'idée de levier à partir d'une situation vécue (soulever le bureau de l'enseignant) et de l'évocation des travaux réalisés par l'homme avant l'invention des machines motorisées (pyramides égyptiennes par exemple). Les deux séances suivantes sont consacrées à une étude qualitative plus précise du principe des leviers. Les séances 5 à 7 étudient les leviers dans un autre contexte : celui des ponts-levis. La séance 8 propose une sensibilisation à la présence de leviers dans les organismes vivants. Elle est d'un accès plus difficile et ne constitue qu'un prolongement éventuel.

Séances	Question de départ	Activités conduites avec les élèves	Conclusion de la séance, aboutissement
Séance 1	Comment soulever le bureau de l'enseignant ?	Recherche d'hypothèses dans un contexte ouvert.	Classement en deux colonnes : machines motorisées ou utilisant la force humaine.
Séance 2	Comment les hommes des temps anciens soulevaient-ils des charges ?	Construction, d'une maquette à partir de l'image d'une machine ancienne.	Introduction de l'idée de levier.
Séances 3 et 4	Comment réduire l'effort à l'aide d'un levier ?	Exploration expérimentale du principe des leviers.	Lorsque la charge est proche du pivot, il faut moins de force pour la soulever, mais on la soulève moins haut. Lorsque la charge est loin du pivot, il faut plus de force pour la soulever mais on la soulève plus haut.
Séance 5	Comment fabriquer une maquette de pont-levis ?	Construction en matériel modulaire.	Le principe des leviers est mis en œuvre par les élèves dans un autre contexte, mais pas nécessairement de façon consciente.
Séance 6	Où fixer l'attache du fil sur la passerelle ?	Expérimentation.	Lorsque le fil est fixé loin de l'axe, il est plus facile de soulever la passerelle.
Séance 7	Qu'est-ce qui est pareil, qu'est-ce qui n'est pas pareil ?	Recherche des différences et des similitudes dans deux situations mettant en jeu les leviers.	Abstraction d'un principe commun et formulation définitive de règles simples mais générales.
Séance 8	Y a-t-il des leviers dans les organismes vivants ?	Réinvestissement, argumentation.	La place de l'insertion des muscles est déterminante pour obtenir un mouvement dans un système avec articulation.

Séance 1. Comment soulever le bureau de l'enseignant ?

Le levage d'un objet lourd, le bureau de l'enseignant, est proposé aux élèves qui réfléchissent aux moyens d'y parvenir. On aboutit à un classement en deux catégories : les systèmes qui utilisent l'énergie humaine ou animale ; ceux qui utilisent une autre énergie.

Collectivement

Le maître peut évoquer les inondations, leurs dramatiques conséquences et la nécessité de surélever les meubles pour les protéger des méfaits de l'eau. Il propose alors le défi : soulever le bureau afin de mettre des cales sous ses pieds.

Laisser un ou deux élèves tester l'opération seuls et relever les impressions : « C'est lourd ; ça fait mal aux mains, au dos ; je n'ai pas assez de muscle, de force... »

D'où le problème : imaginer comment on pourrait faciliter la tâche afin de pouvoir relever le défi.

Par petits groupes

Les élèves imaginent des dispositifs. Ils en rendent compte par écrit ou par des dessins sur leurs carnets d'expériences (figure 4).

Quelques idées :

- on peut s'y mettre à plusieurs ;
- on peut partager les tâches : deux élèves soulèvent le bureau pendant qu'un autre glisse les cales ;
- on plante un crochet au plafond et on soulève le bureau avec une chaîne ;
- on utilise une grue, un hélicoptère, un cric... ;
- on met une planche sous le bureau et une brique sous la planche et on saute !

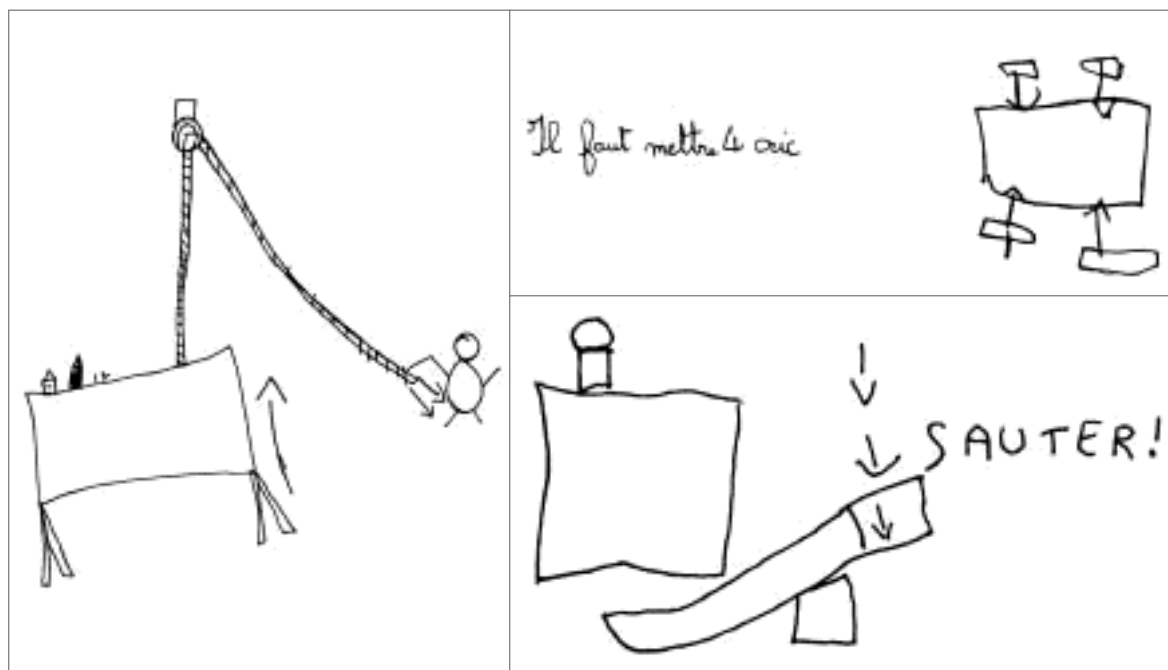


Figure 4

Synthèse collective

Chaque groupe expose ses idées. Elles sont classées dans un tableau à deux colonnes : les dispositifs mus par l'homme et ceux qui sont actionnés différemment.

On conclut en disant aux élèves que l'on s'intéressera tout au long du module au dispositif de la première colonne.

N.B. - À ce stade, l'enseignant ne cherche pas à faire apparaître coûte que coûte l'idée de levier. Si elle est proposée, elle est classée au même titre que les autres dans la colonne n° 1.

Séance 2. Comment les hommes des temps anciens soulevaient-ils des charges ?

Les élèves construisent des machines à base de leviers à partir d'images présentant des dispositifs des temps anciens. La séance aboutit à une première formulation de ce qu'est un levier.

N.B. – Il sera commode de disposer de boîtes de matériel de construction. En cas d'impossibilité, des baguettes de bois et de la ficelle suffiront.

Collectivement

Le maître évoque quelques constructions réalisées depuis l'aube de l'humanité avant que n'existent les machines motorisées. Il peut s'appuyer sur la construction des pyramides dont il présente quelques images ou quelques photos en évoquant le caractère énigmatique qui règne encore sur les techniques mises en œuvre au regard de l'énormité des masses à soulever¹.

Par petits groupes

Le maître distribue les vignettes ci-dessous représentant deux dispositifs permettant de soulever ou de déplacer des blocs de pierre².

Les élèves construisent un modèle réduit de la machine représentée dans la figure 5. À tour de rôle, ils viennent au bureau tester la solution de la figure 6 sous la surveillance du maître qui veille à la sécurité.

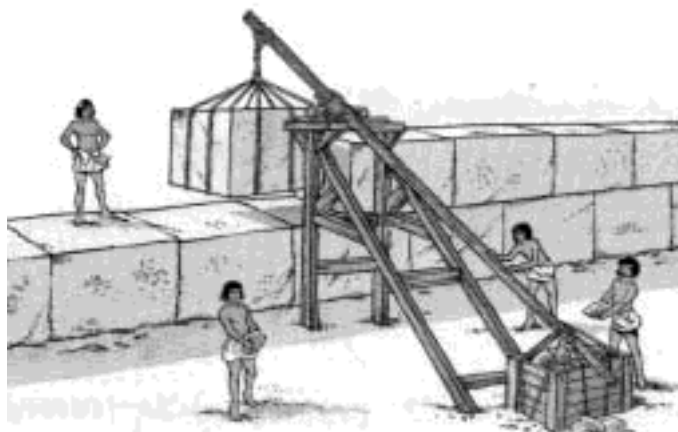


Figure 5. © Arkeo Junior, décembre 2000.

Collectivement

Le maître oriente vers la question suivante : ces dispositifs permettent-ils de réduire l'effort nécessaire ? Il est possible de répondre positivement dans le cas du dispositif de la figure 6 qui a été testé. En revanche, la maquette représentant la figure 5 ne permet pas nécessairement de répondre : le plaisir de la construction et du jeu est souvent prépondérant par rapport à l'étude

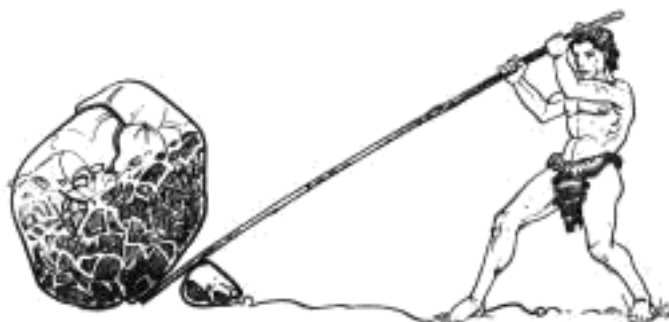


Figure 6. Illustration de Jean-Marie Michaud, tirée de *Aux temps anciens, les machines* de Michael et Mary Woods © Flammarion, 2001, coll. « Castor Poche ».

1. Deux hypothèses principales sont avancées : le cheminement sur des rampes faiblement inclinées et l'utilisation de machines fondées sur le principe du levier. Toutes deux posent encore des problèmes aux historiens. Pour une éventuelle exploitation pédagogique, voir la partie « Pour aller plus loin » à la fin de la séquence.

2. L'enseignant qui souhaite consacrer davantage de temps à cette séquence peut demander aux élèves de chercher eux-mêmes des renseignements sur cette question et d'apporter en classe les documents intéressants qu'ils ont trouvés.

précise des efforts à exercer, prématurée à ce stade. On ne cherche donc pas à conclure mais on se contente de formuler la question et d'en garder la mémoire. Le mot « levier » (dont il est utile de préciser qu'il vient de « lever ») est introduit à partir de l'examen de ce que ces deux vignettes ont en commun.

On engage les élèves à élaborer une première formulation qui sera enrichie au fil des séances. Les idées fortes, à ce stade de la séquence, sont les suivantes : un levier est une tige rigide qui peut pivoter autour d'un axe de rotation (le pivot) ; il est manœuvré par l'homme pour soulever des charges.

Séance 3. Comment réduire l'effort à l'aide d'un levier ?

Les élèves comprennent qu'un levier permet de réduire l'effort à condition d'agir sur les grandeurs pertinentes.

Matériel

– Pour les élèves :

Une boîte contenant dix masses identiques (représentées ici par des écrous) est fixée à l'une des extrémités d'une règle d'environ 30 cm (voir la figure 7). Elle symbolise la charge à soulever. Une seconde boîte et l'élastique qui permet de la fixer sont également préparés, mais la boîte n'est pas fixée sur la règle : ce sera aux élèves de le faire et d'éprouver l'effet de la distance au pivot.



Figure 7

– Pour le maître :

Des règles ou des baguettes plus grandes à proposer aux groupes ayant terminé leur première exploration.

Collectivement

Le maître explique aux élèves qu'ils vont travailler sur des leviers qui ressemblent à celui de la maquette qu'ils viennent de réaliser (figure 5), mais qui sont toutefois plus simples, plus pratiques et plus robustes. Il présente le matériel (voir figure 7). On imagine un monde miniature où les petits hommes ne peuvent pas soulever plus d'un écrou à la fois. En utilisant le matériel fourni, ils doivent réussir à soulever une boîte en contenant dix. La consigne est initialement ouverte. Le maître s'assure que les élèves perçoivent correctement la correspondance entre les éléments de la figure 5 (l'image de la vraie machine) et ceux de la figure 7 (la maquette).

Par petits groupes

Les élèves font leurs premières expériences à l'aide des écrous supplémentaires qu'ils mettent dans la deuxième boîte. Ils sont encouragés à essayer de nombreuses manières de procéder par des questions incitatives :

« Peux-tu réussir en utilisant moins d'écrous ? »

« Est-ce possible de faire monter la charge plus haut ? »

« Où as-tu fixé la seconde boîte ? As-tu essayé de la fixer plus près ou plus loin ? »

Il donne aux groupes les plus rapides la seconde règle de 50 cm.

« Essaie avec l'autre règle. Qu'est ce que ça change ? »

Il est important que les élèves éprouvent, à travers les expériences qu'ils réalisent, l'influence de différents paramètres (position du pivot, position de la boîte contenant les écrous qu'ils ajoutent, longueur des règles) ainsi que leurs conséquences (augmentation ou réduction du nombre d'écrous nécessaires, hauteur d'élévation).

Collectivement : mise en commun

Le but de cette dernière phase est de mettre en commun les différentes observations réalisées. La synthèse qui aboutira à dégager les quelques règles régissant le principe des leviers se déroulera à la fin de la séance suivante, après d'autres manipulations.

Séance 4. Comment réduire l'effort à l'aide d'un levier ?

Les élèves systématisent les observations de la séance précédente qui sont structurées, lors de la synthèse, par quelques règles simples qui enrichissent la notion de levier.

Matériel

Il est identique à celui de la séance précédente. Notons bien que le pivot est une règle ou une baguette à section carrée. C'est important pour aboutir correctement à la solution du problème n°1 (voir ci-dessous).

Collectivement

Trois problèmes sont présentés aux élèves :

- De combien d'écrous a-t-on besoin pour soulever la boîte contenant dix écrous lorsque le pivot se trouve au milieu ?
 - Quel est le plus petit nombre d'écrous nécessaires pour soulever la boîte de dix écrous ?
 - À quelle hauteur maximale peut-on soulever la boîte contenant les dix écrous ?
- Combien d'écrous ont été utilisés ?

Par petits groupes

Les élèves expérimentent et se mettent d'accord sur la meilleure solution imaginée pour résoudre chaque problème.

Individuellement

Les élèves font un dessin qui explique dans chaque cas où le groupe a placé le pivot et à quelle hauteur la boîte contenant les dix écrous a été soulevée.

Synthèse collective

Elle prend appui essentiellement sur les expérimentations des élèves. En accompagnement, l'enseignant peut avec profit installer un dispositif expérimental visible par toute la classe : une solide planche d'environ

2 m repose sur une bûche. Sous la direction du maître, deux élèves de gabarit différent prennent position sur la balancelle ainsi constituée. La démonstration contribue à illustrer les deuxième et troisième règles ci-dessous :

- Lorsque le pivot est au milieu du levier, ce dernier est en équilibre ; les charges sont identiques.
- Plus la charge est proche du pivot, plus il est facile de la soulever, mais moins on la souève haut.
- Plus la charge est éloignée du pivot, plus il est difficile de la soulever, mais plus on la souève haut.

Ces règles enrichissent la notion de levier qui avait fait l'objet d'une première formulation à la séance 2.

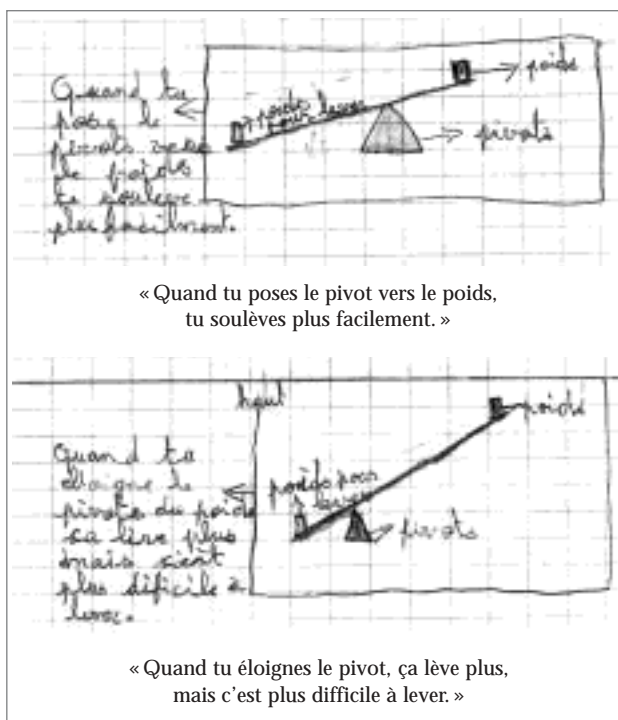


Figure 8

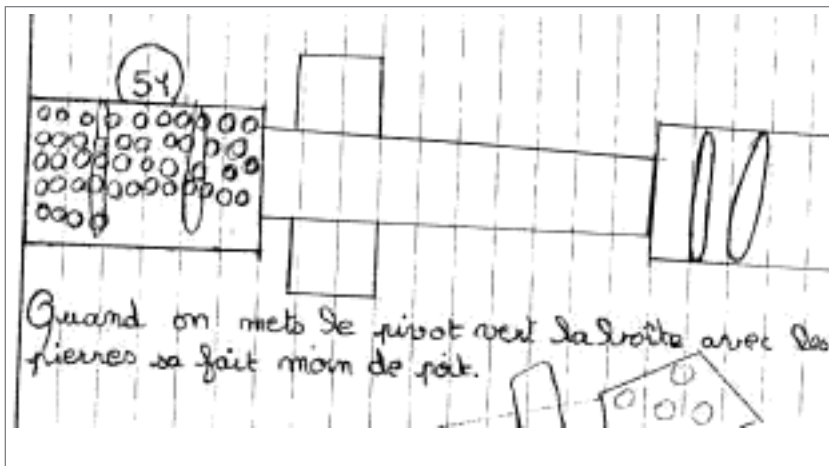


Figure 9

Il est intéressant, pour terminer, de discuter de la fameuse phrase d'Archimède (« Donnez-moi un point d'appui, je soulèverai le monde », c'est-à-dire la Terre) et de ses limites pratiques (longueur du levier et solidité du matériau qui le constitue).

Difficulté possible

Certains élèves estiment que lorsqu'on rapproche le pivot de la charge, celle-ci devient moins lourde (figure 9). On peut inviter les élèves concernés à expérimenter de nouveau le levage du bureau (comme lors de la deuxième séance) en agissant près du pivot puis plus loin. Ils devraient se rendre compte qu'ils ne sont pas plus forts dans un cas que dans l'autre mais que la tâche est plus facile. Un travail sur la balance peut être un complément bénéfique.

Séance 5. Comment fabriquer une maquette de pont-levis ?³

Les élèves se sont initiés au principe des leviers en menant des activités dans un contexte particulier. Ils réinvestissent ici leurs connaissances dans un contexte différent.

Collectivement

N.B. – Au cycle 3, les élèves se sont déjà intéressés aux châteaux forts (à l'école ou chez eux). La représentation qu'ils ont des ponts-levis est suffisante pour engager le travail.

L'enseignant présente l'activité : fabriquer un pont-levis, comme dans un château fort. Il ne précise pas aux élèves qu'il s'agit d'un prolongement de l'étude des leviers. S'ils s'en rendent compte eux-mêmes, il faudra alors les encourager à suivre leur idée en leur demandant les ressemblances qu'ils voient entre un pont-levis et un levier. Il nous semble néanmoins que pour la majorité de la classe, cela ne pourra être explicité qu'en séance 7.

Par petits groupes

Les élèves mènent leur construction comme ils l'entendent. Le maître les aide à résoudre les petites difficultés techniques : fabrication de la passerelle et

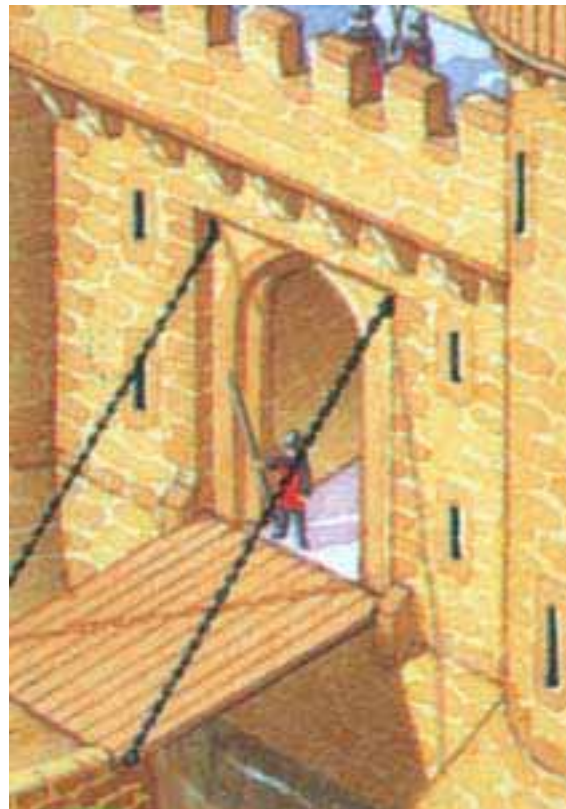


Figure 10. Tames R., *Le Moyen Âge*, Nathan, 1999, coll. « Miroirs de la connaissance ». © VUEF/Éditions Nathan (Paris, France) 2002.

3. Séance plus facile à organiser si l'enseignant dispose de boîtes de matériel de construction.

mise en place d'un mécanisme qui autorise sa rotation, guidage du fil, solidité des piliers, etc. En revanche, il n'intervient pas sur le choix du point d'attache du fil au tablier du pont. Une image de pont-levis peut être montrée aux groupes éprouvant éventuellement des difficultés.

Collectivement : synthèse

Les différents groupes montrent leurs modèles, expliquent les difficultés rencontrées et la manière dont elles ont été résolues. Il n'est pas sûr que tous les groupes aboutissent à l'issue d'une seule séance. L'enseignant verra s'il propose une séance supplémentaire, ou s'il dégage un peu de temps entre cette séance et la suivante afin que tous les élèves puissent terminer leur construction.

Séance 6. Où fixer l'attache du fil sur la passerelle ?

Les élèves imaginent et réalisent une expérience destinée à montrer qu'il est plus facile de soulever la passerelle en fixant les fils loin de l'axe de rotation.

Collectivement

L'enseignant a pris soin de repérer deux réalisations dans lesquelles le fil destiné à soulever la passerelle a été fixé à l'extrémité (pour l'un) et au milieu (pour l'autre) de celle-ci. Il demande à la classe quelle est la solution qui nécessite le moins d'effort. Il laisse les avis s'exprimer quelques minutes tout en ne validant aucun des points de vue. Il propose ensuite de rechercher, par petits groupes, le moyen de prouver qu'une solution est meilleure. S'il se trouve que tous les groupes ont attaché le fil à l'extrémité du pont, l'enseignant introduit l'activité en demandant aux élèves pourquoi ils ont choisi ce point d'attache et pas un autre. En fonction des arguments qu'il recueille, il engage alors les élèves à les justifier expérimentalement. Mais, contrainte supplémentaire, il précise que pour mener leurs investigations, les élèves ne pourront pas construire de ponts-levis. Ils devront élaborer leur méthode à partir d'un matériel ouvert mis à leur disposition : règles diverses, baguettes de bois, élastiques, masses diverses, ficelle, trombones, etc. Le but de cette contrainte est d'obliger les élèves à se pencher sur le principe, indépendamment de l'objet dans lequel il est impliqué. Cette méthode correspond à une véritable pratique industrielle. Lorsqu'il faut, par exemple, étudier l'efficacité d'un nouveau système de freinage automobile, on mène l'étude sur banc d'essai et non sur des voitures réelles, ce qui la rendrait trop longue et trop coûteuse.

Par petits groupes

Les élèves élaborent un dispositif. Le maître les guide pour parvenir à une expérience probante. Les essais réalisés montrent que les élèves n'éprouvent pas de difficultés particulières pour simuler la passerelle et pour fixer une ficelle au milieu ou à l'extrémité de celle-ci. En revanche, ils ont du mal à comprendre la contrainte d'abstraction imposée. Ils cherchent à compléter leur dispositif en guidant la ficelle jusqu'à une manivelle comme dans les maquettes qu'ils ont préalablement réalisées. C'est là que le maître intervient par un questionnement approprié : « En arrêtant la construction à ce stade, est-ce que tu ne peux pas répondre à la question qu'on se pose ? » D'autres aspects sont à signaler. Les élèves cherchent à éprouver « à la main » l'effort requis pour soulever la passerelle. Celle-ci étant trop légère, les différences ne sont pas probantes. D'autres élèves ne pensent pas à comparer : ils soulèvent la passerelle (le fil étant fixé par exemple à l'extrémité) puis ils concluent : « Oui, c'est facile comme ça... » Pour toutes ces raisons, et d'autres éventuellement, il peut être utile de provoquer un regroupement intermédiaire.

Regroupement

Il est destiné à faire le point sur les difficultés rencontrées, à comparer les solutions imaginées et à mutualiser les idées :

– Quel matériel choisir pour expérimenter ? Les différentes propositions sont examinées et la discussion devrait déboucher sur la structure la plus simple : une baguette reposant sur un support à une extrémité, et soutenue par un fil à l'autre extrémité ; le fil lui-même étant simplement tenu à la main.

– Combien faut-il construire de dispositifs pour répondre à la question ? L'objectif est que tous les groupes comprennent la nécessité d'une comparaison entre deux dispositifs ne différant que par la position du point d'attache.

– Comment résoudre le fait que la passerelle est trop légère ? On peut convenir de l'alourdir en plaçant dessus une boîte remplie d'écrous (ou tout autre objet approprié). La résolution de ces trois questions suffit pour aboutir à une expérimentation probante qui valide la solution consistant à attacher le fil le plus loin possible de l'axe. Néanmoins, l'enseignant peut engager un questionnement plus scientifique concernant la comparaison des forces : « Mesurer l'effort avec la main n'est pas très scientifique : peut-on trouver une meilleure méthode ? » La réponse nécessite en général une intervention du maître qui peut proposer l'utilisation d'un élastique de raideur suffisamment faible pour s'adapter aux forces en jeu. La méthode est illustrée en figure 11. Elle pourra être réinvestie à propos des plans inclinés si la classe s'y engage (voir la partie « Pour aller plus loin »).

À l'issue de ce temps de regroupement, tous les groupes sont donc en mesure de reprendre leur expérience.

Retour aux petits groupes

Les élèves reprennent leur expérience, la représentent sur leur carnet d'expériences et notent leurs conclusions.

Synthèse collective

Très rapide, son but est d'apporter une réponse à la question initiale : la passerelle est plus facile à soulever si le fil est attaché loin de l'axe.



Figure 11. Perception directe ou mesure avec un élastique : l'influence de la position du point d'attache est perceptible.

Séance 7. Qu'est-ce qui est pareil, qu'est-ce qui n'est pas pareil ?

Les élèves mettent en relation les activités menées dans les diverses séances et reconnaissent sous des habillages différents un principe commun qu'ils formulent de manière plus générale.

Collectivement

Le maître reprend deux dispositifs : la règle supportant une boîte d'écrous et reposant sur un pivot ; la passerelle du pont-levis alourdie par une boîte d'écrous. Il les reproduit schématiquement au tableau (voir figure 12 ci-dessous).

Il énonce la consigne : par petits groupes, les élèves comparent les deux dessins en notant, dans un tableau à deux colonnes : « ce qui est pareil » et « ce qui n'est pas pareil ».

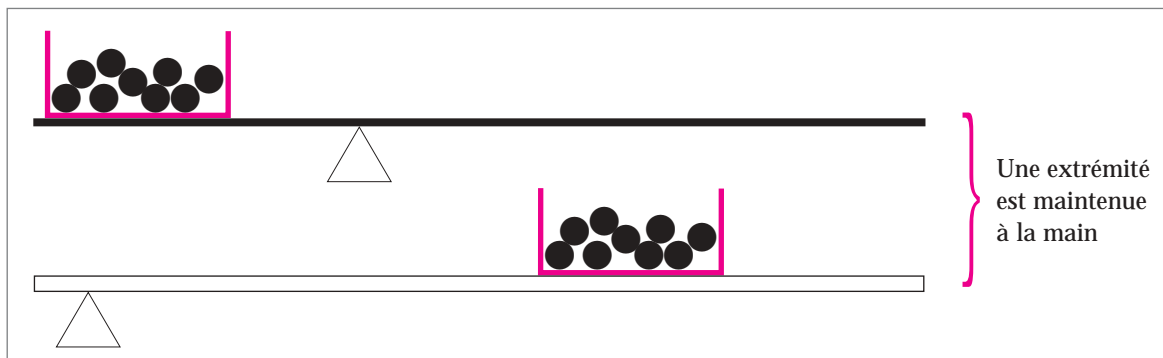


Figure 12

Par petits groupes

Les élèves discutent entre eux et remplissent leur tableau.

S'ils s'attachent uniquement à la description des objets et non aux principes sous-jacents, l'enseignant les engage dans cette seconde réflexion par un questionnement approprié : « Comment faire pour que l'effort nécessaire pour soulever les boîtes soit le plus petit possible ? Est-ce que c'est pareil dans les deux exemples ? »

Synthèse collective

L'enseignant recueille et valide les différentes propositions. La similitude des rôles joués par l'axe de rotation du pont-levis et par le pivot est intéressante à relever. Il en va de même de la position du pivot : dans certains dispositifs le pivot est situé entre les points où s'appliquent les forces (la machine de la figure 6 par exemple) ; dans d'autres, il est situé à l'une des extrémités (c'est le cas dans le pont-levis).

Il confirme et renforce ensuite la similitude essentielle qui justifie ce moment de travail. Nous la formulons ci-après en reproduisant les termes du programme, mais d'autres formulations équivalentes venant des élèves sont possibles : une même force a plus d'effet sur la rotation si elle est appliquée à une plus grande distance de l'axe ; une grande force a plus d'effet qu'une petite force si elle est appliquée à la même distance de l'axe.

Séance 8. Y a-t-il des leviers dans les organismes vivants ?

Le principe du levier intervient également dans le monde du vivant où il convient de mettre en évidence sa présence. L'enseignant constatera toutefois une certaine difficulté pour les élèves à isoler le mécanisme de base du levier au sein d'un organisme vivant complexe, il devra les aider à établir la schématisation nécessaire.

Lorsqu'il s'agit par exemple de réfléchir aux points d'attache des tendons sur les os, de nombreux élèves commettent l'erreur illustrée par la figure 13.

Un travail complet sur le rôle des muscles dans le mouvement au niveau des articulations nécessite plusieurs séances (nous renvoyons à un exemple dans notre sélection de sites). Nous supposons qu'il a été effectué et nous proposons ici deux pistes complémentaires où le principe du levier intervient.



Figure 13. *Biologie 5^e*, collection « C. Désiré et R. Tavernier » © Bordas, Paris, 1978. L'attache des muscles sur les os: un exemple de levier. À gauche: une erreur fréquente. À droite: le schéma correct.

L'articulation de l'aile d'un insecte

Les élèves prennent connaissance de la fiche de travail (annexe 1). L'enseignant donne toutes les informations utiles pour qu'elle soit comprise des élèves (utilisation possible d'un document vidéo disponible sur le cédérom). En particulier, il s'assure de la compréhension du schéma représentant une section du thorax d'un insecte et du changement d'échelle dans la représentation de l'épaisseur de la cuticule (enveloppe externe de l'insecte). Ce changement est nécessaire pour qu'on puisse fixer des attaches parisiennes. Il invite également ses élèves à relire, sur leur carnet ou sur leur livre, la leçon concernant l'articulation de l'avant-bras chez l'homme et montrant le rôle des muscles.

Les élèves travaillent ensuite à proximité les uns des autres pour pouvoir échanger et réfléchir entre eux. Ils réalisent individuellement le travail demandé sur la fiche.

Collectivement, le maître récapitule à partir des maquettes réalisées par les élèves ou d'une maquette plus grande qu'il a lui même confectionnée (voir figure 14).



Figure 14. *Biologie 5^e*, collection « C. Désiré et R. Tavernier » © Bordas, Paris, 1978.

La coupe du thorax, muscles contractés, attendue des élèves est présentée dans la figure 15 (à droite) elle est comparée avec la figure dans laquelle les muscles sont relâchés (à gauche).

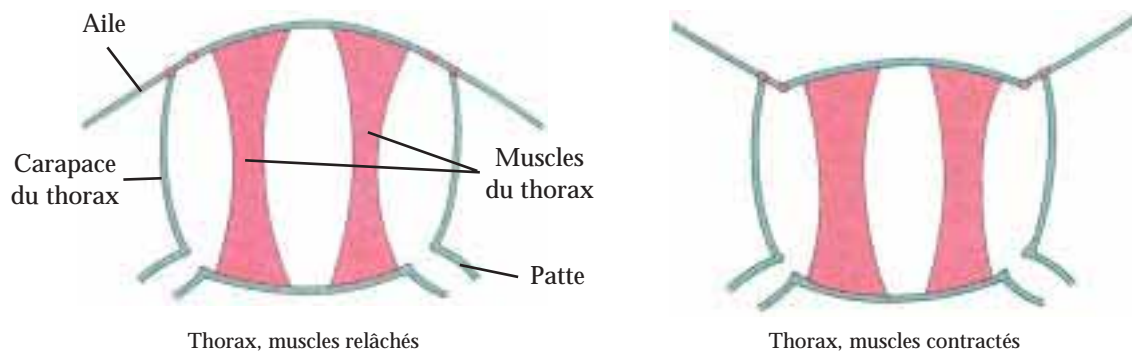


Figure 15. *Biologie 5^e*, collection « C. Désiré et R. Tavernier » © Bordas, Paris, 1978.

L'ouverture d'un coquillage par un crabe (annexe 2)

Au cours d'une première phase, l'enseignant distribue à ses élèves des coquillages du genre bulot. Il leur demande d'éprouver à la main la solidité de la coquille et leur explique comment un crabe s'y prend pour la casser et pour accéder à sa nourriture (annexe 2 et animation sur le cédérom).

Il commente la vignette 1, qui montre comment la pince du crabe Calappa peut s'apparenter aux leviers précédemment étudiés. Après avoir correctement positionné le coquillage, il engage la dent massive et puissante de sa pince droite dans l'ouverture de celui-ci, puis exerce un effort sur le bord de la coquille pour la casser. Par cette ouverture, il peut fouiller l'intérieur du coquillage et accéder à sa nourriture qu'il saisit à l'aide du doigt long et fin de la pince gauche.

Conditions de la mise en œuvre de la séquence

Matériel pour un groupe de trois ou quatre élèves (voir figure 7)

- Une petite boîte de matériel de construction. Si la classe n'en dispose pas, elle peut s'en faire prêter par une école voisine ou par les élèves eux-mêmes ;
- une règle plate ou une baguette de 30 à 50 cm de longueur et une règle à section carrée dont le contact joue le rôle de pivot ;
- deux boîtes identiques (sans couvercle). Elles sont destinées à être fixées, par des élastiques, sur les règles ;
- une réserve d'objets identiques (billes, boulons, vis, rondelles, écrous...) ; ils seront disposés dans les boîtes.

Matériel collectif

- Une bûche (ou un moellon ou une grosse pierre) et un manche de pioche (ou autre gros bâton) afin de soulever le bureau de l'enseignant (séance 2) ;
- une planche solide d'environ 2 m de long, à poser sur la bûche (synthèse de la séance 4).

Durée

Nous proposons un déroulement réalisable en huit séances. Les enseignants désirant approfondir le sujet ont trouvé des prolongements dans la partie « Pour aller plus loin ». À l'inverse, ceux qui souhaitent un déroulement minimum pourront se contenter des quatre premières séances. Il est également envisageable de répartir le travail sur le cycle en abordant les quatre premières séances en CE2 et les quatre suivantes en CM1.

Fiches connaissances conseillées

Voir les fiches n° 24, « Leviers et balances », et n° 11, « Mouvements et déplacements ».

Conclusion

Pour évaluer des savoirs et des compétences acquis, des éléments d'évaluation possibles sont présentés dans l'annexe 3. Les élèves doivent indiquer si le principe du levier est présent dans différentes vignettes (de difficulté variable) qui leur sont présentées.

Pour aller plus loin

Les balances, la notion d'équilibre

Partant de la situation classique de l'enfant qui veut se balancer avec un adulte (plus grand, plus lourd), on pourra proposer aux élèves de réinvestir leurs connaissances sur les leviers. (Où placer le pivot de la balancelle ? Avec un pivot fixe, où placer l'adulte et où placer l'enfant ?). À l'issue de ce travail, on pourra proposer la fabrication d'une balance romaine constituée d'une tige suspendue par un anneau en un point proche d'une extrémité. On cherchera à faire l'équilibre entre une charge accrochée à l'extrémité et un contrepoids (boule de pâte à modeler, rondelles ...) que l'on fera coulisser le long de la tige à l'aide d'un trombone.

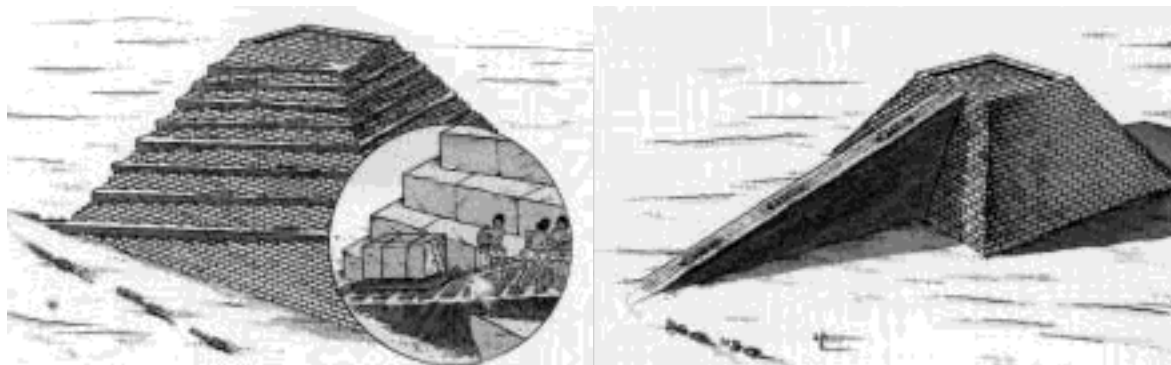


Figure 16. © Arkeo junior, décembre 2000.

La construction des pyramides : leviers ou plans inclinés ?

Si l'activité de la séance 6 a été menée à son terme, les élèves disposent d'un moyen pour comparer des forces (figure 11). C'est bien sûr rudimentaire mais suffisant pour le but poursuivi. Il est possible de présenter rapidement les éléments du débat à l'aide d'un petit texte (à expliquer avec les élèves) et de quelques images.

« De nouvelles hypothèses remettent en cause l'utilisation de rampes pour la construction des pyramides d'Égypte.

Vous êtes l'architecte du pharaon Kheops et il souhaite pour tombeau la plus grande pyramide jamais construite. Ses désirs étant des ordres divins – votre tête est en jeu – vous convoquez aussitôt votre cabinet d'étude pour réfléchir au problème. Comment peut-on assembler des milliers de blocs de calcaire de 2,5 tonnes et 90 blocs de granit de 25 tonnes ?

Les égyptologues se perdent encore en conjectures sur les méthodes des architectes égyptiens. Deux écoles s'opposent. La plus répandue propose la construction d'une rampe inclinée progressivement rehaussée et prolongée, sur laquelle des hommes tiraient les blocs de pierre. Selon la deuxième, des machines en bois utilisant le principe du levier hissaient les blocs de pierre d'une couche horizontale à l'autre⁴. Parmi les tenants de la thèse "machiniste" [des leviers], l'architecte Pierre Crozat a récemment proposé un système en accord avec les écrits de l'historien grec Hérodote (- 484 ; - 420). (...) »

© Pour la science, n° 265, novembre 1999.

Le travail des élèves consiste alors, par petits groupes, à examiner l'hypothèse alternative aux leviers en montrant expérimentalement que l'effort nécessaire pour soulever une charge est moindre, lorsqu'on a pris la précaution de limiter les frottements (surfaces polies ou savonnées), quand on la hisse le long d'un plan incliné que lorsqu'on la soulève verticalement.

Sélection indicative de sites

Histoire

- Une page d'Histoire sur la mécanique à Alexandrie : www.cnam.fr/museum/revue/ref/r20a04.html
- Le pont-levis du château du Coudray-Salbart : <http://visite.salbart.org/index.php3?url=t-portal.php3>
- Le pont-levis à l'entrée de la cité de Carcassonne : <http://ecole.wanadoo.fr/lagravette.carcassonne/patrimoine/pont.htm>
- La prise de la Bastille commence par la destruction du pont-levis : www.diagnopsy.com/Revolution/Rev_008.htm
- Historique de ponts mobiles en fer (dont un pont-levis), à Tournai, sur l'Escaut : www.met.be/metpub/src/actu12/p09.html

4. Ces machines sont similaires à celle qui a été présentée aux élèves en séance 2 (figure 6).

Objets techniques

- Une photo du pont-levis du port de Marseille :
<http://sarkis.com/photo/MARSEILLE/PONT.html>
- Le système du levier dans différents types de touches de piano (schémas) :
www.pianomajeur.net/hist05.htm
- Site très riche s'adressant aux passionnés du VTT ; système de levier visible sur la photo :
<http://perso.libertysurf.fr/cyclenet/transmission.htm#manivelles>
- Un système de poulie pour téléski (photo jointe) :
www.gimar-montaz-mautino.fr/produit/teleski.htm
- Une poulie de bateau (photo jointe) :
www.vlevelly.com/Bateaux/poulie.html
- Poulie fixe, poulie mobile et palan :
www.total.net/~lego/poulie.htm

Divers

- Maquette de château fort avec pont-levis à construire par un enfant, à la maison :
www.tiboo.com/tibooparc/bricolages/chateau-fort.htm
- Une expérience avec des rats de laboratoire, qui ont pu manipuler un levier par la seule force de leur concentration mentale :
www.sciencepresse.qc.ca/archives/cap2806994.html
- Une page d'étudiant très pédagogique sur le principe du levier (autre : poulie, treuil...) :
<http://esjn.csriverraine.qc.ca/Travaux/etudiants/physique/peleve99/colldaveweb/leviers.html>
- La construction d'un treuil pour ériger une éolienne :
http://eoliennes.free.fr/treuil_c.html
- Site consacré à la tendinite du tendon d'Achille qui explique (texte + schéma) que ce tendon réalise un système de levier et de poulie :
www.domyos.com/running/fr/html/CourseSante/ru10d.asp

Activités pédagogiques

Voici une sélection d'activités proposées sur le site de La main à la pâte :

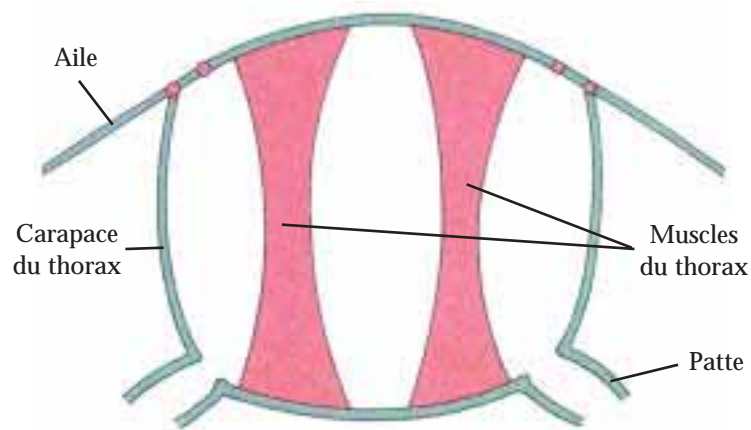
- Six séances sur les mouvements corporels :
www.inrp.fr/lamap/activites/locomotion/sequence/mouvement/sommaire.htm
 - Programme Insight pour l'étude des sciences à l'école élémentaire, « soulever des choses lourdes » :
www.inrp.fr/lamap/activites/insights/chose_lourde/accueil.html
 - L'équilibre d'une grue :
www.inrp.fr/lamap/activites/leviers_balances/module/equilibre_grue/accueil.html
 - Mobiles en équilibre :
www.inrp.fr/lamap/activites/leviers_balances/sequence/mobile.htm
www.perigord.tm.fr/~eclsciences/PAGES/OBJetTEC/EQUIMOB/SoEqMobi.htm
 - Du pont-levis aux leviers :
www.inrp.fr/lamap/activites/objets_techniques/idees/temoignage/pont_levis.htm
 - Un site complet réalisé sur le thème des leviers et de l'équilibre par une école :
www.edres74.cur-archamps.fr/sprof/gdes74/seance/levier.htm
 - Des fiches pour l'enseignement de la physique et de la technologie aux 3 cycles :
www.ac-grenoble.fr/savoie/Disciplines/Sciences/Esp_ress/phys-tec.htm
- Par exemple :
- www.ac-grenoble.fr/savoie/Disciplines/Sciences/Esp_ress/Fiches/Plans-i.htm
 - www.ac-grenoble.fr/savoie/Disciplines/Sciences/Esp_ress/Fiches/Leviers.htm
 - www.ac-grenoble.fr/savoie/Disciplines/Sciences/Esp_ress/Fiches/Plans-i2.htm
 - www.ac-grenoble.fr/savoie/Disciplines/Sciences/Esp_ress/Fiches/Poulies.htm

Sources

Travail expérimenté dans la classe de CE2-CM1-CM2 de l'école du Chaumet à Évières (74), dans la classe de CE2 de l'école des Fins à Annecy et à Vaulx-en-Velin dans différentes classes des écoles élémentaires Jean Vilar, Martin-Luther King et Courcelles.

Le vol d'un insecte⁵

Le schéma ci-dessous représente la coupe du thorax d'un insecte lorsque les muscles sont relâchés. Pour simplifier, certains muscles n'ont pas été représentés.

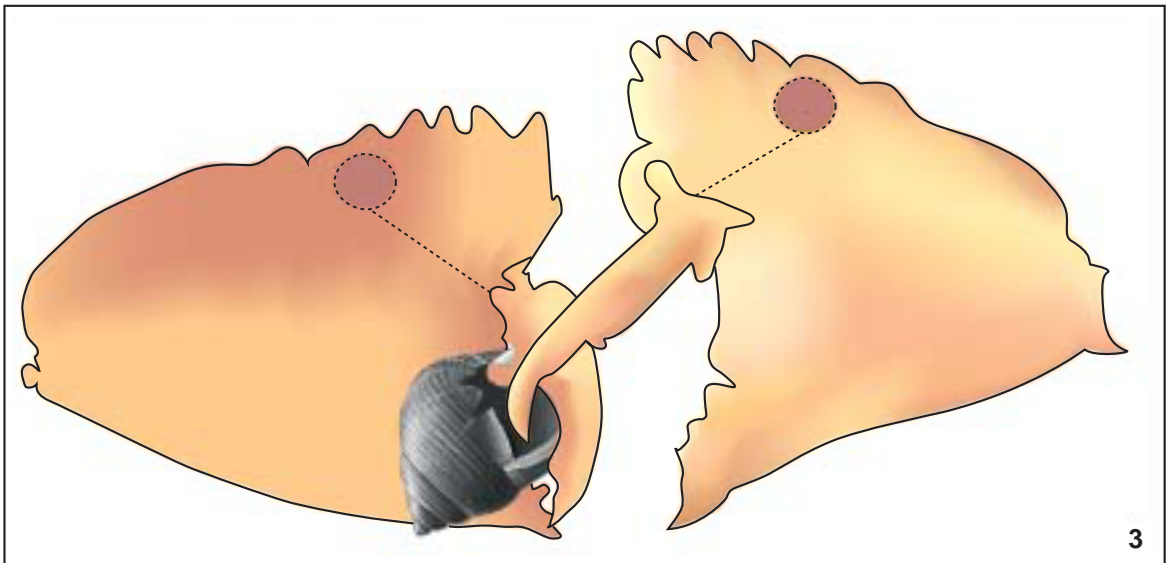
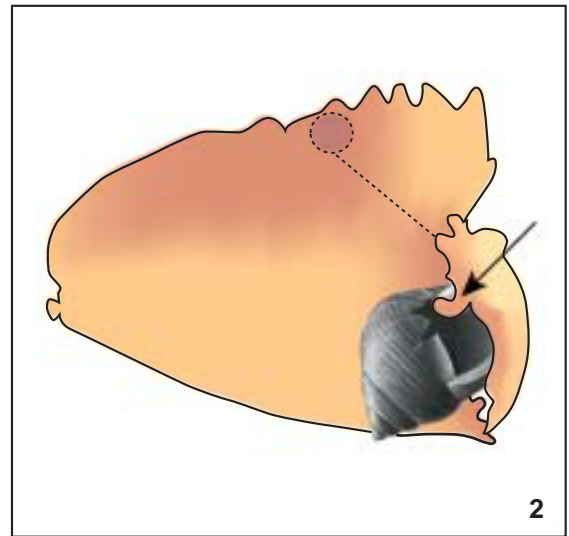
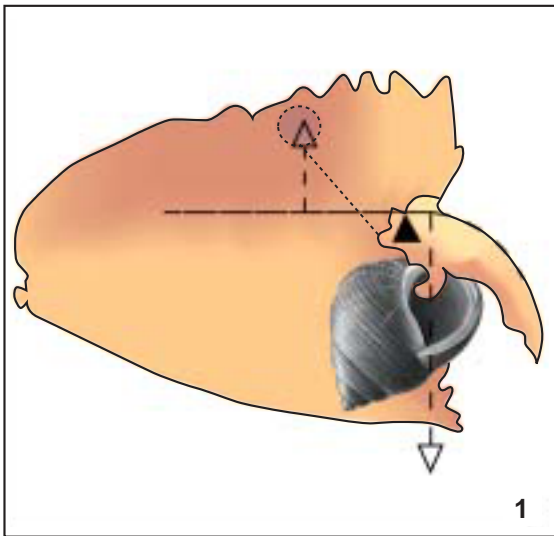
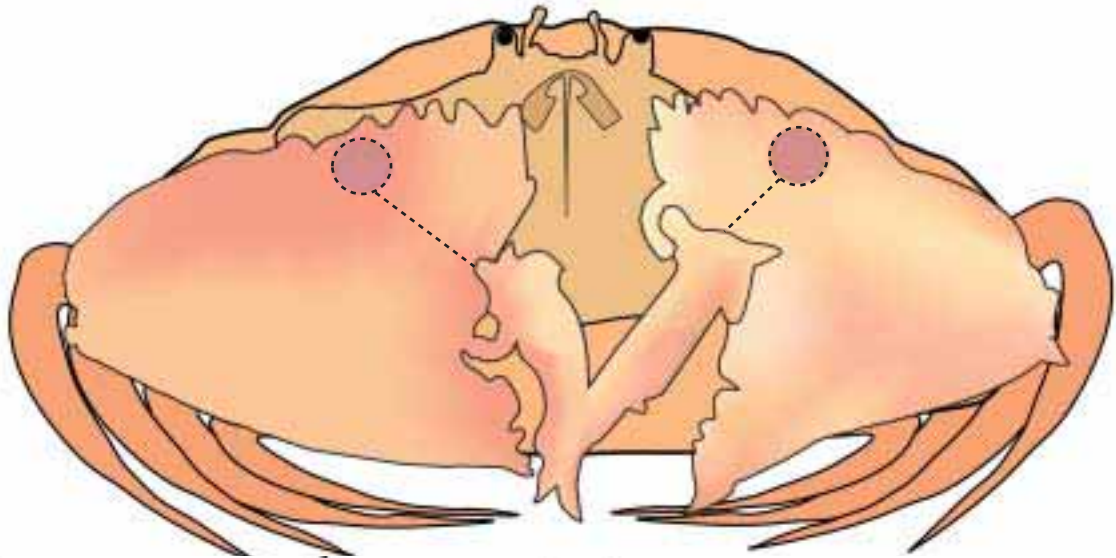


Reproduis et découpe les formes ci-dessous dans du carton léger. Ils représentent la partie gauche de la coupe ci-dessus. À l'aide d'attaches parisiennes, réalise les articulations des ailes et fais-les fonctionner.



Sur ton carnet d'expériences, réalise le schéma en coupe du thorax lorsque les muscles sont contractés.

5. Toutes les images sont issues de *Biologie 5^e*, collection « C. Désiré et R. Tavernier » © Bordas, Paris, 1978. Ouvrage à consulter en bibliothèque. Un document vidéo est disponible sur le cédérom.



La schématisation (flèches) portée sur la figure 1 suggère que la petite force exercée par les muscles de la pince du crabe conduit à exercer une grande force sur le coquillage compte tenu de la différence des distances au pivot.

Nous proposons ici des éléments permettant aux maîtres d'évaluer chez leurs élèves l'acquisition de trois compétences relatives aux leviers : la reconnaissance de dispositifs utilisant le principe des leviers ; la compréhension du rôle des distances entre le pivot et le point où s'exercent les forces ; l'identification du principe des leviers dans des dispositifs plus complexes non étudiés dans cette séquence. Ils peuvent être utilisés à n'importe quel moment de la séquence. Leur rôle peut être simplement formatif, c'est-à-dire destiné à renseigner les élèves sur leurs acquisitions.

1. Observe ces objets et indique ceux qui fonctionnent selon le principe des leviers.



Image 1.
Un arrache-clous.



Image 2. Un casse-noix.



Image 3. Un coupe-ongles.



Image 4. Une trousse et sa fermeture Éclair.



Image 5. Une vignette de « Lucky Luke ». Extrait de : *Lucky Luke, Des rails sur la prairie*, © Lucky Comics, 2002.



Image 6. Une perforatrice de bureau.



Image 7. Une perceuse.

Indications pour le maître

Dispositifs utilisant des leviers (1, 2, 3, 5, 6). Dispositifs qui n'en utilisent pas, au moins de façon évidente (4, 7). Il est conseillé d'avoir une grande variété dans les dispositifs choisis. Certains sont très proches de ceux qui ont été étudiés (« Lucky Luke »), d'autres le sont moins. Les élèves peuvent croire qu'un levier est nécessairement constitué d'une tige rectiligne. L'arrache-clou et le coupe-ongles sont des leviers coudés. Ils peuvent penser qu'un levier est exclusivement destiné à soulever des charges importantes, ce qui conduit le maître à proposer des images comme la perforatrice ou le coupe-ongles. Ils peuvent également imaginer qu'un levier est toujours un outil (au sens de bricolage), d'où la proposition de la perforatrice de bureau ou du casse-noix (qui sont des leviers) et aussi de la perceuse (qui est un outil où il n'y a pas de levier⁶).

6. En fait, une étude précise de la perceuse permettrait d'en trouver, par exemple la gâchette. Mais, au niveau de l'élève d'école primaire, et compte tenu du travail réalisé, il paraît raisonnable de ne pas entrer autant dans le détail.

2. Observe cette image d'un album d'« Astérix ». Vois-tu des dispositifs qui fonctionnent sur le principe du levier ? Lesquels ?

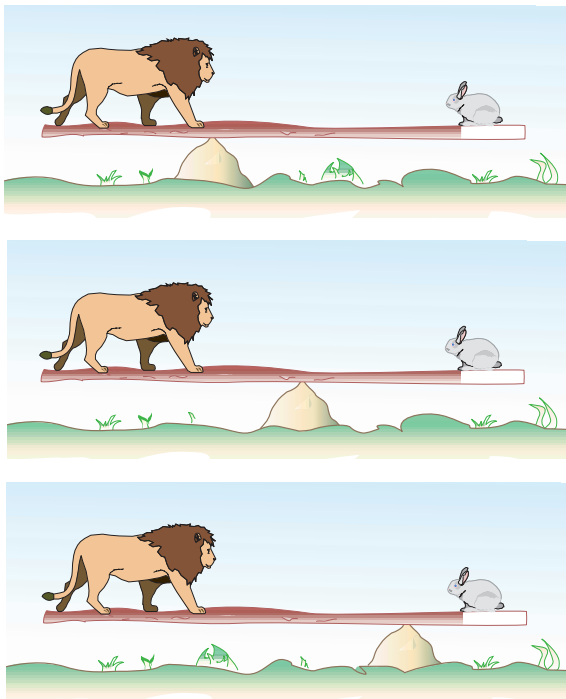


Extrait de : *Astérix et Cléopâtre*, © 2002 – Les éditions Albert René/Goscinny-Uderzo.

Indications pour le maître

On évaluera si le *chadouf* figurant à droite de la vignette est reconnu. Il semble également y avoir un autre levier, plus à gauche, à l'intérieur du palais. On s'assurera aussi que les élèves ne considèrent pas que l'es-pèce de traîneau glissant sur le sable est un levier.

3. Observe ce lion et ce lapin. Est-il possible qu'ils soient en équilibre dans un ou plusieurs de ces dessins ? Entoure le cas ou les cas possible(s).



4. Observe le dessin ci-dessous.



Extrait de : *Comment ça marche = (How Things Work?)*, avec la permission de Usborne Publishing Ltd., 83-85 Saffron Hill, London EC1N 8RT, England. © 1984 Usborne Publishing Ltd.

Dessine la planche et le pivot tels qu'ils ont été disposés par les acrobates. Pourquoi les ont-ils placés ainsi ?

Indications pour le maître



Les exercices 3 et 4 visent à savoir si les élèves ont bien compris l'influence de la position du pivot (loin de la charge à propulser dans le cas du numéro d'acrobatie) et du point où s'exercent les forces.

C

omment savoir d'où vient le vent ?

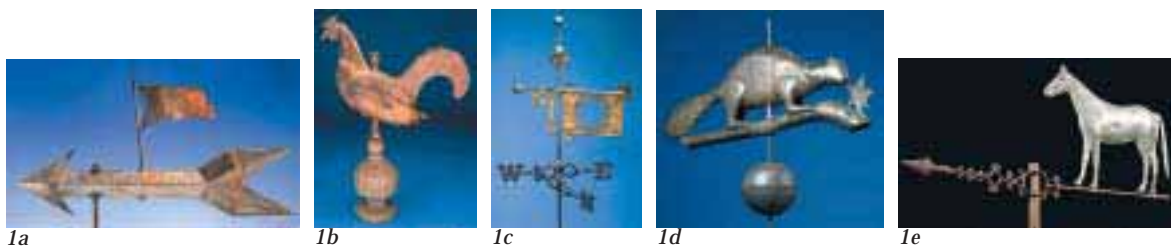


Figure 1. Quelques girouettes, © Musée canadien des civilisations ;
1a : collection Nettie Covey Sharpe, photo S90-2167, catalogue 80-138 ;
1b : photo S82-409, catalogue 73-529 ; 1c : photo S90-2168, catalogue 73-614 ;
1d : collection Nettie Covey Sharpe, photo S90-2116, catalogue 77-1045 ;
1e : photo S89-1549, catalogue 71-315.

Cette séquence est l'occasion d'illustrer l'articulation entre science (construction de connaissances : ici, la matérialité de l'air, les effets des forces) et technologie (construction d'un objet dont on définit les fonctions et l'utilité).

- L'air en mouvement peut produire une force et créer un mouvement.
- Cet effet peut être utilisé pour le fonctionnement de certains objets.
- Ces objets peuvent avoir pour fonction de produire de l'énergie (moulin à vent, éolienne) ou d'indiquer une direction (manche à air, girouette). Dans le cas de la manche à air, on obtient en outre une indication sur la vitesse du vent.

En tant qu'objectif de construction, c'est la deuxième fonction qui est retenue ici, pour des raisons tant de simplicité de réalisation que d'intérêt pédagogique (existence d'un axe de rotation, lien avec le repère des points cardinaux).

En appui au module optionnel du programme relatif à l'énergie, il est possible d'envisager une séquence analogue conduisant à la construction d'une éolienne, d'un char à voile...

La place dans les programmes

- Au cycle 2 : dans le cadre de l'étude de la matière, les élèves ont pris conscience de l'existence de l'air. Ils ont également abordé l'état gazeux à travers la matérialité de l'air. Dans le cadre de l'étude du domaine de l'espace, ils ont appris à représenter l'environnement proche, se repérer, s'orienter. Ils savent décrire oralement et localiser les différents éléments d'un espace organisé.
- Au cycle 3 : cette séquence sur le vent trouve sa place au sein de plusieurs parties du programme de Sciences expérimentales et technologie mais aussi de mathématiques :

Extraits du programme	Extraits du document d'application	
	Compétences spécifiques	Commentaires
<p>Le monde construit par l'homme L'élève s'initie, dans le cadre d'une réalisation, à la recherche de solutions techniques, au choix et à l'utilisation raisonnée d'objets et de matériaux.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Leviers et balances ; équilibres. – Objets mécaniques ; transmission de mouvements. <p>La matière – L'air, son caractère pesant. – Plan horizontal, vertical : intérêt dans quelques dispositifs techniques.</p> <p>L'énergie – Exemples simples de sources d'énergie utilisables [le vent est une source d'énergie].</p> <p>Le ciel et la Terre – Les points cardinaux et la boussole.</p> <p>Espace et géométrie (programme de mathématiques) – Les relations et propriétés géométriques : alignement, perpendicularité, symétrie axiale.</p>	<p>« Dans la poursuite des activités abordées au cycle 2, l'élève s'initie, dans le cadre d'une réalisation, à la recherche de solutions techniques, au choix raisonné et à l'utilisation raisonnée d'objets et de matériaux.</p>	
	<p>Être capable de prévoir ou d'interpréter qualitativement quelques situations d'équilibre, en particulier lorsque les forces qui s'appliquent ne sont pas à égale distance de l'axe. Être capable d'utiliser pour ce faire les deux propriétés suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – une même force a plus d'effet sur la rotation si elle est appliquée à une plus grande distance de l'axe ; – une grande force a plus d'effet qu'une petite force si elle est appliquée à la même distance de l'axe. 	<p>C'est à travers des réalisations effectives et concrètes que s'exerce la réflexion (exclusivement qualitative) des élèves. Exemples possibles : fabrication d'une grue et équilibre de la flèche, fabrication et équilibre d'un mobile, fabrication ou utilisation de pinces, de leviers, etc. Étude de leur efficacité...</p>

- Au collège : on introduira la notion de force.
- Au lycée : on étudiera le mouvement d'un solide en rotation autour d'un axe, le travail d'une force et l'énergie.

Connaissances et savoir-faire que l'on souhaite voir acquis ou en cours d'acquisition par les élèves à l'issue de la séquence

Le vent est un déplacement d'air par rapport à un repère, on en perçoit les effets. L'air exerce des forces sur un objet par rapport auquel il est en mouvement. Ces forces agissent sur la forme (et/ou) sur la position de l'objet.

En position d'équilibre, une girouette indique la direction du vent local si les surfaces¹ situées de part et d'autre de l'axe de rotation sont très différentes ; la partie située en amont est celle de plus petite surface. Elle indique alors d'où vient le vent.

1. Voir partie suivante « Un déroulement possible de la séquence ».

Un déroulement possible de la séquence

Les séances ci-dessous ne sont pas de même importance, et n'ont pas à être toutes mises en œuvre à cette place et dans cet ordre ; leur succession n'est pas un découpage temporel linéaire.

De nombreux scénarios sont possibles, néanmoins les séances 2, 3, 4 et 5 constituent un noyau incontournable mais sécable. Il appartient aux maîtres, en fonction de leur projet pédagogique, d'ajouter à ce noyau, et, au moment qui leur paraît le plus opportun, telle ou telle séance. En particulier la séance 7 peut naturellement s'intégrer à la séance 4.

Quelques exemples de parcours :

- séances 2, 3, 4 et 5 ;
- séances 6, 2, 3, 4 et 5 ;
- séances 2, 3, 7, 4 et 5 ;
- séances 2, 3, 4, 7, 5, 8...

N.B. - La séance 1 relèverait plutôt du cycle 2, toutefois si elle est menée en préalable immédiat aux séances suivantes, les élèves iront plus vite dans la séance 2 vers la question de l'orientation et des repères possibles.

Séances	Question de départ	Activités conduites avec les élèves	Démarche scientifique	Connaissances, savoirs et savoirs faire en jeu
Séance 1	Quels sont les effets du vent ?	Les élèves repèrent, à partir de leur expérience sensible et de leurs observations, des phénomènes qui mettent le vent en évidence. Ils essayent de les décrire.	Observation.	Savoir distinguer les éléments de la nature des objets construits par l'homme.
Séance 2	Quels objets indiquent la direction du vent ?	Séance courte, faisant émerger que le vent exerce des forces sur les objets qu'il rencontre et peut produire leur mouvement.	Propositions d'expériences.	Savoir argumenter. Savoir représenter.
Séance 3	Quelles sont les caractéristiques de ces objets ?	Les élèves testent tout ou partie des propositions faites dans la séance précédente.	Premières expérimentations et élaborations de caractéristiques attendues de l'objet.	Savoir sélectionner une information pertinente. Comprendre que le vent est de l'air en mouvement par rapport à un repère.
Séance 4	Comment fabriquer une girouette ?	Les élèves sont confrontés à des situations mettant en évidence le rôle des masses et des surfaces situées de part et d'autre de l'axe de rotation.	Premières réalisations.	Comprendre que le vent exerce des forces sur l'objet. Observer que la girouette indique la direction du vent local si les surfaces de part et d'autre de l'axe de rotation sont très différentes.
Séance 5	Construction d'une girouette.	Les élèves réalisent, puis testent à la lumière des expériences précédentes, une girouette qui répond aux critères fixés.	Construction et validation.	Savoir réaliser un dispositif technique répondant à des contraintes précises.

Séances	Question de départ	Activités conduites avec les élèves	Démarche scientifique	Connaissances, savoirs et savoirs-faires en jeu
Séance 6	Pourquoi chercher à savoir d'où vient le vent ?	À travers des documents, les élèves réfléchissent au rôle historique et social des objets construits par l'homme, et qui répondaient au besoin de connaître la direction du vent. Ils comparent avec la situation actuelle.	Recherche documentaire.	Apprendre à trouver une information pertinente dans un document.
Séance 7	Comment repérer la direction du vent ?	Les élèves, en cherchant à décrire la direction du vent (dans l'école, lors d'une sortie, sur un plan ou une carte) sont amenés à utiliser les notions de « repère local » et de « repère géographique » (points cardinaux).	Observations.	Être capable de distinguer « repère local » et « repère géographique ». Savoir utiliser une boussole.
Séance 8	Quels sont les vents dominants ?	Les élèves relèvent régulièrement la direction du vent donnée par la girouette, et observent la variabilité des vents locaux.	Observations et réalisations.	Recueillir des données sous des formes pertinentes. Représenter des données avec des outils mathématiques et interpréter ces données.

Séance 1. Quels sont les effets du vent ?

Au cours de cette séance, les élèves repèrent, à partir de leurs observations et de leur expérience sensible, des phénomènes qui mettent le vent en évidence ; ils essayent ensuite de les décrire.

Objectifs

- Première approche des effets du vent sur les éléments présents dans la nature ou sur les objets construits par l'homme.
- Explicitation de la distinction entre ce qui est construit par l'homme et ce qui ne l'est pas.
- Enrichissement du vocabulaire lié aux phénomènes observés.
- Enrichissement de la langue lié aux spécificités des situations (observations, descriptions, interprétations, essais...).

Situation de départ, questionnements

Afin de ne pas enfermer les élèves dans des questions trop formelles, ou des réponses convenues, on peut proposer un scénario du type :

« F. dit qu'aujourd'hui il y a du vent ; cherchez, en observant dehors, des indices qui lui permettent de justifier cette affirmation. »

Exemples de réponses des élèves

Les feuilles, les branches d'arbres, les cheveux, le doigt mouillé, la poussière, la terre, le sable, la fumée, la « vapeur » des cheminées, un morceau de tissu, du linge qui sèche, les nuages qui bougent, un morceau de papier, une manche à air, une girouette, un cerf-volant...

Analyse des réponses et élaboration du problème

« Quelles sont les différences entre toutes ces propositions, comment peut-on les classer ? »
Il ne paraît pas réaliste d'attendre des élèves du cycle 2 qu'ils imaginent d'eux-mêmes le classement souhaité (construit/naturel). Le maître peut légitimement amener cette distinction par la conduite d'échanges oraux dans le groupe classe et faire apparaître trois catégories :

- les effets du vent sur le corps, perçus à l'aide des cinq sens ;
- les effets du vent sur des éléments présents dans la nature ;
- les effets du vent sur des objets construits par l'homme.

Conception des investigations par les élèves

C'est dans la troisième catégorie que l'on demandera aux élèves d'élaborer et d'expérimenter un dispositif. Cela conduira à une nouvelle distinction entre :

- les objets construits par l'homme pour obtenir des informations sur le vent (vitesse, direction). Si la boussole ou la rose des vents ont été citées, elles seront provisoirement classées dans cette catégorie pour être mises à l'épreuve, l'obstacle sera surmonté plus tard ;
- les objets subissant l'effet du vent mais qui n'ont pas été construits pour obtenir des informations sur le vent (tuiles qui s'envolent, parapluie qui se retourne...).

Traces, travail sur la langue

Des écrits pourront être demandés aux élèves pour :

- mettre en forme les premières observations dans le cadre donné par les trois catégories (description, justification du classement dans chaque catégorie...);
- proposer des constructions simples à tester.

Les productions d'écrits sont nécessaires pour amener à catégoriser et à représenter.

Exemple d'enrichissement du vocabulaire : tourbillonner, virevolter, se disperser... Les tuiles sont projetées, non les papiers ; les feuilles virevoltent, non les tuiles...

Exemples de dispositifs construits

Eau dans un verre presque plein (il y a des vaguelettes à la surface de l'eau en présence de vent), chiffon accroché à une bouteille lestée, papier accroché avec de la ficelle...

Il est souhaitable de tester ces réalisations à l'extérieur. À leur tour, elles donneront lieu à un travail de schématisation sur le carnet d'expérience.

Séance 2. Quels objets indiquent la direction du vent ?

Les élèves imaginent des dispositifs qui permettent de savoir d'où vient le vent. Séance courte, mais pouvant être scindée en deux temps proches.

Objectif

Faire expliciter les conceptions des élèves et soumettre celles-ci à une première analyse afin de préciser le but de l'activité ultérieure.

Consigne

Chaque élève répond à la double question suivante : « Connaissez-vous des objets que l'on peut utiliser pour savoir d'où vient le vent ? Comment les utilise-t-on ? ».

Les élèves décrivent leurs propositions sur leur carnet d'expériences, à l'aide de dessins et/ou de textes. L'enseignant s'assurera de la bonne compréhension de la consigne. Selon l'âge et l'expérience antérieure des élèves, on a pu observer une difficulté à distinguer la question de l'origine (la cause) du vent, de celle de sa direction et de son sens.

La question « Pourquoi y a-t-il du vent ? » serait légitime, mais ce problème, trop complexe pour l'école, ne sera pas traité ici.

Exemples de dispositifs proposés par les élèves

- « J'accroche un ballon à une ficelle, je regarde dans quel sens le ballon se déplace. »
- « Je prends un cahier avec les pages qui tournent, je tourne ensuite mon cahier pour que le vent fasse tourner les pages. »
- « J'accroche un bout de ficelle, de tissu, à un bâton. »

- « Je fixe une bouteille percée sur un bâton. »
- « Je prends un drapeau. »
- « Je prends une manche à air. »
- « Je prends une girouette. »
- « Avec un satellite. »
- « Avec une boussole². »

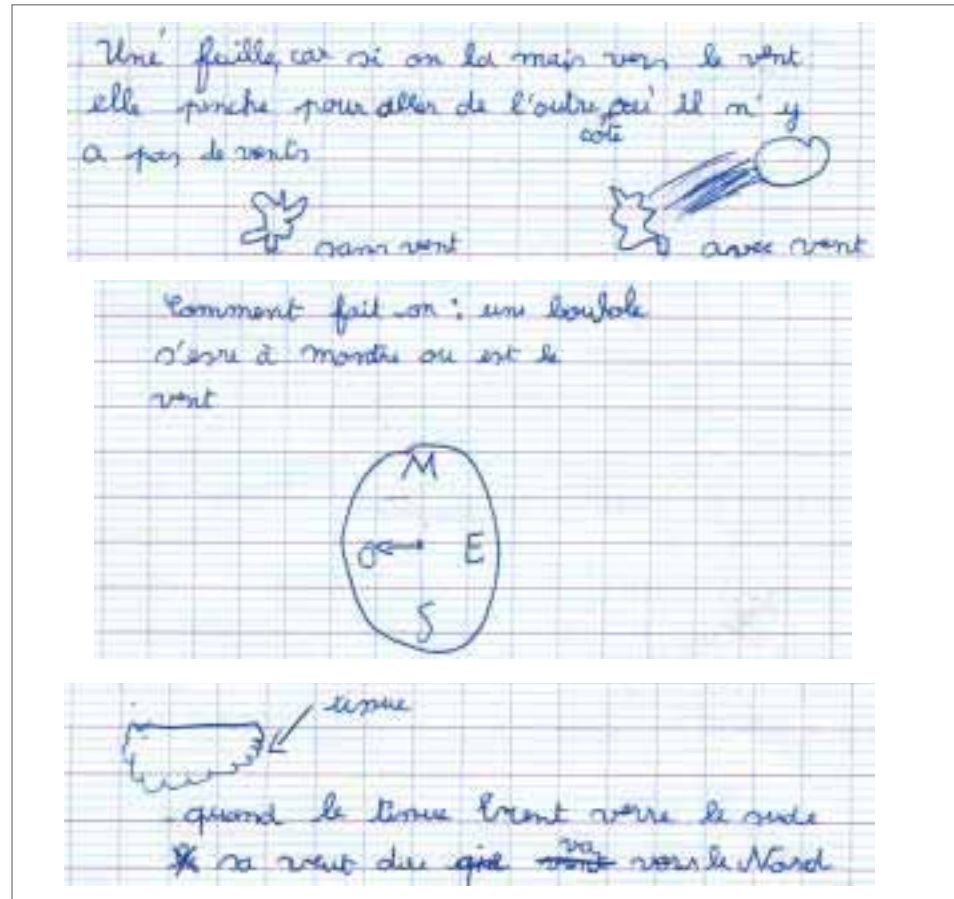


Figure 2. Trois propositions des enfants.

Gestion des propositions des élèves

Ce traitement peut s'organiser de deux façons pour aboutir à des questions productives (voir l'introduction, paragraphe « Repères pour la mise en œuvre d'une séquence »).

- Par traitement immédiat :

Le maître propose de classer les propositions des élèves dans les catégories ci-dessous, données *a priori*. Chaque groupe (qui pourrait aller ici de quatre à six élèves) élaborera un classement argumenté des propositions de ses membres et rédigera sur une affiche sa proposition. La comparaison des affiches permettra au maître de conduire un débat pour préciser les obstacles, limiter les choix à ceux qui paraissent pertinents dans le cadre de la séquence.

- Par traitement différé :

Toutes les propositions sont notées par l'enseignant. Deux organisations pédagogiques sont possibles :

- Les élèves, par exemple par paires, s'entendent pour répartir l'ensemble des propositions notées par l'enseignant dans les catégories données, ici aussi, *a priori*. Des confrontations par groupes de quatre, voire ensuite entre groupes, permettent d'élaborer un classement argumenté destiné à être présenté à la classe.

2. Les deux dernières propositions d'enfants sont, bien entendu, non pertinentes. Ils le constateront par la suite.

- Par petits groupes, les élèves élaborent eux-mêmes des catégories, en référence au travail effectué au cours de la séance 1. Ils proposent un classement. Les interactions et le débat porteront alors sur les critères de catégorisation et sur la répartition des réponses selon ces critères.

Exemple de catégories possibles

Catégorie 1 : dispositifs répondant au problème mais non réalisables en classe : il existe des satellites qui observent l'atmosphère depuis l'espace et permettent d'en déduire la direction du vent, (au-dessus des océans par exemple), mais on ne va pas construire un satellite en classe !

Catégorie 2 : dispositifs faisant directement appel à l'un de nos cinq sens. Le bruit du vent dans les oreilles, le doigt mouillé...

Catégorie 3 : dispositifs liés à l'observation de phénomènes dans l'environnement. Sens de la fumée, inclinaison des arbres, feuilles qui s'envolent...

Catégorie 4 : dispositifs objets. Girouette, manche à air, fil de laine, boussole, rose des vents... Parmi ceux-ci, on peut distinguer :

- les objets qui se déforment sous l'action du vent (ficelle, liquide) ;
 - les objets qui effectuent des mouvements autour d'une position fixe (objets accrochés).
- Ce sont les dispositifs proposés dans cette catégorie qui seront construits et testés par la suite.

Suggestions

On justifiera les raisons de la mise à l'écart des catégories 1, 2, 3 :

- catégorie 1 : manque de réalisme ;
- catégorie 2 : trop subjective, liée à la personne ;
- catégorie 3 : non reproductible, non universelle et de faible précision.

On en déduit une stratégie : construire un objet technique sensible aux forces exercées par le vent et en indiquant la direction de façon stable.

Les traces

On a évoqué ci-dessus les traces collectives, supports ou synthèses d'échanges. Cependant chaque élève pourra reformuler sur son carnet d'expériences ce qui le concerne plus précisément.

Dans les formulations possibles, on favorisera ce qui exprime que, pour connaître avec précision la direction du vent, il faut un objet qui, soit se déforme, soit s'oriente sous l'action du vent.

Séance 3. Quelles sont les caractéristiques de ces objets ?

Premières expérimentations et élaborations de caractéristiques attendues de l'objet. Les élèves testent tout ou partie des propositions faites au cours de la séance précédente et commencent à définir des caractéristiques fonctionnelles de l'objet. Cette séance étant longue, elle peut nécessiter d'être réalisée en deux temps.

Objectif

À partir de tests effectués sur les objets proposés et retenus, les élèves vont dégager certaines conditions pour qu'un objet réponde à la double question posée au début de la 2^e séquence, et donc préciser les caractéristiques de l'objet à construire (à ce stade, manche à air et girouette restent en concurrence).

Dans cette séance sera explicitée et traitée la question « Comment produire du vent ? ».

Consignes

Le dispositif retenu permet à chaque élève de mettre à l'épreuve de l'expérience ses propres conceptions, déjà plus ou moins transformées au cours de la séance 2.

Pour assurer un travail individuel réellement productif, les élèves seront répartis de préférence par paires. Le maître appréciera cependant le meilleur niveau de regroupement en fonction de la dynamique propre de la classe.

« Inventer et tester un objet qui indique d'où vient le vent ; on a donc besoin de vent, comment en produire ? »

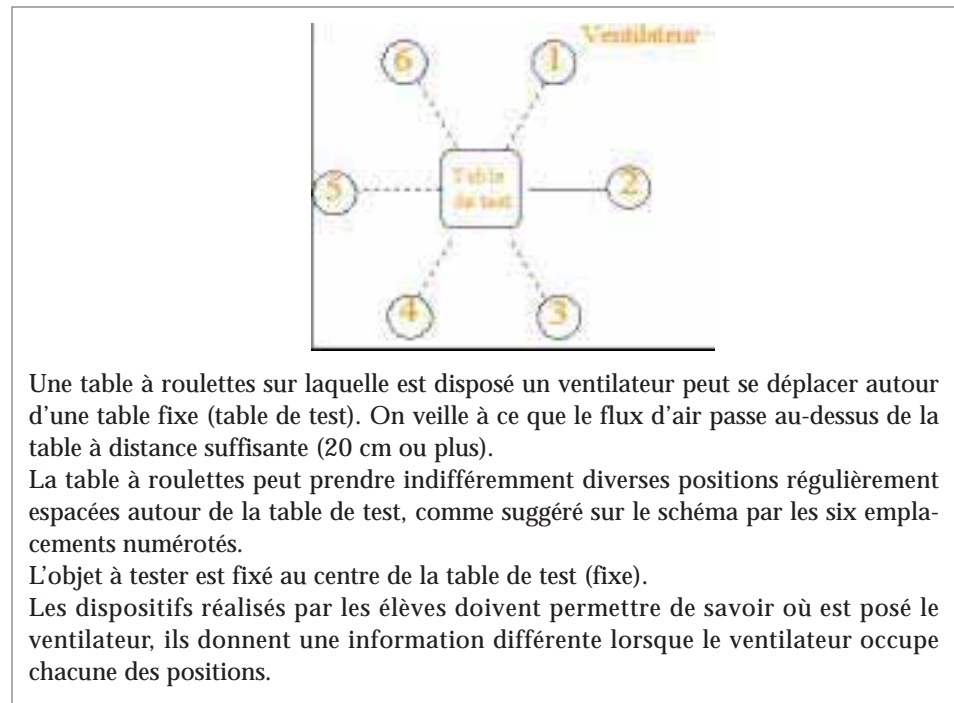
Les objets à tester seront choisis parmi ceux que les élèves ont proposés lors de la séance précédente.

Si les élèves ne les ont pas éliminées précédemment, c'est au cours de cette séance que seront exclues les solutions non pertinentes (boussoles, rose des vents), trop imprécises (fil de laine). À l'issue des premières tentatives de réalisation, le maître conduira les élèves vers la construction d'une girouette. La manche à air, souvent bien connue des élèves, demeure une solution pertinente.

La question du repérage sera posée, soit à partir de propositions des élèves, soit à l'aide du dispositif de test proposé ci-dessous.

Investigations conduites par les élèves

Le système de test des dispositifs peut être installé de la façon suivante (voir figure 3). Pour utiliser le ventilateur en toute sécurité, on veillera à ce qu'une grille de protection interdise tout contact avec les pales de l'appareil. Si la question du repérage n'apparaît pas d'emblée, elle sera différée (voir séance 7). L'expérience sera plus concluante avec un ventilateur de diamètre suffisant (10 à 20 cm). Pour garder trace des tests effectués



Une table à roulettes sur laquelle est disposé un ventilateur peut se déplacer autour d'une table fixe (table de test). On veille à ce que le flux d'air passe au-dessus de la table à distance suffisante (20 cm ou plus).

La table à roulettes peut prendre indifféremment diverses positions régulièrement espacées autour de la table de test, comme suggéré sur le schéma par les six emplacements numérotés.

L'objet à tester est fixé au centre de la table de test (fixe).

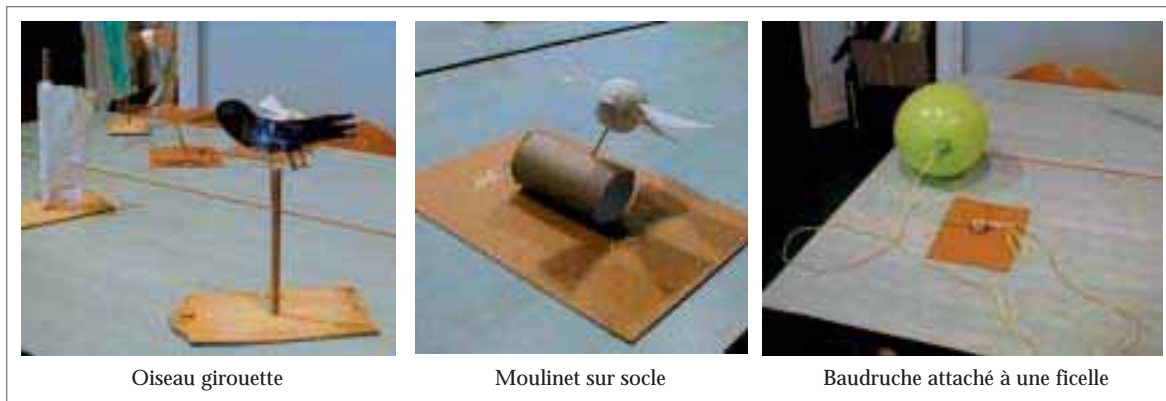
Les dispositifs réalisés par les élèves doivent permettre de savoir où est posé le ventilateur, ils donnent une information différente lorsque le ventilateur occupe chacune des positions.

Figure 3. Système pour le test des dispositifs de la classe.

avec ce dispositif, on pourra utiliser des plans réalisés à partir du schéma ci-dessus, des codages sur des supports donnés, ou d'autres propositions des élèves.

Il n'est toutefois pas conseillé d'imposer des repères intermédiaires (comme par exemple les positions du dispositif test) pour les élèves qui recourraient d'eux-mêmes aux notions de nord, sud, est, ouest, nord-est... De même, dans le cas où ces repères auraient été préalablement matérialisés dans la salle de classe (par exemple en géographie), il conviendrait de les utiliser.

Les observations du comportement des objets réalisés, et les interprétations qu'en font leurs auteurs seront comparées lors de confrontations organisées par le maître. Ces débats permettent de dégager les caractéristiques des objets pour qu'ils remplissent la fonction demandée.



Oiseau girouette

Moulinet sur socle

Baudruche attaché à une ficelle

Figure 4. Exemples de réalisations dans une classe de CM2.

Les traces

Sur le carnet d'expériences les élèves notent leur projet de construction, ce qu'ils en espèrent, puis leurs essais, tests et observations. Ils notent aussi les raisons pour lesquelles ils retiennent ou abandonnent le dispositif testé.

La nécessité de repères viendra de la nécessité de communiquer ou de garder une trace. (Par exemple si l'on réalise cette séquence lors d'une classe déplacée). On pourra aussi l'introduire par des questions telles que « où va le vent ? », « comment savoir si le vent vient toujours de la même direction ? », etc.

Quelques exemples d'observations pouvant donner lieu à un débat conduisant à l'élaboration de critères de réalisation

- Le dispositif indique une direction variable même si le vent est régulier, il ne trouve pas de position d'équilibre (cas du bout de laine par exemple).
- Le dispositif ne tient pas avec un vent fort ou se déforme (remède : construction de socles, haubanage).
- Le dispositif n'indique rien si le vent est faible (problème de seuil).
- Le dispositif ne résiste pas à la pluie !

Exemples d'écrits finalisés

- Le vent est un écoulement d'air qui vient d'un endroit (l'amont), va vers un endroit (l'aval) et possède donc une direction dans un repère donné.
- Un objet qui tourne sous l'action du vent peut indiquer d'où vient le vent.
- Pour pouvoir nommer cette direction, l'objet doit avoir un pointeur et il faut avoir un repère soit local, soit géographique (points cardinaux).

Exemples de caractéristiques trouvées par une classe

- Dissymétrie des objets pour pouvoir repérer le sens (distinguer un aval et un amont, d'où vient... où va...);
- Pour un dispositif ayant un axe de rotation, verticalité de l'axe et réduction des frottements;
- Sensibilité au vent (matériaux, formes);
- Stabilisation du dispositif dans une position indiquant la direction du vent.

Quelques conseils

La question « Comment produire du vent ? » devrait trouver assez facilement une réponse lors des expérimentations des élèves. Le vent produit peut être facilement associé à la mise en marche du ventilateur. Le vent est de l'air en mouvement.

Il est indispensable de préciser cette notion en introduisant celle de mouvement par rapport à un repère; pour cela, le maître pourra proposer une observation comparative entre :

- le ventilateur mettant l'air en mouvement;
- le déplacement d'un moulinet (ou d'une manche à air) dans l'air provoquant la rotation du moulinet (ou le gonflement de la manche à air).

Ceci devrait permettre de conclure que le vent est un déplacement d'air par rapport à un repère (notion de mouvement relatif).

Séance 4. Comment fabriquer une girouette ?

Dans cette séance, les élèves seront confrontés à des situations mettant en évidence en particulier le rôle des parties situées de part et d'autre de l'axe de la girouette.

Objectif

Faire apparaître par des tests, et des expériences annexes si nécessaire, une des contraintes essentielles de la girouette : la répartition des masses et des surfaces de part et d'autre de l'axe.

Répondre à la question : « Comment le vent agit-il ? »

Remarques à l'attention des maîtres

La réalisation d'une rotation dans de bonnes conditions techniques (pas de torsion exercée sur l'axe, minimisation des frottements), impose d'équilibrer les masses de part et d'autre de l'axe. Si cette condition n'est pas réalisée, la longévité du dispositif est réduite, par ailleurs les frottements limitent sa précision. Cet équilibrage est réalisé si le centre de gravité du système est placé sur l'axe. Il peut être obtenu de la façon suivante : en l'absence de vent, on place l'axe horizontalement, la girouette tournée dans n'importe quelle position doit y demeurer (les physiciens parlent d'équilibre indifférent).

D'un point de vue physique, ce n'est que dans le cas où les surfaces situées de part et d'autre de l'axe sont très différentes que la position d'équilibre de la girouette est parallèle au vent, la partie de petite surface, dirigée vers l'amont indique alors la direction d'où vient le vent. Cette condition est importante.

De façon surprenante, on peut même observer qu'un dispositif constitué de deux plaques planes symétriques par rapport à l'axe adopte une position d'équilibre perpendiculaire au vent, exception à une règle empirique simple selon laquelle les dispositifs étudiés s'orientent de façon à minimiser la prise au vent.

Il n'est pas question de proposer les explications précédentes aux élèves. Celles-ci sont destinées à aider le maître à interpréter les résultats des expérimentations des élèves, et à guider ceux-ci dans leurs découvertes empiriques.

Suggestion d'expérimentations qui peuvent être proposées par le maître

Des girouettes peu dissymétriques sont données aux élèves avec la consigne suivante : « tester ce dispositif et proposer des améliorations de façon à ce qu'il indique la direction du vent. »

Il s'agit de faire observer aux élèves l'imperfection de ce dispositif ; il sera facile de faire une expérience montrant que la girouette indique une direction nettement différente de celle du vent. Par interprétation et analyse plus ou moins empirique des résultats obtenus les élèves pourront être conduits à rendre fortement dissymétriques les deux surfaces des plaques de part et d'autre de l'axe de rotation. On veillera de même à faire observer aux élèves que, avec le même réglage du ventilateur, des surfaces de prise au vent différentes provoquent des mouvements différents.

Cette observation peut être utilisée pour aborder la question « Comment le vent agit-il ? », mais celle-ci peut aussi être introduite à partir de remarques d'élèves du type : « Le vent fait tomber la girouette » ou « le vent pousse la girouette » ou encore posée par le maître pendant ou après les expérimentations. Il peut être intéressant de préparer cette étape, lors des séances d'expérimentations, en privilégiant les situations dont l'analyse conduit à dire que le vent « pousse » les objets et plus précisément que le vent exerce des forces sur les surfaces de prise au vent, et que l'importance de ces forces est liée à l'importance de la surface de prise au vent.

À l'attention du maître

Dans les bulletins de météorologie marine, le mot « force du vent » (exprimé sur l'échelle de Beaufort) est utilisé pour désigner sa vitesse. De façon à éviter les confusions, on préférera le mot « vitesse » (exprimée en kilomètres par heure, km/h), le mot force est en effet réservé dans le langage scientifique à une autre grandeur (forces exercées sur les objets).

Exemples de résultats obtenus lors de cette première construction

- Rotation continue autour de l'axe horizontal;
- rotation interrompue et stabilisation dans des positions qui n'indiquent pas la direction du vent;
- stabilisation et orientation dans la direction du ventilateur (dans ce cas, le maître demande à l'élève de construire une autre forme « aussi efficace » afin de l'aider à analyser ce succès).

Exemples de traces personnelles

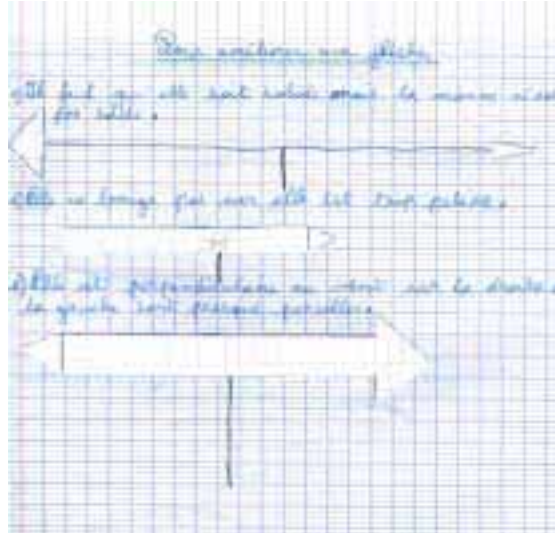


Figure 5. On peut par exemple faire observer par la classe l'ensemble des dispositifs « qui marchent » et l'ensemble des dispositifs « qui ne marchent pas ». Les enfants en tirent alors des idées de transformations qu'ils peuvent effectuer et tester. Les formes possibles de repérage dans l'espace pourront être évoquées à ce stade; on peut aussi se réserver de le faire dans une séance ultérieure.

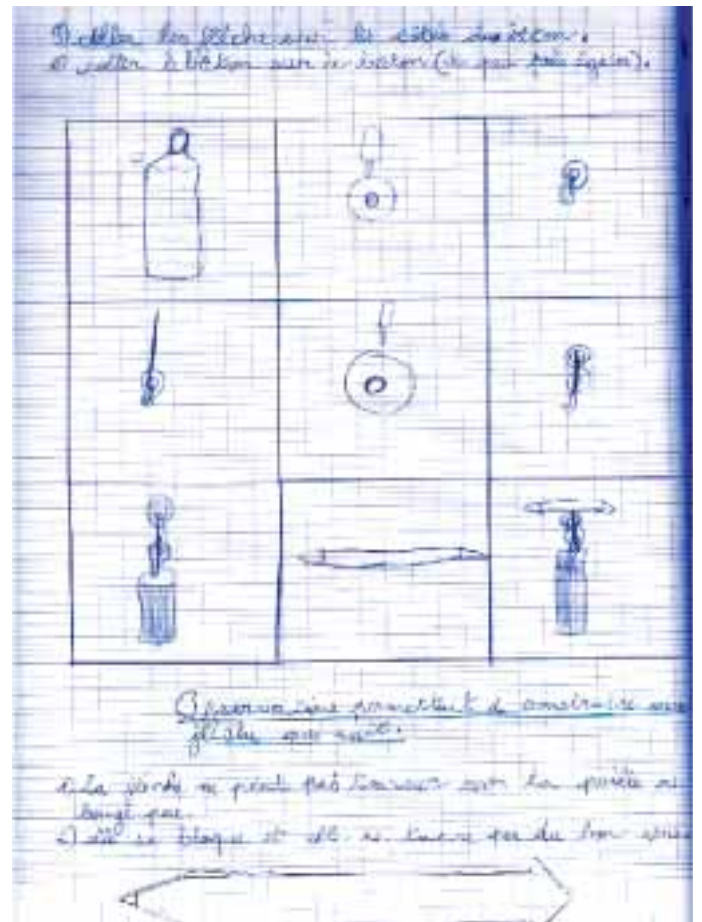
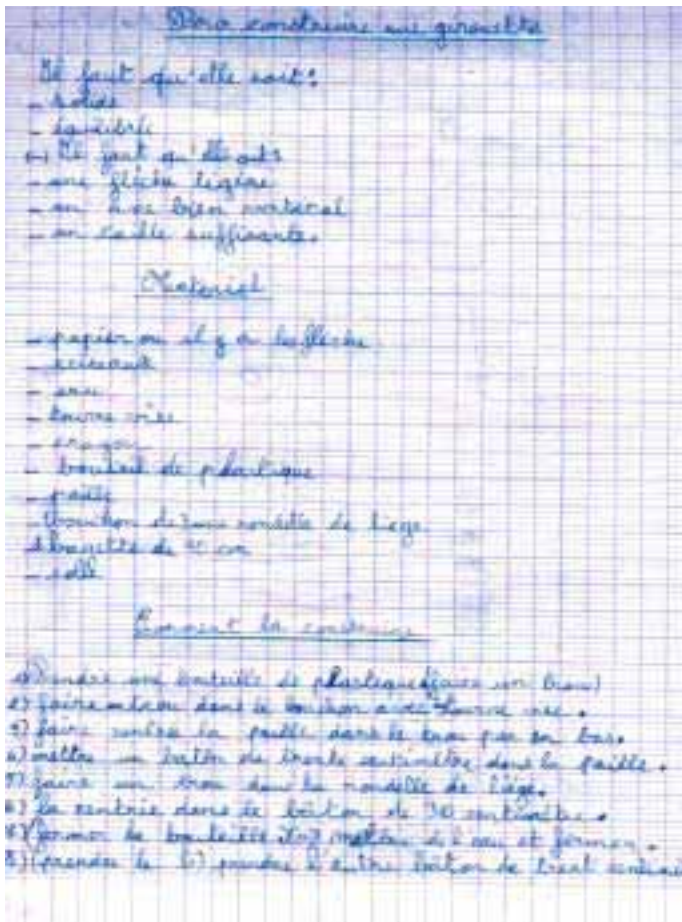


Figure 6

Séance 5. Construction d'une girouette

Les élèves construiront une girouette qui répond aux critères fixés par la classe à partir des réalisations et des expérimentations précédentes.

Objectif

Construire l'objet avec des caractéristiques prédéfinies et vérifier que cet objet répond aux spécifications.

Chaque élève (ou chaque équipe) réalise alors une girouette qui répond aux critères définis par la classe. On pourra faire consigner chaque projet par écrit (texte et schémas), et par des échanges organisés par le maître, le soumettre à des lectures critiques et argumentées. On vérifiera alors que les projets des élèves sont bien en accord avec les critères définis.

Séance 6. Pourquoi chercher à savoir d'où vient le vent ?

À travers des documents, les élèves approchent le rôle historique, social du besoin de connaître la direction du vent dans le passé et comparent avec le besoin actuel de cette information. « Pourquoi chercher à savoir d'où vient le vent, à quoi cela sert-il ? »

Exemples de réponses données par les élèves

- « Pour se déplacer à l'aide de certains dispositifs (voilier, char à voile...) »
- « Pour se déplacer de façon sûre (voitures, bateaux, avions avec les manches à air le long des pistes). »
- « Lorsque l'on fait du camping, pour planter sa tente, il faut l'orienter par rapport au vent. »
- « Lorsque l'on doit faire un feu ou un barbecue dans le jardin, en été, il faut positionner le feu en fonction du vent pour que les braises ne puissent pas aller sur de l'herbe sèche et provoquer un incendie et pour que la fumée n'aille pas déranger les voisins. »
- « Lorsque l'on plante des arbres, on doit tenir compte de la direction des vents dominants. »
- « Lorsque le vent vient du nord, je sais qu'il va faire beau, lorsque le vent vient du sud, il amène la pluie... (en fonction des régions bien sûr...) »

Documents

Recueil de dictons et formulations diverses.

Documents destinés à comprendre le rôle historique de la girouette.

Documents montrant la variété des formes de girouettes imaginées et construites par les hommes.

Pour cette séquence à dominante documentaire, on pourra notamment se reporter aux ressources conseillées. Dans la mesure du possible on prendra appui sur l'actualité ou sur des enquêtes réalisées auprès des personnes du pays (personnes âgées, agriculteurs, jardiniers, navigateurs, pêcheurs, pompiers, pilotes, etc.). Il peut être plus facile de lancer ce type de travail à l'occasion d'une sortie. L'utilisation de documents d'époque liés à l'histoire sera aussi privilégiée.

N.B. - On trouvera des textes relatifs au vent dans l'annexe présentée sur le cédérom.

Séance 7. Comment repérer la direction du vent ?

Les élèves essaient de repérer la direction du vent (autour de l'école ou sur une carte ou sur le banc de test) pour aborder la notion de repère local (lié aux murs de l'école par exemple) et de repère géographique (points cardinaux).

Cette séance peut être introduite au cours de la séance 3 ou venir de façon indépendante soit à l'occasion de ce travail sur la girouette, soit à un autre moment de l'année.

Correspondant à un autre point du programme, cette séance ne sera pas développée ici. Toutefois, on veillera à ce que chaque élève puisse utiliser un repère qui lui convienne.

Séance 8. Quels sont les vents dominants ?

Les élèves relèvent régulièrement la direction donnée par la girouette et réalisent ainsi un nombre important de relevés afin de mettre en évidence les directions privilégiées des vents locaux. Cette séance est faite en lien avec l'enseignement de la géographie et des mathématiques.

On peut réaliser un disque sur lequel sont indiqués les différents points cardinaux. Lors de chaque mesure (une fois par jour par exemple) une gommette est collée sur le cercle à la place correspondant à la direction repérée. Les accumulations de gommettes sont liées à la notion statistique de « nuage de points » ; l'étendue de ces « nuages » renseigne sur la variabilité du vent et sur l'incertitude des mesures.

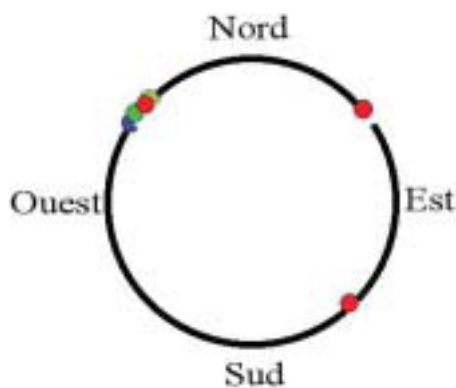


Figure 7

Exemples de traces obtenues

Les accumulations de gommettes permettent de déduire les vents dominants ; ici : N-NO et E.

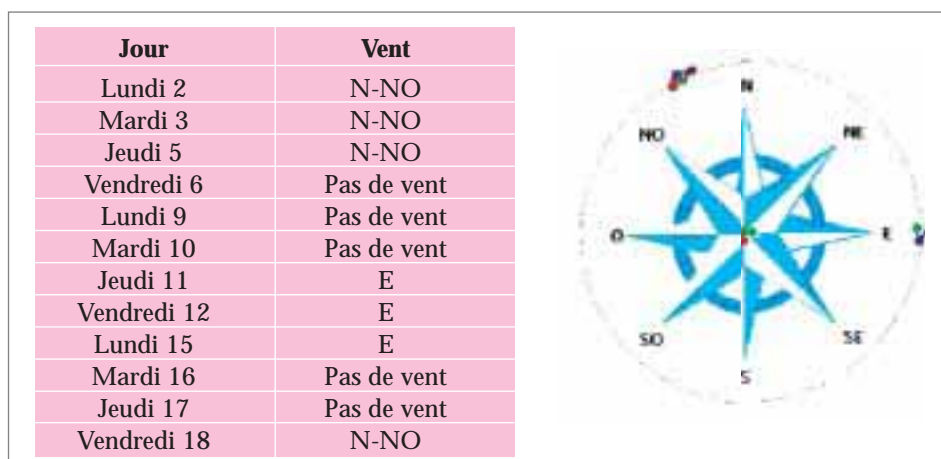


Figure 8

Dans le schéma ci-dessus on a collé une gommette au centre en l'absence de vent. Le nombre de gommettes pourrait aussi être représenté par une bande de papier d'une longueur proportionnelle au nombre d'occurrences. On pourra ainsi construire différents diagrammes selon la familiarité qu'ont les élèves avec telle ou telle représentation construite en mathématiques, ou interprétée en géographie.

Conditions de la mise en œuvre de la séquence

La séquence proposée s'appuie sur des travaux réalisés dans diverses classes de cycle 3 (CM1/CM2) ; cependant la double question : « Connaissez-vous des objets que l'on peut utiliser pour savoir d'où vient le vent ? Comment fait-on ? » a aussi été posée à des élèves de cycle 2. L'analyse comparée des réponses permet de mesurer la persistance de certaines représentations et la prégnance de l'environnement quotidien dans l'élaboration de celles-ci, comme, par exemple, « le vent n'agit que sur des objets légers », « ce sont les nuages qui fabriquent le vent »...

Cette séquence, qui n'est pas un modèle, a l'ambition de proposer pour chacune des parties du « Canevas d'une séquence³ » des exemples permettant à l'enseignant de construire des outils transférables aux autres parties du programme.

La dimension sociale et historique de l'objet, le travail sur le vocabulaire spécifique, peuvent occuper dans la séquence un temps non négligeable. Cette mise en perspective est d'autant plus pertinente que, si l'objet « girouette » peut revêtir un intérêt pédagogique certain, il n'a plus l'utilité sociale qu'il a eue dans le passé. Il peut même être complètement méconnu dans l'environnement urbain actuel. La finalité n'est donc pas seulement de construire une girouette mais aussi d'explorer toutes les situations d'apprentissage que cet objet technologique rend possibles.

Matériel

– Pour la classe :

Ventilateur(s) avec grille de protection.

– Pour chaque paire ou groupe d'élèves :

Pailles, pique brochettes époinés, papiers, carton, ficelle, laine, attaches parisiennes, tissu ;

bobines de fil à coudre vides, tourillons, carton, bouchons en liège, ciseaux, colle, pâte à fixer...

Pour réaliser le socle : une bouteille en plastique lestée de sable (ou qui le sera avec de l'eau), une planchette de bois ou du polystyrène compact.

D'autres matériels seront utilisés en fonction de ce que les élèves auront proposé (et qu'il sera possible de se procurer) pour la séance 3.

Durée prévisible

Au minimum quatre séances, au maximum six, voire huit séances.

Fiches connaissances conseillées

Fiches n° 3, « Air », n° 23, « Électricité », n° 24, « Leviers et balances », et n° 25, « Transmission de mouvements ».

Pour aller plus loin

Cette séquence peut se concevoir comme une occasion d'introduire d'autres séquences ou de réinvestir des apprentissages antérieurs. Deux exemples.

Par rapport à la séquence « Leviers et balances »

Avoir travaillé auparavant sur les leviers et balances permet de mettre en application des notions liées aux leviers lors de l'équilibrage de la girouette sur son axe. Dans le cas où l'on aurait fait un autre choix, les notions nécessaires, abordées par essais et tâtonnements dans la séquence portant sur la girouette, pourront être mobilisées par la suite de façon explicite pour étudier les leviers.

Par rapport à la séquence « L'air est-il de la matière ? »

Si la séquence « Comment savoir d'où vient le vent ? » est réalisée après, on peut introduire la question « Si l'air est de la matière, quels effets peut-il produire sur des objets quand il est en mouvement par rapport à eux ? ». C'est bien parce que l'air est de la matière qu'il peut agir sur des objets lorsqu'il est en mouvement. Cette action est pro-

3. Voir l'introduction, paragraphe « Repères pour la mise en œuvre d'une séquence ».

duite par le déplacement relatif de l'air et de l'objet, elle est conditionnée par la surface de prise au vent qu'offre l'objet, que l'air soit en mouvement (il y a du vent) ou que l'objet soit déplacé.

Si la séquence « Comment savoir d'où vient le vent ? » est réalisée avant, celle-ci peut alors tenir lieu de situation de départ conduisant à la question « Qu'est-ce que le vent ? ». Par comparaison avec d'autres moyens d'exercer des forces sur les objets, par exemple, le maître pourra guider les élèves vers le questionnement « Qu'est-ce que l'air ? » ; « L'air est-il de la matière ? ».

Sélection indicative de sites

Ces sites peuvent être utiles aux élèves dans les phases de recherche documentaire, et à l'enseignant pour préparer ses séquences.

Histoire de la girouette

www.ifrance.com/girouettes41/savoirplus.htm
www.autrement-dit.com/automates
www.ville-nogent-le-rotrou.fr/htm/cite/culture/
www.girouettes-argentan.ifrance.com/girouettes-argentan/histoire.htm
www.beaurevoir.be/

Exemple de girouettes

www.perso.vivreaupays.fr/girouettes/
www.civilization.ca/tresors/
www.ane-art-chic.fr
www.abacom.com/

Girouette et littérature

www.chez.com/feeclochette/andersen/coq.htm
www.perso.lub-internet.fr/morgan/bj/girou.htm

Construction, didactique, météo

www.cskamloup.qc.ca/enseigne/
www.cyberechos.creteil.iufm.fr
www2.ac-lille.fr/meteo-avesnois/instruments/girouette.htm
www.citeweb.net/air-vent/ateliers/girou
www.ac-toulouse.fr/meteo/fpvenecol.htm

On pourra, de plus, utilement se reporter à la sélection d'outils pour les sciences et la technologie intitulée « 101 références », sur le site du CNDP, www.cndp.fr, et au site www.inrp.fr/lamap.

Sources

CM1 de l'école Montaigne, Sevrans.
CM2 de l'école Simone de Beauvoir, Saint-Fons.