

collection École
documents d'accompagnement des programmes

Enseigner les sciences à l'école

outil pour la mise en œuvre des programmes 2002

cycles 1, 2 et 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: 2-240-00834-2

ISSN: en cours

Sommaire

Préface	5
Introduction	7
L'air est-il de la matière ? – cycle 2/cycle 3	15
La place dans les programmes	16
Séance 1. Qu'y a-t-il dans les sacs cachés dans les cartons ?	18
Séance 2. Que savons-nous sur l'air, peut-on en attraper ?	19
Séance 3. Comment prouver que le sac contient quelque chose ?	19
Séance 4. Comment récupérer l'air du sac ?	21
Conclusion	24
Indications bibliographiques	24
Une graine, une plante ? – cycle 2	25
La place dans les programmes	26
Un déroulement possible de la séquence	27
Séance 1. Graine ou pas graine ? – conceptions initiales	28
Séance 2. Graine ou pas graine ? – récolte du matériel expérimental	28
Séance 3. Graine ou pas graine ? – tri du matériel et hypothèses	29
Séance 4. Graine ou pas graine ? – expérimentation sur les semis	30
Séance 5. Graine ou pas graine ? – observation des semis, interprétation	31
Séance 6. Qu'y a-t-il dans une graine ? – conceptions initiales	33
Séance 7. Qu'y a-t-il dans une graine ? – anatomie de la graine	34
Séance 8. Que faut-il à la graine pour germer ? – conceptions initiales	35
Séance 9. Que faut-il à la graine pour germer ? – expérimentation	36
Séance 10. De quoi a besoin la graine pour germer ? – conclusion	37
Séance 11. Comment les graines germent-elles ? – expérimentation	38
Séance 12. Comment les graines germent-elles ? – exploitation des données	38
Séance 13. Le rôle de la graine – la graine et ses réserves	39
Séance 14. Le rôle de la graine – unité et diversité des êtres vivants	40
Conclusion	42
Que deviennent les aliments que nous mangeons ? – cycle 3	43
La place dans les programmes	44
Un déroulement possible de la séquence	45
Introduction et débat initial sur la nutrition	45
Séance 1. Où vont l'eau et le pain ?	47
Séance 2. Que ressent-on quand on mange ?	48
Séance 3. Que se passe-t-il quand on avale ?	49
Séance 4. Comment fonctionne l'appareil digestif ?	51
Séance 5. Que deviennent les aliments dans le corps ?	53
Séance 6. Évaluation	54
Conclusion	55
Sélection indicative de sites	56
Quelle heure est-il à Paris, Pékin ou Sydney ? – Étude des fuseaux horaires – cycle 3	57
La place dans les programmes	58
Un déroulement possible de la séquence	59
Séance préalable. Observation de la course du Soleil au cours d'une journée	61
Séance 1. Comment connaître l'heure dans un pays lointain ?	61
Séance 2. Quand il est midi à Paris, pourquoi fait-il nuit à Sydney ?	61

Séance 3. Élaborer un lexique (pôle, équateur, hémisphère, etc.)	62
Séance 4. Quelle heure est-il à Sydney lorsqu'il est midi à Paris ?	63
Séance 5. Comment expliquer l'alternance des jours et des nuits ?	64
Séance 6. L'alternance jours/nuits – utilisation d'une maquette	65
Séance 7. Quelle heure est-il à Pékin lorsqu'il est midi à Paris ?	66
Séance 8. Dans quel sens s'effectue la rotation de la Terre sur elle-même ?	67
Séance 9. Quelle heure est-il à Pékin... ?	68
Séance 10. Comment garder la trace de ce qui a été compris ?	69
Conclusion	70
Pour aller plus loin	71
Sélection indicative de sites	71
Annexe 1. Frise à utiliser en séance 1 et synthèse	73
Annexe 2. Photographies à exploiter en séance 10	74
Annexe 3. Une maquette en carton à construire	75
Le fonctionnement du levier – « Donnez-moi un point d'appui: je soulèverai le monde » – cycle 3	76
La place dans les programmes	77
Un déroulement possible de la séquence	78
Séance 1. Comment soulever le bureau de l'enseignant ?	79
Séance 2. Comment les hommes des temps anciens soulevaient-ils des charges ?	80
Séance 3. Comment réduire l'effort à l'aide d'un levier ?	81
Séance 4. Comment réduire l'effort à l'aide d'un levier ?	82
Séance 5. Comment fabriquer une maquette de pont-levis ?	83
Séance 6. Où fixer l'attache du fil sur la passerelle ?	84
Séance 7. Qu'est-ce qui est pareil, qu'est-ce qui n'est pas pareil ?	85
Séance 8. Y a-t-il des leviers dans les organismes vivants ?	86
Conclusion	88
Pour aller plus loin	88
Sélection indicative de sites	89
Annexe 1. Le vol d'un insecte	91
Annexe 2	92
Comment savoir d'où vient le vent ? – cycle 3	96
La place dans les programmes	97
Un déroulement possible de la séquence	98
Séance 1. Quels sont les effets du vent ?	99
Séance 2. Quels objectifs indiquent la direction du vent ?	100
Séance 3. Quelles sont les caractéristiques de ces objets ?	102
Séance 4. Comment fabriquer une girouette ?	105
Séance 5. Construction d'une girouette	107
Séance 6. Pourquoi chercher à savoir d'où vient le vent ?	107
Séance 7. Comment repérer la direction du vent ?	107
Séance 8. Quels sont les vents dominants ?	108
Pour aller plus loin	109
Sélection indicative de sites	110
L'eau à l'école maternelle – cycle 1	111
La place dans les programmes	112
Des ateliers sur le thème de l'eau – une séquence en petite section	113
Des situations problèmes en petite ou moyenne section autour du transport de l'eau	117
Une séquence en grande section – approche du phénomène de dissolution	120
Bibliographie	124

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 = M6...*), ou toutes les séquences en images de synthèse à visées explicatives (avec la difficulté d'explicitier 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.

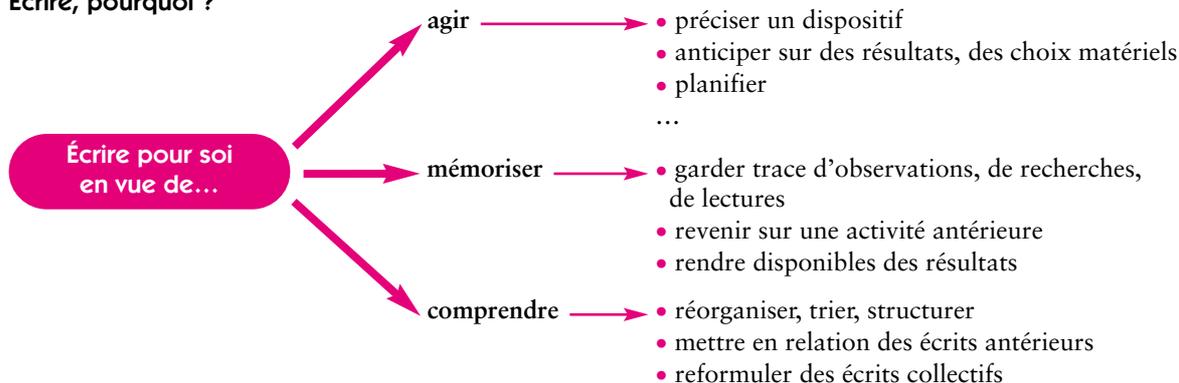
L'écrit

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.

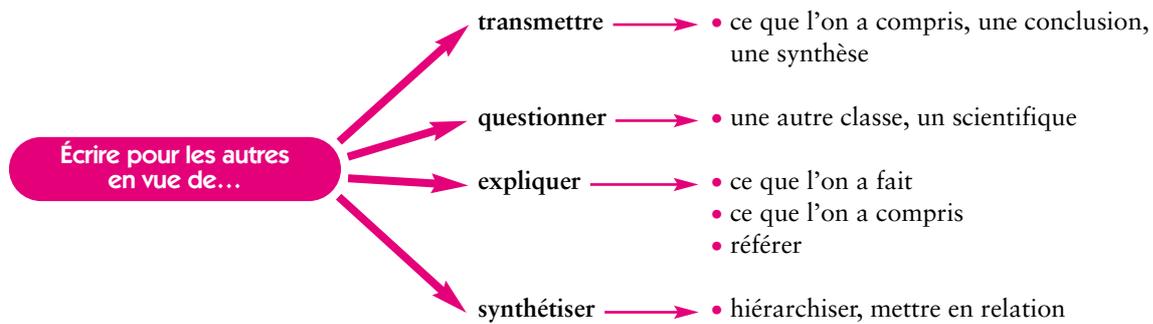
Les élèves sont invités, individuellement ou en groupe, à produire des écrits qui sont acceptés en l'état, et utilisés en classe comme moyens pour mieux apprendre.

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

L'air est-il de la matière ?

La séquence présentée ci-après concerne l'étude de la matière en fin de cycle 2 ou début de cycle 3 (CE1-CE2). Elle se réfère à la fiche connaissance n° 3, « Air », et aux séquences vidéo fournies avec le cédérom. En référence à la partie « Repères pour la mise en œuvre d'une séquence » de l'introduction, les moments clés de chaque séance y sont illustrés par une courte vidéo.

Cette séquence a été mise en œuvre dans le cadre d'un projet des classes du niveau CE1-CE2. Par projet, il convient d'entendre un ensemble d'activités liées à la recherche, par les élèves, de réponses possibles à une problématique construite collectivement. On distinguera :

- la problématique de l'enseignant : comment convaincre ses élèves de la matérialité de l'air ;
- la problématique des élèves qui oriente leur travail lors de chaque séance. C'est à partir de la situation de départ proposée aux élèves par l'enseignant, sous forme de questions/défis au début de chaque séance, que ceux-ci vont découvrir des questions qu'ils ne se seraient pas posés sans ces situations et à partir desquelles, après reformulation, vont pouvoir émerger des problèmes dont la résolution constituera pour eux l'enjeu de la séance.

C'est au cours de ces activités que les élèves vont peu à peu construire les concepts visés (ici l'air est de la matière au même titre que l'est un solide ou un liquide.) Les pratiques langagières, tant orales qu'écrites, relatives à la pratique expérimentale sont privilégiées dans cette démarche. Elles engendrent une activité récurrente d'analyse et de réflexion, et participent ainsi à la conceptualisation.

Ce document, outre son objectif conceptuel sur la matérialité de l'air, se propose d'illustrer :

- la possibilité pour un enseignant de gérer les différentes phases de ce type d'activités ;
- la capacité des élèves à imaginer une expérience, la mettre en œuvre et en tirer des informations pertinentes même lorsque l'expérience ne « vérifie » pas les hypothèses initiales ;
- la place et le rôle des différents écrits produits au cours des activités (gestion sur le long terme du carnet d'expériences).

La place dans les programmes

- Au cycle 1 : l'élève entre en relation avec le monde par les sens. Les activités proposées lui permettent de développer sa perception, notamment tactile. En ce sens, le vent (air en mouvement) constitue une première approche de l'existence de l'air. La fabrication raisonnée d'objets utilisant le vent (moulinet...)¹ peut venir en appui pour établir cette existence.
- Au cycle 2 : la découverte du monde de la matière se poursuit. Des matières solides ou liquides ont été rencontrées, manipulées, certaines de leurs propriétés découvertes. Les élèves vont maintenant progressivement établir l'existence d'une matière qui n'est pas visible, qui peut se conserver, se déplacer, agir même immobile. Cette matière, ils la retrouveront aussi lors de l'étude des cinq sens ou des manifestations de la vie chez les animaux (conditions pour réaliser un élevage, étude des modes de déplacement, comme le vol des oiseaux).

Extraits du programme	Extraits du document d'application	
La matière – Prise de conscience de l'existence de l'air, première manifestation d'une forme de la matière distincte du solide et du liquide (l'étude de la matérialité de l'air et la construction de l'état gazeux sont poursuivies au cycle 3).	Compétences spécifiques	Commentaires
	Être capable de mettre en évidence que les espaces couramment qualifiés de « vides » sont remplis d'air. Savoir réaliser et interpréter quelques situations simples mettant en œuvre les règles suivantes : – l'air peut se déplacer ; – l'air ne disparaît et n'apparaît pas : s'il semble disparaître d'un lieu, c'est qu'il s'est déplacé vers un autre lieu. Savoir que le vent est de l'air en mouvement.	Au début du cycle 2, les élèves sont capables de formuler des raisonnements relatifs à la conservation de la matière pour des substances solides ou liquides ; l'objectif est de les amener à construire des raisonnements analogues dans le cas de l'air. On s'appuie en premier lieu sur des situations où l'air se manifeste de façon perceptible, l'objectif est de reconnaître la présence de l'air même lorsqu'il est immobile.

- Au cycle 3 : l'étude de la matière est poursuivie : l'air, son caractère pesant. Le fait que l'air soit pesant (ait une masse) va être établi, une autre matière invisible, la vapeur d'eau, va être rencontrée. La notion d'état gazeux se construit peu à peu. Des considérations sur l'adaptation des êtres vivants à leur milieu permettent de considérer l'air (respiration, circulation) d'un point de vue vital.
- Au collège : une propriété de l'air en tant que gaz est mise en évidence, la compressibilité. L'étude de l'air d'un point de vue chimique (combustions, modèle particulaire), permet d'approfondir la connaissance de la matière. La rencontre d'autres gaz (dioxygène, diazote) tant en chimie qu'en sciences de la vie permet d'avancer dans la construction de la notion d'état gazeux. Enfin, des études comme celles des végétaux chlorophylliens et des conditions d'élevage des animaux conduiront à considérer l'air en tant que milieu de vie.

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

- Savoir différencier les états de la matière par quelques-unes de leurs propriétés.
- Avoir commencé à prendre conscience de l'existence d'un nouvel état de la matière : l'état gazeux. L'air est de la matière à l'état gazeux.
- Savoir imaginer puis mettre en œuvre un protocole expérimental pour répondre à une problématique.
- Mettre en œuvre les premières étapes d'une démarche expérimentale.

1. La construction d'une girouette fait l'objet de la séquence « Comment savoir d'où vient le vent ? » qui est destinée au cycle 3.

Un déroulement possible de la séquence

Séances	Question de départ	Activités conduites avec les élèves	Connaissances, savoirs et savoir-faire en jeu	Activités langagières
Séance 1	Qu'y a-t-il dans les sacs cachés dans les cartons ?	Manipuler les sacs contenant différents matériaux sans les voir, sentir, éprouver des perceptions, les caractériser, les nommer, puis les communiquer et les confronter à celles ressenties par leurs camarades.	Une approche sensorielle des états de la matière. Différencier ces états par quelques-unes de leurs propriétés : rigide, solide, mou, lourd, léger, conductibilité thermique (sensation de froid ou de chaud), etc.	Verbaliser ce que l'on sent (nommer, décrire). Construire une trace écrite collective.
Séance 2	Que savons-nous sur l'air ?	L'enseignant organise une discussion collective sur les idées des élèves sur l'air : où y en a-t-il ? à quoi sert-il ?, etc.	Représentations des élèves sur l'air. Prise de conscience du fait que tout le monde dans la classe n'est pas d'accord sur l'existence de l'air, les endroits où il y en a, son rôle, etc.	Débattre avec ses camarades. Exprimer les concepts spontanés construits dans l'expérience familière. Construire une trace écrite collective par mise à distance des concepts spontanés.
	Peut-on attraper de l'air ?	Imaginer un moyen de remplir un sac avec de l'air : ouvrir le sac dans la classe ; souffler dedans ; courir dans la cour avec le sac ; etc.	Savoir réaliser une expérience simple : ouvrir le sac, le remplir d'air, le sceller. L'air existe et est de la matière puisqu'on peut l'attraper et en remplir un récipient.	Verbaliser un protocole d'expérience.
Séance 3	Comment prouver que le sac contient quelque chose ?	Imaginer une expérience pour répondre à la question de départ. Par analogie avec des situations de la vie quotidienne, les élèves proposent de « vider » le sac après l'avoir percé. Ils pensent sentir l'air sortir. L'échec constaté de l'expérience précédente conduit l'enseignant à organiser un débat pour permettre aux élèves de surmonter cet échec en imaginant de nouvelles expériences.	Réaliser une expérience selon un protocole établi. Savoir en tirer des informations. Reconnaître qu'une expérience « ne marche pas » : l'air n'est pas une substance palpable comme un solide ou un liquide. Première distinction état gazeux/état liquide. Remettre en cause son protocole pour en élaborer un nouveau.	Rédiger par écrit un protocole d'expérience par petits groupes. Le présenter à l'ensemble de la classe et l'argumenter.
Séance 4	Comment récupérer l'air du sac ?	Imaginer une nouvelle expérience. La mettre en œuvre et la modifier si nécessaire pour transvaser l'air du sac dans une bouteille remplie d'eau.	Mise en œuvre effective d'une démarche expérimentale. L'air peut se transvaser : c'est de la matière.	Rédiger un protocole expérimental. Rédiger un compte rendu d'expérience.

Séance 1. Qu'y a-t-il dans les sacs cachés dans les cartons ?

Par le toucher, les élèves vont tenter une différenciation des matières selon leur expérience personnelle.

Phase 1

L'enseignant dispose dans des cartons au fond de la salle quatre sacs en plastique contenant : 1.) de l'eau ; 2.) du sable ; 3.) de l'air ; 4.) une briquette. Il propose à ses élèves de manipuler sans les voir les quatre sacs et de deviner ce qu'il y a dans chacun d'eux². Les élèves vont à tour de rôle au fond de la classe, manipulent les sacs, décrivent leurs perceptions et les notent sur un document qui constituera leur trace écrite personnelle³.

Ilhoise

	SAC 1	SAC 2	SAC 3	SAC 4
Qu'ai-je ressenti ?	du froid	mou	dit rien	du dur
Qu'est-ce que c'est ?	de l'eau	du sable	de l'air	de la pierre
Mon dessin				

Figure 1. Chaque élève garde la trace de son activité.

Phase 2

Quand tous les élèves sont passés à l'atelier manipulation, une discussion collective⁴ guidée par le maître permet de faire la synthèse de ce que l'on a ressenti (travail sur l'objectivation des perceptions) et de caractériser ce qui est contenu dans le sac 3 (l'air) en référence aux états déjà connus de la matière, état solide, état liquide⁵.

Cette phase fait apparaître un problème pour les élèves : le contenu du sac 3⁶. La discussion entre les élèves porte sur « Est-il vide ? », « Est-ce du rien ? » (voir la trace écrite ci-dessus) ou bien « Est-ce comme les autres mais pas pareil ? », « Plus léger ? ».

La validation se fait bien sûr par l'ouverture des sacs. Pour le sac 3, comme rien ne « sort » du sac, les discussions reprennent de plus belle⁷.

À la suite de cette discussion, un document collectif est élaboré sous l'autorité scientifique du maître⁸ précisant quelques caractéristiques distinguant les deux états de la matière déjà connus de l'état de ce qui est dans le sac 3 (impossibilité d'arriver à un aplatissement complet du sac, constat qui indique « qu'il y a quelque chose »). Les élèves sont

2. Vidéo 1, séance 1.

3. Vidéo 1, séance 1.

4. La formulation du questionnement, travail guidé par le maître. Voir « Canevas d'une séquence », partie « Repères pour la mise en œuvre d'une séquence » de l'introduction.

5. Vidéo 2 et 3, séance 1.

6. L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation à réaliser pour valider/invalidier, formulation orale d'hypothèses dans les groupes, formulation orale et/ou écrite par les élèves de leurs prévisions.

7. Vidéo 4, séance 1.

8. L'acquisition et la structuration des connaissances, comparaison et mise en relation des résultats obtenus dans les divers groupes, confrontation avec le savoir établi.

ensuite invités à proposer des exemples d'autres matériaux entrant dans les trois catégories ainsi apparues⁹. Cette phase participe à l'élaboration et à la structuration des connaissances¹⁰.

Séance 2. Que savons-nous sur l'air, peut-on en attraper ?

Les élèves sont conduits à manipuler, donc à considérer comme matériel, un « quelque chose » appelé « air ».

Phase 1

L'enseignant demande à un élève de rappeler ce qui a été fait lors de la séance précédente et invite les élèves à revenir sur les questions que la classe s'était posées, pendant la séance, à propos de l'air¹¹.

L'objet du débat n'est pas de trouver des réponses immédiates à toutes les questions des élèves (d'ailleurs certaines d'entre elles ne relèvent pas du niveau de l'école élémentaire) mais d'amener tous les élèves à prendre conscience de l'ensemble des questions que l'on peut se poser à son sujet : « Que peut-on faire avec de l'air ? peut-on le toucher ? y en a-t-il partout ? existe-t-il des endroits où il n'y en a pas ? »¹².

La discussion peut porter sur sa présence ou son absence dans la cour (« il y en a, c'est sûr »), dans la classe (« sûrement parce que sinon on ne pourrait pas respirer »), dans le placard (il n'y a plus unanimité, surtout si celui-ci est entr'ouvert car « alors l'air peut s'échapper »)¹³. Une trace écrite collective, recensant les différentes questions qui ont été abordées se construit peu à peu. Mise au propre par l'enseignant, elle figurera dans le carnet d'expériences (voir la trace écrite collective, séance 4).

À la fin de cette phase, l'enseignant propose aux élèves « d'attraper de l'air » au moyen de sacs en plastique.

Phase 2

Les élèves « remplissent » les sacs dans la cour, dans la classe, mais aussi dans le placard. Les sacs, une fois remplis, sont étiquetés par chaque élève qui y inscrit son nom¹⁴ ainsi que le lieu où le sac a été rempli d'air.

Séance 3. Comment prouver que le sac contient quelque chose ?

Mettre en évidence la présence de l'air, c'est affirmer son existence.

Phase 1

L'enseignant propose aux élèves¹⁵, organisés par petits groupes, d'imaginer une expérience qui prouverait que le sac n'est pas vide mais contient bien quelque chose¹⁶.



Figure 2. Une proposition d'expérience qui ne donnera pas le résultat escompté.

9. Vidéo 5, séance 1.

10. L'acquisition et la structuration des connaissances.

11. Le choix d'une situation de départ, caractère productif du questionnement auquel peut conduire la situation.

12. La formulation du questionnement, travail guidé par le maître.

13. Vidéo 1, 2 et 3, séance 2.

14. Vidéo 5, séance 2.

15. Le choix d'une situation de départ, caractère productif du questionnement auquel peut conduire la situation.

16. Vidéo 1, séance 3.

Les élèves commencent par proposer des expériences¹⁷ dans lesquelles il s'agit de « vider » le sac (la poche) pour mettre cet air en évidence.

Ces propositions d'expériences sont faites sur des affiches et/ou sur le carnet d'expériences, puis elles sont présentées à la classe.



Figure 3. Un autre protocole fondé sur une conception erronée de la matérialité de l'air.

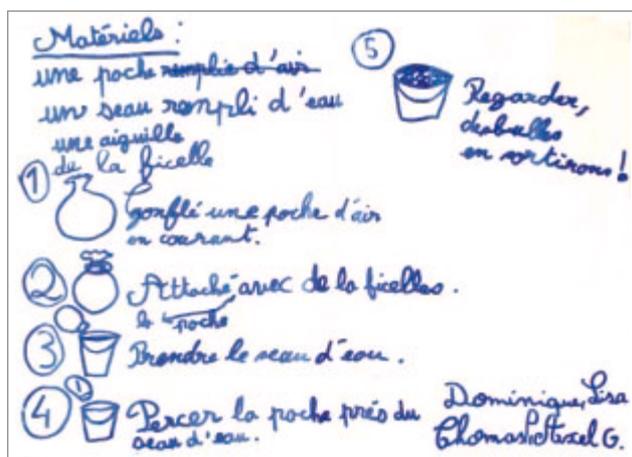


Figure 4. Un protocole qui sera repris après discussion avec toute la classe.

Phase 2

Après réalisation des expériences, si les élèves constatent que « ça ne marche pas », l'enseignant gère la discussion collective pour comprendre les raisons de ces échecs¹⁸. Les élèves reviennent sur l'idée « L'air, on ne peut pas le voir ». L'enseignant substitue à « le voir » l'expression « le mettre en évidence ». Le concept se construit progressivement, au gré des expériences vécues de chacun (dans mon bain, à la piscine...): il faudrait faire des bulles¹⁹.

Mais ce n'est pas aussi simple. Si très rapidement tous les groupes s'accordent sur la nécessité d'utiliser une bassine avec de l'eau, encore faut-il savoir comment opérer.

L'idée, chez les enfants de cet âge, que l'air allait s'écouler du sac percé vers la bassine d'eau, est souvent observée, comme on peut le constater dans l'extrait du carnet d'expériences ci-contre.

Phase 3

La solution trouvée ne donnant pas le résultat escompté, les élèves peuvent envisager d'immerger le sac dans l'eau et de le crever sous l'eau pour voir apparaître les bulles.

La réalisation par tous les groupes de cette expérience « qui marche »²⁰ provoque une joie intense chez les élèves, véritables moments d'euphorie²¹ où, après les échecs et les espoirs déçus, tous les élèves réussissent enfin à mettre en évidence ces fameuses bulles qui s'échappent du sac.

17. L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation à réaliser pour les valider/invalider.

18. L'investigation conduite par les élèves.

19. Vidéo 2, séance 3.

20. L'investigation conduite par les élèves, reproductibilité de l'expérience (relevé des conditions de l'expérience par les élèves).

21. Vidéo 3, séance 3.

Séance 4. Comment récupérer l'air du sac ?

L'air, maintenant considéré comme étant de la matière, va faire l'objet de manipulations diverses.

Phase 1

La situation de départ, proposée par l'enseignant²², consiste à demander aux élèves de recueillir ces bulles d'air dans une bouteille en plastique ou tout autre récipient au choix. Avant de lancer les investigations par petits groupes, le maître fait rappeler par les élèves les principales étapes dans l'élaboration d'un protocole expérimental (formulation précise de la question à laquelle on va chercher à répondre, hypothèses envisagées, matériel nécessaire, protocole d'expérience proprement dit). Cette mise

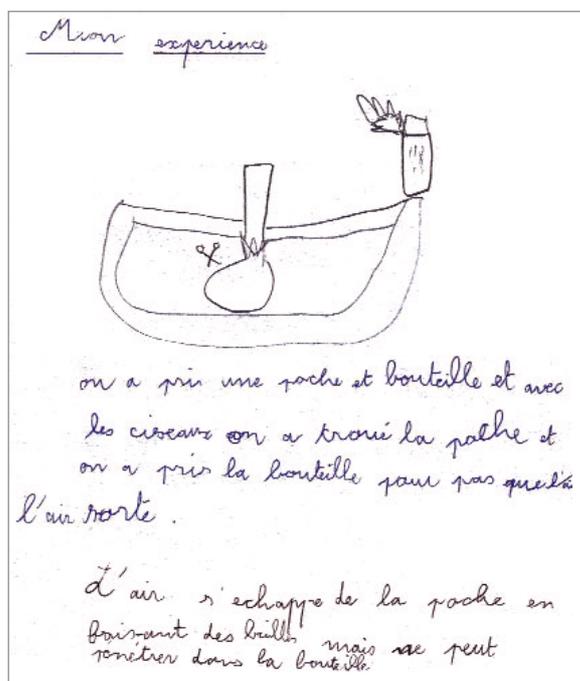


Figure 5. Une première expérience qui échouera.

au point méthodologique interviendra périodiquement au cours de cette séquence (neuf séances dans le projet global), la rigueur dans la démarche d'investigation ne s'acquiert que progressivement et ces phases d'explicitation sont nécessaires pour permettre à chacun de l'acquiescer à son rythme²³.

L'enseignant invite chaque groupe à élaborer et à discuter²⁴ en son sein un protocole puis à le mettre par écrit sur une affiche²⁵. Ce travail de rédaction, systématique dans la démarche adoptée, a une double fonction : favoriser au sein du groupe une réflexion sur les phénomènes en jeu et sur la modalité de leur étude expérimentale²⁶ ; ultérieurement, permettre au groupe de communiquer à la classe le protocole qu'il a imaginé²⁷. Dans cette phase chaque groupe travaille en autonomie.

Bien sûr des erreurs d'orthographe sont commises par les élèves. Mais sauf demande expresse de l'élève, le maître n'intervient pas dans cette phase. Le choix a été fait de leur laisser, lors de cette phase, un espace de liberté afin qu'ils puissent tous se concentrer sur l'imagination et la créativité nécessaires pour bâtir le protocole. Ces erreurs seront corrigées lors de la rédaction collective de la trace écrite institutionnelle qui figurera dans le carnet d'expériences avec un signe distinctif (par exemple un rond vert) permettant aux élèves de distinguer ce qui a été validé par l'enseignant (correct sur le plan du savoir et de l'orthographe) et ce qui relève du travail personnel du petit groupe (voir les exemples de traces écrites ainsi que les carnets d'élèves). Pour la gestion des écrits produits en classe, se reporter au paragraphe « Sciences et langage dans la classe » de l'introduction.

Il faut souligner la maturité qu'acquiescent les élèves dans ce domaine lorsque le contrat a été clairement explicité. Les élèves savent que, dans cette phase-là de leur travail, ils ont une certaine liberté vis-à-vis de l'orthographe, mais qu'ils ne doivent pas la négliger pour autant²⁸. Ils se posent des questions (comment tel mot s'écrit-il ?) car ils savent qu'il y a des règles, mais acceptent sans « se bloquer » de rédiger un document qui sera présenté à tous car ils ne craignent pas de sanction de la part de l'enseignant.

22. Le choix d'une situation de départ, caractère productif du questionnement auquel peut conduire la situation.

23. L'investigation conduite par les élèves, moments de débat interne au groupe d'élèves : les modalités de la mise en œuvre de l'expériences, contrôle de la variation des paramètres.

24. Vidéo 2, séance 4.

25. Vidéo 3, séance 4.

26. L'investigation conduite par les élèves, reproductibilité de l'expérience (relevé des conditions de l'expérience par les élèves).

27. L'acquisition et la structuration des connaissances, comparaison et mise en relation des résultats obtenus dans les divers groupes.

28. Vidéo 3, séance 4 ; vidéo 1, séance 3.

Ce choix pédagogique a été explicité en début de cycle avec les élèves et avec leurs parents, par exemple à l'aide d'une lettre destinée aux parents.

Phase 2

L'enseignant demande à chaque groupe d'exposer son protocole à la classe puis de réaliser l'expérience devant tout le monde (après avoir éventuellement testé le matériel). S'il y a échec, l'expérience est alors soumise à la discussion critique pour essayer d'en comprendre les raisons²⁹. Un nouvel essai tenant compte des considérations précédentes est alors réalisé.

Quelques exemples de propositions d'élèves :

– Parmi les propositions exotiques et inattendues, un groupe propose, dans une classe, de recueillir les bulles qui se dégagent avec une cuillère et de les transvaser ensuite « très délicatement » dans la bouteille³⁰. L'expérience est, hélas, un échec mais les élèves s'entêtent, persuadés que si les bulles d'air se crèvent lorsque la cuillère sort de l'eau c'est parce que l'opérateur n'a pas été assez habile. Mais devant la persistance des échecs, malgré les changements d'opérateurs, il faut se rendre à l'évidence : le problème est ailleurs. La discussion qui suit se termine lorsqu'un élève finit par dire « Les bulles d'air dans l'air on ne peut pas les voir. »

– Un autre groupe propose de relier par un tuyau le sac d'air à un autre sac d'air mais « vide » c'est-à-dire aplati, puis d'appuyer avec les mains sur le sac gonflé. Le succès est immédiat : le sac aplati se gonfle tandis que l'autre se vide de son air. En revanche, ceux qui relient directement les deux sacs ne peuvent réussir : s'ils ne les serrent pas avec un cordon à la jonction, il y a des fuites ; s'ils les serrent, l'air ne peut plus passer.

– La majorité des groupes propose de relier le sac à une bouteille... mais les bulles d'air ne peuvent pénétrer dans la bouteille.

Il faudra là aussi plusieurs expériences non concluantes pour qu'ils réalisent que :

on ne peut pas remplir la bouteille qui a déjà de l'air

Phase 3

Même une fois que la bouteille est pleine d'eau, les élèves ne réussissent pas nécessairement. En effet l'idée de « verser l'air » dans la bouteille en mettant le sac au-dessus peut encore resurgir. La discussion porte sur le fait de savoir si la bouteille doit être pleine d'eau à ras bord ou non. Un argument est que si la bouteille n'est pas pleine d'eau « ça fera jamais des bulles »³¹.

Il faudra de nombreux essais pour que les élèves, voyant que « ça ne marche pas » aient l'idée de renverser le dispositif. C'est alors un moment d'intense satisfaction lorsque les premières bulles montent dans la bouteille d'eau placée au-dessus du sac.

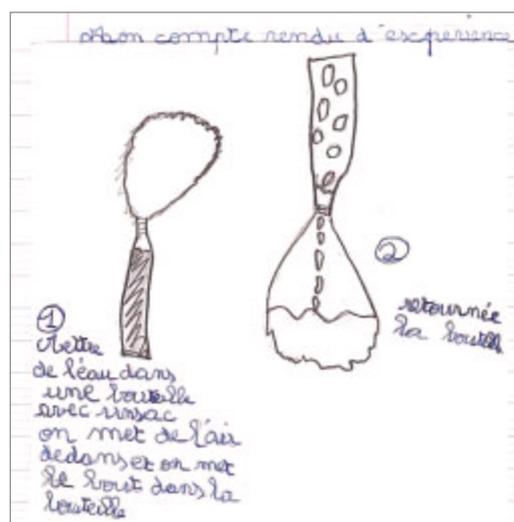


Figure 6. Une expérience qui tire la leçon des échecs précédents.

29. Vidéo 4, séance 4.

30. Vidéo 5, séance 4.

31. Vidéo 6, séance 4.

Le rôle de l'enseignant est de faire expliciter le passage de l'air dans la bouteille et de l'eau dans le sac (et inversement).

Alors chaque groupe mettra en œuvre cette procédure correcte³². Une trace collective sera ensuite élaborée en commun et portée sur le carnet d'expériences (le rond vert indique qu'il s'agit d'un écrit collectif, élaboré sous l'autorité scientifique de l'enseignant.)

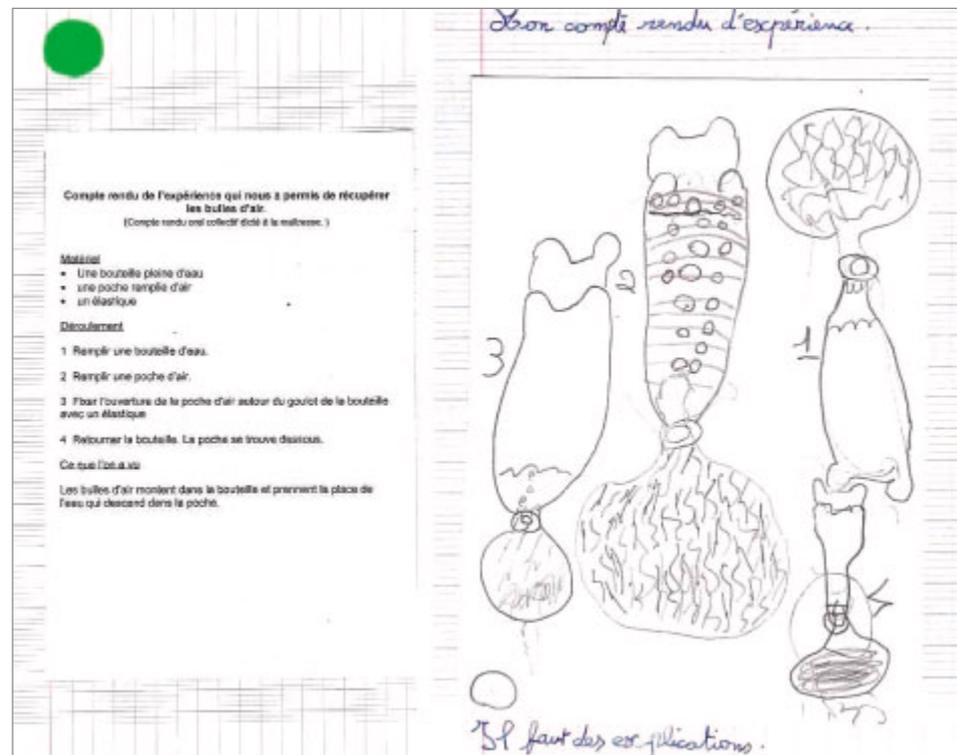


Figure 7. La trace collective construite avec l'enseignant (rond vert).

Phase 4

À l'issue de ces quatre séances, un premier bilan de ce qui a été découvert concernant l'air peut être établi : on peut l'attraper, en remplir un récipient, le transvaser (le faire passer d'un récipient dans un autre). Cela conduit à un premier pas vers la caractérisation d'un troisième état de la matière, le gaz, dont l'air est un représentant.

Conditions de la mise en œuvre de la séquence

Durée raisonnable

Ce type de travail ne peut être ponctuel ; il ne prend tout son sens que s'il est effectué sur le long terme, ce que permet justement le cadre d'une séquence. Les quatre séances décrites dans ce document font partie d'une séquence mise en œuvre dans les classes ayant participé au projet. L'ensemble de ce travail est présenté sur le cédérom *La matérialité de l'air* mentionné en bibliographie à la fin de ce chapitre.

Matériel

Le matériel utilisé pour ces quatre séances ne pose pas de difficultés : sacs plastiques, cuvette d'eau, bouteilles en plastique...

Fiche connaissance conseillée

Fiche n° 3, « Air ».

32. Vidéo 8 et 9, séance 4.

Conclusion

Cette séquence privilégie deux objectifs, un objectif en terme de savoir à acquérir en référence au programme de cycle 2 et un autre en terme de démarche expérimentale et d'autonomie. La mise en évidence expérimentale, par les élèves, de la présence d'air dans le sac n'est pas aussi simple à réaliser que ce qu'ils imaginent au départ : pour montrer que le sac contient quelque chose, il suffit de le percer pour qu'il se vide.

Pour beaucoup d'entre eux, la prise de conscience du problème (l'air ne tombe pas dans l'eau quand on ouvre le sac au-dessus de la bassine d'eau) ne peut se faire qu'après avoir tenté l'expérience. Dans cette démarche l'élève apprend grâce à une expérience qui « ne marche pas » (pourvu bien sûr que les raisons de cet échec soient analysées collectivement). Lorsqu'il s'agit de récupérer l'air dans une bouteille, les élèves pensent très vite à utiliser une bouteille, puis à la remplir d'eau (pour voir les bulles). Les élèves placent le sac d'air au-dessus de la bouteille et ne comprennent pas pourquoi les bulles ne descendent pas dans la bouteille. S'ils finissent par penser à renverser le dispositif (sac d'air au-dessous de la bouteille d'eau), c'est pendant l'action, c'est-à-dire en pensant avec les mains. *A priori* ils n'envisagent pas de mettre la bouteille d'eau au-dessus car ils pensent que l'eau va tomber et qu'ainsi l'expérience échouera.

Il est intéressant de noter que cette expérience est très rarement faite en classe. L'expérience qui est proposée aux élèves dans la quasi-totalité des manuels scolaires consiste à placer directement la bouteille pleine d'eau au-dessus, le sac d'air au-dessous et le tout dans l'eau, comme s'il était évident que c'était la seule possibilité.

Durant cette séquence les élèves ont effectué sur l'air des opérations faites couramment avec d'autres matières (attraper, transporter, conserver, transvaser). Ils n'ont pas encore tous construit l'idée de la matérialité de l'air ; il faudra pour cela d'autres séances dans lesquelles l'air sera utilisé pour remplir des ballons, des bouteilles, dans lesquelles cet air en s'échappant mettra des objets en mouvement. Ce concept de la matérialité de l'air ne peut se construire que dans la durée et la diversité des situations. D'autres situations doivent être présentées dans lesquelles les élèves seront amenés à sentir le vent³³, à s'interroger sur le caractère pesant de l'air (au cycle 3) ainsi que sur la nécessité de sa présence pour les êtres vivants (ouvertures souhaitables sur les autres cycles et sur le vivant).

Pour aller plus loin

Le travail sur l'air qui vient d'être présenté ici n'est pas exhaustif, d'autres activités sur l'air doivent être abordées en référence à d'autres points du programme tant du cycle 2 que du cycle 3. Au cours du débat sur l'air (séance 2) les élèves ont d'ailleurs montré que ces éléments faisaient partie de leurs préoccupations³⁴.

Indications bibliographiques

Sites Internet

Les sites Internet présentés dans cette liste comportent une documentation pédagogique et/ou scientifique pour les maîtres sur le thème de l'air :

- site national de *La main à la pâte* : www.inrp.fr/lamap/activites/air/accueil.htm
- site de la Desco : www.eduscol.fr/D0048/r_prim.htm
- site des Côtes-d'Armor : www.lamap22.fr.st
- site de la Dordogne : <http://eds24.free.fr/PAGES/MATIERE/EVIDAIR/SoMod.htm>
- site des Pyrénées-Orientales : www.ac-montpellier.fr/cd66/map66/pages/activites_scientifiques/air/cadre_air.htm
- site de la Haute-Savoie : <http://iufm74.edres74.ac-grenoble.fr/travaux/tphysique/air3c.htm>
- site de la Savoie : www.ac-grenoble.fr/savoie/Disciplines/Sciences/Index.htm
- site de la Seine-Saint-Denis : <http://lamap93.free.fr/preparer/gg/gg-00-01ind.htm>

Cédérom

- *La matérialité de l'air* aux cycles 2 et 3, CRDP de Bordeaux.

33. Voir séquence « Comment savoir d'où vient le vent ? ».

34. Vidéo 1, 2 et 3, séance 2.

Une graine, une plante ?

Cette séquence propose de prolonger, en l'affinant, la réflexion sur le vivant que l'élève a débutée en maternelle et de l'aider à trouver progressivement les indices lui permettant de reconnaître la vie. De manière plus générale, la séquence proposée ici, permet de construire progressivement, à l'aide d'activités pédagogiques, la notion de graine. La graine (sa définition et son rôle) et la germination sont présentées au cycle 2 comme des étapes, le cycle de développement ne sera conceptualisé qu'au cycle 3. Ces séances permettent de développer une démarche d'investigation scientifique ; leur mise en œuvre est aisée et ne nécessite aucun achat de matériel spécifique et/ou onéreux. L'étude de la graine et de son importance, en tant que telle, au tout début du développement végétal (pour les plantes à fleurs et les conifères) est particulièrement adaptée à l'école primaire car accessible aux élèves. Les activités de jardinage à partir de semis sont nombreuses à l'école maternelle et les enfants ont, en général, une connaissance intuitive de la notion de graine, ainsi que de son rôle primordial (produit de la reproduction et moyen de dispersion).

La place dans les programmes

– Au cycle 2 : il s’agit de construire la notion de graine. La graine peut être définie de la façon suivante : un être vivant végétal, déshydraté, constitué par un germe à l’état de vie ralentie, entouré de réserves et protégé par une enveloppe. L’élève sera donc conduit à s’interroger sur les conditions nécessaires à la reprise d’une vie active qui aboutira au développement d’une plante adulte.

Extraits du programme	Extraits du document d’application
<p>De l’espace familial aux espaces lointains Compétences devant être acquises en fin de cycle :</p> <ul style="list-style-type: none"> – repérer les éléments étudiés sur des photographies prises de différents points de vue, sur des plans ; – avoir compris et retenu quelques aspects de la diversité des formes de végétation, de la vie animale et des habitats. 	
<p>Le temps qui passe Compétences devant être acquises en fin de cycle :</p> <ul style="list-style-type: none"> – être capable de fabriquer et d’utiliser différents types de calendrier et d’y situer les événements étudiés. 	
<p>Le monde du vivant – Les manifestations de la vie chez les animaux et les végétaux. Compétences devant être acquises en fin de cycle :</p> <ul style="list-style-type: none"> – être capable d’observer, identifier et décrire quelques caractéristiques de la vie animale et végétale ; – avoir compris et retenu ce qui distingue le vivant du non-vivant en se référant aux grandes fonctions du vivant et aux manifestations de la vie animale et végétale. 	<ul style="list-style-type: none"> – Mettre en place et entretenir des cultures en classe et dans l’école. – Rechercher les caractéristiques d’objets ou d’êtres vivants pour distinguer monde animal, végétal ou minéral et pour les organiser.

– Au cycle 3 : sera présentée l’origine de la graine, avec la mise en évidence des transformations du cycle des végétaux à fleurs (de la fleur au fruit). Au cours de ce cycle, il est possible d’approfondir une démarche expérimentale en recherchant l’influence simultanée de quelques facteurs de germination.

Extraits du programme	Extraits du document d’application
<p>Unité et diversité du monde vivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – les stades de développement d’un être vivant ; – les conditions de développement des végétaux ; – les divers modes de reproduction (animale ou végétale) : procréation et reproduction non sexuée. 	

– Au collège (classe de 6^e) : une expérimentation pour éprouver les hypothèses sur les conditions de germination des graines est proposée ; elle conduit à une réflexion sur l’influence des conditions climatiques (deux au maximum) et sur la germination des graines dans le milieu. Il est rappelé que la graine provient de la fleur et qu’elle est ensuite étudiée en tant que forme de dispersion qui permet aux végétaux à fleurs et aux conifères de peupler les milieux.

– Au lycée : les élèves s’intéresseront à la morphogenèse végétale : la morphologie d’un végétal dépend des caractéristiques génétiques de l’espèce à laquelle il appartient mais aussi de son environnement.

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

- Distinguer le vivant du non-vivant à travers l’exemple d’une forme végétale connue de tous : la graine.
- Acquérir la notion de graine.
- Concevoir et mettre en œuvre un protocole expérimental.

Un déroulement possible de la séquence

Séances	Question de départ	Activités conduites avec les élèves	Démarche scientifique	Activités langagières
Séance 1	Graine ou pas graine ?	Conceptions initiales. Préparation de la sortie éventuelle.	Observation et expérimentation.	Communication orale. Écrits et dessins individuels. Écrit collectif.
Séance 2		Récolte des échantillons.		
Séance 3		Tri et formulation des hypothèses.		
Séance 4		Plantation des semis.		
Séance 5		Observation et interprétation.		
Séance 6	Qu'y a-t-il dans une graine ?	Conceptions initiales.	Observation à la loupe et dissection.	Communication orale. Dessins individuels.
Séance 7		Observation, interprétation, discrimination des échantillons.		
Séance 8	De quoi a besoin une graine pour germer ?	Conceptions initiales.	Expérimentation.	Communication orale. Écrits et dessins individuels. Écrit collectif.
Séance 9		Hypothèses.		
Séance 10		Protocole expérimental. Analyse des résultats et conclusion.		
Séance 11	Comment les graines germent-elles ?	Élaboration du protocole expérimental, observation.	Observation continue et recherche documentaire.	Écrits individuels. Communication orale. Écrit collectif. Lecture.
Séance 12		Activités collectives autour de l'importance sociale de la graine.		
Séance 13				
Séance 14	Prolongement : les graines voyagent-elles ?	Activités collectives autour du rôle biologique de la graine.	Observations et recherches documentaires.	Communication orale. Lecture.
<p><i>N.B.</i> – Entre les séances 4 et 5 et les séances 11 et 12, une période d'observation continue sera nécessaire pour suivre l'évolution des semis. Les activités langagières (voir tableau) pourront soit être menées avec la classe ou en petits groupes, soit être individuelles.</p>				

Séance 1. Graine ou pas graine ? – conceptions initiales

Les élèves cherchent à déterminer ce qu'est une graine.

Cette séance est intégrable à la séance 2 en fonction du temps consacré à chaque séance de sciences.

L'enseignant peut choisir entre les deux termes d'une alternative : organiser une sortie naturaliste, lors de laquelle sera constitué un échantillonnage par les enfants ou proposer un ensemble d'échantillons qu'il a rassemblé à l'avance.

La séance peut commencer en demandant à chaque enfant de dessiner une (des) graine(s), telle(s) qu'il se la (les) représente et d'exprimer ce qu'est, pour lui, une graine.

De manière à construire leur carnet d'expériences, les élèves formulent par écrit (texte, dessin, ...), l'idée qu'ils se font d'une graine.

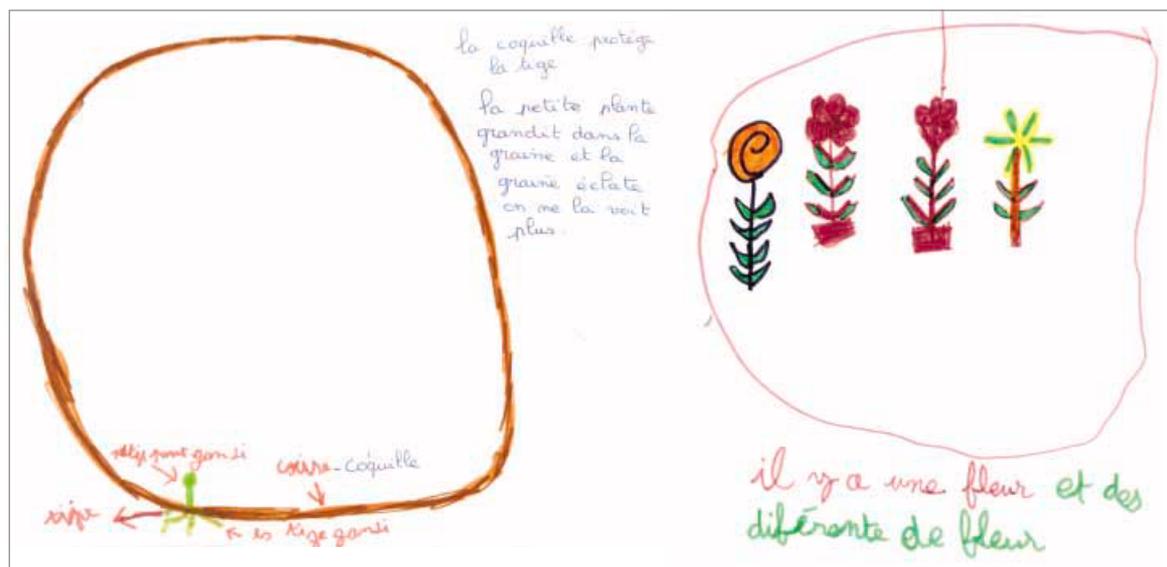


Figure 1. Les élèves représentent l'idée qu'ils se font d'une graine.

Séance 2. Graine ou pas graine ? – récolte du matériel expérimental

À l'occasion d'une sortie dans la nature, les enfants prélèvent ce qu'ils pensent être des graines.

Le point de départ de la séquence peut être une sortie réalisée dès le mois de septembre¹.

Collectivement

L'enseignant demande aux enfants de récolter ce qu'ils pensent être des graines et, afin d'établir un rapport entre les échantillons récoltés et leur origine, propose aux enfants de noter soigneusement sur leur carnet d'expériences l'endroit où ils ont récolté l'échantillon (sous/sur un arbre ou une plante ; sur le sol, sous les feuilles...).

Pour les classes des zones fortement urbanisées, qui ne pourraient pas effectuer cette récolte, une alternative peut être la préparation préalable, par l'enseignant, d'un ensemble de graines et de divers autres échantillons en plusieurs exemplaires, ce qui

1. À cette période, les vêtements, les lacets de chaussures se couvrent de graines et de semences dès que l'on pénètre dans un modeste terrain vague. L'enseignant pourra récolter ces échantillons qui auront leur intérêt pour la séance 14.

permet de s'affranchir de la sortie. Le matériel expérimental étant connu à l'avance, le maître est quasiment assuré de la viabilité des graines et l'expérimentation sera plus satisfaisante.

À l'issue de la récolte, la classe dispose d'un choix important et varié d'échantillons.



Figure 2. Exemples de petits échantillons (graines, thé, petits cailloux). La pièce de monnaie (ici, dix centimes d'euro) donne une idée de l'échelle.

Séance 3. Graine ou pas graine ? – tri du matériel et hypothèses

Plusieurs échantillons sont à disposition des élèves qui réfléchissent au moyen de reconnaître les graines parmi ceux-ci et effectuent le tri.

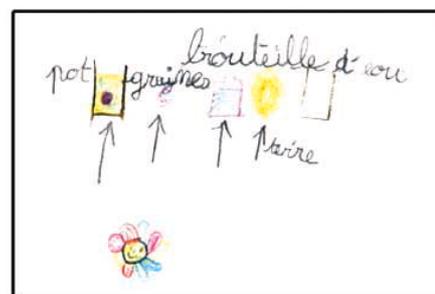
Afin d'être sûr que l'échantillonnage à étudier comprend aussi bien des échantillons « graines » que « non-graines », le maître peut, soit rassembler l'échantillonnage de la récolte et le redistribuer aux groupes d'élèves², soit suggérer aux élèves d'un groupe de mettre en commun leur récolte.

Par petits groupes

L'enseignant présente aux élèves les différents échantillons (graines et non-graines) sans préciser si ce sont ou non des graines. Il demande à l'ensemble de la classe : « Qu'est-ce que c'est ? » ou « À votre avis, lesquels de ces éléments sont des graines ? ». Après cette réflexion en petits groupes, qui aboutit à un premier tri des échantillons, il est fort possible que tous ne soient pas d'accord pour considérer tel ou tel échantillon comme étant une graine.

Collectivement

De manière à engager plus en avant les élèves dans le raisonnement, l'enseignant demande : « Comment vérifier si ce sont des cailloux, des... ou des graines ? ». Un consensus peut se dégager rapidement : « Pour vérifier, il faut semer ». L'enseignant engage un échange oral collectif dans le but d'amener les élèves à formuler leurs prévisions du résultat.



J'ai mis de la terre sur les
graines
J'ai semé des graines.

Figure 3. « Pour vérifier, il faut semer... »

2. Selon la nature de la récolte, l'enseignant peut éventuellement introduire, à ce moment, des échantillons supplémentaires «graines viables» et des échantillons «non-graines» choisis pour l'intérêt qu'ils peuvent représenter dans cette séquence et pour améliorer les résultats. Dans cette perspective, il est conseillé d'éviter l'introduction d'échantillons dont la présence, dans la nature, est peu probable (grains de semoule, vermiculite).

Plusieurs questions sont utilisées pour accompagner les élèves dans ce raisonnement : « Que peut-il se passer si on sème tout ceci ? » Le débat conduit à l'anticipation suivante : « Si cela pousse, cela veut-il dire que ce sont des graines ?³ ». Les élèves schématisent le protocole expérimental et notent l'anticipation du résultat en explicitant les raisons.

Séance 4. Graine ou pas graine ? – expérimentation sur les semis

Les élèves organisent leur plantation et réalisent leurs semis.

Par petits groupes

Un groupe de deux à quatre élèves peut prendre en charge le semis de, par exemple, deux échantillons disposés sur la table d'expériences. Les élèves délimitent deux secteurs dans un banc en polystyrène rempli d'un mélange humide de terre de jardin et de sable. Pour chaque secteur, les élèves plantent les échantillons en les espaçant et en les comptant. Chaque secteur est identifié par un petit drapeau (pied en bois ou en fil de fer et étiquette), sur lequel il est possible d'indiquer le nombre d'éléments semés dans le secteur concerné.

Le maître peut proposer la conception ou l'utilisation d'un calendrier sur lequel les élèves pourront, le jour venu, coller un échantillon identique à celui du secteur lorsqu'une première pousse a été repérée.



Figure 4. Exemples de plantations réalisées par les élèves.

Au cycle 2, il est difficile de faire la différence entre graine et fruit contenant une graine comme la semence de l'érable. La distinction se fera au cycle 3 après avoir étudié l'origine de la graine; le terme de semence (ce que l'on sème), peu précis, est toutefois utile, d'un point de vue langagier, lors de la mise en route de certains semis. Pour lever toute ambiguïté, on ne proposera, au cycle 2, que l'observation systématique de « vraies graines » lors de l'étude de la germination.

3. Plusieurs solutions sont envisageables pour semer : en pleine terre, construction d'une serre (objet technologique), bac préalablement conçu par l'enseignant, bac acheté chez un éditeur de matériel pédagogique.

Séance 5. Graine ou pas graine ? – observation des semis, interprétation

Les élèves observent en continu l'évolution des semis et tirent les premières conclusions. On reconnaît une graine parce qu'elle est capable de changer : elle pousse si on la met dans la terre ; une graine qui pousse donne une plante ; deux graines qui se ressemblent donnent deux pousses qui se ressemblent.

Individuellement

Durant un quart d'heure d'activités (observation et traces écrites) environ – tous les deux jours pendant une semaine à dix jours – en fonction de l'importance de l'évolution des semis, les élèves observent les changements : c'est une observation continue. Chaque fois, chacun dessine et écrit ce qu'il observe en indiquant la date. À l'issue de chaque observation, les élèves qui le souhaitent rapportent au groupe-classe leurs remarques.

Au fur et à mesure de l'avancée dans le temps, des différences apparaissent dans l'évolution des semis : des jeunes plantes sortent de terre dès le troisième jour, d'autres, seulement au bout du septième jour. Pour certains semis, aucune plante n'apparaît. Les élèves proposent « d'enlever la terre » pour mieux observer ce qu'ils y ont mis. Ils constatent ce qui a changé.

Collectivement

Quatre ou cinq jours environ après la mise en route des semis, il est possible de faire un premier bilan et de noter :

- ce qui n'a pas poussé⁴ ;
- ce qui a poussé.

Les élèves remarquent que, pour un secteur donné, les jeunes pousses sont apparues presque toutes en même temps, et qu'il y a des différences entre les secteurs (parfois plusieurs jours). Dans un même secteur, toutes les pousses se ressemblent entre elles comme les graines qui ont été semées et il y a autant de pousses que de graines, quelquefois moins (si une graine ne s'est pas développée), mais jamais plus.

Synthèse collective

L'enseignant invite les élèves à relire leurs traces écrites afin de leur permettre de se remémorer la situation de départ, le questionnement, l'anticipation. Les élèves tentent d'expliquer ce que l'expérience a montré en référence au questionnement de départ. Puis chaque groupe présente à la classe son explication. L'enseignant propose un débat qui va permettre de construire, à l'aide de toutes les propositions, une phrase adaptée. Par exemple, une phrase du type : « Des plantes ont poussé. Cela veut dire que c'étaient des graines » sera retenue par le groupe-classe et validée par l'enseignant. On reconnaît une graine à ce qu'elle est capable de changer⁵.

Chacun écrit la conclusion retenue lors du débat.

Ces premières observations sont à l'origine d'un nouveau questionnement concernant les critères de discrimination d'une graine.

4. Les secteurs où rien n'a poussé peuvent représenter des secteurs pour lesquels n'étaient plantés que des éléments qui n'étaient pas des graines, mais aussi des graines non-viables, ou des graines pour lesquelles les conditions de germination n'ont pas été favorables ; l'hypothèse de départ « Si ce sont des graines, ça pousse... » paraît se confirmer mais ne suffit pas : il faut trouver d'autres critères de discrimination...

5. Cette aptitude à changer dans le temps et à réaliser des échanges avec le milieu sont des indices qui permettent de détecter le vivant. Le concept de vivant ne pourra se construire que très progressivement à partir de nombreuses autres activités.

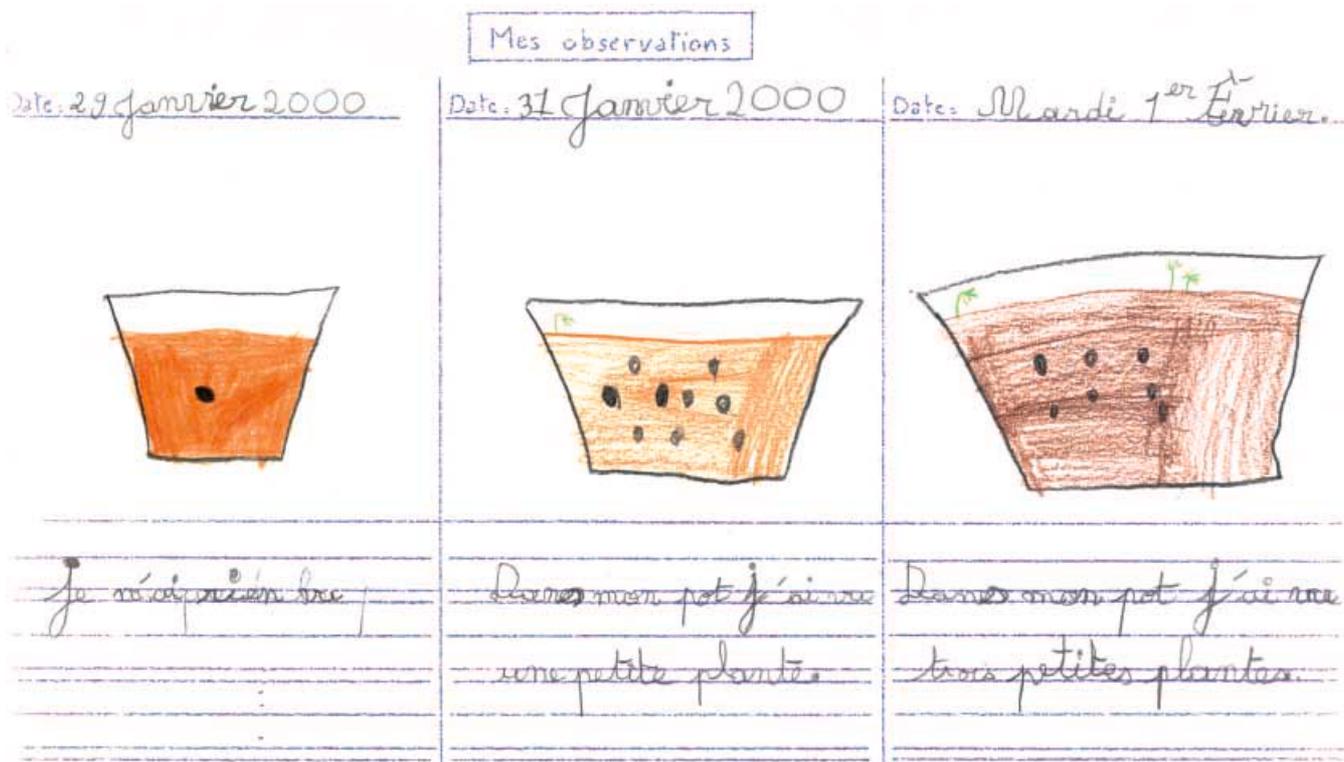


Figure 5a

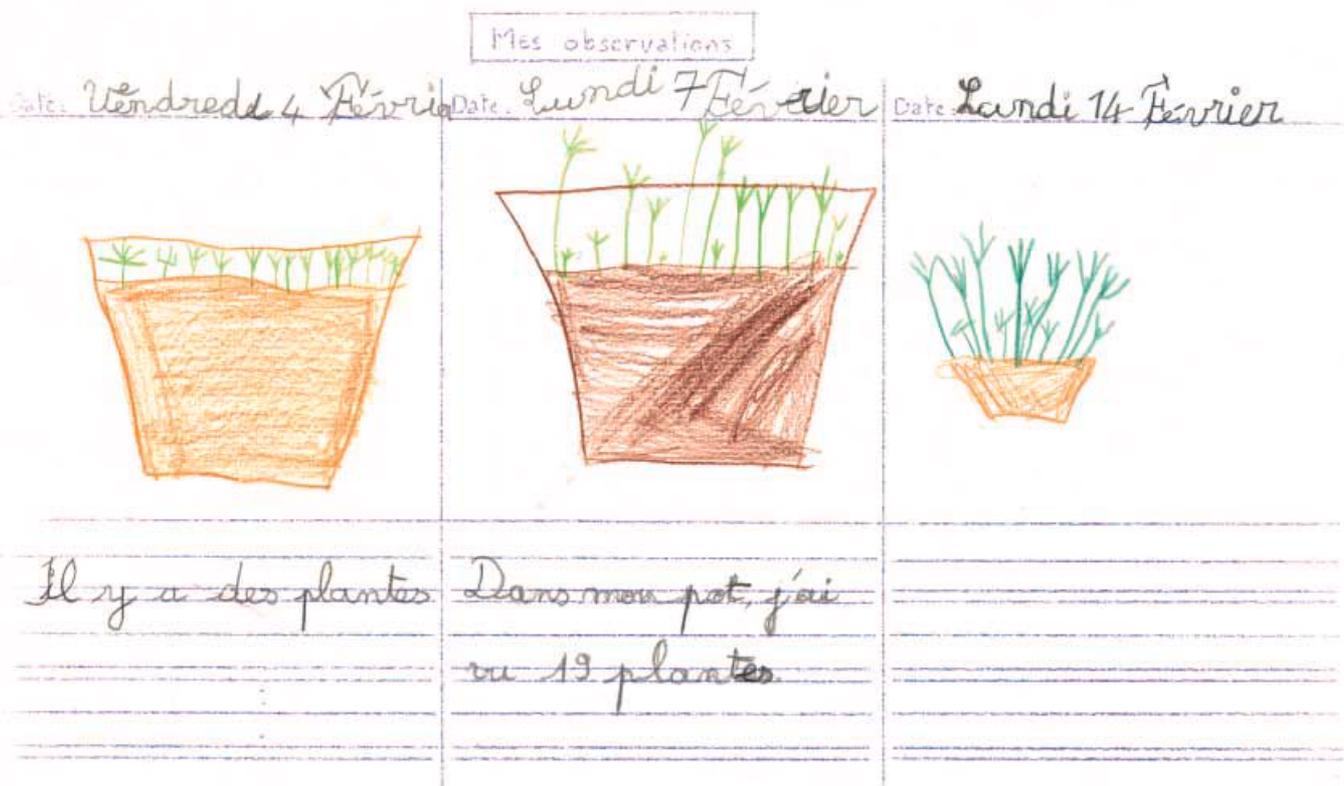


Figure 5b

Figure 5. Les élèves observent et reportent l'évolution des semis sur le carnet d'expériences.

Séance 6. Qu'y a-t-il dans une graine ? – conceptions initiales

Après avoir dégagé des caractéristiques morphologiques (aspect extérieur), ontogéniques (étapes du développement de la graine), les élèves s'intéressent aux critères anatomiques visibles (disparition interne des différentes parties de la graine).

Afin de dégager de nouveaux critères, les enfants viennent à s'intéresser à ce qu'il y a à l'intérieur de la graine. Ils livrent leurs conceptions sur l'organisation interne de la graine.

Collectivement

En formulant les questions découlant de leurs observations et difficultés issues des séances précédentes, l'enseignant recueillera les conceptions initiales des enfants :

- comment séparer les éléments « non-graines » des éléments « graines non viables » ? ;
- comment expliquer cette relation entre une graine et une plante ? ;
- comment (et grâce à quoi) une graine pousse ?

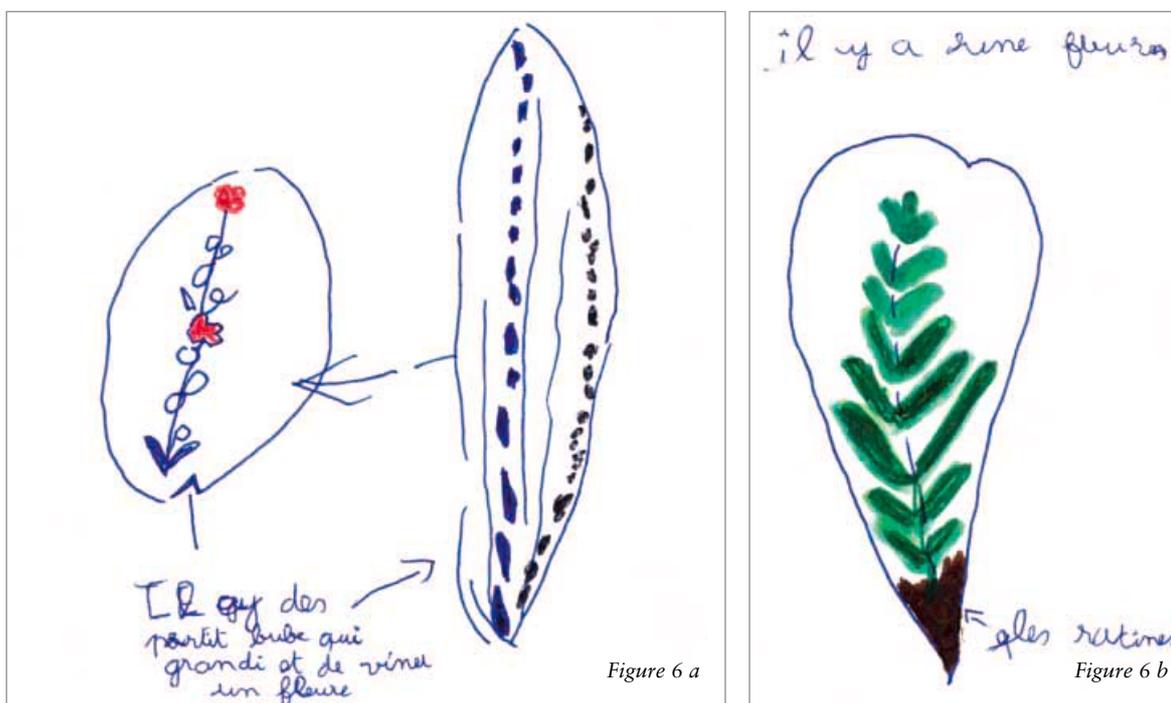


Figure 6. Deux exemples de représentations initiales concernant ce qui se trouve dans la graine.

« Il faut aller voir dans les graines », « il y a une petite plante dans la graine »... seront des propositions probablement formulées oralement. On peut proposer aux élèves de dessiner comment ils imaginent ce qu'il y a à l'intérieur de la graine avant de la semer et de constater ce qui se passe lorsqu'elle germe.

Il est possible d'analyser et de confronter collectivement quelques productions d'élèves⁶. Afin de confronter la réalité aux conceptions et de répondre au questionnement, il est décidé, d'un commun accord, d'observer l'intérieur d'une graine. Pour que l'observation et la comparaison aient un sens, il s'agit de comparer un échantillon « vraie graine » avec les autres échantillons (dont les « non-graines » et « graines non-viables »). Le choix de l'échantillon « vraie graine » est donc primordial⁷.

6. Dans un certain nombre de dessins on voit apparaître à la fois une graine et une plante développée sans relation souvent entre les deux : l'idée de transformation de la graine n'est pas encore présente. Par ailleurs, des élèves peuvent dessiner à l'intérieur de la graine non pas une plantule mais une plante adulte en miniature, la notion de germe qui se transforme reste, elle aussi, à construire.

7. Selon l'expérimentation précédente, l'élément de référence est un échantillon qui a germé et qui confirme (partiellement) l'hypothèse. L'enseignant aura donc, en prévision de cette séance, soigneusement conservé des exemplaires non germés de ces échantillons.

L'élément de référence est choisi de façon à ce qu'il soit aisément observable, de préférence parmi des graines de taille importante qui s'ouvrent facilement en deux parties : petit pois, haricot, lentille, fève. Il est plus facile de proposer, dans un premier temps, l'observation de la même graine pour toute la classe.

Séance 7. Qu'y a-t-il dans une graine ? – anatomie de la graine

Les élèves décortiquent et observent, à l'aide d'un instrument grossissant, l'intérieur de diverses graines; ils y découvrent et dessinent les différents organes de la graine : le germe, les éléments de réserve et l'enveloppe qui la protège. Ils discriminent définitivement les éléments de l'échantillonnage : graine ou non-graine ?

La graine choisie comme référence peut être décortiquée par l'enseignant, afin de montrer aux élèves la technique à adopter, qui peut s'avérer délicate à cause de la taille de la graine. Les échantillons à comparer ont préalablement été mis à tremper la nuit précédente afin de ramollir les téguments et ainsi faciliter l'ouverture des graines par les élèves.

Individuellement

Après avoir décortiqué leur graine, les élèves disposent d'un petit moment d'observation en autonomie. En fonction du matériel disponible, les enfants peuvent dans un premier temps faire une observation à l'œil nu, puis, dans un second temps à l'aide d'un instrument grossissant (loupe binoculaire, loupe à main).

Simultanément à leur observation, ils sont invités à réaliser un dessin pour confronter leurs conceptions initiales à ce qu'ils voient.

Synthèse collective

Une phase de débat collectif conduit à un dessin individuel structuré et annoté. Sur ce dessin, on peut mentionner le germe avec ses deux petites feuilles embryonnaires blanches⁸ (que l'on peut désigner par le terme de cotylédons ou premières feuilles) et bien visibles sur la graine de haricot (les deux moitiés intérieures de la graine) et la « peau » ou enveloppe (ou tégument).

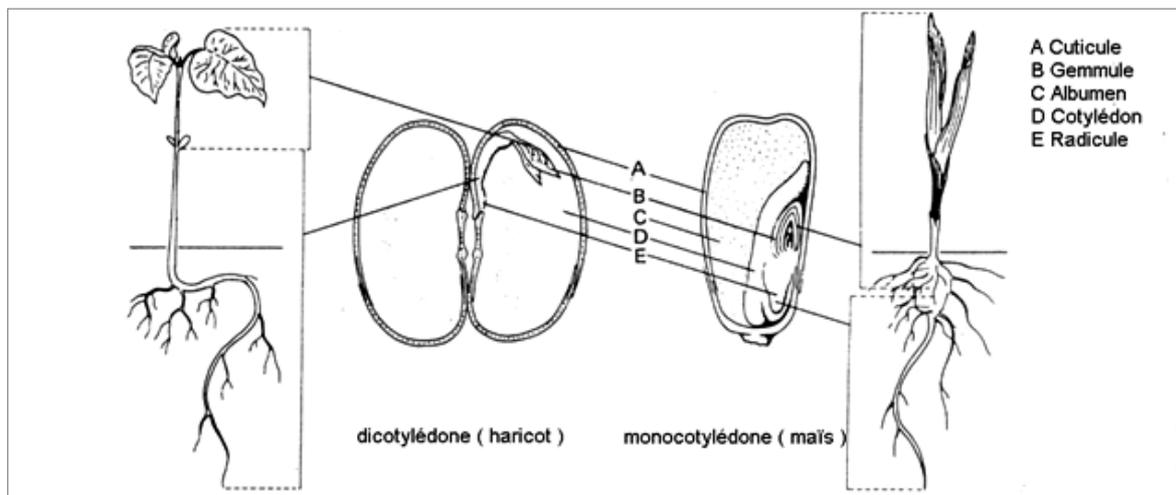


Figure 7. Organisation anatomique des graines des plantes à fleurs. *Nouveau Manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences*, © UNESCO 1973, reproduit avec la permission de l'UNESCO.

8. Chez les légumineuses (haricot, petit pois, lentilles, etc.), végétaux dicotylédones (embryon à deux cotylédons), les deux feuilles embryonnaires deviennent de plus en plus petites (les réserves qu'elles constituent sont progressivement utilisées) et finissent par disparaître lorsque la plantule se développe. Chez le maïs, les graminées (blé, «gazon», etc...), végétaux monocotylédones (embryon à un seul cotylédon), un des deux cotylédons ne se développe pas et on ne voit émerger de la graine qu'une seule feuille embryonnaire ; l'autre fait office d'organe de réserve mais reste dans, ou sur le substrat.

Individuellement

Dans un souci de généralisation les élèves observent, individuellement, d'autres graines afin d'identifier les mêmes constituants. Dès lors, tous les élèves n'observent plus la même graine en même temps; il est nécessaire de différencier les observations et de généraliser ensuite.

Lors de la séance 2, les échantillons qui n'ont pas poussé (mais que l'on a soigneusement conservé) ne contenaient probablement pas de germes. Il est possible de le vérifier en écrasant (si cela est possible) les petits grains de nature minérale: on obtient de la poussière mais pas de germe; de plus, on ne trouve pas d'enveloppe (de tégument) autour du grain.

Des observations identiques sont faites avec des grains de nature organique, mais non-vivants. On constate alors que certains échantillons, assimilables à des graines, qui n'ont pas poussé, sont en phase de décomposition (ils sentent mauvais lorsqu'on les ouvre). Ces graines sont donc « non-viables » (pas mûres) ou mortes (à cause des conditions de germination).

Séance 8. Que faut-il à la graine pour germer? – conceptions initiales

La notion de graine étant maintenant précisée d'un point de vue morphologique, ontogénique et anatomique, il semble intéressant de s'interroger sur les besoins physiologiques de cet être vivant, c'est-à-dire sur les conditions⁹ de l'environnement nécessaires à son développement.

Les enfants cherchent à savoir de quoi la graine a besoin pour qu'elle réussisse sa germination. L'observation des différences dans l'évolution des semis (voir séance 5: phase 1) amène les élèves à formuler « Qu'est-ce qui fait que certaines graines poussent plus vite que d'autres? ».

Individuellement

Dans un premier temps, l'enseignant demande à chacun d'écrire ce qu'il pense des besoins de la graine. Majoritairement la formulation « Peut-être que... » est utilisée par les élèves. Sur l'ensemble du groupe-classe, certains élèves n'émettent qu'une idée, d'autres plusieurs.

Collectivement

Dans un second temps, les idées des élèves sont mises en commun et deviennent « les idées de la classe¹⁰ ». Voici un échantillonnage de ce que peuvent proposer les élèves:

- « Peut-être qu'il ne faut pas planter trop profond? »
- « Peut-être qu'il faut les mettre à la lumière? »
- « Peut-être qu'il ne faut pas trop d'eau? »
- « Peut-être que ce ne sont pas les mêmes plantes? »
- « Peut-être qu'il ne faut pas d'air froid? »
- « Peut-être qu'il ne faut pas trop appuyer? »

Chacun note les idées de la classe.

À la suite des questions formulées par les élèves, l'enseignant en retient une et la renvoie au groupe-classe¹⁰. Dans cette séquence, la question retenue est « Peut-être qu'il ne faut pas trop d'eau? ». Les séances suivantes découlent de ce choix, mais peuvent être adaptées à d'autres facteurs environnementaux.

9. On choisira au cycle 2 de ne traiter qu'un ou deux facteurs de la croissance (eau, nutriments), un travail plus complet sur la croissance des végétaux étant envisageable au cycle 3.

10. Le choix d'une question peut être motivé par différentes raisons :

- la faisabilité du point de vue du matériel et de la sécurité, de l'expérience sous-jacente ;
- la notion qui pourra être construite, en référence aux programmes (cycle 2, cycle 3) ;
- les compétences méthodologiques qui seront mises en œuvre.

Séance 9. Que faut-il à la graine pour germer ? – expérimentation

Les enfants mettent en place un protocole expérimental afin de vérifier si l'eau est un facteur nécessaire à la germination.

La question choisie est : « Peut-être qu'il ne faut pas trop d'eau ? ». Un débat s'instaure et la discussion tourne autour de l'expression « pas trop d'eau ». Certains élèves avancent que « pas trop d'eau » ne veut pas dire « grand chose ». « On ne sait pas combien c'est, pas trop d'eau ! ». L'échange se poursuit, une idée est avancée : « Il faudrait dire pas d'eau et de l'eau ».

Le questionnement de départ devient : « Quand on met de l'eau est-ce que la graine pousse ou pas ? » et « Quand on ne met pas d'eau est-ce que la graine pousse ou pas ? ». Ces questions vont permettre aux élèves de travailler sur les conditions de germination des graines mais aussi sur une compétence méthodologique, la mise en place d'une expérience et d'une contre-expérience pour pouvoir comparer les résultats et affirmer les conclusions.

Il est préférable de choisir, comme matériau expérimental, deux ou trois types de graines différents. Ceci permet de se rendre compte que les besoins pour la germination sont communs à toutes les graines. Certaines graines (haricot, blé, petit pois...) peuvent être qualifiées de « graines de référence » (voir séance 2, phase 2) et permettent d'optimiser la réussite expérimentale.

En petits groupes

En choisissant une serre adaptée à cette expérimentation (où il est possible d'isoler des secteurs sans eau), les élèves ensemenceront différentes sortes de graines, dans des secteurs avec eau et dans des secteurs sans eau, en notant sur la petite étiquette le type de graine, la date, l'heure et la présence ou non d'eau¹¹.

Les enfants schématisent le protocole expérimental sur leur carnet d'expériences en n'oubliant pas d'expliquer et de légender le dessin.



Figure 8. Exemple de représentation schématique expliquant le protocole expérimental mis en place par la classe.

11. Il est important de s'assurer que les secteurs graines + eau ne souffrent pas de l'évaporation. On peut, soit poser un élément permettant de limiter l'évaporation, soit rajouter de l'eau jusqu'à un niveau que l'on contrôlera régulièrement.

Séance 10. De quoi a besoin la graine pour germer ? – conclusion

Les élèves concluent sur les résultats qu'ils ont obtenus de leur expérimentation et rédigent leurs conclusions : pour germer, une graine a besoin d'eau ; sans eau, elle ne germe pas.

L'enseignant propose aux enfants d'analyser les résultats de l'expérimentation.

Collectivement

Au bout de quelques jours, on peut constater que dans les secteurs où il n'y a pas d'eau, les graines n'ont pas germé. Inversement, dans les secteurs où les graines étaient en présence d'eau, des pousses sont apparues. Une ou deux petite(s) « feuille(s) » verte(s) sont apparues, le(s) cotylédon(s), ainsi qu'un petit système racinaire, blanc.

Il est alors possible de comparer les secteurs dans lesquels des graines de même nature ont été semées ; les élèves constatent alors que les plantules présentent des similitudes, et que des graines différentes produisent des plantules qui diffèrent sensiblement.

Individuellement

Chaque élève consigne, dans son carnet d'expériences, les résultats de l'expérimentation de son groupe ainsi que les conclusions du groupe-classe.

Il est possible de prolonger cette expérimentation sur l'eau comme facteur nécessaire à la croissance des végétaux¹².

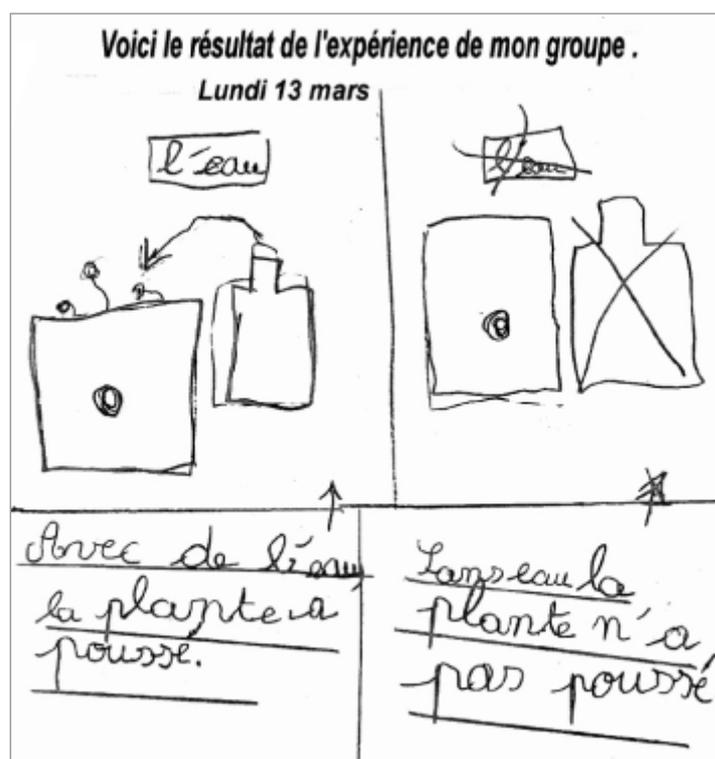


Figure 9. Exemple de représentation schématique rapportant les résultats de l'expérimentation.

12. Plusieurs expérimentations sont envisageables, en voici deux exemples :

– laisser se poursuivre la croissance, mais ne pas rajouter d'eau. Le niveau d'eau va baisser (voir note précédente) pour se garantir contre l'évaporation, puis la plantule va dépérir lorsque le niveau d'eau sera au plus bas. Pour se développer la plantule a besoin d'eau (et pas seulement la graine pour germer) ;

– laisser tremper les graines une nuit dans un verre d'eau puis les répartir dans des secteurs sans eau ; observer le lendemain. On voit « quelque chose » en train de sortir (la radicule) de la graine. Si on n'ajoute pas d'eau, la graine ne se développe plus et finit par mourir. Si on ajoute ensuite de l'eau, elle ne repart pas.

Séance 11. Comment les graines germent-elles ? – expérimentation

Cette étape va permettre de définir la germination comme le premier stade de développement d'une nouvelle plante à partir de la graine. Cette notion sera reprise au cycle 3 lors de l'étude des stades de développement d'un végétal à fleurs, que celui-ci soit une plante annuelle ou une plante vivace. À l'issue de la séquence, les élèves auront observé une transformation biologique et rendu compte par écrit des différents stades d'évolution d'un être vivant. Un premier prolongement est possible par la mise en parallèle de l'évolution de l'alimentation humaine et de l'évolution des sciences et des techniques.

Les élèves cherchent, à l'aide de semis, à savoir comment la graine se « réveille » et comment elle devient une plantule.

Collectivement

Des semis sont à nouveau organisés pour voir comment le germe de la graine se transforme en plante. Les élèves savent que, pour germer, les plantes ont besoin d'eau, eau qu'elles trouvent dans la terre que l'on arrose mais : « la terre nous gêne pour l'observation ». Quels dispositifs peut-on alors mettre en place pour s'affranchir de la terre ?

Aux élèves de proposer d'autres dispositifs afin que les graines restent dans une ambiance humide tout en pouvant les observer. Le maître peut aider les élèves dans cette recherche : semis sur du coton hydrophile (avec risque de pourriture des cultures) ; sur du papier filtre, du papier buvard ou mieux sur des plaques de polystyrène percées de trous – un pour chaque graine – et flottant à la surface de l'eau d'un bac.

Au cours de cette première phase le maître peut également organiser, avec les élèves, les traces écrites¹³ de l'observation continue qui va être mise en route.

Individuellement ou par petits groupes

L'observation continue peut être proposée durant un quart d'heure environ (observation et traces écrites), en fonction de l'importance de l'évolution des semis, tous les deux jours pendant une semaine à dix jours.

Séance 12. Comment les graines germent-elles ? – exploitation des données

Les enfants découvrent que les organes qu'ils ont observés dans la graine ont tous un rôle bien défini : la racine se développe la première, elle se dirige vers le bas ; la tige feuillée se développe ensuite vers le haut ; les deux moitiés de la graine font office simultanément de « premières feuilles » et d'organe de réserves au sortir de la plantule.

Individuellement ou par petits groupes

Chaque élève, en autonomie, observe la frise (dessins, collages de plantes, diapositives, photos) qu'il a obtenue ou la frise collective et produit un court texte écrit qui correspond à son compte-rendu d'observation.

Collectivement

Exploitation en commun des travaux précédents c'est-à-dire description orale de l'évolution qui a été observée lors du développement du germe.

Un document vidéo (voir cédérom) montrant la germination en accéléré du pois ou du haricot, peut aider à la formulation de ces résultats. On peut aussi parvenir au même

13. Plusieurs possibilités existent :

- dessins des observations réalisées avec dates, mesures (au CE1) et en annotant les remarques faites individuellement ou par petits groupes ;
- photographies réalisées par l'enseignant ou les enfants ;
- à chaque observation, prélèvement et mise en herbarium d'une graine en train de germer afin de réaliser une frise d'échantillons séchés permettant de suivre les différentes étapes de germination.

résultat à l'aide d'une succession de vues prises par un appareil numérique. Un document photocopié peut être utilisé à cette étape de la démarche : ce document reprend en plusieurs dessins les étapes d'une germination (petit pois ou haricot) et que les élèves annoteront collectivement ou individuellement.

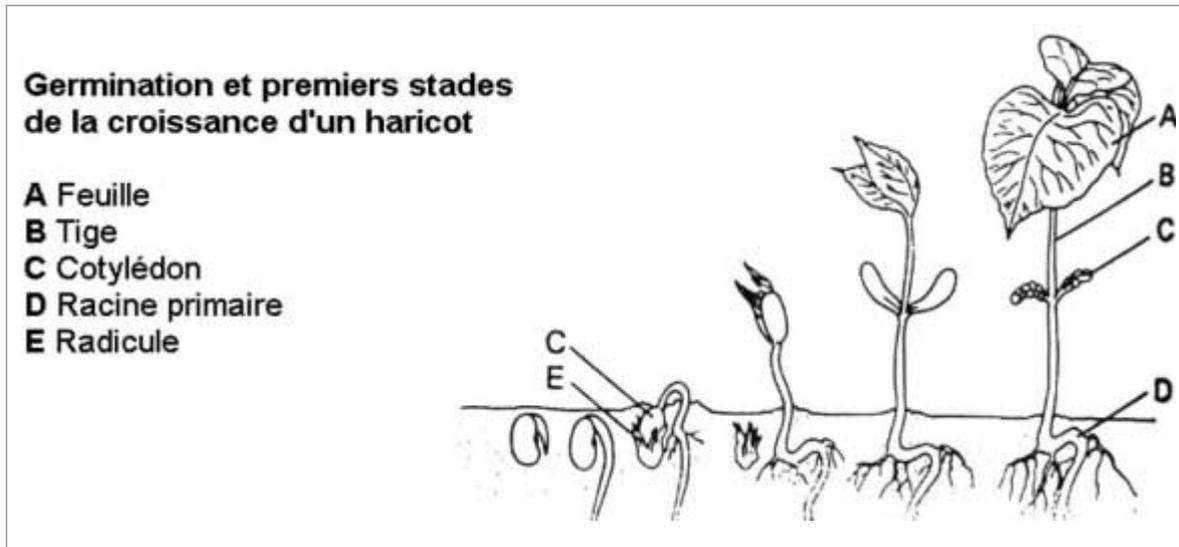


Figure 10. Les différents stades de germination. *Nouveau Manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences* © UNESCO 1973, reproduit avec la permission de l'UNESCO.

Individuellement

Des élèves peuvent reprendre le dessin de l'observation anatomique de la graine réalisé antérieurement et mieux décrire les différentes parties de la graine. La notion de graine est maintenant construite¹⁴.

Séance 13. Le rôle de la graine – la graine et ses réserves

Lorsque la notion de graine est acquise, de nombreux prolongements et évaluations sont envisageables à l'initiative du maître. Ils peuvent déboucher sur des activités collectives ou individualisées telles que l'observation d'autres germinations réalisées dans la classe, à la maison, rencontrées lors d'une sortie ou encore découvertes sur documents (livres, film vidéo, site Internet...). C'est l'occasion pour les élèves d'effectuer des comparaisons qui mettent en évidence similitudes et différences et sensibilisent à l'unité et la diversité du vivant.

Ces prolongements stimulent la curiosité des élèves vis-à-vis de leur environnement, de l'unité et de la diversité des êtres vivants ainsi que des relations de ces êtres dans un même milieu. De plus, des collections d'échantillons ou de documents de substitution (par exemple des photos) peuvent être réalisées lorsque les êtres vivants doivent être préservés. Les deux séances suivantes constituent des pistes de prolongements possibles autour de deux thèmes : les réserves de la graine et le rôle biologique de ce que l'on appelle la forme graine.

Les élèves cherchent à déterminer l'importance du rôle spécifique de la graine dans la croissance des végétaux à fleurs et particulièrement le rôle socio-économique des graines alimentaires.

14. La graine contient un germe ou plantule et des réserves protégées par une enveloppe. Au cours de la germination la graine absorbe de l'eau. La plantule se développe en utilisant ses réserves : elle n'a pas besoin de terre, mais a besoin d'eau. Après le développement de la plantule la graine n'existe plus (cette remarque permet aussi de sensibiliser les élèves à la notion de phénomène biologique irréversible).

Il est possible de réaliser des expériences pour confirmer le rôle des réserves au moment du développement du végétal : on peut semer un germe sans ses réserves ou bien avec une seule moitié de graine.

Une expérience simple à mettre en œuvre visant à comparer les premiers stades de germination à la lumière et à l'obscurité pourrait être entreprise par la classe. Elle aurait pour avantage de montrer que l'exposition à la lumière n'est pas obligatoire, car la graine est pourvue des réserves nécessaires aux premiers stades du développement de la plante. Cette expérience renforcerait l'idée que la graine est une forme de réserve.

Le développement de la jeune plante peut être suivi au-delà de l'utilisation de ses réserves : les élèves peuvent comparer l'évolution de jeunes plants qui poussent dans la terre ou sur un autre substrat (coton ou papier filtre). Ils peuvent noter par ailleurs à quel moment les jeunes feuilles verdissent. Toutes ces observations servent de points de départ, au cycle 3, à l'étude des besoins nutritifs des végétaux verts.

Les graines contiennent des réserves que l'être humain peut utiliser pour son propre compte. Il est possible, par exemple, de rechercher dans les menus proposés en restauration scolaire toutes les graines et semences consommées telles quelles (haricots, petits pois, pois chiches, lentilles...) ou après transformations (grains de blé).

Une liaison peut se faire avec l'histoire : les graines et semences ont toujours eu dans le passé une place importante dans l'alimentation humaine car des aliments déshydratés naturellement se conservent facilement lorsqu'ils sont à l'abri de l'humidité. L'évolution des sciences a permis de développer des techniques de conservation de nos aliments (conserves et congélation), ce qui explique qu'actuellement notre alimentation est toujours très variée en toute saison.

Séance 14. Le rôle de la graine – unité et diversité des êtres vivants

Les élèves cherchent à déterminer l'importance du rôle spécifique de la graine dans la dissémination de l'espèce.

Il peut être envisagé de constituer des classements en utilisant des critères objectifs et en s'appuyant sur la documentation, et ainsi de familiariser les élèves à la lecture de courts textes à caractère scientifique.

Collectivement

Le questionnement peut apparaître, par exemple, lors d'une sortie dans la nature (qui peut être celle de la séance 2). Revenus en classe, les élèves constatent qu'ils ont emporté jusque-là des graines et des semences (graines contenues dans un fruit) qui se sont accrochées sur leurs vêtements (semelles des bottes, vêtements en laine).

Si une sortie n'est pas possible, des graines avec un système d'accrochage peuvent être rassemblées par l'enseignant et une démonstration de son efficacité proposée en classe,

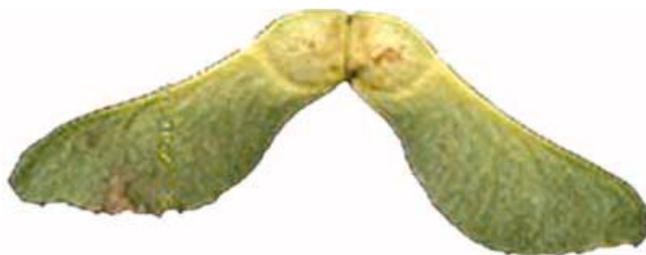


Figure 11. Exemples de graines qui volent ; d'autres flottent ou s'accrochent.

au cours d'un questionnaire collectif. De même, le prélèvement d'un peu de litière de forêt (couche de feuilles et d'humus) révélera de nombreuses petites graines, qui peuvent être emportées, par un promeneur, dans la rainure des semelles de ses chaussures.

La similitude du mode de transport des graines entre les élèves et les animaux (pattes, fourrure des mammifères ou plumes des oiseaux et chaussures ou vêtement des élèves) peut être abordée. Par ailleurs, les semences et les graines peuvent s'envoler avec le vent ou être déplacées par l'eau.

En classe, en collant leurs récoltes séchées sur des petits rectangles de carton blanc, les élèves se constituent une collection diversifiée et effectuent ensuite des activités de classement : graines et semences transportées par le vent (elles sont légères et ont des systèmes pour planer), ou par l'eau (elles sont enrobées d'une gangue et équipées de systèmes pour flotter), ou par les animaux (graines et semences peuvent s'accrocher aux plumes et surtout aux fourrures, elles ont alors un dispositif d'accrochage qui peut être observé à la loupe).

Il arrive fréquemment que les graines soient ingérées par les animaux et se retrouvent parfois dans leurs excréments si l'enveloppe de la graine a résisté à la digestion.

Le recours aux ressources documentaires confirme les propositions de classement pour quelques plantes familières.

Des textes ou une bande dessinée illustrant la colonisation d'un milieu par les végétaux peuvent être proposés (colonisation d'une île déserte, par exemple). On peut citer la végétation originale des terrils due en partie aux semences véhiculées par des bois venus d'ailleurs et ayant été utilisés pour étayer les galeries de mine ou encore la végétation pionnière d'une île volcanique récente qui s'explique par les graines et semences apportées par la mer, les animaux ou le vent.

Tous les végétaux à fleurs produisent des graines mais les graines et les semences peuvent présenter des dispositifs anatomiques variés afin d'assurer la dissémination de l'espèce dans l'environnement proche ou lointain. Il peut être utile de faire remarquer aux élèves que la graine est une forme de dissémination qui est spécifique aux plantes terrestres (et encore pas à toutes). Ce stade du cycle de vie (la forme graine) s'est développé, sur Terre, chez les plantes à fleurs, leur permettant ainsi de résister à des périodes sans eau et de coloniser de nouveaux milieux.

Conditions de la mise en œuvre de la séquence

Matériel pour un groupe de 5 ou 6 élèves

- Un corpus d'échantillons constitué d'éléments variés [des graines (lentilles, haricots, salades, cresson alénois, radis, fève, blé, maïs, « gazon », mélanges de graines pour oiseaux...), des éléments de nature minérale (litière pour chat, gravier...), des éléments de nature organique non vivante (grains de semoule, petites billes de bois...)] ;
- un bac en polystyrène (caisse d'emballage) et quelques récipients plus petits (bouteilles d'eau minérale coupées, faisselles à fromage blanc...);
- de la terre de jardin mélangée à un peu de sable;
- quelques outils pour aider aux semis (petites cuillères, par exemple);
- un arrosoir ou un pulvérisateur – des tiges en bois ou en fil de fer pour servir de porte-étiquette;
- une loupe à main (ou une loupe binoculaire);
- du coton hydrophile, du papier ou du papier buvard, quelques plaques de polystyrène provenant d'emballages;
- des petits rectangles de carton et de la colle.

Précautions

L'enseignant attirera l'attention des jeunes élèves sur la toxicité de certaines graines et de certains fruits (ricin, if, belladone, arum, morelle, douce-amère...) et les extraira de l'échantillonnage si nécessaire. Le respect des règles élémentaires d'hygiène est primordial : se laver les mains et se brosser les ongles avec du savon si la terre est manipulée sans gants.



Durée

Cette séquence est constituée de quatorze séances d'une heure environ qui peuvent être regroupées en cinq étapes, correspondant chacune à un questionnement initial. Ce découpage est bien évidemment modulable.

Fiches connaissances conseillées

Des informations utiles pourront être prélevées dans les fiches connaissances: n° 4, « Stades de la vie d'un être vivant »; n° 5, « Fonctions communes des êtres vivants »; n° 8, « De l'ordre dans le monde vivant ».

Documents

- Un film vidéo sur la germination en accéléré (exemple: germination du pois disponible au CNDP);
- des documents permettant d'identifier quelques semences d'arbres et de plantes herbacées récoltées au cours d'une sortie (exemple: *Arbre, quel est ton nom?*, Raymond Tavernier, Bordas, 1978.);
- des documents permettant de découvrir l'histoire de quelques plantes à fleurs (exemple: *Histoire des fleurs*, Roselyne de Ayala et Mathilde Aycard, Paris, Perrin, 2001.);
- des sites Internet:
www.jardin.ch/dossiers/germination
www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/plantule

Conclusion

Cette séquence, très riche, ne nécessitant pas de matériel spécifique onéreux, peut être entreprise par tout enseignant de cycle 2. Les acquis cognitifs concernent uniquement la notion de graine: ils sont modestes mais ils doivent être rigoureux puisqu'au cycle 3 ils serviront de point d'appui au cycle de développement d'un végétal à fleurs et, en classe de sixième, à la notion de peuplement d'un milieu par les végétaux.

Les compétences méthodologiques développées, liées à la mise en œuvre d'une démarche d'investigation sont déterminantes au cycle 2: le jeune élève entre de lui-même dans une dynamique d'apprentissage stimulée par sa curiosité vis à vis de l'environnement et par son propre questionnement. Il se familiarise avec des démarches d'observation et d'expérimentation pour remettre en cause ses conceptions, pour vérifier ses hypothèses et construire, avec la classe, un ensemble de savoir et de savoir-faire.

Sources

- École élémentaire Pasteur à Vénissieux (69),
- École Marianne Cohn à Annemasse (74),
- Jean-Marie Bouchard de l'équipe de *La main à la pâte*,
- le Manuel de l'Unesco.



Que deviennent les aliments que nous mangeons ?

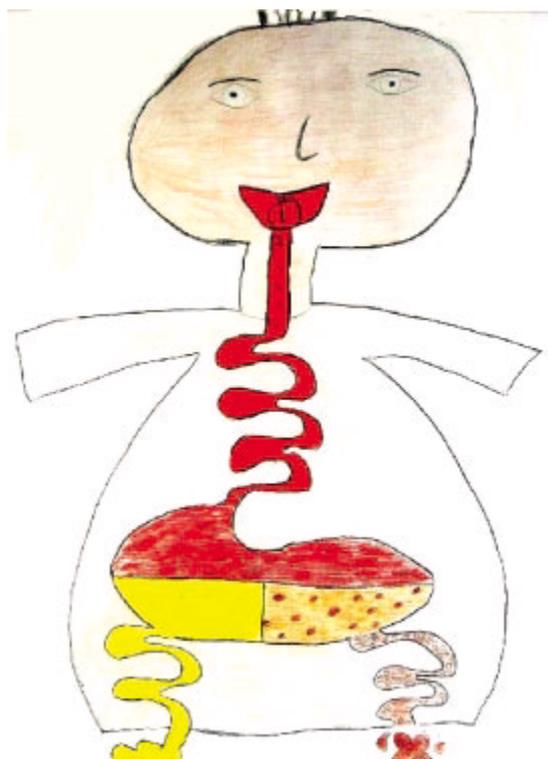


Figure 1

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 vomis ? 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	
	Compétences spécifiques	Commentaires
Le corps humain et l'éducation à la santé Première approche des fonctions de nutrition (digestion, respiration et circulation).	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

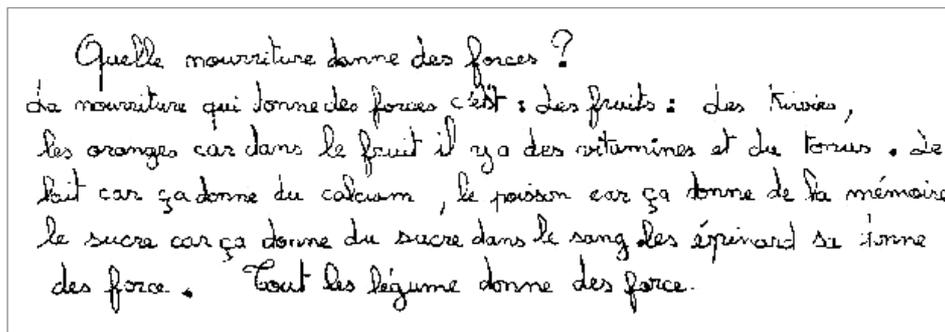
Il existe de multiples façons d'introduire le thème de l'alimentation. Il est possible de commencer par un jeu sur les familles d'aliments ou encore de proposer à chaque élève de donner son point de vue sur des questions d'alimentation. On remarque qu'on ne mange pas à tout instant. La dimension sociale 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 légume donne des force.

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

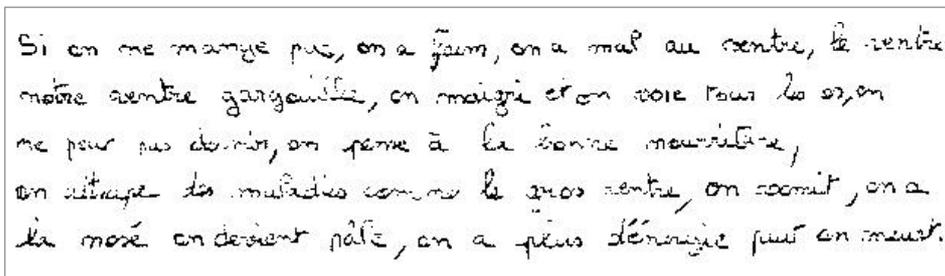
– Points de vue individuels :

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 somnole, on a
la morse on devient pâle, 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'approprié-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.)

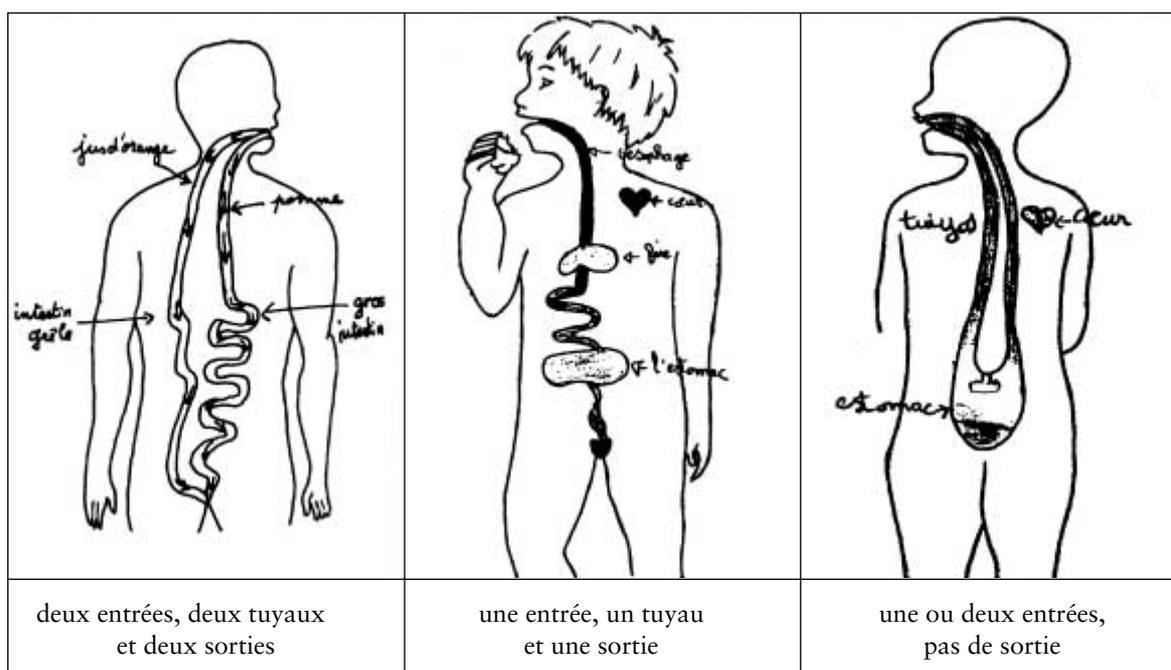


Figure 4

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-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.

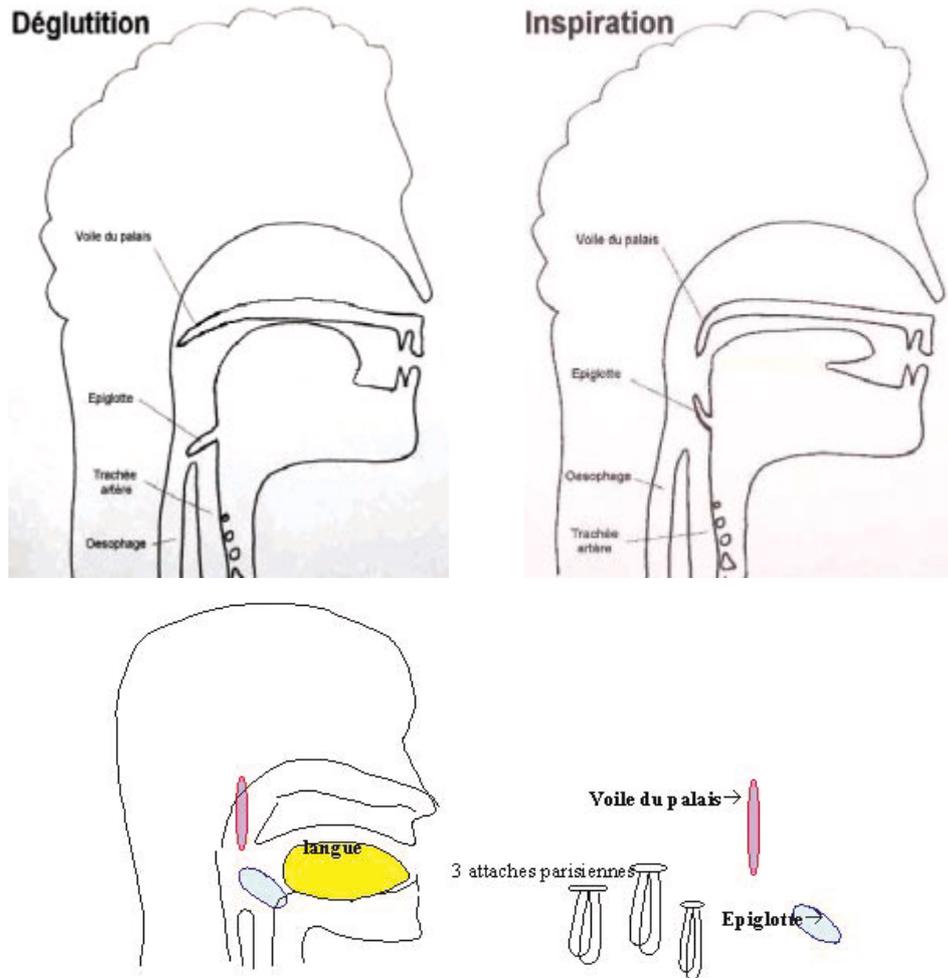


Figure 5. Éléments mobiles de la maquette pouvant être élaborés : langue, épiglote et voile du palais.

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 ?

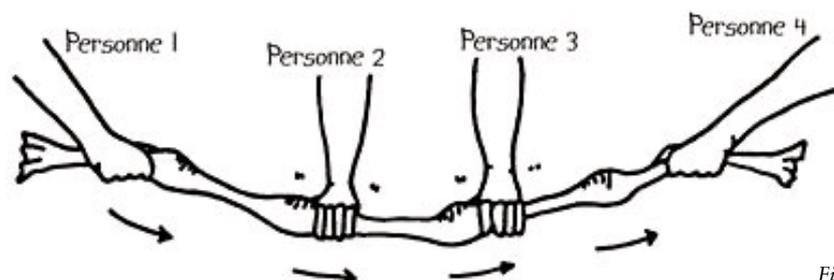


Figure 6

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.

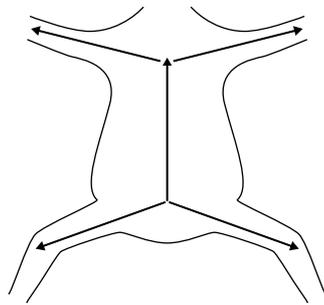


Figure 7

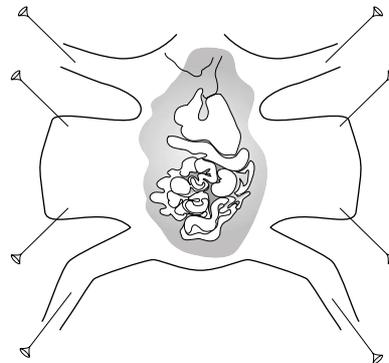


Figure 8

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 musculueux 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
– 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.</p> <p>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.

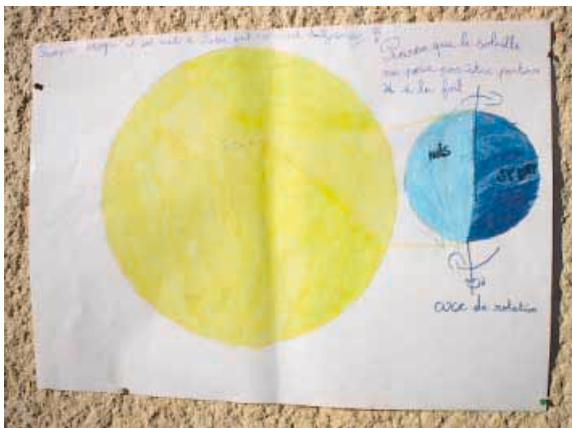


Figure 1

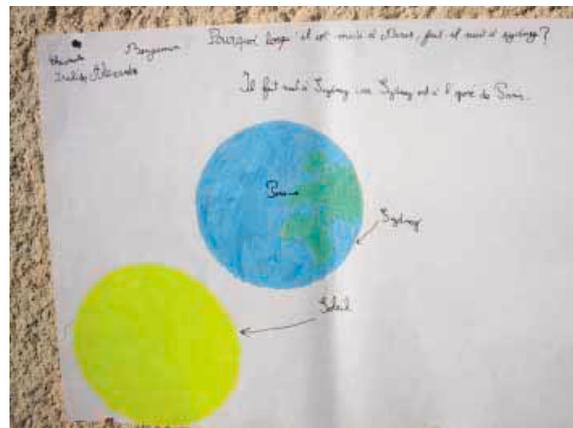


Figure 2

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.

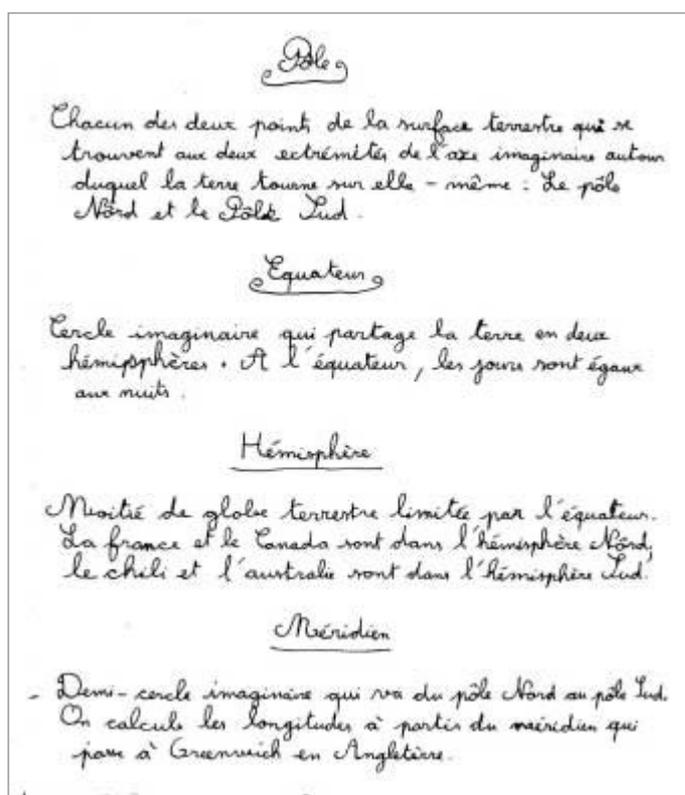


Figure 3

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.

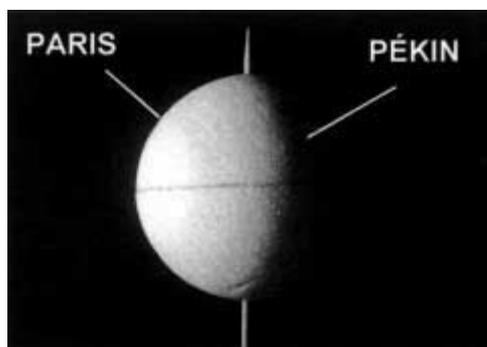


Figure 6. Si la Terre tourne de la gauche vers la droite (voir aussi figure 7), alors Pékin vient de passer dans l'obscurité; c'est le soir dans cette ville. Mais si elle tourne dans l'autre sens, la ville de Pékin s'apprête à passer dans la lumière: dans ce cas c'est le matin dans cette ville.

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.

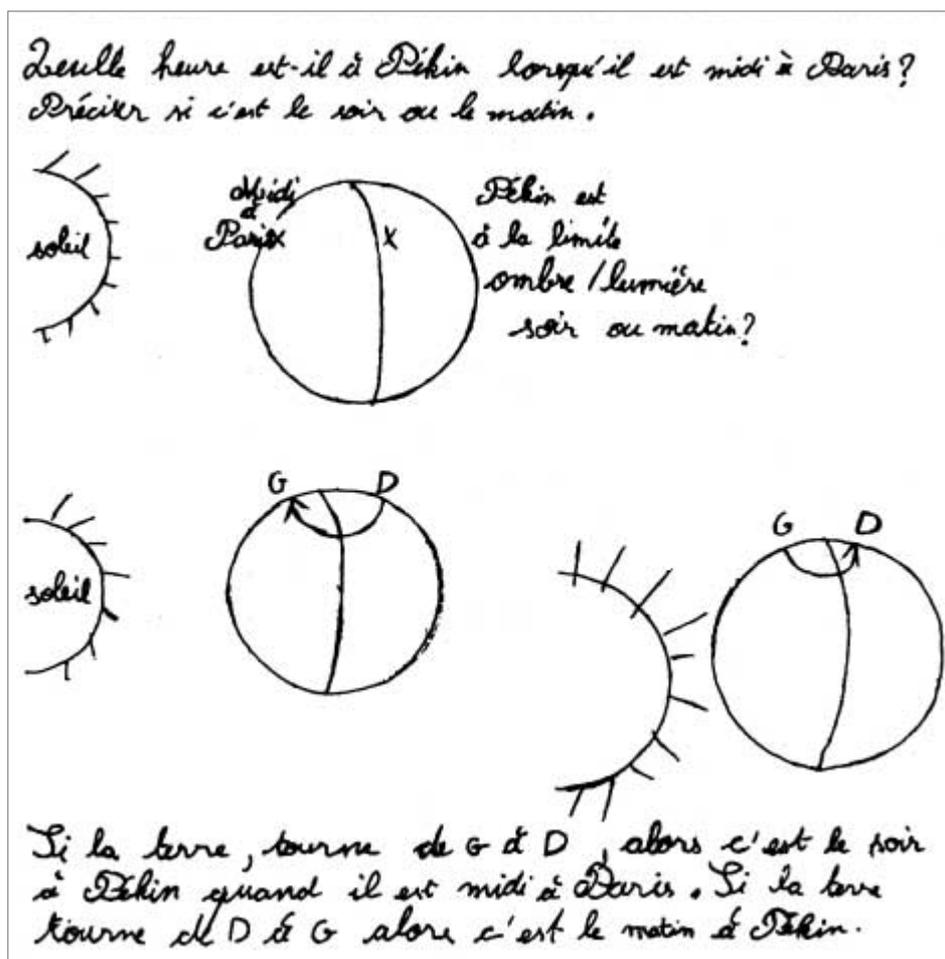


Figure 7

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.

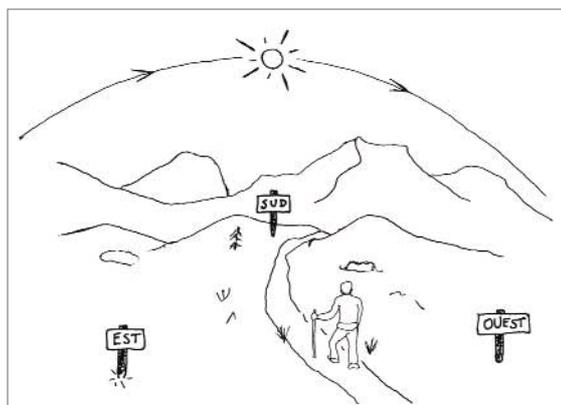


Figure 8. Depuis l'Europe, le personnage voit le Soleil se déplacer de l'Est vers l'Ouest.

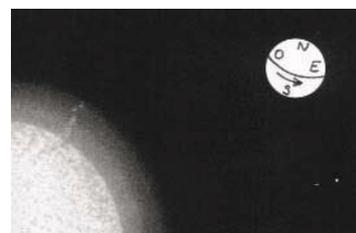


Figure 9. Depuis le voisinage du Soleil, un spationaute verrait la Terre tourner sur elle-même d'Ouest en Est.

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.

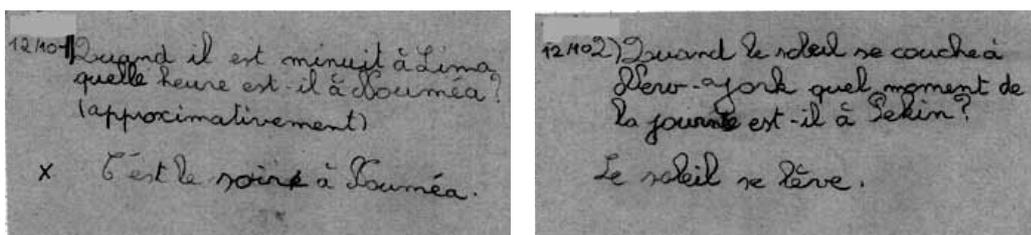


Figure 10

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.

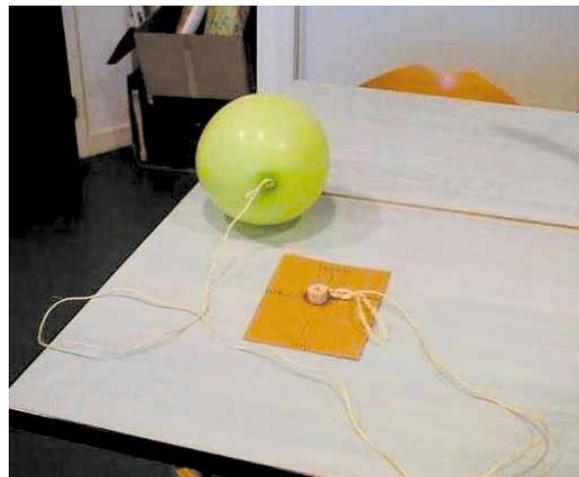


Figure 11

Activité 3

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

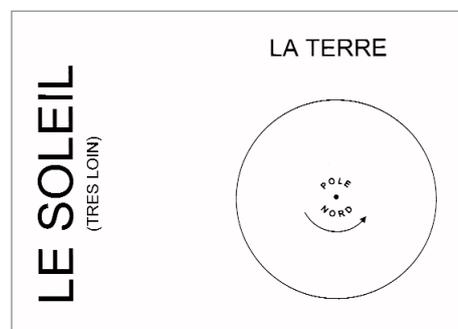


Figure 12. Mettre une légende en indiquant la zone où il est :

- 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/astonomie/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 »).

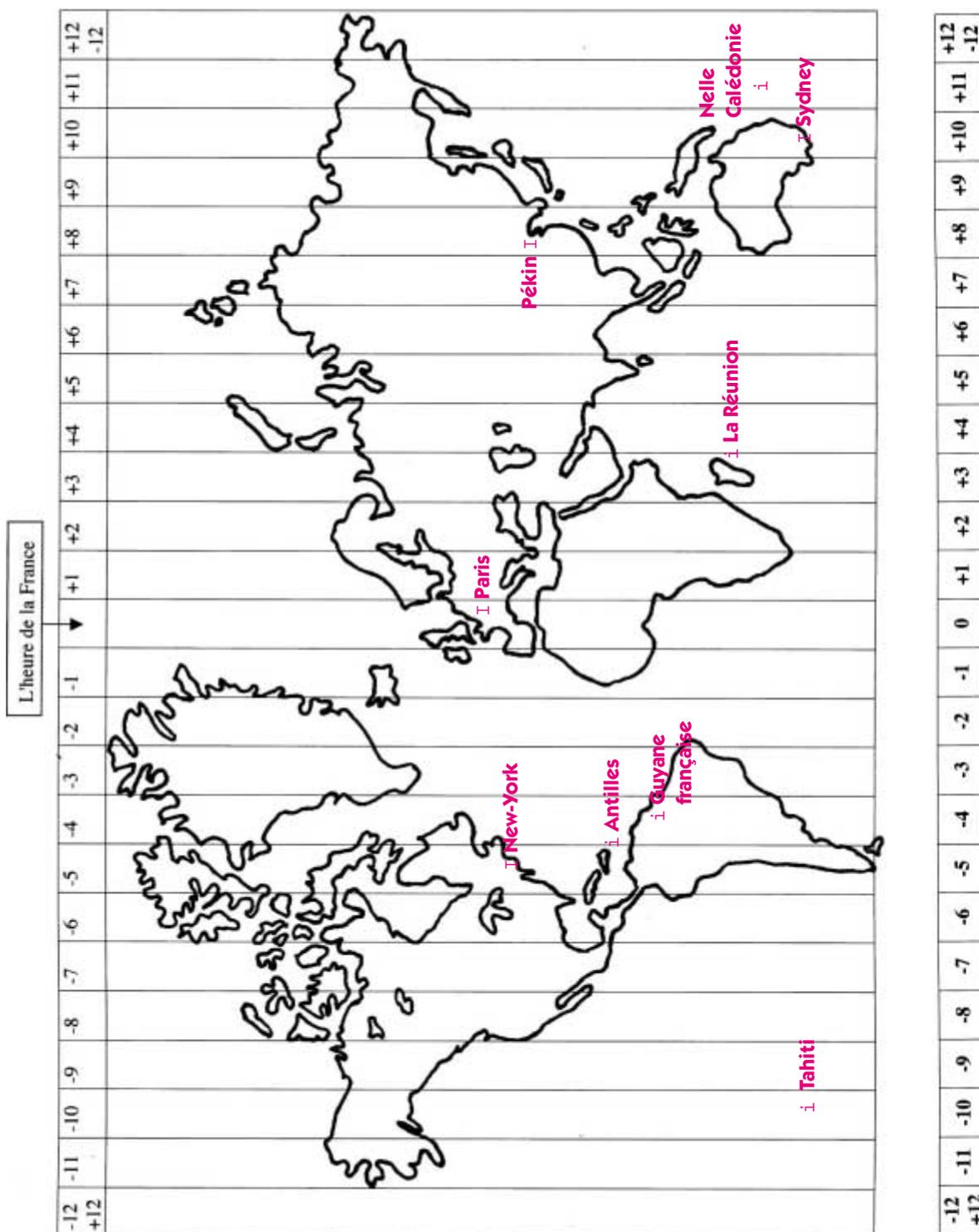
www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/

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

Sources

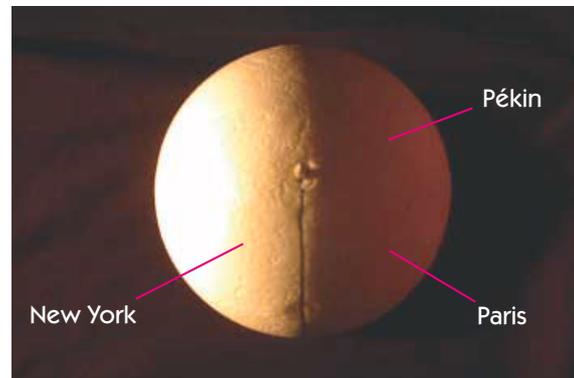
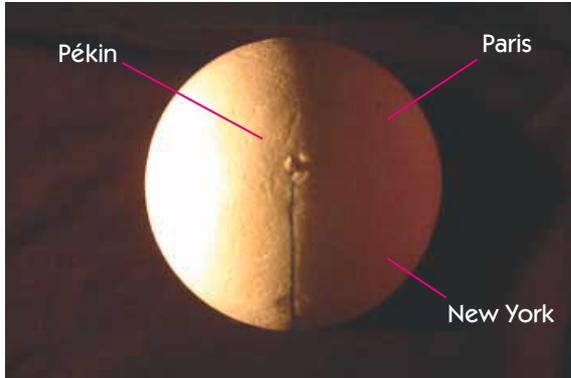
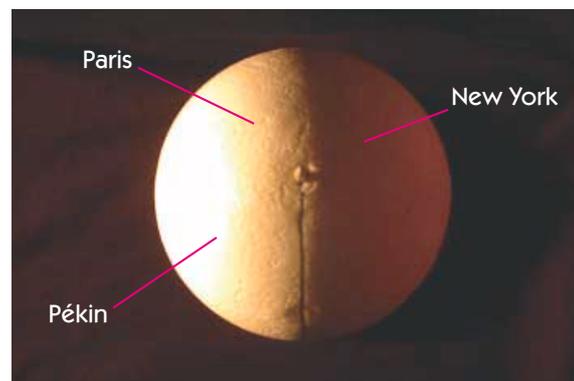
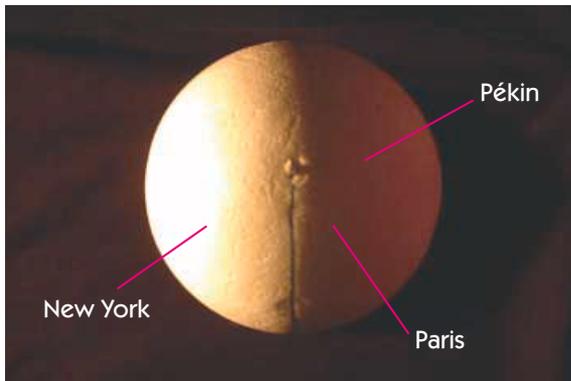
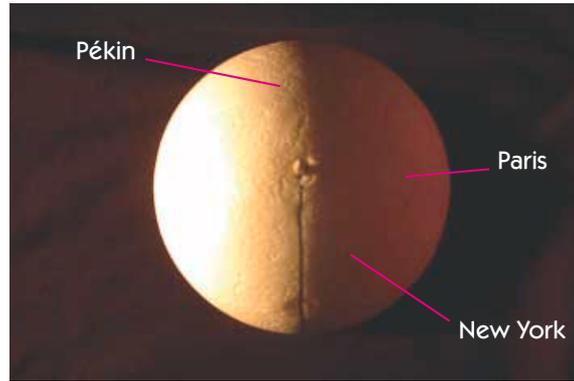
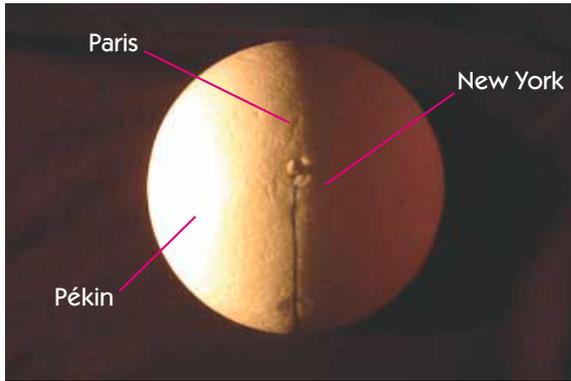
Travail expérimenté dans la classe de CM1 de l'école élémentaire de Beaupré-Le Châble (74) et dans la classe de CE2-CM1-CM2 de l'école du Chaumet à Évires (74) dont sont issus les documents d'élèves.

Frise à utiliser en séance 1 et synthèse



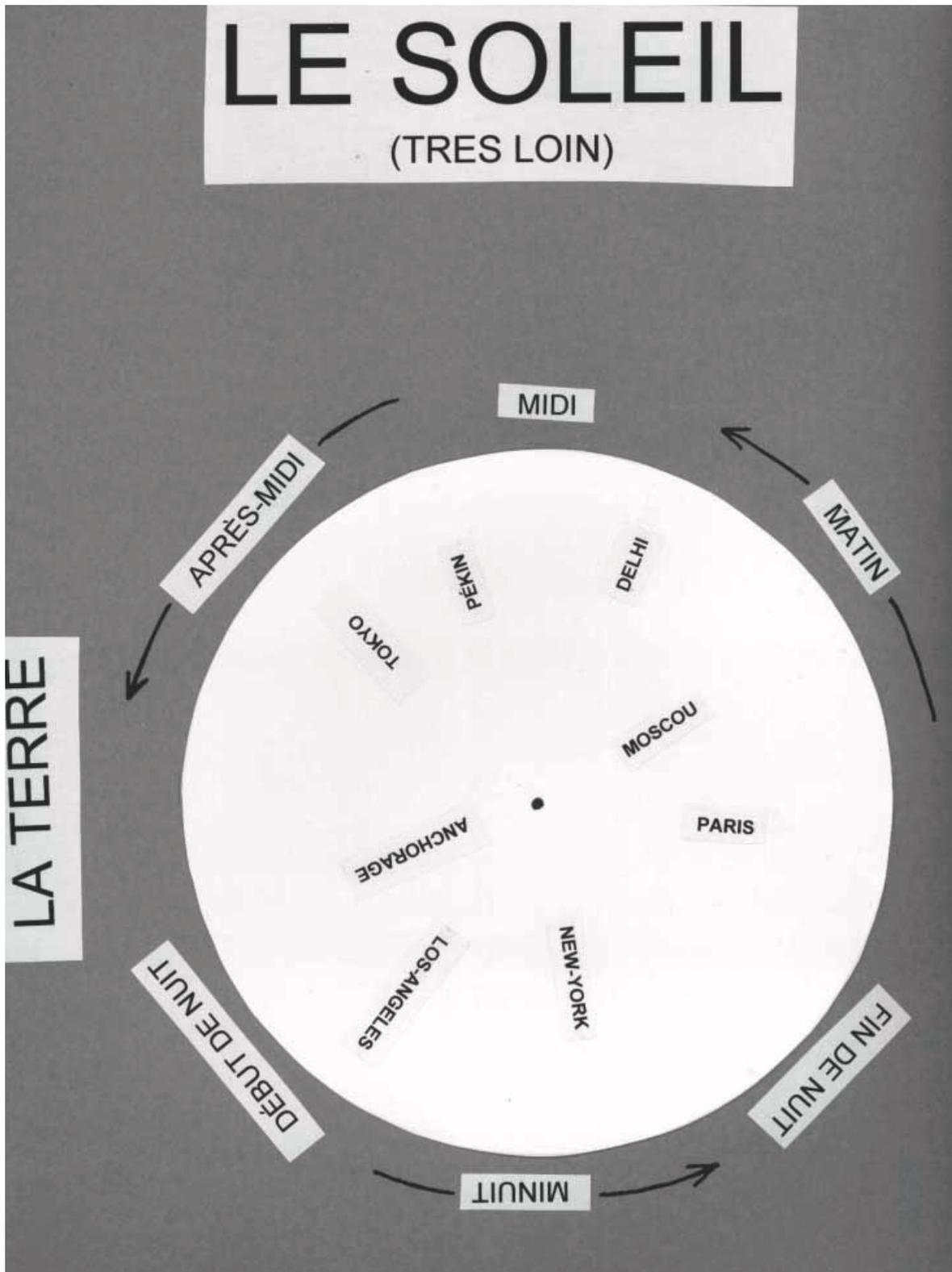
La frise de droite est à découper (en la prolongeant des deux côtés de quelques heures). Elle peut ainsi être superposée à la carte, la référence (le zéro) étant sur n'importe quel fuseau horaire. On obtient ainsi directement le décalage horaire entre n'importe quelle ville de référence et n'importe 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.

Une maquette en carton à construire



Un exemple de construction à proposer aux élèves.

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 !

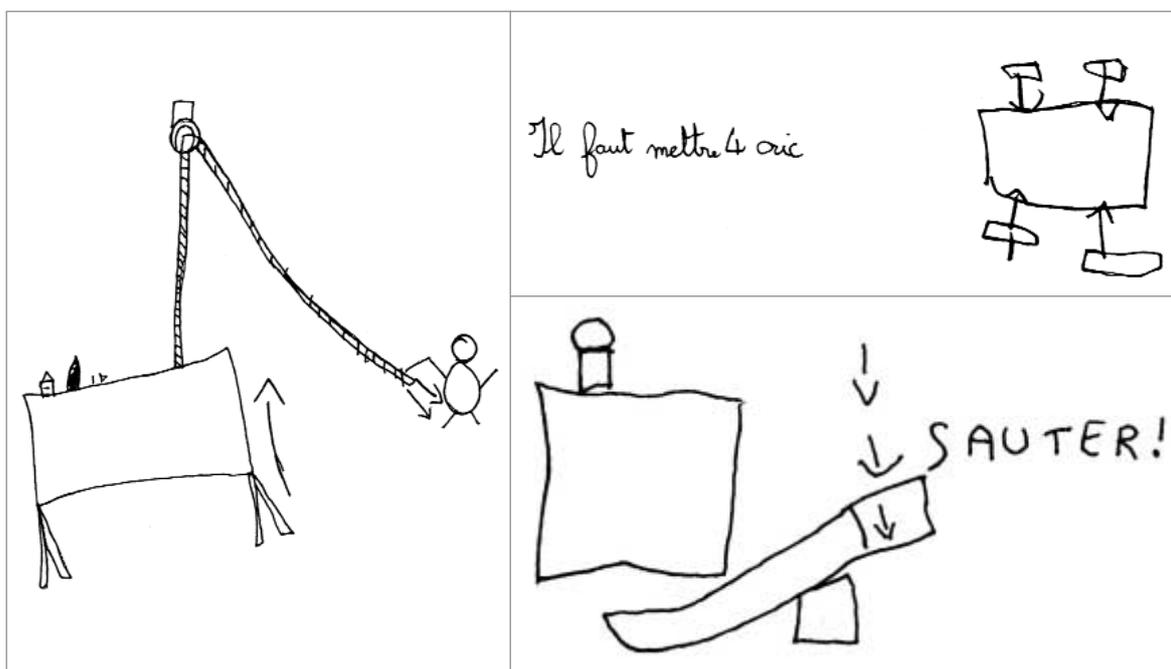


Figure 4

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.

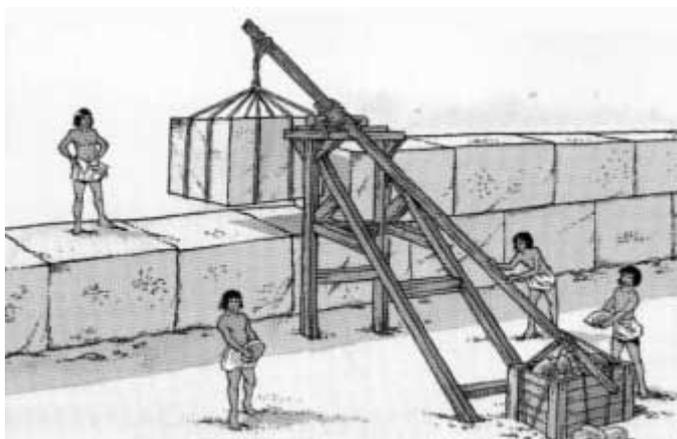


Figure 5. © Arkeo Junior, décembre 2000.

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

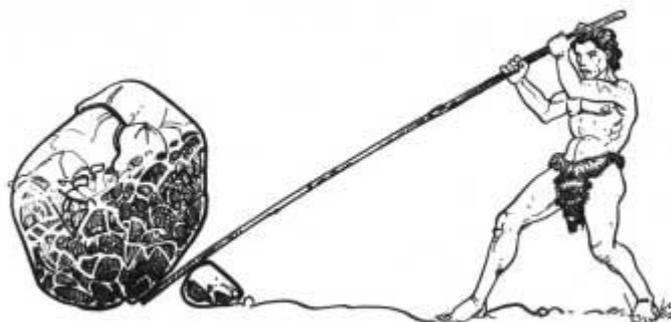


Figure 6. Illustration de Jean-Marie Michaud, tirée de *Aux temps anciens, les machines* de Michael et Mary Woods © Flammarion, 2001, coll. « Castor Poche ».

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.

– Pour le maître :

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



Figure 7

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.

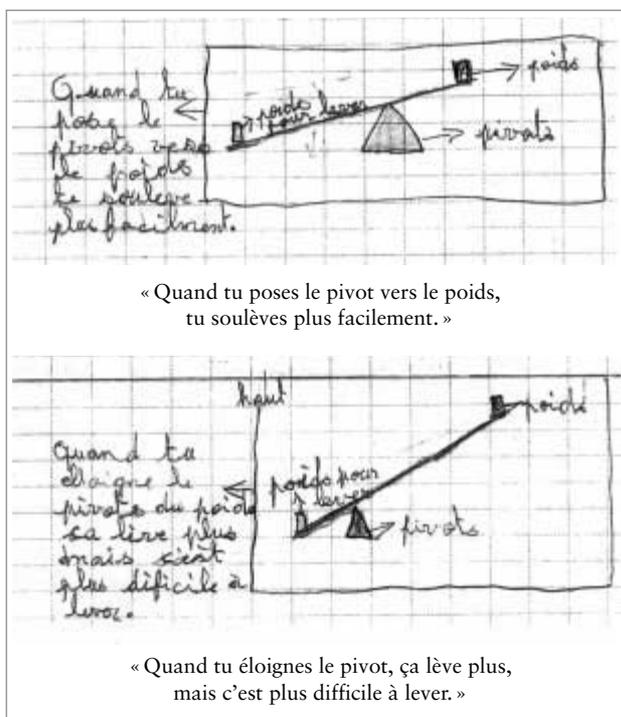


Figure 8

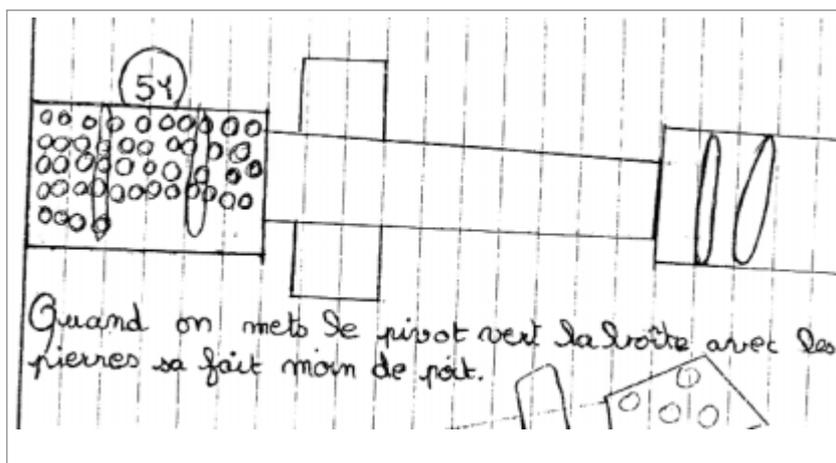


Figure 9

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).

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.

Difficulté possible

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

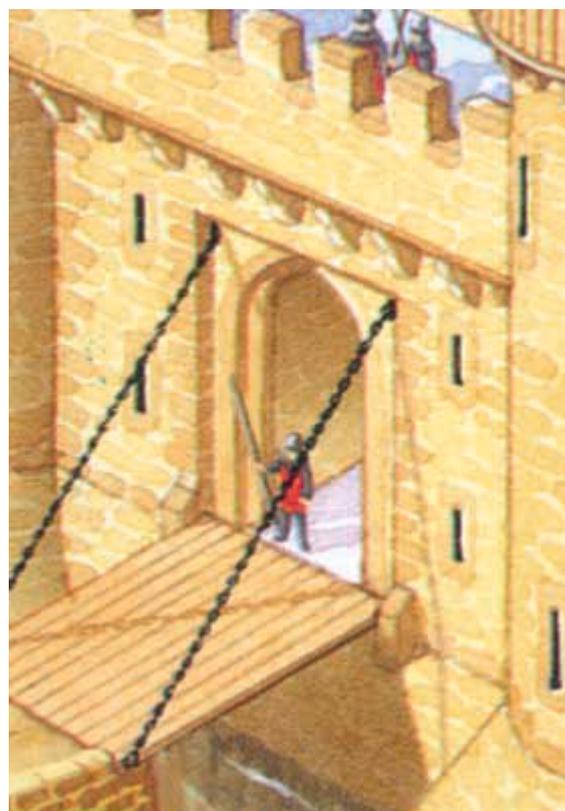


Figure 10. Tames R., *Le Moyen Âge*, Nathan, 1999, coll. « Miroirs de la connaissance ». © VUEF/Éditions Nathan (Paris, France) 2002.

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.

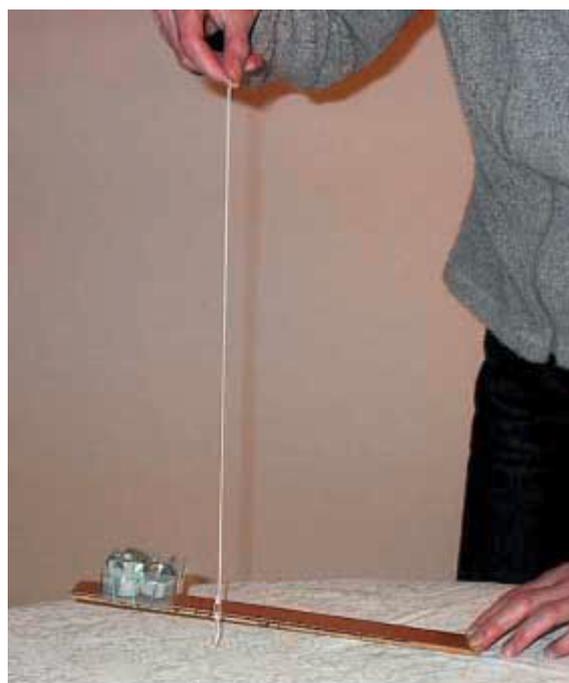
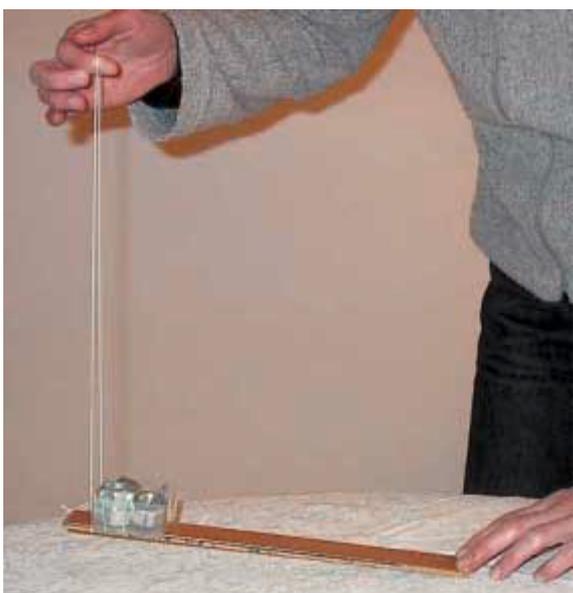


Figure 11. Perception directe ou mesure avec un élastique : l'influence de la position du point d'attache est perceptible.

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 ».

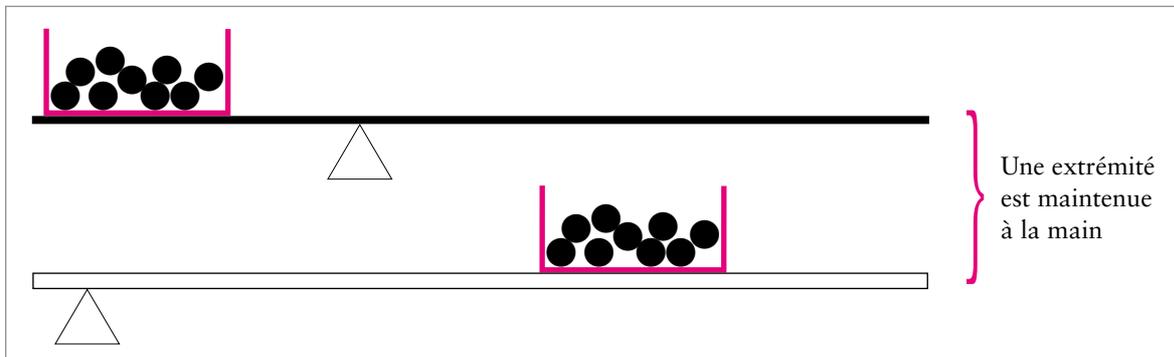


Figure 12

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.

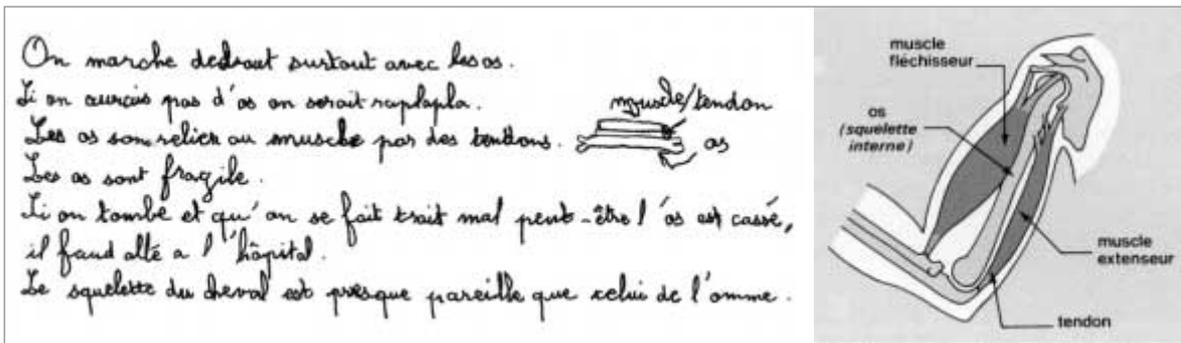


Figure 13. *Biologie 5^e*, collection « C. Désiré et R. Tavernier » © Bordas, Paris, 1978.
 L'attache des muscles sur les os: un exemple de levier. À gauche: une erreur fréquente. À droite: le schéma correct.

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).

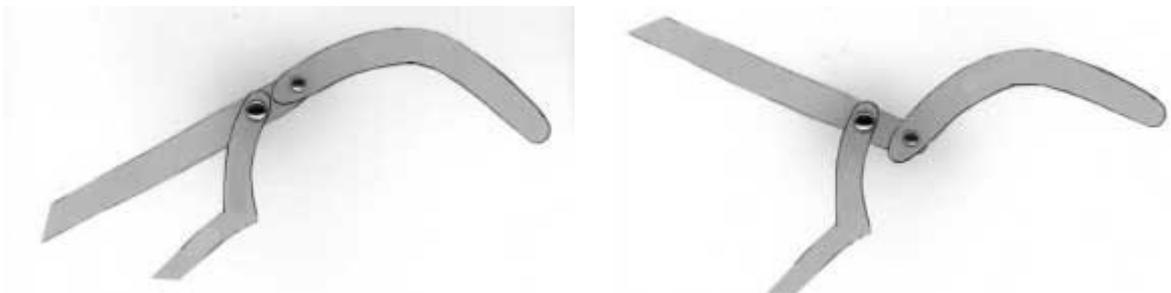


Figure 14. *Biologie 5^e*, collection « C. Désiré et R. Tavernier » © Bordas, Paris, 1978.

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).

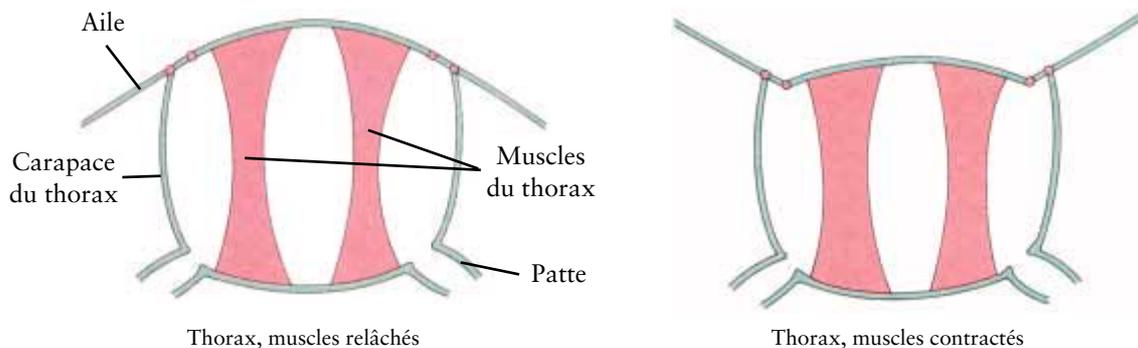


Figure 15. *Biologie 5^e*, collection « C. Désiré et R. Tavernier » © Bordas, Paris, 1978.

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'appuyer 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.

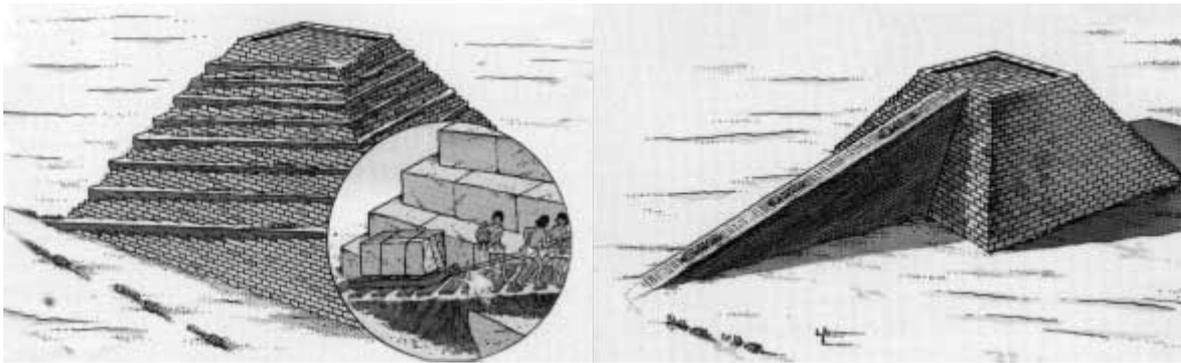


Figure 16. © Arkeo junior, décembre 2000.

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.csriveraine.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/Disiplines/Sciences/Esp_ress/phys-tec.htm
Par exemple :
www.ac-grenoble.fr/savoie/Disiplines/Sciences/Esp_ress/Fiches/Plans-i.htm
www.ac-grenoble.fr/savoie/Disiplines/Sciences/Esp_ress/Fiches/Leviers.htm
www.ac-grenoble.fr/savoie/Disiplines/Sciences/Esp_ress/Fiches/Plans-i2.htm
www.ac-grenoble.fr/savoie/Disiplines/Sciences/Esp_ress/Fiches/Poulies.htm

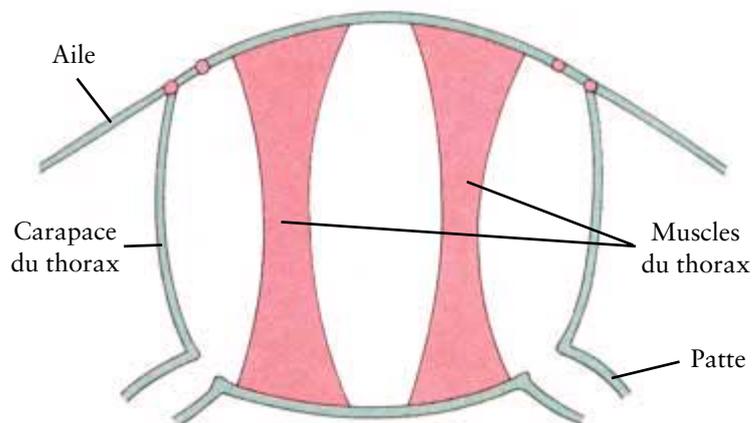
Sources

Travail expérimenté dans la classe de CE2-CM1-CM2 de l'école du Chaumet à Évires (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.

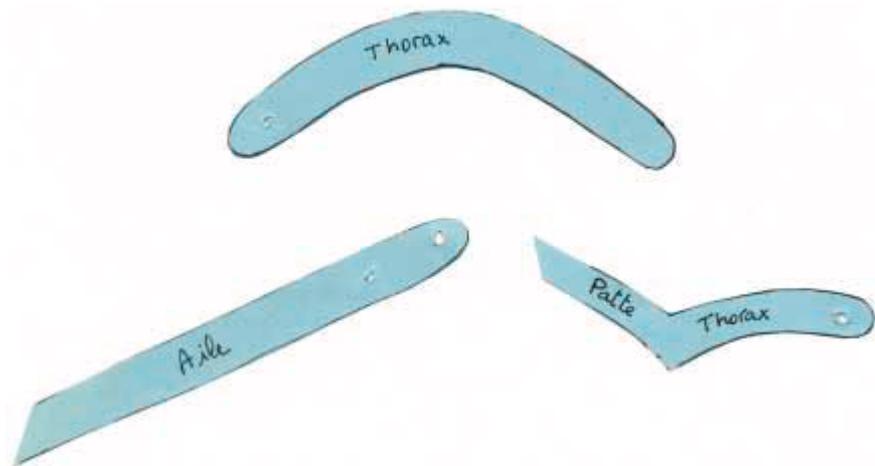
Le vol d'un insecte⁵



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.

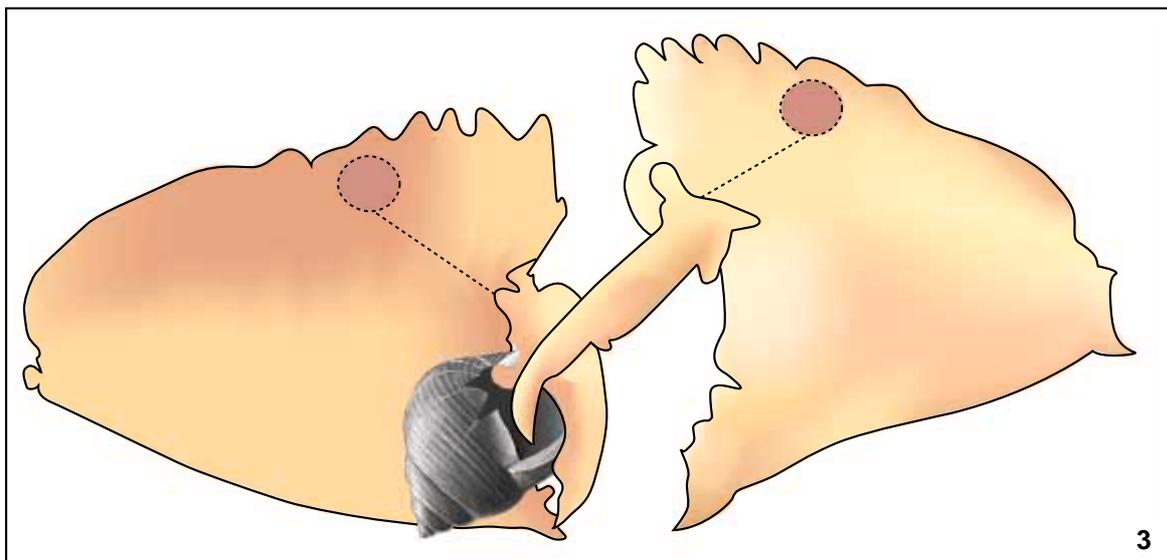
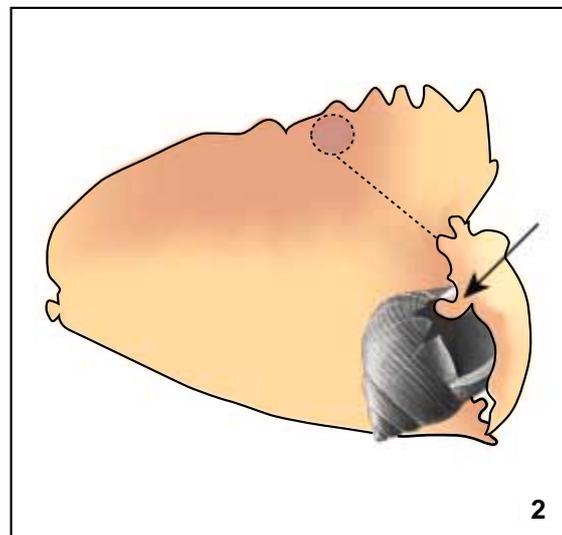
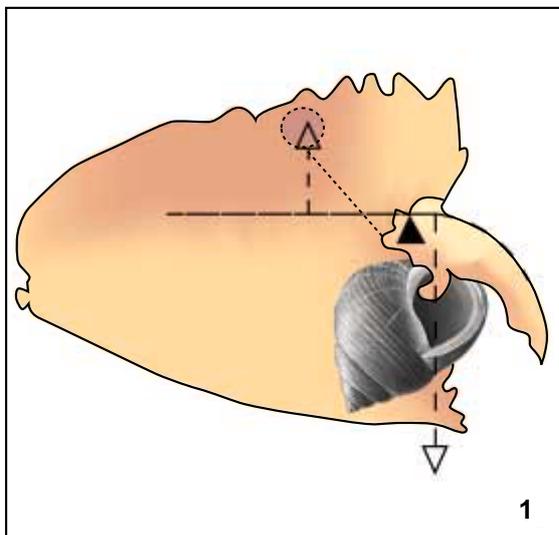
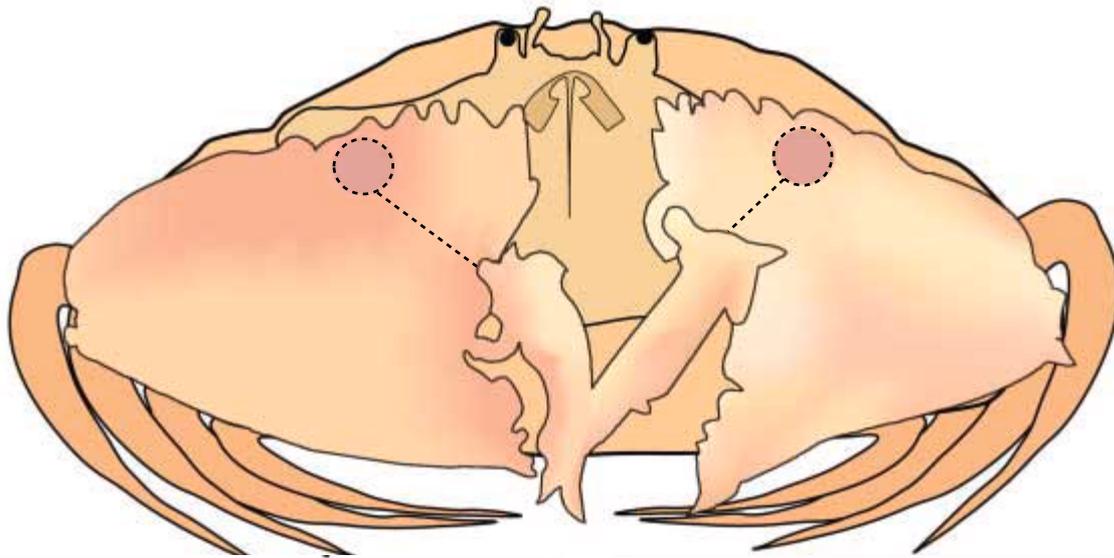


Reproduis et découpe les formes ci-dessous dans du carton léger. Ils représentent la partie gauche de la coupe ci-dessus. À l'aide d'attaches parisiennes, réalise les articulations des ailes et fais-les fonctionner.



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.

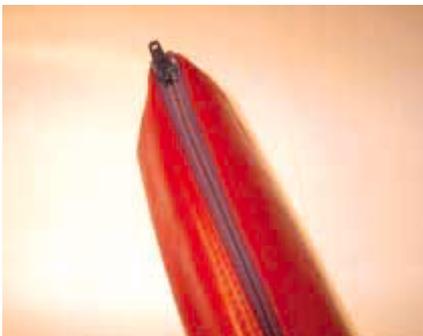


Image 4. Une trousse et sa fermeture Éclair.



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).

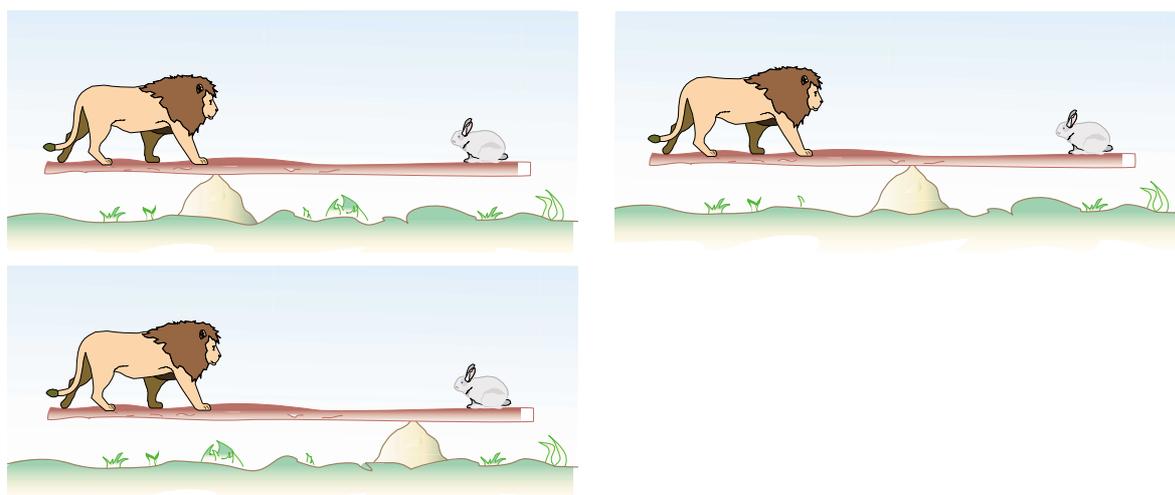
2. Observe cette image d'un album d'« Astérix ». Vois-tu des dispositifs qui fonctionnent sur le principe du levier ? Lesquels ?

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'espèce 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).



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.

4. Observe le dessin ci-dessous.

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.

Comment savoir d'où vient le vent ?

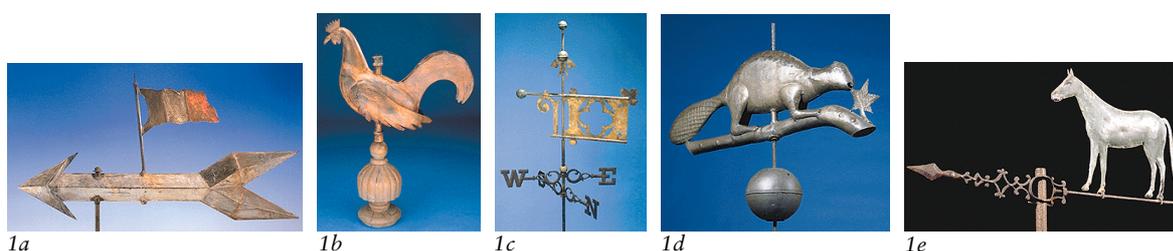


Figure 1. Quelques girouettes, © Musée canadien des civilisations ;
 1a : collection Nettie Covey Sharpe, photo S90-2167, catalogue 80-138 ;
 1b : photo S82-409, catalogue 73-529 ; 1c : photo S90-2168, catalogue 73-614 ;
 1d : collection Nettie Covey Sharpe, photo S90-2116, catalogue 77-1045 ;
 1e :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

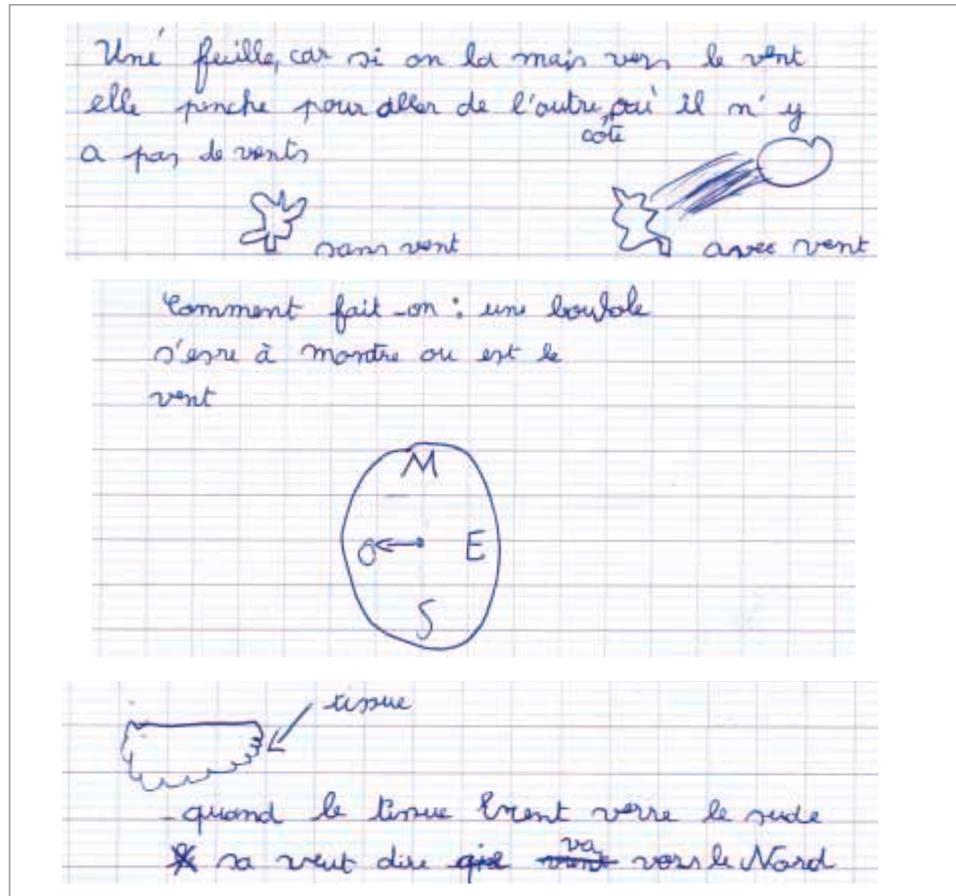


Figure 2. Trois propositions des enfants.

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 ? »

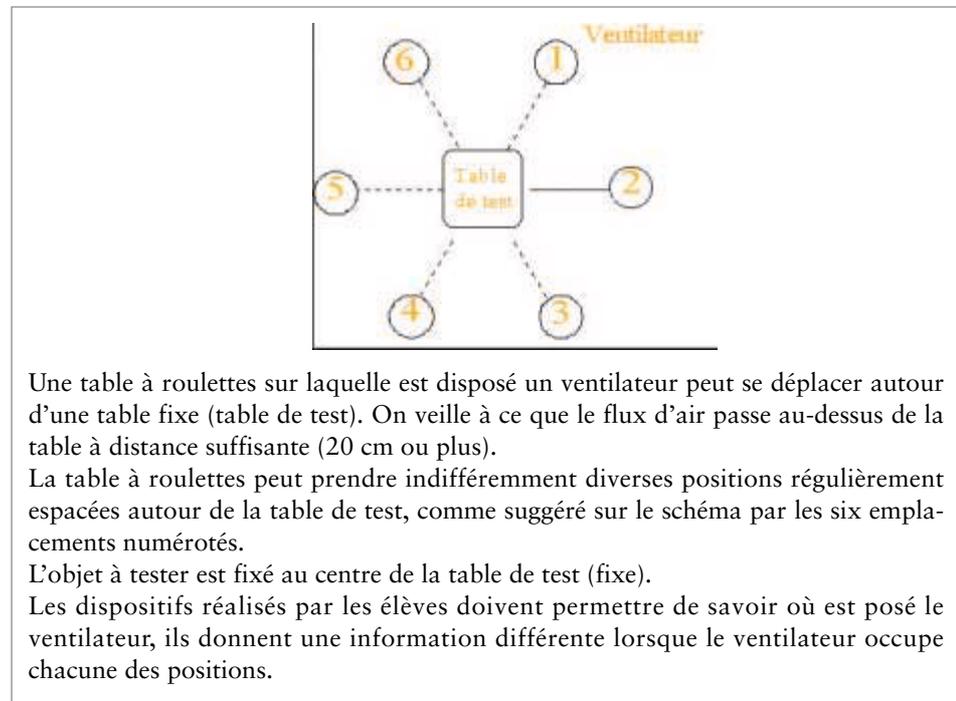
Les objets à tester seront choisis parmi ceux que les élèves ont proposés lors de la séance précédente.

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).

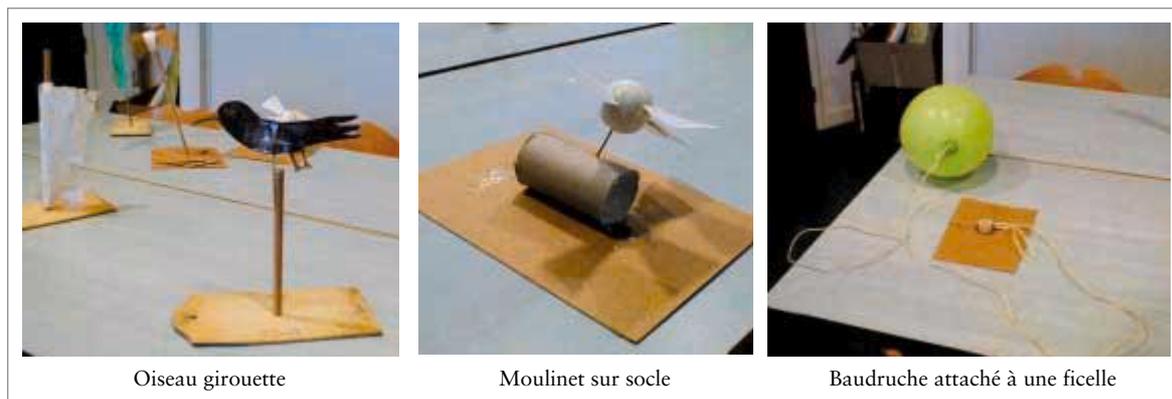
Les dispositifs réalisés par les élèves doivent permettre de savoir où est posé le ventilateur, ils donnent une information différente lorsque le ventilateur occupe chacune des positions.

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

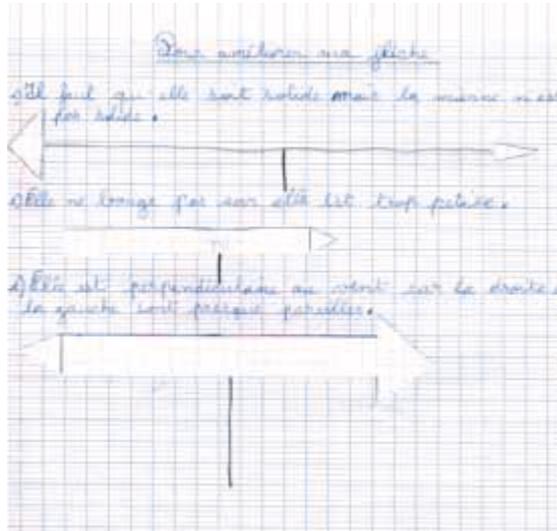


Figure 5. On peut par exemple faire observer par la classe l'ensemble des dispositifs « qui marchent » et l'ensemble des dispositifs « qui ne marchent pas ». Les enfants en tirent alors des idées de transformations qu'ils peuvent effectuer et tester. Les formes possibles de repérage dans l'espace pourront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

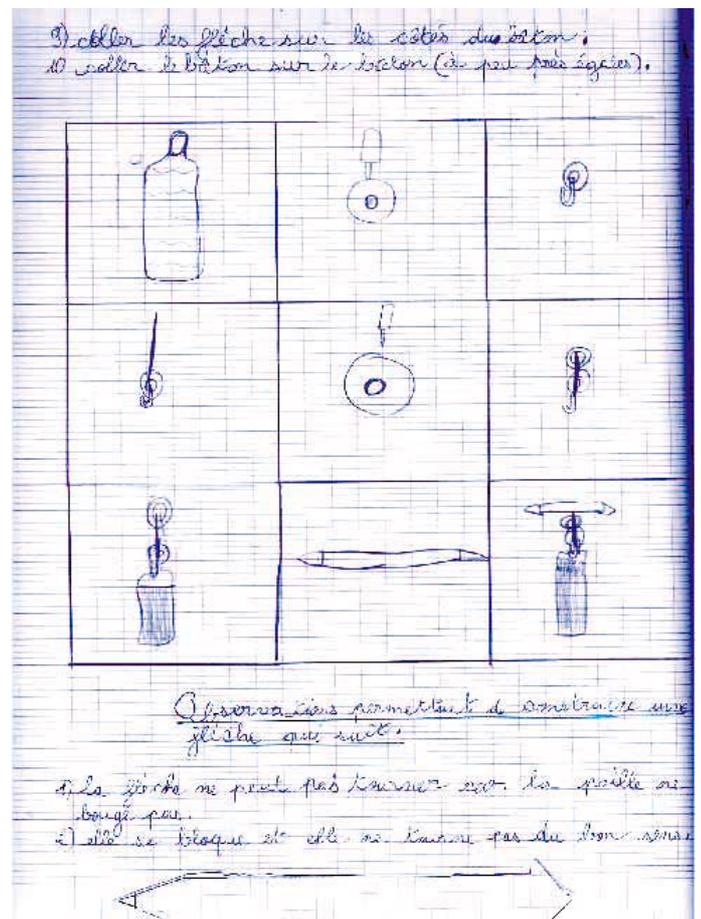
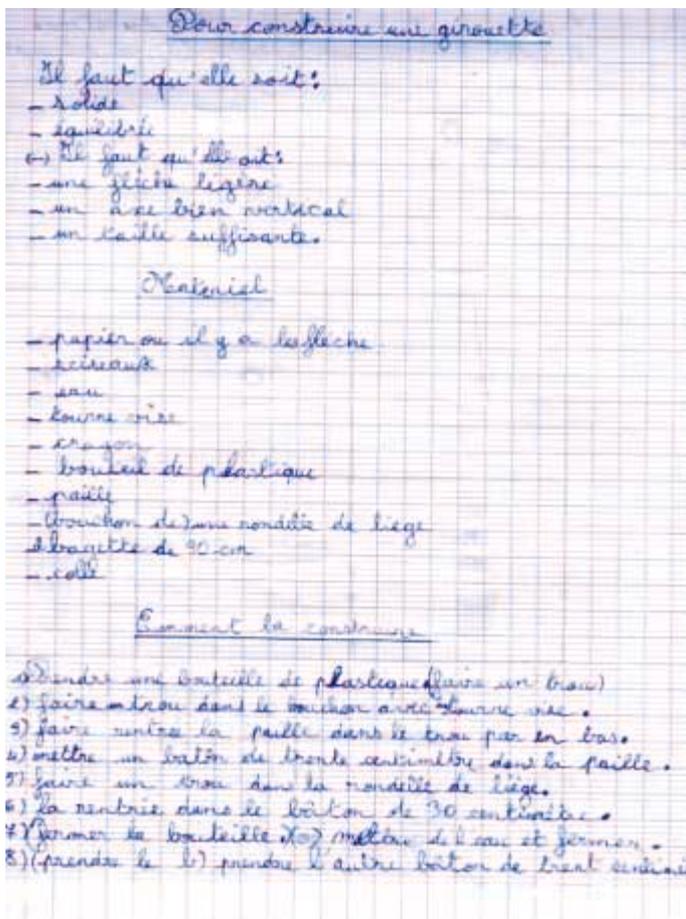


Figure 6

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.

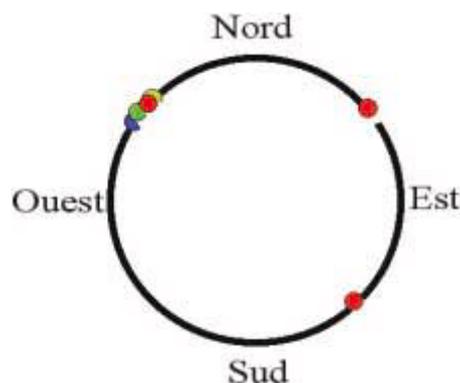


Figure 7

Exemples de traces obtenues

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

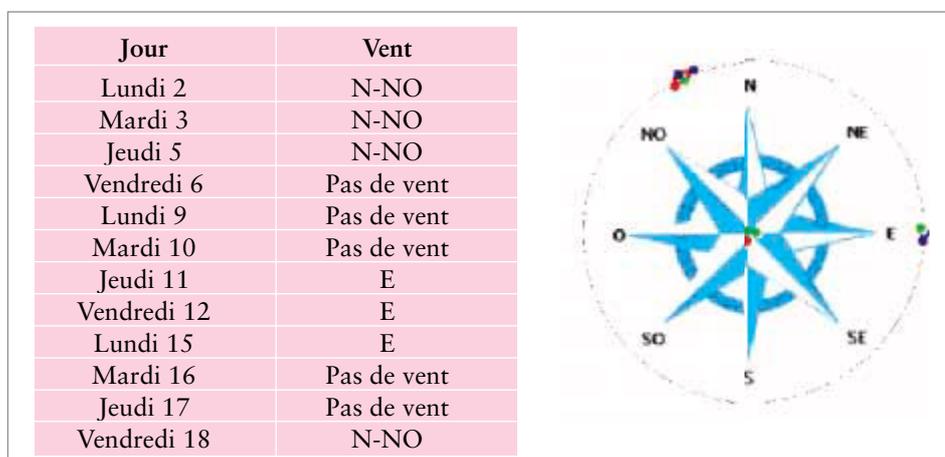


Figure 8

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 épointés, 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.

L'eau à l'école maternelle

Le thème de l'eau est le fil conducteur de ce texte. L'importance de cette matière dans tous les domaines scientifiques est évidente (l'eau est un constituant important de la planète Terre et le milieu naturel de développement de tous les organismes vivants.) En outre on connaît l'attrait des élèves de tous âges vis à vis de l'eau. Grâce à ses propriétés (elle coule...), aux transformations qu'elle subit (changements d'état) et à celles qu'elle fait subir aux autres substances (mélanges, dissolutions...), elle se prête à de nombreuses activités susceptibles d'aider l'élève à opérer de premières abstractions (idée de matière et de conservation; approche de l'état liquide...). Le thème de l'eau est abordé tout au long de la scolarité. Après une première approche à dominante sensorielle à l'école maternelle, les apprentissages se poursuivent aux cycles 2 et 3 où les premières propriétés sont énoncées. On ne perdra pas de vue que l'étude des propriétés de l'eau se poursuit jusque dans l'enseignement supérieur.

La pédagogie, au début du cycle 1, s'appuie souvent sur des ateliers utilisant des matériaux familiers. Les principes d'organisation d'ateliers scientifiques ont pour but de dépasser la simple découverte libre (partie « Principes d'organisation d'activités scientifiques »). La partie « Des ateliers sur le thème de l'eau » développe un exemple de progression de ces ateliers scientifiques en petite section. Progressivement, l'enfant acquiert des capacités permettant d'envisager des séquences d'apprentissage constituées de séances qui se succèdent et s'articulent les unes aux autres. Deux exemples montrent comment mettre en scène un questionnement scientifique et comment le traiter pour aboutir à des acquisitions scientifiques en quatre ou cinq séances. Le premier exemple est adapté à la petite ou à la moyenne section (partie « Des situations problèmes en petite ou moyenne section autour du transport de l'eau »), le second concerne spécifiquement la grande section (partie « Une séquence en grande section : approche du phénomène de dissolution ».)

Compte tenu du caractère particulier de l'enseignement en maternelle, le plan de cette séquence est légèrement distinct du schéma général adopté pour les autres séquences.

La place dans les programmes

Extraits du programme	Extrait du document d'application
<p>Découverte sensorielle – Exploration des caractéristiques gustatives et olfactives de quelques aliments.</p> <p>Exploration du monde de la matière Il (l'enfant) peut ainsi s'exercer à modeler, tailler, couper, morceler, mélanger, assembler, fixer, transporter, transvaser, transformer en agissant sur des matériaux nombreux et variés. En rapprochant l'eau du robinet, la pluie, la neige, la glace, il commence à élaborer un premier niveau, très modeste, d'abstraction et à comprendre que ces diverses réalités renvoient à une même substance : l'eau. Il compare des mélanges : sirops, peintures. Cette exploration conduit à des dialogues avec l'enseignant qui permettent de repérer, classer, sérier, désigner les matières, les objets et leurs qualités.</p> <p>Découvrir le monde des objets, éducation à la sécurité La prise de conscience des risques occupe une place importante dans ce domaine d'activités : – Risques de l'environnement familier proche (objets dangereux et produits toxiques) ou plus lointain (risques majeurs).</p>	<p>Quel que soit le projet en cours, pas nécessairement à dominante scientifique, l'utilisation de matériaux variés est requise. L'enseignant cherche à développer une attitude réfléchie devant leur choix. Les exemples sont nombreux. La confection de vêtements (en vraie grandeur ou pour des jouets) destinés à protéger de la pluie conduit à s'interroger sur les notions de perméabilité et d'imperméabilité et débouche sur la comparaison de différents tissus entre lesquels il faut choisir.</p> <p>Il convient aussi de saisir ou de provoquer des situations dans lesquelles l'élève va agir sur la matière pour modifier ses propriétés en fonction de son projet. C'est le cas dans les activités culinaires où il faut décider de rajouter du sel ou du sucre pour modifier le goût d'une préparation, de la farine ou de l'eau pour changer la consistance d'une pâte. La fabrication de pâte à sel, outre son intérêt plastique, offre de même l'occasion d'éprouver les effets des bons et des mauvais dosages. Les mélanges de peintures conduisent à des résultats, fortuits dans un premier temps, mais qui peuvent être objectivés par une démarche plus méthodique...</p> <p>De nombreuses situations peuvent être saisies ou provoquées sans nécessairement donner lieu à un projet élaboré. Mais au-delà de la simple constatation, il est nécessaire de penser à leur exploitation. Exemples : à l'occasion de séances de natation, les élèves éprouvent les différences dans les déplacements dans l'air et dans l'eau. De retour en classe, des essais plus systématiques peuvent être menés en déplaçant différents objets de différentes formes dans des cuvettes d'eau.</p>

Ces premières connaissances marquent le début d'un apprentissage qui sera poursuivi dans la scolarité ultérieure.

– Au cycle 2 : l'eau (liquide) et la glace sont deux états d'une même substance.
L'eau est liquide à une température supérieure à zéro degré et solide à une température inférieure à zéro degré.
La matière n'apparaît pas et ne disparaît pas, même si, parfois, elle n'est pas perceptible.

– Au cycle 3 : le principal objectif est de consolider la connaissance de la matière et de sa conservation.
États et changements d'état de l'eau.
Mélanges et solutions.

Des ateliers sur le thème de l'eau – une séquence en petite section

Le nombre d'élèves est à adapter en fonction du matériel et de l'équipement. En moyenne, quatre élèves au-dessus d'un bac à eau ou d'une grande cuvette apparaît raisonnable.

Chaque séance dure environ quarante-cinq minutes, introduction, rangements et bilan compris, ce qui équivaut à quinze minutes de manipulations effectives.

L'introduction et le bilan se font en classe entière. Ces moments restent nécessairement courts mais ils se reproduisent régulièrement pendant la période au cours de laquelle se déroule la progression. Les élèves y participent avec des investissements différents qui évoluent au fil des séances. Les répétitions, la verbalisation de ce qu'ils ont déjà vécu ou de ce qu'ils vivront ultérieurement, concourent aux apprentissages tant langagiers que scientifiques.

Séances	Question de départ	Principales attitudes recherchées	Activités conduites avec les élèves	Connaissances, savoirs et savoir-faire en jeu
Séance 1	Que se passe-t-il quand je joue avec de l'eau ?	Sécurité. Propreté. Respect des autres, du matériel.	Découverte sensible. Jeux avec les mains, avec des récipients variés (transvasement, immersion des récipients...).	Description des actions réalisées. Approche des propriétés de l'état liquide : « ça coule, ça mouille, ça déborde, ça se renverse... ».
Séance 2	Qu'est-ce que l'eau pour moi ?	Sécurité. Contrôle des actions pour opérer sur de petites quantités.	Comparaison de liquides, mobilisation des sens pour les analyser et les différencier.	Critères de reconnaissance de l'eau : couleur (elle n'est pas bleue !), opacité, transparence, odeur et éventuellement goût de l'eau. Acquisition d'une méthode. Prévention.
Séance 3	Quels bruits fait l'eau ?	Respect des conditions d'écoute.	Analyse d'un document audio. Identification de différents bruits de l'eau, dans la vie quotidienne, dans la nature.	Discrimination auditive. Première approche des caractéristiques d'un son.
Séance 4	Que fait l'eau avec d'autres matières ?	Recherche de la rigueur. Persévérance.	Expérimentation de mélanges avec des matières identifiées. Classements.	Description des mélanges observés. Approche des notions de dissolution, de mesure, de dosage. Acquisition d'une méthode.
Séance 5	Comment fait-on des glaçons ?	Formulation d'hypothèses, anticipation d'un résultat.	Découverte sensible de la glace. Fabrication de glaçons en utilisant des moules variés.	Approche du changement d'état solide/liquide de l'eau. Approche des différences entre état liquide et état solide.
<p><i>N.B.</i> - Les séances 1 et 2 sont autonomes. Les séances 3 et 5 sont « semi-guidées » avec, éventuellement, l'aide d'un aide-éducateur ou de l'ATSEM (agent territorial spécialisé dans les écoles maternelles). La séance 4 est guidée par l'enseignant.</p>				

Séance 1. Que se passe-t-il quand je joue avec de l'eau ?

Matériel

- Bac à eau transparent, divers récipients, de taille et de forme variées ;
- cuillères, fourchettes en plastique, vêtements de poupées ;
- entonnoirs, passoires ;
- tabliers imperméables, éponges, serpillières.

Consignes

« Jouez avec l'eau ; essayez tout le matériel que vous avez ; restez au-dessus du bac ; épongez si c'est nécessaire. »

Apprentissages langagiers

Description des actions (remplir, vider, transvaser, déborder, éponger...) et des états (sec, mouillé, humide...).

Apprentissages scientifiques

- Approche de l'état liquide de l'eau : elle coule ; elle passe à travers la passoire, à travers la serpillière...
- explicitation des déplacements de l'eau (en préparation de l'idée de conservation, il est important de suivre les déplacements de l'eau pour habituer peu à peu les élèves au fait qu'elle ne disparaît pas¹) : l'eau est dans cette bouteille, je la transvase dans ce bidon ; j'ai essuyé l'eau avec l'éponge, lorsque je presse l'éponge, l'eau coule ; etc.

Liens avec d'autres situations vécues à l'école ou dans la famille

L'enseignant encourage les élèves à établir des liens pertinents (un verre d'eau renversé à table qu'il faut éponger, la pluie qui mouille et qui passe à travers les vêtements...).

Prolongements possibles

L'explicitation des problèmes rencontrés (c'est difficile de tenir l'eau dans ses mains ; c'est difficile de jouer sans se mouiller, sans mouiller le sol) conduit à d'éventuels prolongements.

Avec quoi peut-on se protéger lorsqu'on joue avec l'eau ? (notions de perméabilité, d'imperméabilité ; test de différents tissus).

Avec quoi peut-on essuyer le sol ? (notion d'absorption, test de différents tissus, de différents papiers).

Séance 2. Qu'est-ce que l'eau pour moi ?

Introduction à la séance : prévention, éducation à la santé

Les produits préparés ne sont pas toxiques et sont dosés en petites quantités. Cela est expliqué aux enfants. Mais ils doivent aussi savoir, et c'est ce que le maître rappelle dans cette introduction, qu'ils ne doivent jamais goûter s'ils ne savent pas.

Matériel

- Plusieurs petites bouteilles contenant différents liquides plus ou moins épais, transparents, opaques, colorés (eau du robinet, eau gazeuse, eau et sucre, eau et extrait d'amande amère, eau et alcool de menthe, eau et citron, eau et sel, eau et vinaigre, eau et extrait d'anis, eau et huile...) et une ou deux bouteilles contenant de l'eau du robinet ;
- des gommettes bleues et des gommettes rouges ;
- des gobelets transparents, des seaux ;
- un pichet rempli au robinet par les enfants eux-mêmes.

1. Au cycle 1, on se limite aux cas où le phénomène d'évaporation n'intervient pas.

Consignes

« Trouvez l'eau du robinet parmi les petites bouteilles en vous servant des petites quantités de liquide et en comparant avec l'eau du pichet. Si ce n'est pas pareil, collez une gommette rouge sur la bouteille; si c'est pareil, collez une gommette bleue sur la bouteille. »

Apprentissages langagiers

Description de l'aspect (couleur, présence de bulles, claire, trouble, épais, fluide...) des saveurs (sucré, salé, piquant, amer, acide...), présence d'une odeur (« ça sent, ça ne sent rien, ça sent bon, ça sent mauvais »).

Apprentissages scientifiques

Approche d'une démarche: regarder (ce qui suffit à éliminer certains liquides), puis sentir, puis enfin goûter. Souvent, on n'a pas besoin de toucher.

Liens avec d'autres situations vécues à l'école ou dans la famille, éducation à la sécurité

Évocation des récipients contenant des liquides, trouvés à la maison, auxquels il ne faut pas goûter (liquide vaisselle, lessive, produits pour le nettoyage de la maison, produits pour le jardin...). Décodage des étiquettes et des symboles prévenant du danger.

Prolongements possibles

Jeux de reconnaissance de liquides à partir du goût, les yeux bandés (sirops, lait, eau...).

Séance 3. Quels bruits fait l'eau ?

Matériel

- Un enregistrement, réalisé à cet effet dans l'école, reproduisant des bruits d'eau familiers aux élèves (dix minutes). Il est intéressant d'avoir des « intrus » (chants d'oiseaux, voix humaine imitant le bruit de l'eau, son d'un instrument de musique...) et des reprises des mêmes sons avec des intensités sonores différentes;
- des photos ou des dessins illustrant les différentes situations enregistrées (douche, robinet, chasse d'eau, cuvette, arrosoir, tuyau d'arrosage, remplissage de verres...);
- des photos ou des dessins illustrant l'eau en dehors des enregistrements effectués (torrent, mer, pluie, fontaine...);
- des photos ou des dessins « intrus », évoquant le bruit de l'eau (piano, harpe, grelots, oiseaux...);
- une boîte pour les photos et les illustrations.

Consignes

« Écoutez la cassette et classez les photos ou les illustrations. Mettez dans la boîte ce que vous parvenez à entendre et laissez sur la table ce que vous n'entendez pas. »

Apprentissages langagiers

Caractérisation d'un son: fort, faible, aigu, grave, bref, long...

Apprentissages scientifiques

On approche ainsi les caractéristiques d'un son: intensité, hauteur, timbre.

Prolongements possibles

Utilisation d'enregistrement de bruits moins familiers (torrent, vagues...). Imitations possibles. Instruments de musique (maracas à eau, percussions sur des verres plus ou moins remplis). Jeux d'écoute. Comparaison du bruit d'une goutte qui tombe sur un couvercle, sur de la faïence ou sur un autre matériau. Imitation du bruit de l'eau: bruitage.

Séance 4. Que fait l'eau avec d'autres matières ?

Introduction à la séance

Différents produits se mélangent plus ou moins bien à l'eau. On évoque des situations vécues si possible à l'école (collation, cuisine, lavage) : « que se passe-t-il lorsqu'on met dans l'eau du sucre, du sirop, du sable, des bonbons, de la salade... ? » Les élèves s'expriment avec leurs mots : « ça disparaît, ça fond, la salade ça fond pas, etc. »

Matériel

- 4 petits pichets remplis d'eau ;
- 12 à 16 petits pots pour bébés transparents avec couvercle ;
- 4 bacs ou cuvettes basses ou plateaux de service ;
- 4 cuillères à café, 4 petites cuillères spatules à glace ;
- des étiquettes adhésives et un stylo bille ;
- des matières solides et liquides : farine, sucre, graines, bonbons, gâteaux, encre, peinture, craie, paillettes, papier, terre, sable, colle, herbe, écorce, café soluble, chocolat, lait, huile, craies grasses...

Consignes

« Mélangez un seul produit à l'eau dans un petit pot. Refermez bien le petit pot avant de l'agiter. Dicter-moi le nom du produit mélangé à l'eau pour l'écrire sur l'étiquette. Essayez les autres produits. Vous pouvez mettre beaucoup de produit dans un petit pot et peu dans un autre. Dans cet atelier, vous ne devez pas goûter. »

Rôle de l'enseignant

L'enseignant guide les élèves par ses questions (est-ce que les mêmes mélanges donnent les mêmes résultats ?). Il les accompagne dans leur réflexion, les incite à procéder avec soin, à compter le nombre de spatules du produit qu'ils ajoutent à l'eau.

Apprentissages langagiers

Tel produit se mélange, tel autre ne se mélange pas². Aspect du mélange obtenu : trouble, clair...

Apprentissages scientifiques

Première approche de la dissolution et de la saturation. Prise de conscience des contraintes liées à la reproductibilité (les mêmes causes produisent les mêmes effets) : nécessité de doser soigneusement. Approche de la mesure, du dosage.

Prolongements possibles

Lorsqu'on suit une recette (cuisine, pâte à sel, préparation d'encre pour les arts plastiques...) il faut respecter les quantités indiquées.

Séance 5. Comment fait-on des glaçons ?

Introduction à la séance

Que se passe-t-il lorsqu'on sort des glaçons du réfrigérateur ? Que peut-on faire avec ces glaçons ? Comment en fabriquer ?

Matériel

- Une réserve de glaçons (à ne sortir que petit à petit) ;
- des récipients divers pour faire des moules ;
- de la pâte à modeler (pour faire des moules ou pour être moulée dans les récipients).

Consignes

« Sortez les glaçons, jouez avec en utilisant vos mains et des récipients. »

2. En petite section, il est prématuré de vouloir introduire le terme exact « se dissoudre ».

Un peu plus tard, après la phase de découverte libre : « Peut-on fabriquer des glaçons ? Avec quoi ? Peut-on utiliser l'eau du glaçon qui a fondu pour refaire des glaçons ? »

Rôle de l'enseignant

Solliciter les hypothèses et les anticipations : « Comment peut-on faire des glaçons ? Est-ce qu'ils auront tous la même forme ? »

Adapter les consignes aux capacités des enfants. Beaucoup, en petite section, ne réussissent pas à faire des moules en pâte à modeler. On leur propose d'utiliser d'autres moules. On les incite aussi à remplir un moule avec de la pâte à modeler pour s'apercevoir plus tard qu'un même moule conduit à une forme unique, qu'on le remplisse d'eau ou de pâte à modeler (forme témoin).

Faire remarquer la transformation de la glace en liquide.

Apprentissages langagiers

Le glaçon, la glace (polysémie du mot : glace alimentaire, vitre...). Fondre, geler (polysémie).

Apprentissages scientifiques

Première approche des changements d'état de l'eau et de leur réversibilité.

Prolongements possibles

La neige : elle devient de l'eau mais à partir d'eau il n'est pas possible, à l'école, de refaire de la neige...

Des situations problèmes en petite ou moyenne section autour du transport de l'eau

Lorsque des ateliers d'exploration (libres et dirigés) sont mis en place régulièrement avec le souci des apprentissages comportementaux, les élèves, même en petite section, acquièrent l'attitude qui convient pour expérimenter et chercher. Cette dernière étant acquise (la condition est importante) on peut les confronter à des situations, appelées ici « situations problèmes » : une question étant soulevée, les élèves tâtonnent, cherchent, expérimentent, pour lui trouver la meilleure réponse. C'est l'activité expérimentale qui, au premier chef, valide les méthodes imaginées par les élèves.

Chacune des séances présentées ci-dessous consiste en la résolution d'une situation problème où il est question de transporter l'eau du bac à eau (ou d'une grande bassine) vers des cuvettes plus petites. Les consignes sont formulées par l'enseignant (au début) puis par les enfants qui, très vite, comprennent la logique de la séquence. Après une phase d'action, les séances se terminent par un bilan. Dans chaque cas, les acquisitions que l'on peut envisager seront précisées. Enfin, chaque séance se prolonge par l'élaboration de dessins que les élèves réalisent individuellement et qu'ils légendent en dictant à l'enseignant. Il est intéressant de prendre régulièrement des photos des élèves en train d'expérimenter car elles servent de supports à des séances de langage qui peuvent se dérouler à un autre moment de la journée. Les dessins auxquels sont adjointes les éventuelles photos prises pendant l'activité sont réunis en un grand livre d'expériences constitué collectivement et mis à disposition des élèves qui s'y plongent toujours avec grand intérêt. Ces prolongements très importants, qui peuvent avoir lieu systématiquement et éventuellement être communiqués aux parents, ne seront pas rappelés dans le descriptif de chaque séance.

Avec les mains

Il est très important que les enfants aient un contact physique avec l'eau. Les manipulations se font tout d'abord sans intermédiaire.

Consigne

« Transporter l'eau se trouvant dans le grand bac, dans de petites cuvettes vides disposées à quelques mètres. »

Exemples de comportements observés

Les enfants sont souvent déstabilisés par l'absence de matériel. Au début, certains n'osent pas toucher l'eau. Ils ne savent pas comment s'y prendre. Ils s'enhardissent, prennent l'eau dans le creux des mains et courent pour en perdre le moins possible. Ils rapprochent la cuvette du bac à eau. Certains coopèrent, l'un d'eux tenant la bassine au-dessus de l'eau et l'autre la remplissant avec ses mains.

Bilan, structuration

Les enfants expriment leurs actions, leurs difficultés : « J'ai mis les mains comme ça ». « C'est difficile ». Ils formulent des explications à leurs difficultés : « L'eau s'en va ». « L'eau coule » ; « Nos mains ont des trous. »

Avec du matériel

La mise en place et la consigne sont identiques à celles de l'activité précédente, mais les élèves peuvent utiliser différents outils plus ou moins adaptés : arrosoirs, bouteilles, verres, dinette, entonnoirs, tamis, bouteilles trouées (un trou ou plusieurs trous)... La liste n'est pas fermée. Les élèves peuvent aller chercher d'autres ustensiles auxquels ils pensent.

Exemples de comportements observés

Certains élèves persistent longtemps dans l'utilisation d'outils peu efficaces (récipients trop petits). D'autres essayent tout ce qui leur tombe sous la main, sans réflexion apparente. D'autres s'orientent assez rapidement vers des méthodes optimales (récipients de taille adaptée). Certains élèves prennent leur cuvette et vont la plonger dans le grand bac.

Bilan, structuration

Les élèves décrivent ce qu'ils ont fait : « Boucher le trou de l'entonnoir avec un doigt » ; « Se mettre à deux pour boucher les trous de la bouteille » ; « Courir, comme ça l'eau n'a pas le temps de partir. »

Puis l'enseignant les engage à formuler les raisons pour lesquelles certains outils sont plus efficaces que d'autres : « Certains outils ne marchent pas, ils ont des trous ». Ils nomment les outils, les décrivent, les comparent : « On peut boucher le trou de l'entonnoir, mais on ne peut pas boucher tous les trous du tamis. »

Trier les outils

Dès le début de l'école maternelle, il est fréquent d'habituer les élèves à utiliser des symboles pour signifier une réussite ou un échec. Ils font ici la même chose avec les outils mis à disposition pour transporter l'eau.

Consigne

« Essayer de transporter l'eau avec un objet. Ranger ceux qui fonctionnent dans une bassine, ceux qui ne fonctionnent pas dans une autre bassine. »

Structuration

Différents documents, à adapter selon l'âge des élèves et le moment de l'année, peuvent être imaginés pour conserver la trace des essais réalisés.

- Tri de photos : réalisation d'un panneau « fonctionne » et « ne fonctionne pas » ;
- document individuel : à partir d'images des objets (photos, dessins), affecter le symbole approprié ; variante : découpage, collage dans la bonne colonne ; etc.

Et avec moins d'eau... ?

Après les nombreuses manipulations de la troisième étape, les enfants ont appris à choisir le matériel adapté au transport de l'eau. De ce fait, ils remplissent rapidement les petites bassines et le niveau d'eau du grand bac diminue visiblement. Cela pose un

nouveau problème : les outils qui fonctionnaient le mieux auparavant (bouteilles, arrosoirs), deviennent peu pratiques.

Consigne

Le problème fait l'objet d'une formulation avec les élèves.

« Lorsque nous avons beaucoup d'eau, nous vidons avec nos outils. Maintenant, nous n'avons presque plus d'eau et certains outils ne fonctionnent plus. Comment finir de vider le grand bac avec les outils que nous avons ? »

Exemples de comportements observés

Les élèves trouvent des solutions : ils prennent des objets plus petits qui peuvent toujours se remplir ; certains utilisent des petits récipients pour remplir les gros.

Bilan, structuration

Les élèves nomment les outils qui fonctionnent encore.

L'enseignant les guide dans des formulations plus complètes et plus complexes sur le plan de la langue. Ils expliquent pourquoi les gros récipients ne fonctionnent plus : « on ne peut plus enfoncer la bouteille parce qu'elle touche le fond. » Ils justifient leurs choix : « j'ai choisi la petite cuillère parce que l'arrosoir ne va pas. » Ils formulent des comparaisons : « la cuillère va mieux que l'arrosoir » ; « la cuillère va mieux que l'arrosoir parce qu'elle est plus petite ».

À travers ces dernières formulations, les élèves approchent la notion de capacité.

Il ne reste que quelques traces

L'étape précédente et ses conclusions introduisent le problème suivant : que faire, s'il ne reste que très peu d'eau, et qu'aucun outil ne fonctionne plus ?

Consigne

« Enlever toute l'eau du grand bac et la transporter dans les petites cuvettes. »

Matériel

En plus des récipients utilisés jusqu'alors (qu'on conserve pour laisser malgré tout aux élèves la possibilité de les essayer) différents objets et matériaux plus ou moins adaptés (serpillières, éponges, papier absorbant, carton, papiers divers, feuilles d'aluminium, balayettes, raclettes...) sont proposés.

Exemples de comportements observés

Certains enfants ignorent le matériel et se servent de leurs mains. Mais grâce à l'expérience quotidienne, ils vont facilement vers les éponges et les serpillières. L'enseignant encourage les commentaires et les comparaisons avec le vécu familial. Il incite à essayer les autres outils et les autres matériaux. Il s'assure que les élèves pressent les différents matériaux et voient sortir l'eau. C'est important pour comprendre qu'elle y était entrée.

Bilan, structuration

Les élèves nomment les différents outils et verbalisent leurs actions : éponger, serrer... Ils décrivent ce qui se passe : « l'eau rentre dans l'éponge ; elle ressort quand on la serre ». Ils expliquent pourquoi le matériau convient, ou non : « L'eau ne rentre pas » ; « L'eau abîme le papier. »

Ces activités donnent aux élèves l'occasion de se familiariser avec la notion d'absorption. Il paraît toutefois prématuré de vouloir leur faire utiliser le vocabulaire scientifique (l'éponge absorbe l'eau).

Trier les matériaux

Les enfants ont déjà trié les différents objets. Ici, ils trient les différents matériaux (absorbants ou non).

Consigne

« Essayer de transporter l'eau avec l'un des matériaux. Le ranger dans la bonne bassine selon qu'il a fonctionné ou non. »

Structuration

On peut se reporter au paragraphe ayant traité d'une question voisine (trier les outils), les choix à effectuer étant du même ordre.

Prolongements possibles

Activité cuisine: confectionner un taboulé, afin de montrer des aliments qui gonflent sous l'action de l'eau: « l'eau rentre dans la semoule et ne ressort pas. »

Comparer le transport de l'eau et celui des cailloux: les outils les mieux adaptés ne sont pas les mêmes. Les élèves approchent par le vécu les différences entre état solide et état liquide.

Mettre en relation la grosseur du récipient, l'effort nécessaire et le nombre de voyages: « Avec un gros récipient c'est plus lourd mais on fait moins de voyages; avec un petit récipient, c'est moins lourd, mais on fait plus de voyages. »

Approche de la mesure: combien de récipients faut-il pour remplir une cuvette?, etc.

Une séquence en grande section – approche du phénomène de dissolution

Au début de l'école maternelle un enfant sait bien qu'un objet qui disparaît de ses yeux n'a pas cessé d'exister. Il peut par exemple faire un caprice pour qu'on lui rende le jouet qu'on vient de ranger. Tout se passe comme s'il était capable du raisonnement suivant: « Je sais que ce jouet existe encore; il n'a pas disparu même si je ne le vois plus. » Bien sûr, l'enfant ne mène pas réellement ce raisonnement de manière consciente. On peut dire toutefois qu'il maîtrise l'idée de permanence de l'objet. Il est incapable de la mettre en mots, mais ses actes en attestent. Nous dirons que l'enfant utilise ou met en œuvre un début de raisonnement conservatif (consciemment ou non). Le terme *conservatif* renvoie à la permanence de la matière et à sa conservation, propriété fondamentale en physique et chimie classique (« Rien ne se perd, rien ne se crée » disait Lavoisier).

Les objets ne sont que des cas particuliers parmi les nombreuses formes que prend la matière. Ils sont visibles, possèdent une forme caractéristique qui ne change pas ou très peu. Lorsqu'ils sont rangés dans un meuble, ils conservent toutes leurs caractéristiques. Dans cette séquence, nous nous intéressons au phénomène de dissolution. Lorsqu'elle est dissoute, la matière change d'apparence. Un morceau de sucre dissous dans l'eau ne se voit plus. Pourtant, l'eau est transparente. On voit à travers elle. Pourquoi ne voit-on pas le sucre? A-t-il disparu? Un adulte sait qu'une substance dissoute n'a pas disparu, même si elle n'est plus visible. Son système cognitif a parfaitement intégré la conservation de la matière et il sait que sa validité est générale, quelles que soient les apparences. Vers 4 ou 5 ans, l'enfant a acquis la conservation dans certains cas particuliers, notamment lorsqu'elle ne remet pas en cause ses perceptions immédiates. Mais ce n'est pas encore, pour lui, une propriété générale.

Pour aider les élèves à progresser dans la voie de la conservation, même lorsque les apparences sont contraires, l'idée est d'exploiter quelques situations dans lesquelles les sens (la vue, le goût) peuvent encore servir de point d'appui. Le goût de l'eau sucrée est un indice (et non une preuve) de la non-disparition du sucre. La séance 4 « Que fait l'eau avec d'autres matières? » présentée dans la séquence en petite section fournit un exemple d'exploitation de cette idée.

La séquence présentée ici va dans le même sens en proposant de s'appuyer sur la vue. On propose d'utiliser, comme matériau principal, des bonbons (bien connus des enfants de cet âge) dont le cœur en chocolat est enrobé de sucre (de couleur blanc) puis d'un glaçage de couleur variée (ils seront nommés par la suite « bonbons enrobés » ou tout simplement « bonbons »). La dissolution de cette enveloppe extérieure colorée communique sa couleur à l'eau, ce qui occasionne les différentes activités présentées ci-dessous qui,

dans une phase de synthèse, sont mises en relation avec le comportement d'autres substances (en particulier du sel et du sucre manipulés au cours des ateliers). Le sucre, le sel, l'enveloppe des bonbons se dissolvent dans l'eau; le sucre et le sel disparaissent de la vue mais le goût reste présent; l'enveloppe des bonbons disparaît (on ne la distingue plus en tant que telle) mais la couleur reste présente. Le point d'appui sensoriel (goût, couleur) et le parallélisme établi entre des substances différentes peut contribuer à un début de construction du concept de dissolution.

Précaution

Les bonbons enrobés utilisés sont des produits alimentaires. Les substances qui se dissolvent dans l'eau ne se conservent pas (des moisissures apparaissent rapidement). Il ne faut donc pas chercher à conserver les solutions obtenues, pas même d'un jour sur l'autre. Le nettoyage doit être systématiquement effectué à la fin de chaque activité.



Gratter les bonbons pour les rendre blancs

Des bonbons enrobés sont décolorés en les passant sous l'eau et séchés avant l'arrivée des enfants. Ils sont négligemment mis en évidence sur une table.

Exemple de déroulement

Les élèves découvrent les bonbons et réagissent immédiatement: « Ils sont blancs; ils n'ont plus de couleur. » L'enseignant prend un air catastrophé: « On a volé la couleur des bonbons! » Les élèves ne sont pas dupes et fournissent immédiatement une explication: « Quand on les suce, ils deviennent blancs... »

L'enseignant explique qu'il ne les a pas sucés (ce ne serait pas propre) et, prenant une attitude énigmatique, il met ses élèves au défi de trouver des idées pour enlever leur couleur. Les hypothèses sont relevées. Exemples: cracher dessus; gratter; frotter; laver avec de l'eau, du savon, du « produit à vaisselle »... On se met d'accord pour refuser certaines solutions (cracher dessus) et on décide de tester les autres en commençant par l'idée de gratter. Il reste à choisir avec quoi. Différentes propositions sont retenues: les ongles, des ciseaux, des fourchettes et des couteaux du coin cuisine, des tournevis ou des râpes du coin bricolage...

Les élèves s'affairent. L'enseignant se joint à eux, gratte lui aussi ses bonbons, sollicite les réactions, encourage les discussions entre élèves.

Exemple de discussions.

- « C'est difficile » ;
 - « La couleur, elle ne part presque pas » ;
 - « Moi j'y suis arrivé, on voit un peu le blanc » ;
 - « Le mien, il s'est cassé. On voit le chocolat, et aussi le blanc » ;
 - « La couleur, elle va sur la table » ;
 - (Enseignant) « Oui, les débris de bonbons vont sur la table. De quelle couleur sont-ils? » ; etc.
- L'enseignant aide à l'amélioration des formulations (ce n'est pas la couleur qui tombe sur la table, mais les débris colorés) et à l'enrichissement du vocabulaire (débris, poussière, morceaux, poudre...).

Aboutissement

Les élèves, éventuellement guidés par les questions de l'enseignant, devraient réussir à formuler une phrase rendant compte du déplacement de la matière: « En grattant, on casse l'enveloppe des bonbons. Les petits morceaux colorés tombent sur la table. »

Laver la couleur, oui mais avec quoi ?

Il s'agit maintenant d'essayer la deuxième idée : laver la couleur avec de l'eau, du savon, du produit à vaisselle. L'activité se fait autour d'un « coin-eau » aménagé. C'est l'enseignant qui fournit le savon et le produit à vaisselle au moment où les élèves le demandent, en veillant à ce que les solutions restent diluées.

Exemple de déroulement

L'enseignant laisse les élèves tâtonner. Il ne cherche pas à leur faire adopter une démarche méthodique qui serait prématurée pendant les premiers moments de l'atelier. Il les aide à repérer les différentes phases de la décoloration : l'enveloppe extérieure colorée se dissout, puis la partie blanche. Si l'on prolonge le jeu, on aboutit au cœur du bonbon constitué de chocolat dont la dissolution colore immédiatement l'eau d'une teinte marron sombre.

Tous les enfants réussissent à décolorer leurs bonbons. Ils remarquent également que l'eau perd sa couleur transparente : « Elle devient toute sale. » En fait, la dissolution des colorants de toutes les couleurs aboutit à une teinte marron peu engageante... Les élèves prennent beaucoup de plaisir dans cette activité mais, et c'est tout à fait normal, ils manipulent sans la moindre méthode. Tous les produits sont essayés et mélangés si bien qu'on ne sait pas si une solution est plus efficace qu'une autre. On décide donc de mettre en place trois postes de travail pour mener de nouveaux essais de manière plus méthodique : dans le premier on teste seulement l'eau, dans le second l'eau savonneuse et dans le troisième, l'eau additionnée d'un peu de produit à vaisselle. Les élèves passent à tour de rôle sur tous les postes.

Aboutissement

Les élèves formulent leurs observations en adoptant un vocabulaire approprié (coloré, décoloré) : les bonbons se sont décolorés ; l'eau s'est colorée ; l'eau s'est colorée en marron. Au final, il s'agit de bien établir la corrélation entre la décoloration des bonbons et la coloration de l'eau : c'est parce que les bonbons se sont décolorés que l'eau s'est colorée.

Colorer l'eau en une teinte prévue à l'avance

Exemple de déroulement

L'enseignant fait rappeler l'activité précédente, et met l'accent sur la couleur de l'eau. D'où vient sa couleur marron ? Les avis ne manquent pas : « C'est de la saleté ; c'est parce qu'on ne s'est pas lavé les mains ; c'est le chocolat qui est dedans », etc. À ce stade, les élèves ne comprennent pas, en général, que la teinte marron vient du mélange de toutes les autres couleurs. La première étape consiste à vérifier les différentes hypothèses.

On va se laver les mains.

On enlève les bonbons dès qu'ils se sont décolorés, avant d'arriver au chocolat.

L'eau obtenue est plus claire, mais sa couleur est toujours dans les teintes marron.

L'enseignant déplace légèrement le problème : « Et si l'on voulait obtenir de l'eau jaune, comment pourrait-on faire ? » Les réponses évoluent facilement vers l'idée attendue : « Il faudrait ne prendre que les bonbons jaunes. »

On trie les bonbons selon leur couleur et les élèves vont les laver dans un petit pot transparent. Ces derniers sont rassemblés à la fin des activités, ce qui permet de valider l'idée initiale.

Aboutissement

On rappelle la conclusion de la veille : les bonbons se décolorent et, en même temps, l'eau se colore.

On la complète : si les bonbons sont rouges, l'eau se colore en rouge.

Si on mélange des bonbons de toutes les couleurs, l'eau se colore en marron.

En grande section, les enfants peuvent en général mettre cette conclusion en relation avec les mélanges de peinture : en décolorant des bonbons jaunes et des bonbons bleus, on obtiendra peut-être de l'eau verte... Bien sûr, il est important de vérifier ces hypothèses si elles se présentent.

Comparer sucre, sel, bonbons et autres matières

Lors d'ateliers consacrés à l'eau et menés à la même période, les élèves ont mélangé des substances diverses à l'eau. Ils ont constaté que certaines « se mélangent³ » et d'autres non. Ils ont pu observer, à l'œil nu et même à la loupe, de petits morceaux de sucre « disparaître » dans l'eau. Bien sûr, il leur a été suggéré de goûter pour percevoir que le sucre, bien qu'invisible n'avait pas disparu. Mais une occasion n'est jamais suffisante pour installer durablement les apprentissages. Les activités menées sur les bonbons donnent l'occasion de revenir sur l'idée de dissolution, de l'enrichir par d'autres exemples, et de mieux la structurer.

Exemple de déroulement

Le maître prépare différentes matières contenues dans des récipients appropriés : du sel, du sucre en poudre, un bonbon enrobé, du lait en poudre. Chaque élève dispose en outre de petits récipients transparents contenant de l'eau. Les élèves commencent à gratter le bonbon de manière à obtenir des débris colorés. Ils mélangent ensuite chaque substance à l'eau et observent ce qui se passe. L'enseignant les engage à s'exprimer : « Qu'est-ce qui est pareil, qu'est-ce qui n'est pas pareil ? »

Aboutissement

Les discussions et les reformulations aboutissent aux idées suivantes.

Au début, on voit les grains de sel, de sucre, les débris colorés du bonbon, et la poudre du lait. Ensuite, on ne les voit plus.

Pour le sucre et le sel : on ne les voit plus mais si on boit, on sent le goût.

Pour les débris de bonbons : on voit la couleur et si on boit on sent un peu le goût.

Pour le lait en poudre : on voit la couleur blanche.

Il est difficile d'aller plus loin et de vouloir convaincre les élèves de la conservation de la matière. À l'école maternelle, l'importance de la perception immédiate l'emporte sur tout autre argument. La construction cognitive de la conservation de la matière sera poursuivie à l'école élémentaire. On pourra, par exemple, retrouver les substances dissoutes par évaporation. Ce n'est qu'en fin de cycle 3 qu'on peut espérer avoir installé, chez les élèves, des raisonnements conservatifs stables qui seront exploités au collège.

Conditions de la mise en œuvre des séquences

L'objectif général est de réussir à développer chez l'élève une attitude de « chercheur ». Pour se faire, la forme des activités va évoluer au cours de l'année de manière à développer progressivement les comportements indispensables pour aborder de véritables ateliers scientifiques avec toute l'autonomie requise.

Évolution des formes d'activité

Exploration libre ; exploration dirigée par des consignes de l'enseignant portant sur la tâche à effectuer et sur les observations à mener ; tâtonnement expérimental pour explorer des propriétés plus précises ; confrontation à des situations de recherche, nécessitant essais, erreurs et communication entre élèves.

C'est à travers les ateliers d'exploration libre et dirigée que les objectifs comportementaux sont prioritairement développés. Les objectifs scientifiques sont plus efficacement poursuivis dans un second temps par des activités plus ouvertes (tâtonnement expérimental et situations de recherche). La progression est à penser sur l'année. Il est possible d'engager des élèves dans des situations de recherche dès la petite section (voir par exemple la partie « Des situations problèmes en petite ou moyenne section autour du transport de l'eau »).

Repères sur les objectifs comportementaux à développer

Respecter les camarades et l'organisation du groupe. Respecter les règles d'hygiène et de sécurité. Contrôler ses actions. Évoluer de manière autonome dans le milieu préparé et balisé par l'enseignant. Accepter de rentrer dans un processus d'apprentissage ; aller au bout de la tâche ; accepter de recommencer ; fixer son attention ; rechercher la qualité. Accepter les autres, communiquer, proposer, rendre compte, montrer ses trouvailles, aider et accepter d'être aidé...

3. terme employé avec les élèves pour dire se « dissolvent ».

Rôle de l'enseignant

La présence de l'enseignant n'est pas constante dans chacun des ateliers en même temps. Les ateliers d'exploration libre, puis d'exploration guidée nécessitent une présence moindre de sa part. En début d'année, au moment où les enfants sont moins autonomes, ces ateliers prennent place le plus opportunément.

Lorsque les élèves sont confrontés à des tâches plus complexes, puis à des situations où ils doivent rechercher et tâtonner, la présence de l'enseignant devient davantage nécessaire pour les guider et pour relancer l'activité à partir de nouvelles questions. Si les élèves ont acquis au cours des premières périodes de l'année une autonomie suffisante, le maître pourra organiser des ateliers fonctionnant en autonomie pendant qu'il animera et fera évoluer une situation particulière.

Exploitation

Les séances se terminent par un moment de bilan où l'on échange les trouvailles et où l'on compare les différentes solutions expérimentées. C'est un important moment de langage (acquisition d'un vocabulaire plus précis, formulations plus justes). Le plus facile, pour un jeune élève d'école maternelle, est de verbaliser ses actions (j'ai fait ceci, puis cela...). Il est utile de l'aider à se décentrer et à formuler des propositions plus générales portant sur un objet, une matière, un phénomène, une propriété (l'eau est comme ceci; elle se comporte comme cela...). Complémentaire des activités vécues, la verbalisation est nécessaire pour que s'installent les premières acquisitions scientifiques. Des traces visuelles et écrites (panneaux, photographies, dessins, textes dictés à l'adulte...) prolongent et complètent ces moments de bilan et contribuent, eux aussi, aux apprentissages.

Précautions

Les exigences de sécurité imposent une vigilance particulière de la part de l'enseignant qui veillera en particulier à prévenir les élèves contre les risques inhérents à la manipulation d'eau dans des bassines, de glaçons dont il veillera à ce que la température ne soit pas trop basse et de produits non consommables.

Bibliographie

Pour les élèves

Albums

- Adams G., Willgoss B., *Au fond de l'eau*, Flammarion, 1992, coll. « Père Castor ». Livre illustré de comptines sur le thème de la vie sous-marine.
- Berreby P., Bielinsky C., *Moi je suis pompier*, Casterman, 1999, coll. « Histoire quatre et plus ».
Aujourd'hui je suis pompier, dit Oscar, mais quand on joue avec l'eau, c'est difficile de ne pas se mouiller! (à partir de 3 ans).
- Bourre M., Chapouton A.-M., *Léa et le savon qui sent bon*, Flammarion-Père Castor, 1997, coll. « Câlin Castor ».
Dans le bain, Léa joue avec le savon. Ça sent bon, ça fait des bulles, de la mousse, ça fond et même parfois ça disparaît dans l'eau... (à partir de 3 ans).
- Dandrel L., Hallensleben G., Sauerwein L., *Les Bruits : Barnabé et les bruits de la vie*, Gallimard Jeunesse, 1999, coll. « Mes premières découvertes de la musique ». Images-album non paginé + un CD audio.
Bruit ou musique ? Pour sensibiliser les enfants à la musicalité de la vie qui les entoure : chant d'oiseau, eau vive, porte qui grince, aspirateur... (à partir de 3 ans).
- Fuhr Ute, Santai R., *Dans la mer*, Gallimard jeunesse, 2001, coll. « Mes premières découvertes ». Album documentaire illustré.
- Gervais B., Pittau F., *C'est dégoûtant*, Seuil, 2001, coll. « Jeunesse ». Les expériences illustrées d'une petite fille que rien ne rebute : boire l'eau du bain, se couper les ongles à table, se moucher dans les rideaux, etc. (à partir de 3 ans).

- Hankin R., *L'Eau merveilleuse*, Gamma jeunesse, 1998, coll. « Je découvre la vie ». Au cours d'une randonnée à bicyclette, deux enfants découvrent les nombreuses utilisations de l'eau... (à partir de 3 ans).
- Möller A., Weninger B., *Vive l'eau vive*, Nord-Sud, 2000, coll. « Jeunesse ». Lorsqu'on a soif, rien de plus simple que de se servir un verre d'eau. Pourtant si un jour cette denrée disparaissait... Pour sensibiliser à la maîtrise de la consommation d'eau (à partir de 3 ans).
- Ponchon C., *Je suis une goutte d'eau*, Aedis, 1996, coll. « Jeunesse ». Si j'avais été une goutte de miel, de lait, ou même d'eau sucrée, ma vie aurait certainement été toute différente. Un enfant m'aurait peut-être couchée sur une tartine, dans un grand bol, bien chaude, mélangée avec du chocolat noir. Mais je ne suis qu'une petite goutte d'eau, une pauvre petite goutte d'eau, une pauvre petite goutte de pluie et personne ne s'intéresse à moi... (à partir de 3 ans).
- Ponti C., *Blaise et le robinet*, École des Loisirs, 1998, coll. « Lutin Poche ». Blaise, le poussin masqué, a décidé de jouer «à la salle de bain». Pour cela, il faut un bon robinet bien plein, qui met de l'eau partout. Justement, en voilà un, au milieu des collines. Il s'appelle Niagara Tibouze... (à partir de 3 ans).
- Rosentiehl A., *Bleus: air, eau, ciel*, Autrement Jeunesse, 2001, coll. « Petite collection peinture ». Un guide sur la couleur bleu dans tous ses états (à partir de 3 ans).
- Sara, *Bateau sur l'eau*, Épigones, 1991, coll. « La langue au chat ». Le trajet au fil de l'eau d'un bateau de papier.

Vidéo

- *À propos de l'eau*, Musée du Louvres/La 5^e/CNDP, 1996, coll. « Musée amusant ». 18 min + notice. Une approche ludique de l'art avec l'eau comme thème pictural.
- Le Merdy S., *Le Cirque de la tête à Toto: l'eau, Méliomelo dans le désert*, La 5^e/CNDP/13 productions, 1998, coll. « La tête à Toto ». 2 x 26 min + 1 notice. « La tête à Toto » est un magazine audiovisuel destiné au 3-6 ans.
- *Ma Petite Planète chérie*, tome I, Folimages, 1996. Une cassette de 12 x 5 min + un livret. Cette cassette est constituée de 12 épisodes, d'environ 5 min, abordant chacun un thème en rapport avec la nature (les animaux, l'équilibre écologique...), dont le cycle de l'eau.
- Pef et Serres A., *Tous à la piscine*, Gallimard Jeunesse, 1994. Une vidéocassette. Aventures humoristiques à la piscine.

Autres supports

- *L'Eau, aventures musicales*, Radio-France, 1992. Un disque compact. Aventures sonores sur le thème de l'eau.
- Michel F., *L'Eau: Richesse naturelle et source de vie*, Diapofilms, 1994. Série de diapositives. L'eau sous divers aspects. Pour tous niveaux.
- *Perlette goutte d'eau*, MDI, 1991. Dix-neuf diapositives + une notice. Fiction sur le thème de l'eau destinée aux élèves de maternelles.

Pour les maîtres

- *L'Éducation infantine* n° 6, février 2000. Cahier 2-6 ans. Fiches sur le thème de la neige.
- Nesteroff A., et Bernardis M.A., *Le Grand Livre de l'eau*, La manufacture/Cité des sciences et de l'industrie, 1990. Cet ouvrage est épuisé, mais consultable dans de nombreuses bibliothèques.

- Parent-Schaeber Y., «L'Eau potable: le temps des responsabilités», *Textes et documents pour la classe*, n° 677, 1994.
- Pedoya C., *La Guerre de l'eau : genèse, mouvements et échanges, pollutions et pénuries*, Frison-Roche, 1990.

Sources

Travaux expérimentés à Issy-les-Moulineaux dans l'école maternelle des acacias, à Vaulx-en-Velin dans la classe de moyenne section de l'école maternelle Martin Luther King et à Seynod dans la classe de grande section de l'école de la Jonchère.
Une partie du travail a trouvé son inspiration sur les sites Internet suivants : www.ac-grenoble.fr/savoie/Disciplines/Sciences/Index.htm et www.innopale.org