

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 !

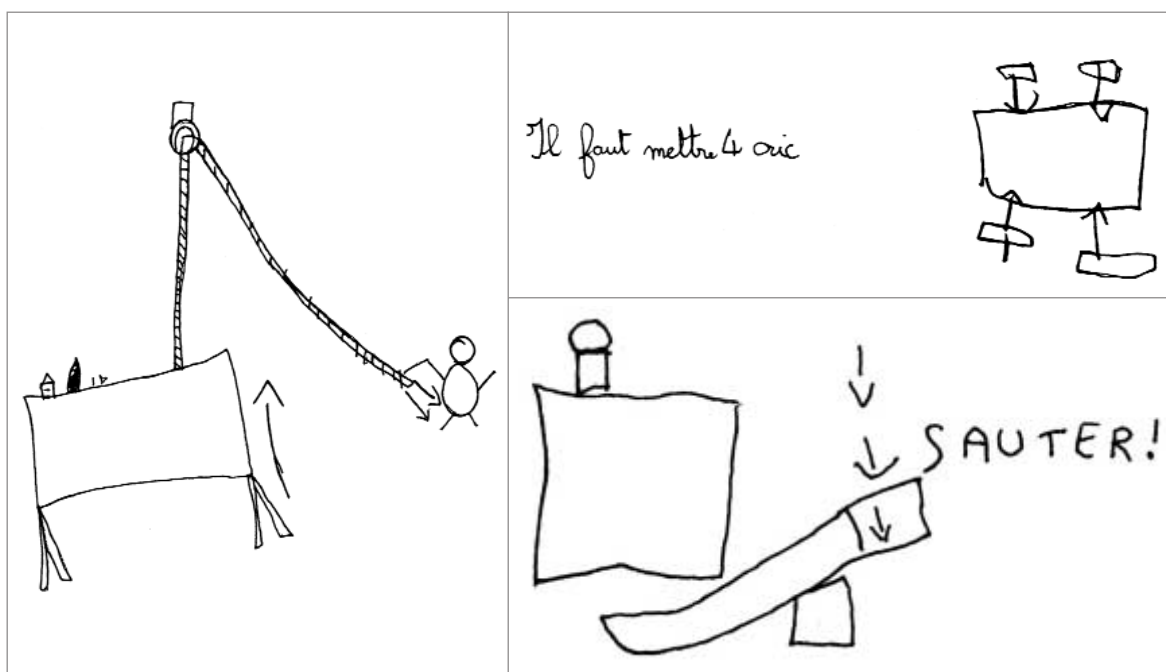


Figure 4

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.

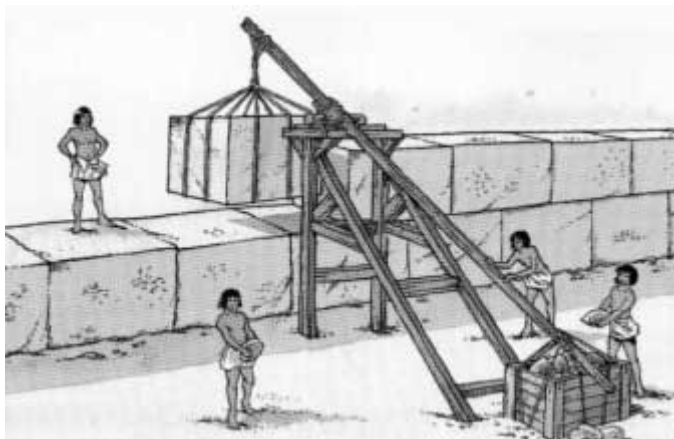


Figure 5. © Arkeo Junior, décembre 2000.

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

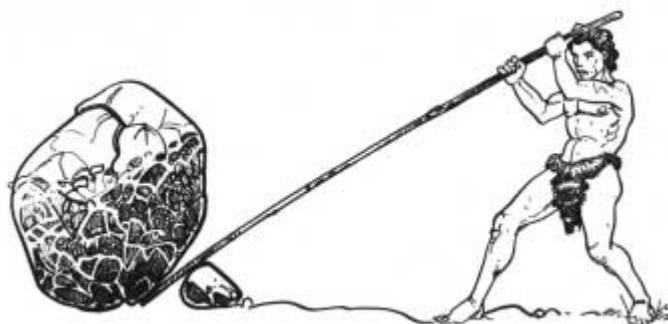


Figure 6. Illustration de Jean-Marie Michaud, tirée de *Aux temps anciens, les machines* de Michael et Mary Woods © Flammarion, 2001, coll. « Castor Poche ».

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.

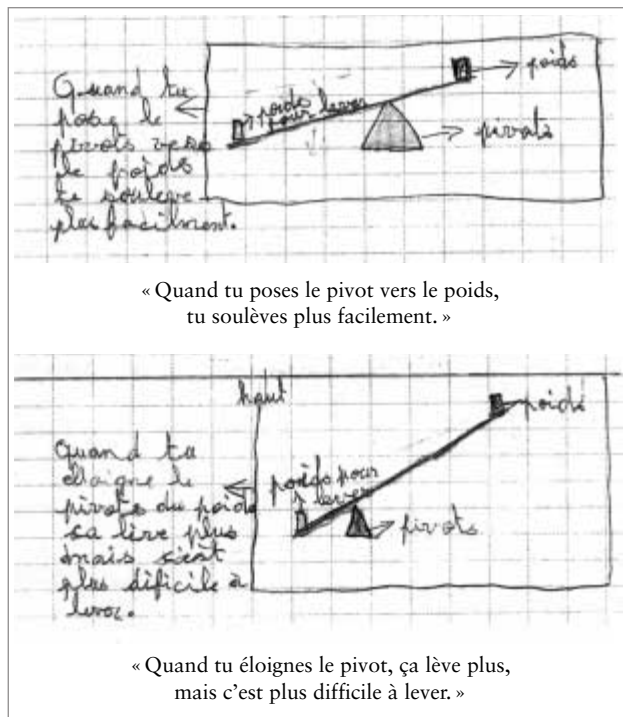


Figure 8

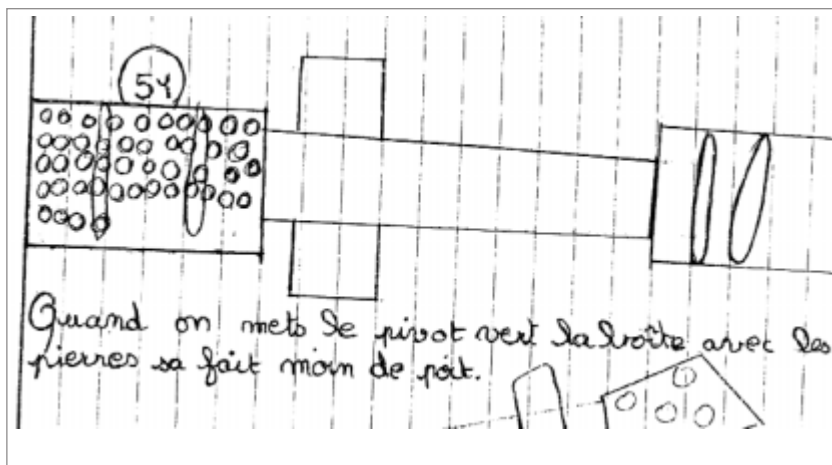


Figure 9

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.

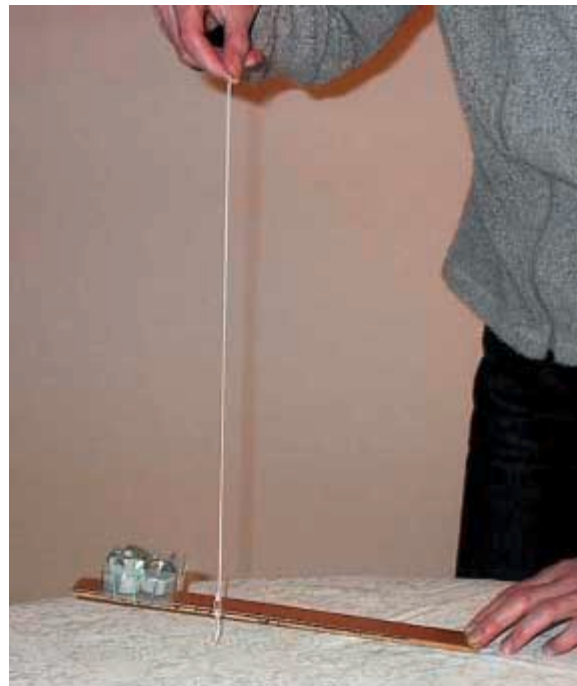


Figure 11. Perception directe ou mesure avec un élastique : l'influence de la position du point d'attache est perceptible.

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 ».

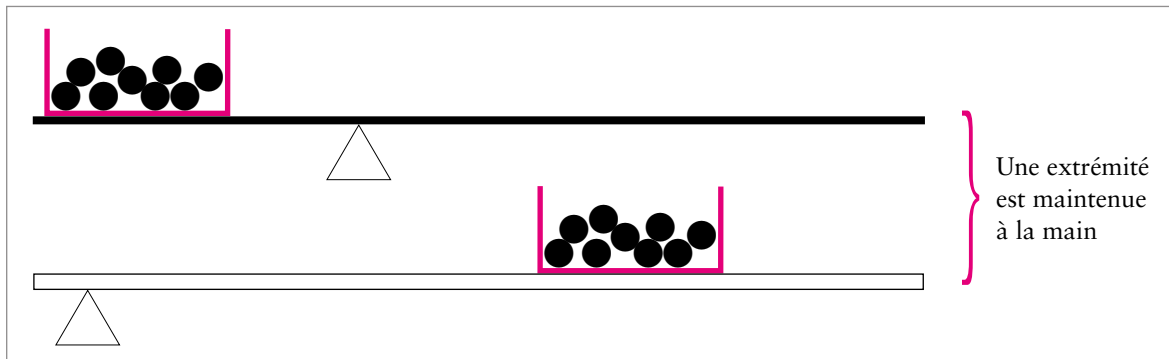


Figure 12

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.

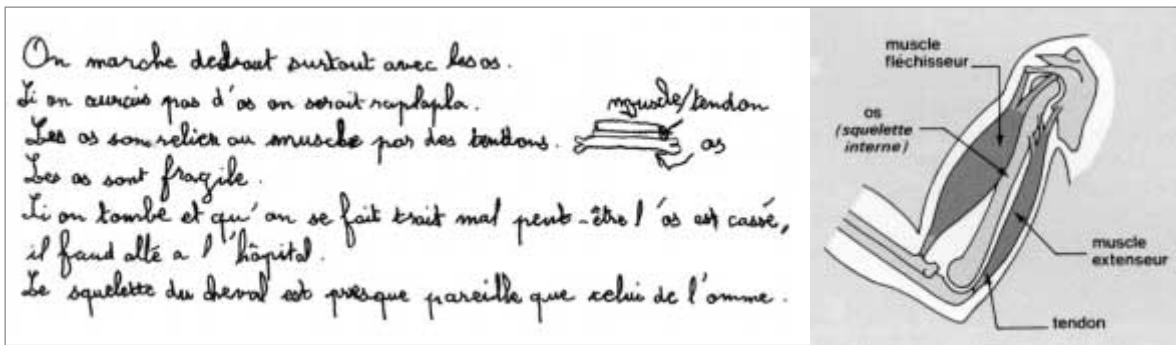


Figure 13. *Biologie 5^e*, collection « C. Désiré et R. Tavernier » © Bordas, Paris, 1978.
 L'attache des muscles sur les os: un exemple de levier. À gauche: une erreur fréquente. À droite: le schéma correct.

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).

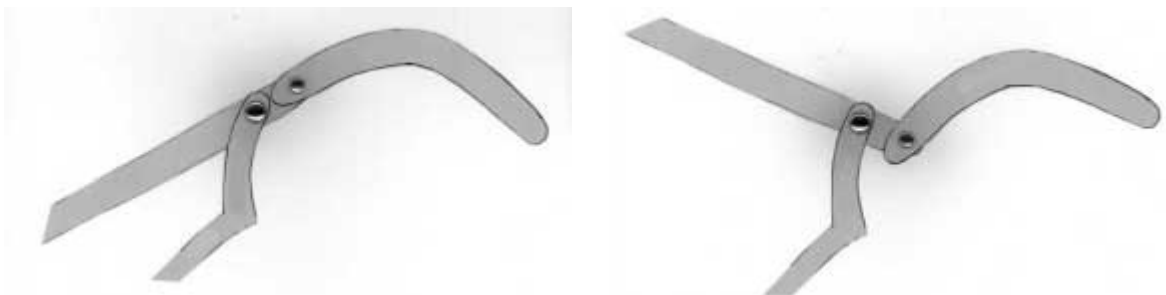


Figure 14. *Biologie 5^e*, collection « C. Désiré et R. Tavernier » © Bordas, Paris, 1978.

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).

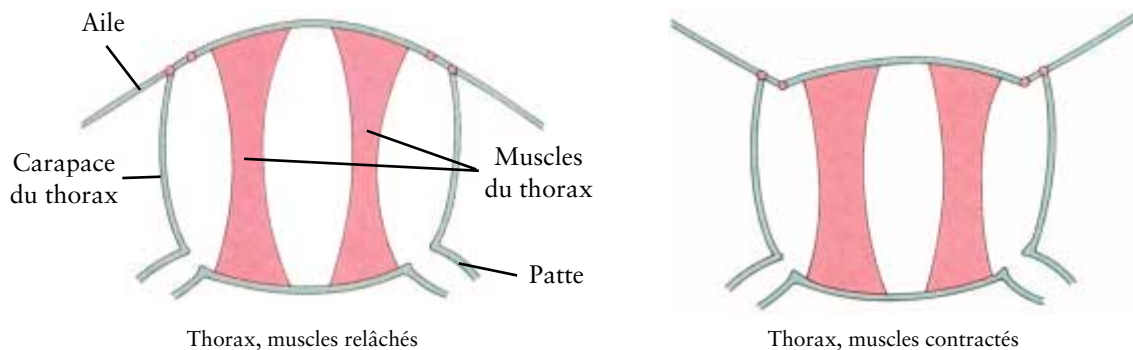


Figure 15. *Biologie 5^e*, collection « C. Désiré et R. Tavernier » © Bordas, Paris, 1978.

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 désirent 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.

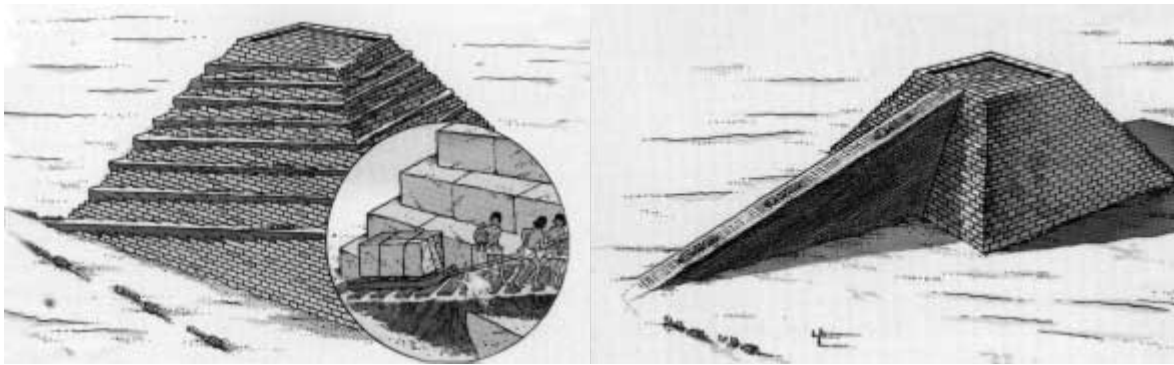


Figure 16. © Arkeo junior, décembre 2000.

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

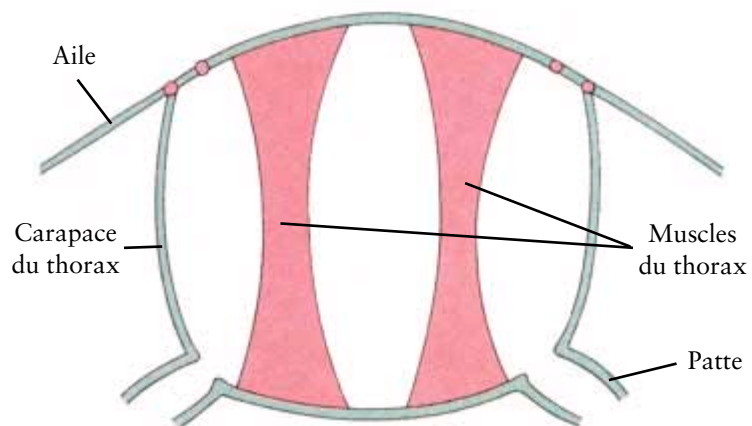
Sources

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.

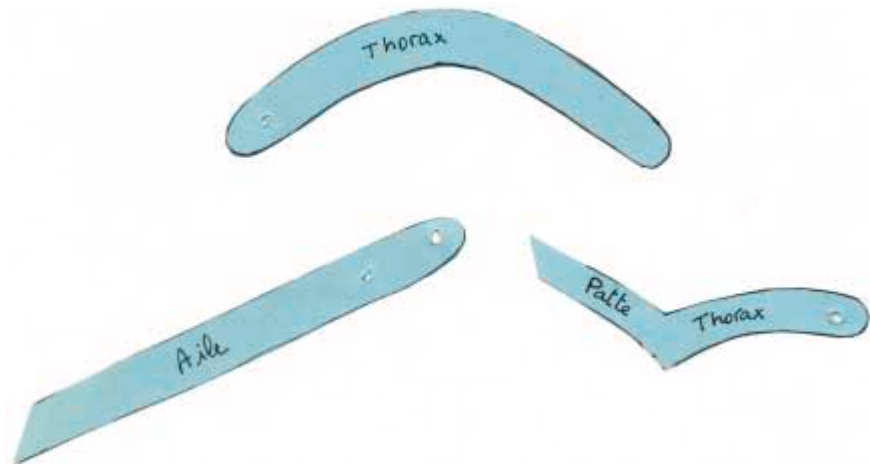
Le vol d'un insecte⁵



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.

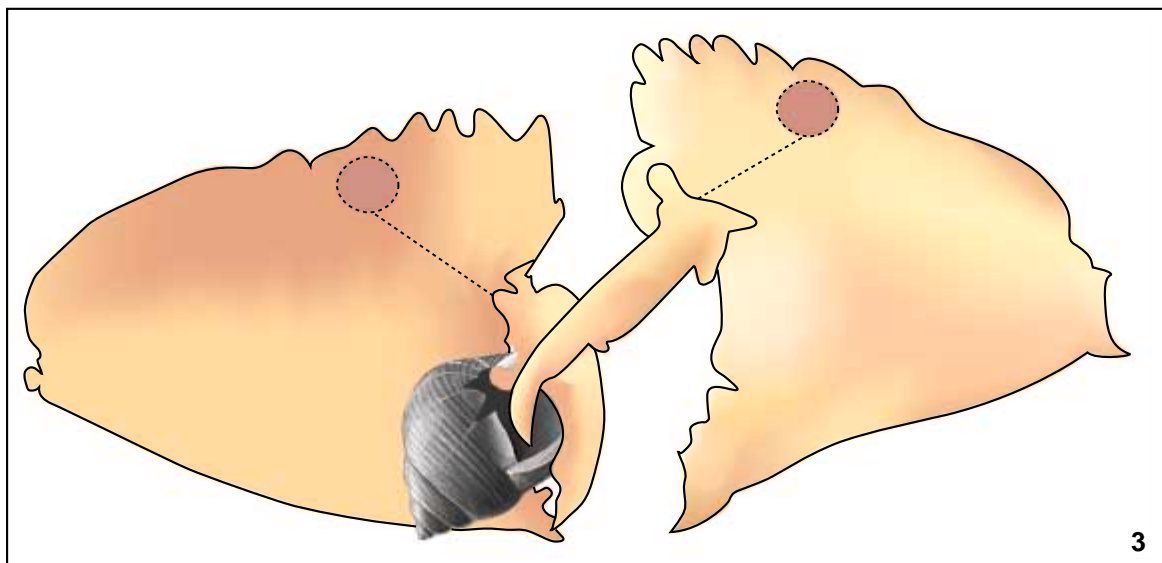
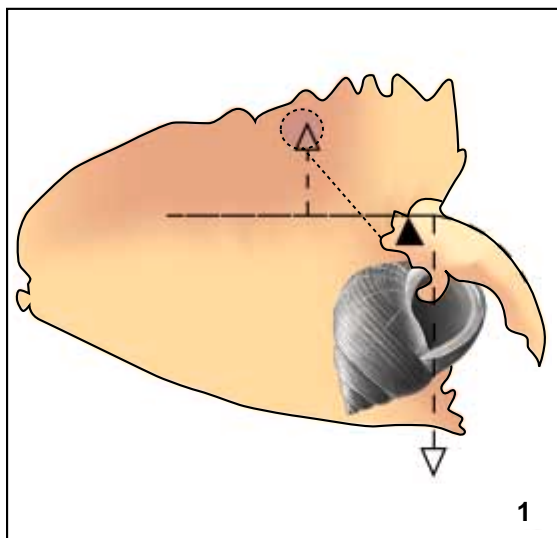
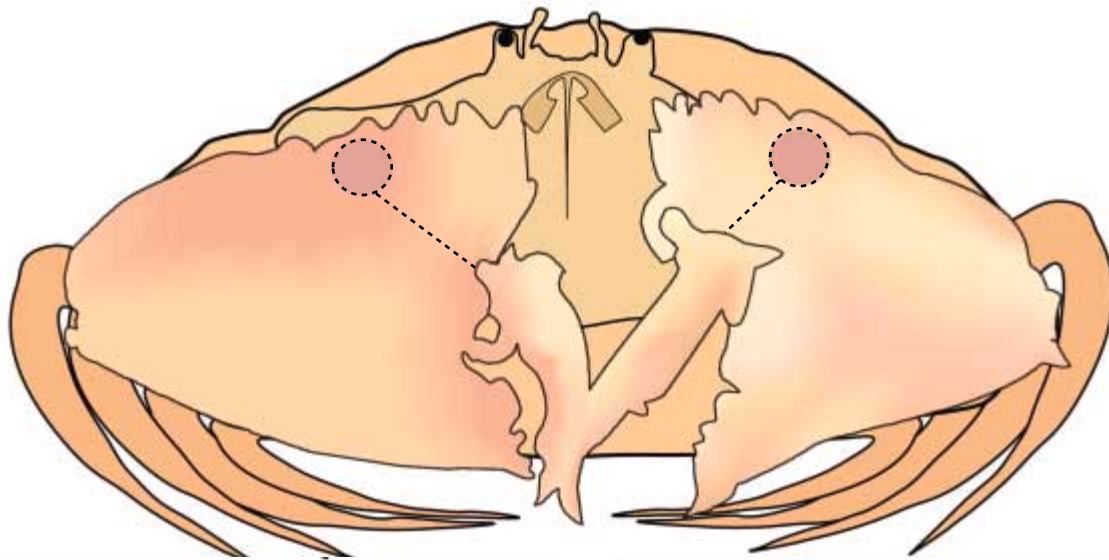


Reproduis et découpe les formes ci-dessous dans du carton léger. Ils représentent la partie gauche de la coupe ci-dessus. À l'aide d'attaches parisiennes, réalise les articulations des ailes et fais-les fonctionner.



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.

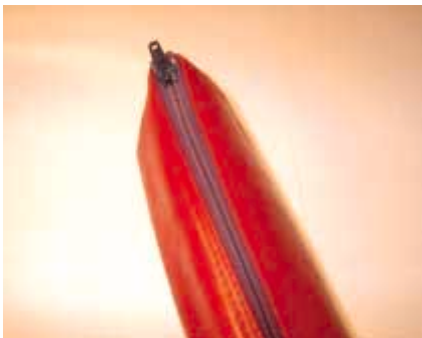


Image 4. Une trousse et sa fermeture Éclair.



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 ?

Ce document, pour lequel nous n'avons pas obtenu les droits de reproduction, figure en revanche dans :

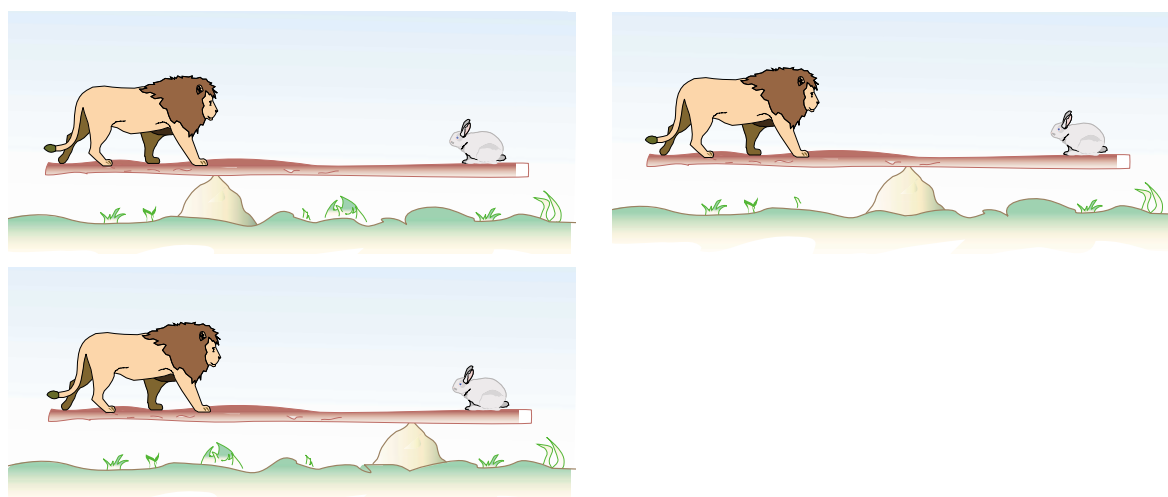
Enseigner les sciences à l'école - cycles 1, 2 et 3, collection : "Ecole, documents d'accompagnement des programmes", SCÉRÉN, 2002

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).



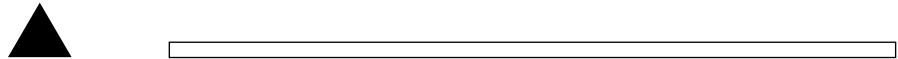
6. En fait, une étude précise de la perceuse permettrait d'en trouver, par exemple la gâchette. Mais, au niveau de l'élève d'école primaire, et compte tenu du travail réalisé, il paraît raisonnable de ne pas entrer autant dans le détail.

4. Observe le dessin ci-dessous.

Ce document, pour lequel nous n'avons pas obtenu les droits de reproduction, figure en revanche dans :

Enseigner les sciences à l'école - cycles 1, 2 et 3, collection : "Ecole, documents d'accompagnement des programmes", SCÉRÉN, 2002

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.