

UNE MACHINE VENANT D'AILLEURS POUR TRAVAILLER SUR LES LEVIERS, DE LA MATERNELLE À LA FORMATION D'ADULTES

Estelle Blanquet

IUFM de Nice et Institut Robert Hooke de Culture Scientifique,
Université de Nice Sophia-Antipolis
LDES, Université de Genève

Cet article vise à multiplier les angles d'approche pour aborder un travail sur les leviers en proposant un exemple d'application peu connue en Occident. Il privilégie une approche technologique, conformément aux programmes officiels de l'école primaire et permet de varier le niveau de difficulté du travail demandé aux élèves. Une utilisation est possible de la maternelle à la formation d'enseignants et de formateurs en passant par l'élémentaire.



Photo 1 – La machine à piler le riz dans son environnement naturel.
L'eau arrive de la droite par un tuyau en bambou et remplit le godet.

Il s'agit d'une machine à piler le riz traditionnellement utilisée en Asie dont le fonctionnement repose sur le principe du levier. Après une description plus précise,

on explorera diverses pistes qui mettent l'accent sur l'aspect technologique ou physique dans le cadre scolaire du cycle 1 au cycle 3, on présentera finalement une possibilité d'utilisation en formation d'enseignants ou de formateurs.

Présentation de la machine

Le « pilon à bascule hydraulique » est utilisé pour écraser le riz au Nord Vietnam (région de Sapa, village Hmong). Son principe de fonctionnement est facilement compréhensible, même par de jeunes enfants : un pilon en bois est situé à une extrémité d'un bras de levier ; l'autre extrémité, qui se termine par une « cuillère » ou « godet », est placée sous une chute d'eau continue, naturelle ou non. Initialement horizontal, le godet se remplit de liquide ; lorsque celui-ci atteint un certain niveau, le levier bascule autour d'un axe (Photo 2) et entraîne le pilon vers le haut (Photo 3).



Photo 2 – Vue de l'axe du godet



Photo 3 – Pilon en position haute

Dans sa nouvelle position, l'eau déborde du godet (Photo 4). Lorsque celui-ci s'allège en se vidant, le levier rebascule et le pilon s'abaisse brutalement en écrasant le riz (Photo 5) : revenu à l'horizontale, le godet se remplit de nouveau et le cycle remplissage / vidage du godet, montée / levée du pilon recommence.



Photo 4 – Le godet se vide.
Une pierre assure l'équilibrage



Photo 5 – Pilon en position basse

Cette machine élémentaire traditionnelle est directement basée sur le principe du levier et ne fait appel à aucune technologie sophistiquée. En conséquence, il est aisé d'en construire une maquette et d'en tester son efficacité. Il est de plus facile d'en isoler les différentes parties pour un travail de construction ou de montage/démontage.

Une analyse plus fine révèle toutefois que sa mise en fonctionnement nécessite quelques

précautions : pour obtenir un basculement du levier, il faut trouver un compromis entre poids du pilon, volume du godet et distance de ces éléments à l'axe. Sur la Photo 4, on peut observer que les réalisateurs de la machine sont parvenus à leurs fins en ajoutant une pierre dans le godet.

Des machines similaires étant utilisées dans divers endroits du globe, on peut coupler ce travail avec les cours de géographie. Animée par l'eau et soulevant un pilon « contrepoids », elle remplit ainsi le rôle inverse du *shadouf*, autre machine élémentaire traditionnelle utilisée en Afrique essentiellement (bords du Nil) pour amener jusqu'aux champs en hauteur l'eau du fleuve grâce à l'homme qui, animant un contrepoids, soulève de l'eau : la comparaison de ces deux machines n'est alors pas sans intérêt. Sur les deux machines, le pivot, tout comme le bras de levier, est visible¹. Le pilon de la machine à écraser le riz est remplacé par une pierre ou un bloc de terre séché comme contrepoids et le godet est remplacé par un seau (ou récipient pouvant contenir de l'eau). Si, dans le cas de la machine à écraser le riz, c'est l'efficacité du pilon qui est recherchée, dans le cas du *shadouf*, c'est la capacité à soulever et déplacer l'eau qui est privilégiée.

Plus près de chez nous, on trouve encore des martinets de forge : une roue est mise en mouvement et entraîne une came, celle-ci soulève alors le martinet qui en retombant écrase le métal. L'utilisation du godet peut également être discutée en observant différents moulins à eau : godets ou pales ? Selon le flux d'eau disponible, les choix différeront.

Découverte du monde à la maternelle (MS/GS) : un premier niveau d'appréhension des phénomènes

Comment tirer profit de cette machine en maternelle ? Un des objectifs de la découverte du monde fixés par les programmes est la compréhension du fonctionnement d'objets, leur montage et démontage : « *Les enfants découvrent les objets techniques usuels (...) et comprennent leur usage et leur fonctionnement: à quoi ils servent, comment on les utilise. Ils prennent conscience du caractère dangereux de certains objets. Ils fabriquent des objets en utilisant des matériaux divers, choisissent des outils et des techniques adaptés au projet (couper, coller, plier, assembler, clouer, monter et démonter ...).* »

La machine à piler le riz s'y prête bien : un nombre de pièces limité, un fonctionnement complètement apparent. Le travail réalisé avec des élèves de moyenne et grande section dans les départements de la Nièvre et des Alpes-Maritimes montre par ailleurs que les enfants peuvent mettre en mot sans difficulté majeure les étapes de fonctionnement et de fabrication. Cette machine offre également la possibilité de travailler sur la notion de cycle : si l'on propose de remettre dans l'ordre des images de la machine en fonctionnement, les enfants sont conduits par le maître à les organiser en cercle (« *cela recommence comme à la première image* »).

Ce dispositif reconverti en « machine à écraser les biscottes », permet de travailler avec les enfants tant sur le « comment ça marche » que sur le « comment faire pour démonter / remonter la machine », dans une approche ludique qui les sensibilise au concept de levier. La manipulation de la machine et la découverte de son fonctionnement par essais / erreurs permettent en effet aux élèves de prendre conscience du concept : il faut qu'il y ait suffisamment d'eau dans le godet pour qu'il bascule et soulève le pilon puis,

¹ Le site de l'IUFM de Montpellier www.montpellier.iufm.fr/technoprimaire/chadouf/sommaire/htm propose un travail sur le *shadouf* très complet à destination des élèves de cycle 3.

pour que le pilon descende, il faut que de l'eau « parte ». Cette première découverte des machines basculantes peut être ensuite prolongée par une séance portant plus spécifiquement sur les leviers : l'utilisation d'un album jeunesse, comme *Bascule* (Kimura, Hata, Lanaspres, & Coulon, 2005) par exemple, en fournit l'occasion.

Avec de jeunes enfants, il est possible de partir d'une maquette, amenée par l'enseignant (Photo 6), et d'essayer d'en comprendre le fonctionnement.



Photo 6 – Comment faire basculer la machine apportée par l'enseignant ? (Classe de GS, Nice)

On peut l'introduire directement en présentant la machine comme « écraseuse de biscottes » dont on a perdu le mode d'emploi, ou choisir de lancer d'abord les enfants dans la recherche de moyens pour écraser les biscottes. La saison hivernale, où l'on nourrit les oiseaux, justifie au besoin le broyage. Une troisième entrée en matière possible est la réalisation d'un jardin contemporain : la mise en place d'un bassin et la présence d'une pompe permettent l'utilisation de cette machine reconvertie pour l'occasion en « machine à faire de la musique » (en tapant sur des ardoises ou du carrelage). Il est alors possible de mener en parallèle un travail plus prononcé sur le choix des matériaux utilisés (tri suivant leur comportement dans l'eau).

Dans tous les cas, les enfants se retrouvent devant la machine et, après une première mise en commun pour s'assurer de leur bonne compréhension de sa fonction, à charge pour eux de trouver comment l'utiliser.

Dans l'ensemble des classes ayant travaillé sur la machine, les élèves, suite aux échanges entre pairs et avec le maître et aux premières manipulations avec les mains, parviennent rapidement à la conclusion qu'il faut appuyer du côté opposé au pilon. La présence du godet les incite à le remplir pour que le bras bascule.

C'est l'occasion de tester divers matériaux : cailloux, sable, sel, graines (Photo 7). Dans tous ces cas, si le pilon se soulève bien, il ne retombe pas, à la grande déception des enfants². Comment faire ? Selon que les enfants ont ou non préalablement expérimenté avec l'eau (travail sur les transvasements, avec des balances à liquide, mise en mouvement

² Dans le cas du sable, mis à part si l'objet fabriqué par l'enseignant possède un godet très ouvert (ne ressemblant plus à une cuillère mais à une pelle), le bras ne remonte pas, une trop grande partie du sable restant dans le godet.

d'objets par l'eau), il peut être nécessaire de faire un détour par les moulins à eau et à sable (Photo 8). Après avoir présenté ce nouvel objet, le maître incite les élèves à raconter comment ils pensent le faire fonctionner et à décrire ce qu'ils prévoient. C'est l'occasion d'un travail sur le langage : « *d'abord on verse de l'eau, elle coule et fait tourner la tortue verte, après elle tombe dans la partie orange, elle se remplit et puis elle bascule et cela fait tourner le soleil en dessous* ». Après s'être assuré que les enfants ont identifié ce qu'ils doivent observer (mouvement de la tortue verte, des soleils jaunes et des godets orange), ils sont laissés libres de manipuler. Après avoir observé le phénomène de bascule et la mise en rotation successive des « soleils jaunes » suite au basculement des godets orange, les enfants sont conduits à lier cette situation avec la difficulté précédente à faire basculer la machine à écraser les biscottes. Il suffit de porter leur attention sur le mouvement de la partie orange du moulin que l'eau fait basculer pour que très rapidement ils proposent l'utilisation de l'eau pour mettre en mouvement la « machine à écraser les biscottes ». Notons que cette machine met en évidence une différence de comportement du sable et de l'eau (le sable fait des tas).



Photo 7 – Mais comment faire pour que cela marche ?



Photo 8 – Moulin à eau

(une tortue verte tourne lorsque l'eau s'écoule : elle remplit un godet orange qui, en basculant, entraîne la rotation d'un soleil jaune puis de l'autre) (MS/GS, Nièvre)

Le broyage réussi d'une biscotte ravit les élèves : peut-on maintenant augmenter la cadence en construisant de nouvelles machines ? Pour cela, il faut regarder plus attentivement la maquette à disposition. S'ensuit alors une séance où l'on démonte la machine, où l'on dessine les différents éléments qui la constituent : socle, godet (récipient échanuré d'un côté pour faciliter le départ de l'eau), pilon (bouteille lestée de sable), bras solidaire de l'axe. Après s'être mis d'accord sur les représentations des différents éléments, il s'agit pour les élèves de proposer un ordre de montage : la confrontation des affiches des différents groupes révèle une grande variété de choix. Comment s'assurer que ces propositions de montage sont valides ? Avec le maître, les enfants se mettent d'accord sur la façon de le vérifier : il s'agit d'essayer de construire la machine en suivant pas à pas les étapes proposées sur l'affiche et de voir si l'on parvient à construire la machine. Les enfants montent alors la machine en suivant leur « fiche de montage » (ou celle d'un autre groupe) et concluent à la faisabilité de la plupart : il y a donc plusieurs possibilités. La coexistence de plusieurs solutions recevables d'un même problème est en soi une leçon intéressante : les élèves la retrouveront lors de la résolution de problèmes en mathématique.

Le test des machines montées (Photo 9) est ensuite l'occasion de pointer du doigt certaines difficultés : certains groupes n'ont pas placé l'échancrure du bon côté et l'eau ne se renverse pas assez pour permettre le mouvement de bascule, d'autres ont trop éloigné le pilon du pivot ou trop rapproché le godet du pivot, etc.



Photo 9 – Jeune élève testant la machine que son groupe vient de construire. Deux autres machines non visibles sur la photo ont été construites et vont également être testées (travail en demi-classe, les autres élèves travaillent sur une autre activité) (MS/GS, Nièvre)

Au niveau de l'école maternelle la machine est donc utilisée dans une approche essentiellement technologique et ludique: compréhension de fonctionnement, montage/démontage, réalisation d'une fiche de montage, identification des difficultés rencontrées et résolution par les élèves. Elle peut s'insérer dans un travail plus global sur l'eau (comportement de matériaux dans l'eau), la mise en mouvement d'objets (moulins), la sensibilisation aux leviers.

À la découverte des leviers à l'école élémentaire (cycle 3) : vers une compréhension plus fine de la machine

Lorsqu'on travaille sur les leviers à l'école élémentaire, on cherche souvent des situations d'équilibre statique. La machine présentée ici fonctionne hors équilibre : son fonctionnement dynamique repose sur des déplacements constants d'équilibre. Il s'agit d'aider les élèves à en prendre conscience. Plus encore qu'à l'école maternelle, l'investigation admet une grande diversité de situations d'entrée possibles. On peut, par exemple, choisir de se pencher sur la mise en mouvement d'une machine et orienter le travail sur les « énergies renouvelables » disponibles pour mettre en mouvement un objet. On peut également choisir une approche technologique et travailler sur la fiche technique lors de la construction, ou encore travailler en parallèle « construction technologique » et « notion de levier ».

Ce dernier choix en ouvre plusieurs autres :

- soit travailler d'abord avec les élèves sur les leviers puis réinvestir

les connaissances sur la compréhension du fonctionnement de la machine et de ses améliorations ;

- soit travailler dans un premier temps sur la machine, découvrir au cours de la construction les difficultés de fonctionnement puis revenir sur la résolution des problèmes rencontrés en formalisant. On peut lancer le travail par la manipulation d'un prototype aussi bien que partir de l'analyse de photos. Les variantes sont multiples : à l'enseignant de déterminer sa stratégie d'apprentissage.

Nous présentons ici une séquence construite avec des enseignants ayant suivi un stage de formation continue à l'IUFM de Nice et réalisée par un enseignant dans sa classe de CM1/CM2. Celle-ci, ainsi que ses nombreuses variantes, ont également été mises en œuvre par des enseignants stagiaires en formation initiale et jouent sur la construction d'une machine et la compréhension de la notion de levier.

Nous avons choisi de travailler tout d'abord sur les leviers avec les élèves en lançant des défis ; les groupes d'élèves ont à disposition une règle en bois, une gomme et deux objets marqués (ou cailloux) de masses différentes. On montre tout d'abord l'image d'une « bascule » (Photo 10), jeu bien connu des élèves. « *Comment fonctionne-t-elle ?* »



Photo 10 – Exemple de « bascule » (ici le pivot est fixe)

Il suffit de se mettre de part et d'autre et, si les deux partenaires ont des masses proches, l'équilibre horizontal est facilement atteint : on rompt l'équilibre en poussant avec les pieds. Mais que faire si Astérix et Obélix veulent jouer ensemble ? Avant toute manipulation, il s'agit de dessiner les différentes solutions imaginées. Le matériel précédent va nous permettre de valider les solutions trouvées : gomme et règle remplaceront avantageusement la bascule (possibilité de déplacer la gomme) et les deux masses seront nos Gaulois. Ensuite seulement, les élèves les testent et les valident ou non. La mise en commun permet de formaliser les solutions trouvées : approcher Obélix de l'axe, déplacer le pivot vers Obélix, ou rajouter des partenaires à Astérix (ou encore imposer un régime à Obélix).

On propose dans un deuxième temps, toujours avec le même matériel, d'imaginer des solutions pour réaliser des situations d'équilibre non horizontal : « *Comment faire pour qu'Astérix (respectivement Obélix) soit le plus haut possible ? pour le soulever le plus facilement possible ?* » Il s'agit ensuite de mettre à l'épreuve ces solutions. Les différentes tentatives sont l'occasion de nombreuses découvertes et l'enseignant n'a plus ensuite qu'à aider les élèves à les formaliser. Pour mettre en mots, on part de la situation d'équilibre horizontal : « il faut alors déplacer le pivot vers... » ; « rapprocher ou éloigner... du pivot ». Questions : « *Peut-on prévoir ce qu'il va se passer si le poids*

d'Obélix (respectivement Astérix) augmente ? Dans quel sens la règle va-t-elle basculer ? »

Suite à ce travail introductif sur les leviers, une série de photos (photos précédentes et Photos 11 à 13) d'une machine à piler le riz sont proposées dans le désordre aux élèves. L'exercice consiste dans un premier temps à comprendre comment fonctionne la machine et à classer chronologiquement les images. Dans un second temps, il leur est proposé de dessiner la machine (Figure 14) et de schématiser son fonctionnement.



Photos 11,12 et 13 – Machine à piler le riz

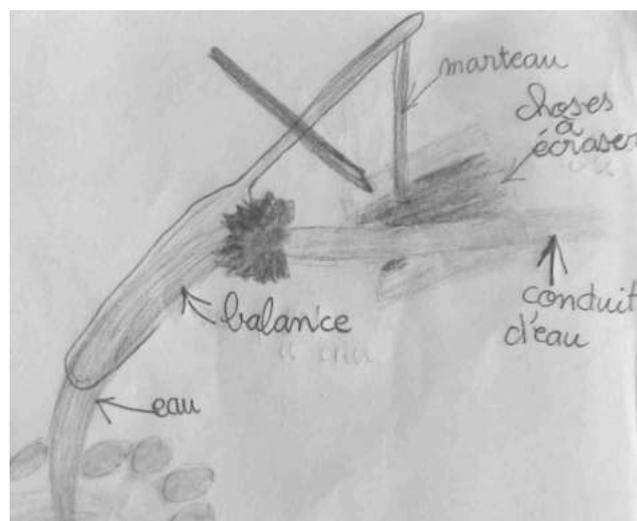


Figure 14 – Premier dessin de la machine en fonctionnement (CM2)

C'est l'occasion de discuter des différentes façons de représenter un objet à trois dimensions (vue de dessus, de côté, etc.) et de préciser les différentes étapes (un schéma, plusieurs, organisation linéaire ou cyclique, etc.). « *Comment alors vérifier les hypothèses sur le fonctionnement ?* »

Si on ne peut aller sur place, on peut en revanche fabriquer une maquette à l'aide du matériel mis à disposition : grandes bouteilles trouées pour y insérer une tige de bambou, petite bouteille découpée en forme de godet, petite bouteille lestée et trouée de façon à pouvoir coulisser dans la tige de bambou. On peut également, bien entendu, laisser aux élèves une plus grande liberté dans la construction en les laissant amener eux-mêmes le matériel qu'ils souhaitent utiliser. Faute de temps, les élèves ont eu à concevoir leur prototype à partir du matériel mis à disposition par l'enseignant (Annexe 1). Deux grandes bouteilles lestées peuvent servir de support, deux tiges de bambous noués en croix par une ficelle peuvent servir d'axe et de bras de levier. Les bouteilles d'eau prédécoupées peuvent servir de godets (reste, parmi les bouteilles disponibles, à choisir son volume et la présence ou non d'un trou favorisant l'écoulement du liquide à sa base) et la petite bouteille lestée peut être utilisée comme pilon. L'ensemble est ainsi facilement modifiable.

Si le montage est facile, la mise en fonctionnement de la machine nécessite des ajustements (Figure 15) : choix de la charge du pilon pour obtenir un mouvement de bascule, adaptation de la distance du pilon au pivot ou déplacement de l'axe pour favoriser le mouvement de bascule, éventuellement ajout de cailloux du côté du déversoir (comme sur les photos de la machine d'origine). La raison de la présence du caillou dans le godet sur les photos s'éclaircit au moment des ajustements. Si certains élèves opèrent par essais/erreurs, d'autres réinvestissent ce qui a été fait précédemment.

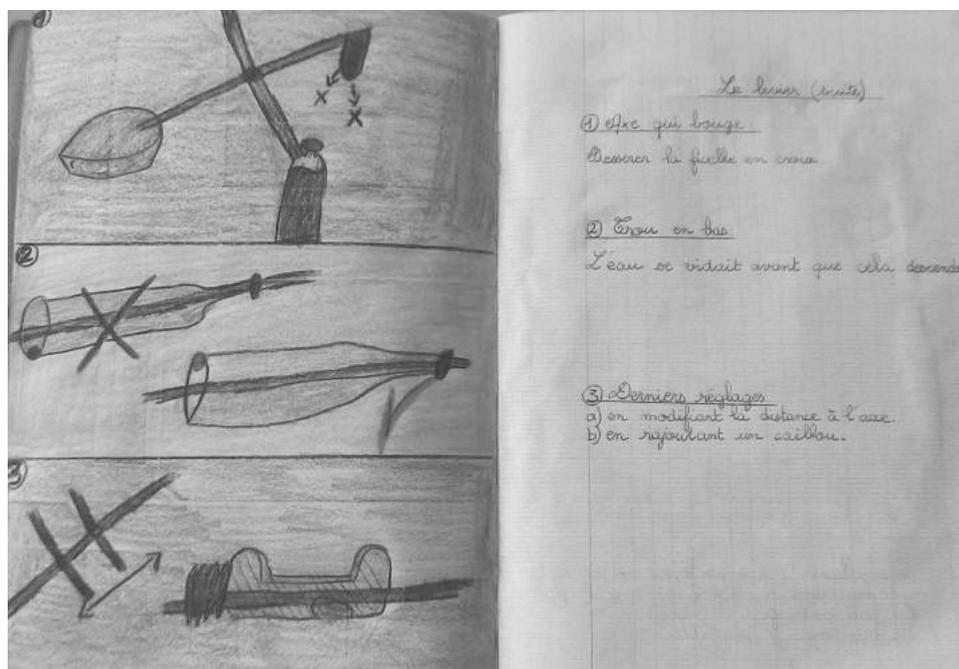


Figure 15 – Dessin d'améliorations proposées par les élèves de CM2 (resserrer la ficelle pour éviter que l'axe ne bouge, ne pas percer la bouteille godet trop bas, modifier la distance du godet à l'axe et rajouter un caillou dans le godet). La formulation est collective, les dessins individuels.

La comparaison des différentes machines réalisées permet ensuite de confronter les différents choix : « *Les machines sont-elles toutes aussi efficaces ? Comment*

le vérifier ? La façon dont on verse l'eau a-t-elle une importance ? » Dans ce dernier cas, il s'agit de toujours verser de la même façon. Un moyen possible pour tester les machines est de leur faire écraser quelque chose, des biscottes par exemple. On peut ensuite aller plus loin : « Peut-on les rendre plus efficaces ? Quelles modifications apporter à la machine pour qu'elle fonctionne encore en alourdissant le pilon, en déplaçant l'axe pour avoir une plus grande amplitude du mouvement, en favorisant le vidage rapide du déversoir ? » Il s'agit à chaque fois de prévoir et de dessiner les modifications que l'on pense apporter avant de les essayer (Annexe 2).

Ce déroulement succinct, qui associe approches physicienne et technologique de la machine, favorise un aller-retour permanent entre des tâches relevant de la construction et de stratégies de résolution de problèmes technologiques et un choix de solutions reposant sur la compréhension des leviers.

Utilisation de la machine pour la formation d'enseignants et de formateurs

La machine à piler le riz peut également servir de support pour la formation des enseignants tant à la démarche technologique qu'à la démarche d'investigation. Après avoir dégagé les caractéristiques propices à son exploitation, nous donnerons un exemple de formation réalisée avec ce support et présenterons les ouvertures possibles.

L'un des objectifs de la formation d'enseignants et de formateurs en sciences à l'école est de favoriser leur appropriation de la démarche d'investigation. Cette formation doit également leur permettre l'acquisition des savoirs et savoir-faire nécessaires à la mise en œuvre de celle-ci dans les classes. Une approche possible consiste à faire vivre aux stagiaires une investigation où ils sont mis en situation de chercher la réponse à un problème (I.A.P, 2009). Le formateur peut ensuite s'appuyer sur cette expérience commune. Dans ces conditions, une investigation portant sur le fonctionnement et l'utilisation de la machine est-elle pertinente ? L'examen de quelques critères permet de dégager quelques éléments d'évaluation (Blanquet, 2009b).

1) La situation permet-elle de travailler un point du programme ?		✓
2) Les apprenants ont-ils les outils nécessaires à l'appropriation du problème ?	<i>La notion de levier n'est pas inconnue des adultes, même lorsqu'ils ne sont pas en état de la formaliser. Cette séance sera l'occasion d'approfondir cette notion.</i>	✓
3) Des connaissances pertinentes peuvent-elles être acquises ?	<i>Ils vont découvrir comment modifier l'effet de bascule en jouant sur la distance à l'axe des différents éléments et sur leur masse et prendre conscience qu'il existe une relation entre masse et distance à l'axe (première approche du moment des forces).</i>	✓
4) La situation permet-elle un questionnement riche ?	<i>Au-delà de la compréhension du fonctionnement de la machine, elle peut conduire à « comment la faire fonctionner plus vite ? », « comment augmenter l'effet d'écrasement du pilon ? » « comment quantifier cet effet ? », « que se passe-t-il quand le flux d'eau augmente »...</i>	✓

5) Les apprenants auront-ils envie de s'impliquer ?	<i>La construction d'une machine est souvent motivante. La confrontation des différentes solutions techniques proposées par les groupes peut ajouter une pointe de compétition amicale et favoriser l'implication.</i>	✓
6) Les apprenants peuvent-ils émettre de nombreuses hypothèses ?	<i>Il y a une grande variété de solutions techniques pour construire la machine et ensuite plusieurs possibilités pour résoudre les difficultés de réglage (on peut jouer sur plusieurs paramètres avec les leviers). Ces nombreuses possibilités de résolution rendent possible la formulation de nombreuses hypothèses.</i>	✓
7) Y a-t-il plusieurs moyens de vérifier les hypothèses ?	<i>Difficile dans le cadre du travail sur les leviers.</i>	?

Dans un contexte de formation, il peut être également utile de se poser les questions suivantes.

8) Peut-on transposer cette situation en classe avec des élèves ?	<i>C'est possible sous réserve d'aménagements.</i>	✓
9) La situation permet-elle de réfléchir sur la mise en œuvre avec des élèves ?	<i>Elle permet entre autres de les faire réfléchir sur la distinction entre hypothèse et observation, la schématisation, le choix et la précision du langage en sciences. De discuter des enjeux des situations de départ, de leur choix, des objectifs visés, etc. Après leur avoir donné à vivre une séance il est donc possible de donner à voir ce que cela peut donner dans une classe. Il faut alors prévoir un témoignage de ce qui a été fait dans une classe : images, traces écrites d'élèves, films.</i>	✓

Cette situation semble répondre à la plupart des critères, même si le 7) n'est que partiellement rempli. Comment dans ces conditions la mettre en œuvre avec des enseignants ou formateurs ? Je présenterai ici un déroulement possible, mené à de nombreuses reprises dans des formations courtes (3 à 6 h) ou longues (stage d'une ou plusieurs semaines) d'enseignants ou de formateurs, en France et à l'étranger. Le matériel mis à disposition des stagiaires est le même que celui pour les enfants, à la différence près qu'aucune bouteille n'a été prédécoupée et qu'ils ont « à volonté » le matériel brut avec cutter, scies, ficelle, ruban adhésif. La séance commence avec la projection de la même série de photos que pour les élèves de cycle 3 (voir ci-dessus), sans consigne particulière, le formateur précisant juste que les photos ont été prises au Nord Vietnam. Spontanément les discussions commencent : « *Qu'est-ce que c'est ? Comment cela marche ? D'où vient la machine ? À quoi sert-elle ?* » Les stagiaires ne sont avares ni d'idées ni de commentaires et sollicitent l'avis du formateur qui lance alors le travail (et ne fournit aucune réponse). Il va s'agir pour chaque groupe dans un premier temps de mettre sur affiche ses idées sur les questions du fonctionnement et de l'utilité. Cette étape est souvent l'occasion de discussions acharnées : certains penchent pour un système d'irrigation, d'autres pour le pilon.

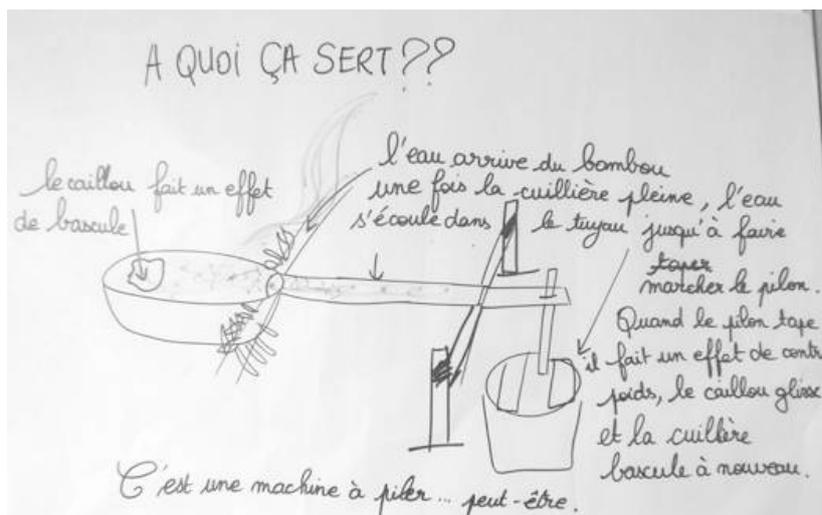


Figure 16 – Affiche réalisée par des stagiaires (enseignants en cycle 3), en formation continue

La mise en commun des affiches (Figure 16) amène à l'étape suivante : « *Comment s'assurer d'avoir compris le fonctionnement de la machine ?* » Une possibilité, le Vietnam étant loin et le formateur se refusant à donner la réponse, est de construire une machine similaire et de voir ce qu'il se passe.

Il leur est alors demandé de faire d'abord un schéma de montage puis, seulement après qu'un consensus a été trouvé, de construire et tester leur machine. Ils doivent sur une deuxième affiche faire le schéma de leur machine originelle et indiquer toutes les modifications effectuées, les difficultés rencontrées et les solutions trouvées.

C'est un moment d'agitation intense, chaque groupe voulant souvent aller plus vite et faire mieux que le groupe voisin : il s'agit alors pour le formateur de réguler enthousiasme, compétition et entraide. Les premiers tests sont rarement concluants et conduisent les stagiaires à remettre en question leur modèle (« *Je te l'avais bien dit que...* »). Il s'agit alors de dépasser les difficultés (identiques à peu de choses près à celles des enfants) : support instable, axe qui se déplace, pilon qui ne redescend pas (Figure 17, en page suivante).

La séance d'investigation s'achève par une présentation par chaque groupe de l'affiche qui rend compte (approximativement) des difficultés résolues et de la démonstration du fonctionnement de sa machine. Cette étape, menée dans la bonne humeur, permet de comparer les machines et les stratégies utilisées pour résoudre les problèmes : la plupart des stagiaires ont procédé empiriquement, par essais / erreurs, ou en s'inspirant des erreurs des voisins, les designs étant variés. La mise en commun des solutions trouvées fait apparaître des approches similaires : rapprocher / éloigner le contrepoids du pivot, l'alléger ou l'alourdir, faciliter ou empêcher l'écoulement de l'eau du godet. En revenant sur des difficultés spécifiques (godet rempli d'eau qui ne s'abaisse pas ne remonte pas), il est possible de faire apparaître des règles qui s'appliquent à toutes les machines et d'aborder la notion de levier.

Peut-on généraliser à d'autres situations ce que l'on a observé ? On peut alors aller plus loin : comment améliorer ces machines ? C'est l'occasion de tester les règles construites précédemment avant de vérifier leur robustesse en les appliquant à d'autres situations (par exemple, la situation utilisée en cycle 3 avec Astérix et Obélix, une recherche sur le fonctionnement des *shadoufs*, etc.).

Il reste ensuite à revenir sur ce qui a été vécu par les stagiaires, à identifier les différentes étapes de la démarche vécue, à mettre en avant les apprentissages technologiques et scientifiques qui peuvent être atteints. Suivant le niveau des stagiaires et les objectifs visés, on peut insister sur l'approche technologique, sur le travail sur les paramètres et l'introduction de la notion de levier, sur l'utilisation des écrits, sur l'analyse des images, sur la démarche en elle-même, sur la mise en œuvre avec des enfants. Par exemple, un retour sur les affiches réalisées par les stagiaires permet de travailler sur la fiche de fabrication et le mode d'emploi puis de son transfert dans une situation de classe : comment organiser ces traces écrites avec les enfants, quels objectifs ?

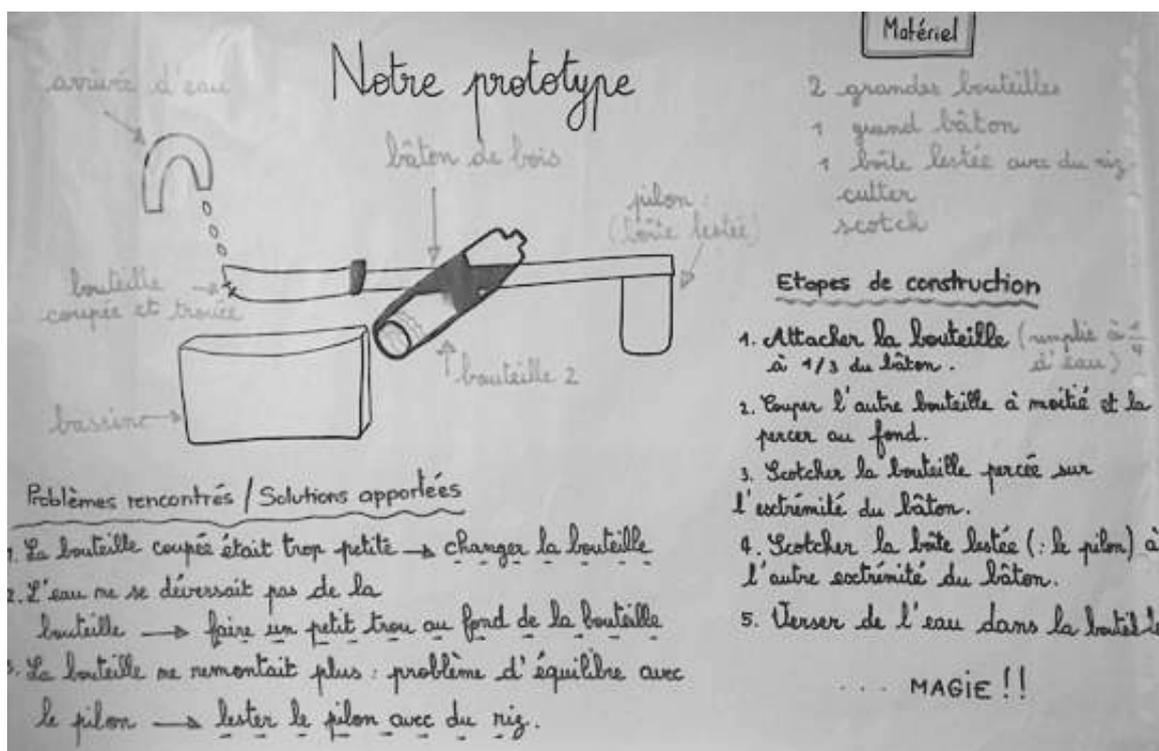


Figure 17 – Affiche réalisée lors de la fabrication de la machine par des stagiaires en formation continue

Le moment où les stagiaires ont présenté leur façon de résoudre les difficultés peut être l'objet d'une exploitation riche : comment transférer ce que l'on comprend des leviers avec une règle, une gomme et deux masses différentes pour améliorer le fonctionnement de la machine ? Comment aider les élèves à faire le lien entre la machine et le travail sur les leviers ?

L'analyse fine des photos fournit également l'occasion d'échanger avec les stagiaires sur les difficultés de lecture qu'elles présentent (absence de machine complète, caillou dans le godet) et la façon de mener ce travail avec des élèves.

La difficulté modérée de l'investigation permet une grande flexibilité : il est possible d'aller plus ou moins loin tant en terme de contenu scientifique qu'en terme de formation à la démarche elle-même.

Dans le cadre d'un stage long, commencer par cette investigation présente un autre intérêt : elle permet une initiation en douceur à la démarche et est propice à la création d'esprit d'équipe. Les stagiaires se prennent en effet très facilement au jeu et la timidité de départ tombe vite quand il s'agit de s'associer pour nouer une ficelle, percer un trou, etc.

Très vite, chacun réalise que tout le monde est dans la « même galère », on regarde les déboires du voisin sans malice, finalement, il y a le plaisir de la réussite pratiquement assuré.

La richesse de cette séquence et son transfert possible dans les classes semblent en faire un outil de formation particulièrement efficace, tant pour une introduction à la démarche d'investigation que dans le cadre d'un travail technologique ou sur les leviers.

Avons-nous fait des sciences ?

Les déroulements présentés ci-dessus mêlent délibérément les dimensions technologique et scientifique. Comment sont-elles perçues par les adultes stagiaires ? Avons-nous fait des sciences ? Poser cette question peut les conduire à formuler leurs critères de scientificité spontanés (Blanquet, 2009a) et les inciter à réfléchir sur ce qu'est la science. Former à la démarche d'investigation, c'est aussi permettre aux stagiaires de mener une réflexion sur ce que c'est qu'enseigner les sciences à l'école et donc sur ce que sont les sciences à l'école.

Les réponses à cette question sont contrastées : ils ont construit une machine et l'ont fait fonctionner, « *ce n'est pas de la science* » pour les stagiaires. Mais en même temps, pour ce faire, ils ont appliqué des principes physiques et « *c'est de la science* ». La notion d'intention entre alors en jeu : suivant le regard porté sur ce qui a été fait et l'accent mis plutôt sur la construction ou sur la formalisation du phénomène de bascule rencontré (qu'il reste à approfondir), les stagiaires estiment ou non avoir « fait des sciences ». Beaucoup associent le fait d'avoir fait des schémas et utilisé des mots « techniques » (comme levier, pivot) à une activité scientifique. Le travail sur la machine, s'il n'apporte pas de réponse immédiate à la question, permet d'entamer la réflexion.

Conclusion

Sans matériel complexe, l'utilisation de cette machine venue d'ailleurs pour travailler en démarche technologique et sur la notion de levier s'avère riche. Exploitable avec une grande diversité de publics, facile à mettre en œuvre, ludique, elle présente les caractéristiques d'un outil d'enseignement et de formation intéressant, le transfert de la situation de formation à la mise en œuvre en classe étant aisément perceptible par les stagiaires. Son utilisation dans le cadre de la formation d'adultes facilite par ailleurs la mise en confiance des participants, confiance nécessaire pour former à la démarche d'investigation. La compréhension du fonctionnement de cette machine peut être également la première étape d'un projet plus vaste de découverte des machines... mais c'est une autre histoire.

Bibliographie

- BLANQUET E. (2010) *Sciences à l'école, côté jardin : un guide pratique*. Éditions du Somnium, Nice.
- BLANQUET E. (2009a) « Trop de traits » : l'évaluation spontanée de la scientificité de schémas d'expérience. In Martinand J.-L., Triquet É. (Éds) *Actes des journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et industriels, JIES XXX*.

- BLANQUET E. (2009b) Questions de sciences. In BELLAGAMBA U., PICHOLLE É., & TRON D. (Éds) *Rudyard Kipling et l'enchantement de la technique. Actes des deuxièmes journées interdisciplinaires sciences & fictions de Peyresq*. Éditions du Somnium, Nice.
- B.O.E.N. (2008) Bulletin officiel du ministère de l'éducation, Vol. 3. France.
- HARLEN W. (2004) *Enseigner les sciences : comment faire ?* (Taking the Plunge, 1985). Le Pommier, Paris.
- I.A.P. (2009) *Teacher Professional Development in Pre-Secondary School Inquiry-Based Science Education (IBSE)*, HARLEN W. & ALLENDE J.E. (Eds) I.A.P., site web <http://www.interacademies.net>
- KIMURA Y., HATA K., LANASPRE C., COULON N. (2005) *Bascule*. Didier Jeunesse, Paris.
- M.E.N. (2002) Ministère de l'éducation nationale. Académie des sciences. *Enseigner les sciences à l'école*. CNDP.
- ROLANDO J.M., SIMONIN G., POMMIER P., NOMBLOT J., LASLAZ J.F., COMBALUZIER S. (2003) *Sciences Guide du maître Cycle 3* associé aux ouvrages : *75 enquêtes pour découvrir le monde* et *Sciences : 64 enquêtes pour comprendre le monde*. Magnard, Paris.
- SALTIEL É. (2007) *Guide méthodologique – La Démarche d'investigation : comment faire en classe*. Disponible sur le site de La Main à la Pâte <http://www.inrp.lamap.fr>
- WACKER S. (2010) *Projets technologiques*. Disponible sur le site de l'IUFM de Montpellier www.montpellier.iufm.fr/technoprimaire/chadouf/sommaire/htm

Annexe 1 – Photos des étapes de montage de la machine par les élèves (Nice, CM2)



Montage 1 – Percer les trous
dans les bouteilles servant
de socle



Montage 2 – Positionner
l'axe



Montage 3 – Choisir la
position du bras de levier



Montages 4 et 5 – Solidariser les tiges de bambou



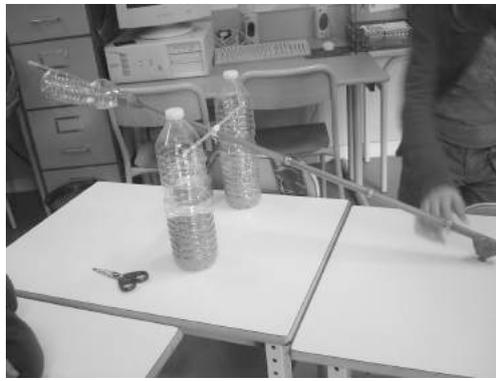
Montages 6 et 7 – Fixer la bouteille / godet



Montage 8 – Vérification du montage



Montage 9 – Fixation du
caillou / pilon



Montage 10 – Machine prête à être testée

Annexe 2 – Photos des essais de la machine par les élèves (Nice, CM2)



Essai 1 à Essai 6 – Essais réalisés sans maintenir le débit de l'eau constant
(Essai 1 à Essai 3 – Eau versée jusqu'au moment où le godet bascule)
(Essai 4 à Essai 6 – Eau versée pendant que le godet s'abaisse)



Essai 7 à Essai 11 – Essais réalisés en maintenant le débit de l'eau aussi constant que possible
(Photos ©Estelle Blanquet 2010)