

MEMOIRE
CONCOURS « SCIENCES EN SCENE »
2006

LES MACHINES AQUATIQUES

PREAMBULE

Le projet sur lequel porte ce mémoire a été réalisé dans le cadre d'un club mis en place au collège MALLARME depuis 1999. Il a été créé dans le but de réaliser des films mettant en scène des expériences de physique chimie et sa principale motivation est d'offrir à un petit groupe d'élèves volontaires la possibilité de faire des sciences d'une manière inhabituelle.

Le thème choisi pour le film a toujours un lien direct avec le programme officiel de collège mais la particularité du club est d'offrir du temps supplémentaire et donc un grand espace de liberté où chacun peut donner libre cours à son imagination.

Il faut noter que ce mémoire ne traite pas d'un projet d'élèves uniquement, les professeurs qui ont encadré ce club ont fourni une part importante du travail. Cela se justifie par l'objectif fixé au départ avec les élèves, à savoir réaliser ensemble un document pédagogique exploitable dans d'autres classes.

Ce choix n'est pas vécu comme une contrainte par les élèves mais au contraire semble les motiver efficacement, ils prennent conscience que leur travail pourra être utile à d'autres. Même si la structure principale du projet a été définie par l'équipe de professeurs, les élèves ont contribué sensiblement à la conception par leurs idées ou leurs critiques. C'est un ensemble de petits détails parfois mais qui influence nettement la perception globale du projet, c'est important de le souligner puisqu'il s'adresse au final à d'autres élèves.

A l'heure où les moyens de divertissement se multiplient et se perfectionnent, il n'est pas simple de motiver les élèves à l'apprentissage des fondamentaux en sciences physiques, même par le biais d'activités expérimentales. Comment lutter alors contre une réputation de discipline difficile d'accès ? Comment donner le goût à la réflexion et à la rigueur ? Comment répondre à une question souvent récurrente chez l'élève : « A quoi ça va me servir tout ça monsieur » ?

Le pari de ce projet est de « mettre en scène » les sciences en essayant de susciter au maximum la curiosité et l'imagination des élèves.

En classe, on peut se rendre compte que de petits détails dans la présentation d'une activité peuvent influencer sensiblement l'implication des élèves, il suffit juste parfois d'envelopper la notion étudiée dans un contexte attractif.

Lorsqu'on éveille leur curiosité au départ, ils acceptent alors plus facilement de faire les efforts nécessaires à la compréhension du phénomène. En effet, quels que soient les moyens utilisés, il faut bien garder à l'esprit que notre but est d'amener les élèves à « accepter de faire des efforts ».

POURQUOI LA VIDEO ?

Puisque l'objectif du club est de mettre en scène des problèmes scientifiques, la vidéo se présente donc naturellement comme un outil créatif particulièrement adapté. Les élèves deviennent alors les acteurs du film.

Le projet décrit dans ce mémoire se présente sous la forme de deux DVD s'articulant chacun autour d'un film d'une dizaine de minutes, le premier s'intitule « *Ca bouge sous l'eau* » et le second « *Le*

défi du capitaine NEMO ». Ils ont été réalisés durant la même année scolaire avec deux équipes d'élèves différentes.

Les deux films ont été structurés de manière à offrir à un enseignant les éléments nécessaires à la mise en place d'activités de recherche avec sa classe. Pour un souci de cohérence, tous les éléments s'enchaînent et les films peuvent donc être visualisés du début à la fin sans interruption mais il est important de souligner que ce n'est pas le but principal recherché.

On invite plutôt l'enseignant à s'appropriier le film, à identifier les notions qu'il souhaite travailler avec sa classe, à réfléchir à une progression et à alterner le visionnage de petites séquences avec d'autres types d'activités (formulation d'hypothèses, recherche de protocoles expérimentaux, réalisation de schémas explicatifs, bilans de forces, etc.).

Pour conclure, ce DVD n'a pas été réalisé dans le but d'imposer une démarche façon « clef en main », plusieurs petites solutions n'ont pas été dévoilées et les personnages l'énoncent clairement dans le film. Le professeur garde donc un rôle déterminant dans l'exploitation de ce support, cette condition est importante car elle aboutira naturellement vers une forme d'interactivité avec la classe.

- **Un support pédagogique**

Les vidéos pédagogiques que l'on trouve habituellement chez les distributeurs spécialisés correspondent souvent à des successions d'expériences filmées. Certaines sont naturellement utiles pour compléter des séances de cours de façon ponctuelle, par exemple lorsque les expériences ne sont pas réalisables en classe ou lorsqu'elles présentent des dangers sérieux. Mais la plupart du temps on constate peu d'originalité dans la présentation, rien n'est réellement prévu dans le support pour susciter des échanges avec la classe.

Pourquoi ne pas exploiter davantage ce fabuleux support qui prend d'ailleurs une place de plus en plus grande dans le quotidien des élèves ?

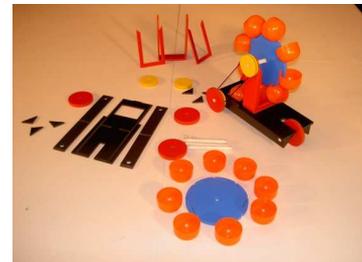
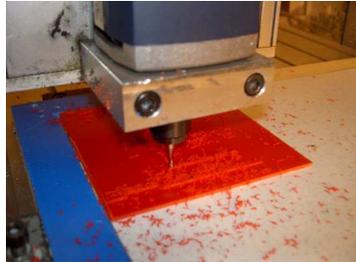
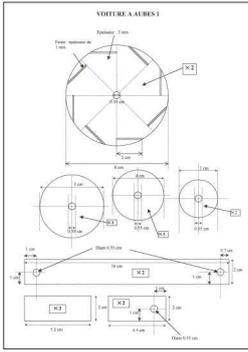
On peut l'utiliser pour mettre en place de nouveaux types d'activités au sein de la classe comme par exemple les démarches d'investigation. Le film prend alors une place beaucoup plus importante dans la construction du cours. Ce n'est plus uniquement l'expérience en elle-même qui est importante, mais aussi toute la mise en scène nécessaire à la présentation du problème scientifique à résoudre. Les élèves sont donc forcément moins passifs par rapport à la vidéo, ils doivent découvrir des éléments d'information pour construire leur raisonnement et atteindre un objectif fixé. De plus, les lecteurs DVD qui équipent maintenant les établissements scolaires offrent une grande souplesse d'utilisation par rapport aux cassettes vidéo. En effet, le professeur peut se rendre très facilement et rapidement vers un point donné du film grâce aux menus et aux chapitres. Une lecture linéaire n'est donc plus systématique, l'enseignant peut enchaîner les séquences en fonction de la progression choisie par ses élèves.

- **Un travail transdisciplinaire**

Réaliser un film nécessite beaucoup de temps et met en jeu de nombreuses compétences parfois très éloignées des sciences physiques : il faut imaginer un scénario, définir des personnages, écrire les dialogues, réfléchir à un découpage des scènes, apprendre à utiliser le matériel et pour les élèves, jouer un personnage devant une caméra. Ce dernier point est loin d'être évident pour eux. Il faut de nombreuses séances pour vaincre une certaine timidité et s'habituer à la présence de la caméra.

En intégrant le club, les élèves sont au départ très étonnés de ce rapprochement avec une création artistique. Ceux qui s'inscrivent d'ailleurs n'ont pas forcément de facilités particulières en sciences. La réalisation d'un film est très souvent un élément déterminant dans leur motivation mais puisque le sujet porte sur un problème scientifique, ils doivent inévitablement chercher à le comprendre pour mieux convaincre à travers leur personnage. Dans ce contexte particulier, les élèves se familiarisent assez facilement avec les notions scientifiques abordées et dans tous les cas développent tous les efforts nécessaires pour y arriver.

Pour les deux films sur lequel porte ce mémoire, le professeur de technologie a joué un rôle extrêmement important. Toutes les machines aquatiques imaginées au départ sur le papier et qui sont au centre des films sont devenues des objets réels grâce à son intervention. C'est un robot piloté par ordinateur qui a permis de découper précisément les pièces qui les constituent. Le projet n'a pu donc se réaliser que grâce à une collaboration très forte entre les deux disciplines.



- **Un outil de communication**

De façon générale, si un projet atteint sa phase finale on cherche à le valoriser le plus possible, par exemple en le présentant au cours de manifestations publiques. Cela est particulièrement vrai en ce qui concerne un film, toute une année de travail est résumée en quelques minutes sur un DVD. On n'a aucune envie de le voir terminer au fond d'une armoire. L'intérêt particulier de ce support est qu'il permet une diffusion facile dans des contextes très différents. C'est une sensation très agréable pour tous les acteurs du projet d'organiser une projection et d'observer les réactions des spectateurs. Des efforts particuliers doivent être faits dès la conception du film afin de rendre le contenu accessible à un public le plus large possible. En fonction de l'intérêt qu'il suscite, on peut même imaginer une diffusion sur Internet avec le développement très rapide des lignes à très haut débit (si toutes les précautions nécessaires ont été prises en rapport avec le droit à l'image). Le projet peut donc avoir une vie autonome qui échappe à ses auteurs et dans notre univers de communication, c'est un aspect qui touche particulièrement les élèves.

Les deux films « *ca bouge sous l'eau* » et « *le défi du capitaine NEMO* » ont été présentés dans différentes manifestations scientifiques : fête de la science, exposcience départementale et aussi lors d'un concours académique de vidéo scolaire organisé par l'union des professeurs de physique et de chimie. Nous avons également eu la chance d'être invités lors de la finale des olympiades de physique 2005 pour une projection publique au musée des arts et métiers de Paris.

CHOIX DU SUJET

Certaines parties de programme sont plus délicates que d'autres à aborder en classe, cela dépend en particulier des activités expérimentales que l'on peut y intégrer. Par exemple au collège, on constate que l'étude des forces motive peu les élèves en général. Les expériences que l'on propose se limitent souvent à l'utilisation d'un dynamomètre. De plus, un long travail préparatoire est nécessaire pour apprendre à définir les systèmes et modéliser correctement les forces. Le type de support choisi pour les activités est donc déterminant si on veut motiver les élèves dans leur travail.

Nous avons choisi ce thème pour notre projet car l'utilisation d'une vidéo permet d'imaginer de nouvelles pistes de travail, ainsi on peut mettre en scène le mouvement étudié, l'histoire ou le contexte choisi permet alors de susciter davantage la curiosité de l'élève.

Dans nos deux films, nous décrivons le fonctionnement de machines aquatiques qui se déplacent sous l'eau avec pour seul moyen de propulsion un gaz produit par des cachets effervescents. Il s'agit donc essentiellement d'établir un bilan simplifié des forces afin de comprendre l'influence de chacune dans le mouvement. Deux forces principales sont mises en jeu : le poids et la poussée d'Archimède.

Il faut noter que la poussée d'Archimède n'apparaît pas dans les programmes officiels mais un bref rappel théorique est proposé dans le film. Sans forcément aborder tous les détails sur les caractéristiques de cette force, quelques notions générales suffisent à comprendre son rôle dans les mouvements des machines.

Au-delà de la nature des forces, c'est le choix d'un système et la rigueur dans la réalisation des bilans qui permet de comprendre qu'un déséquilibre est à l'origine du mouvement.

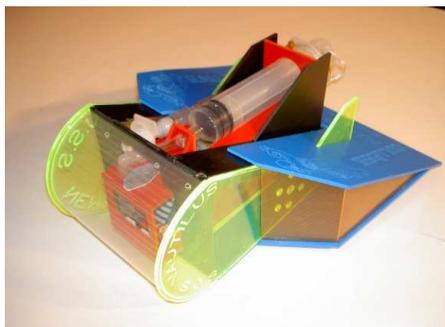
Dans ce domaine, la vidéo offre un avantage très important car elle permet d'intégrer de petites animations. En décomposant les différentes phases du mouvement, elles rendent accessibles certaines notions même si elles dépassent le cadre strict du programme de collège.

La principale motivation de ce projet reste avant tout de susciter la curiosité des élèves, de les inciter à utiliser des outils fondamentaux de la mécanique et ainsi mettre en pratique leurs connaissances pour expliquer des phénomènes.

La curiosité et l'imagination sont sans aucun doute des éléments indispensables pour apprécier les sciences. C'est dans ce domaine qu'il faut travailler avec les élèves pour les motiver à poursuivre leurs études dans des filières scientifiques. L'idée de concevoir des machines utilisant des cachets effervescents pour se déplacer sous l'eau a été choisie dans cette optique là.

Toutes les machines présentées dans le film sont des créations originales, elles ont été inventées grâce à une réflexion théorique minutieuse s'appuyant sur les caractéristiques des forces, certaines s'inspirent d'idées échangées au sein du club avec les élèves. Les voir prendre forme dans l'atelier de technologie et observer leur fonctionnement a été une expérience très passionnante. Il existe sans aucun doute bien d'autres solutions

pour créer des mouvements sous l'eau, on peut donc prévoir un développement possible en proposant aux élèves d'imaginer de nouveaux concepts, de réaliser les schémas et pourquoi pas, terminer par une réalisation technique. Ce genre de développement nécessite évidemment du temps et s'inscrirait plus dans le cadre d'un atelier scientifique ou d'une activité de type projet au lycée (général ou professionnel).



En observant les programmes officiels en sciences physiques pour le second degré, on se rend compte que l'étude des forces et des mouvements se retrouve à plusieurs niveaux : troisième, seconde, première et terminale. Le choix de ce thème pour le projet permet d'espérer une exploitation au-delà du cadre du collège, avec bien sûr des degrés de difficultés adaptés. Par exemple, le choix d'un système d'étude est parfois délicat pour expliquer simplement le fonctionnement de certaines machines, c'est lui qui détermine le bilan des forces. Ce problème peut-être traité au niveau lycée en s'appuyant sur les situations très concrètes proposées dans les deux films.

Pour résumer, il y a différents degrés de lecture des notions scientifiques abordées dans les deux vidéos, c'est donc au professeur d'adapter leur exploitation en fonction du niveau de ses élèves.

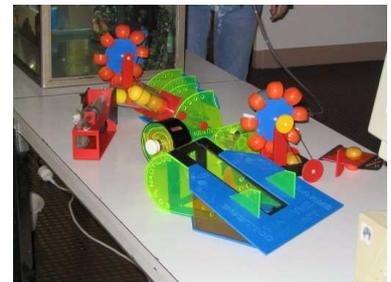
A titre indicatif, voici quelques éléments tirés des programmes officiels ayant un lien possible avec le projet :

Niveau	Contenus-notions	Compétences
Troisième	<ul style="list-style-type: none"> - Modélisation d'actions par des forces - Equilibre et non équilibre d'un objet soumis à deux forces colinéaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier l'objet d'étude sur lequel s'exerce l'action - Distinguer les différents effets de l'action - Etre capable d'utiliser la condition d'équilibre d'un objet soumis à deux forces

Seconde	- Effets d'une force sur le mouvement d'un corps. Rôle de la masse du corps - La pesanteur résulte de l'attraction terrestre	- Prévoir qualitativement comment est modifié le mouvement d'un projectile lorsqu'on modifie la direction du lancement ou la valeur de la vitesse initiale
Première	- Actions exercées sur un solide, exemples d'effets produits (maintien en équilibre, mise en mouvement de translation, mise en mouvement de rotation, déformations)	- Identifier et représenter les actions qui s'exercent sur un solide. Prévoir dans des cas simples la possibilité de mise en rotation d'un solide autour d'un axe fixe - Analyser un exemple où une force de frottement sert à la propulsion
Terminale	- Application de la deuxième loi de Newton à un mouvement en chute verticale : forces appliquées au solide (poids, poussée d'Archimède, force de frottement fluide)	- Choisir un système, choisir les repères d'espace et de temps - Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées au système. - Définir un champ de pesanteur uniforme - Connaître les caractéristiques de la poussée d'Archimède

FORME DE PRESENTATION CHOISIE POUR LE CONCOURS

Lors de précédentes participations à des manifestations publiques, nous nous sommes rendu compte qu'une vidéo seule n'est pas adaptée pour captiver l'attention d'un public « de passage ». Pour la fête de la science 2004, nous avons donc choisi de faire fonctionner directement les machines en aquarium devant le public et d'utiliser les films pour expliquer leur fonctionnement.



Ce mode de présentation a rencontré un vif succès et nous aimerions le reprendre pour le concours « Science en scène ». Des panneaux comportant de nombreuses photos et des schémas explicatifs seront prévus pour la décoration du stand.

STRUCTURE DES DVD

Le menu principal

Lorsqu'on introduit l'un ou l'autre des DVD dans un ordinateur ou un lecteur de salon, un menu apparaît permettant de choisir trois options différentes :

1 Visionner le film dans sa totalité

2 Visionner seulement de petites séquences du film :

En choisissant cette fonction, on accède à un sous menu qui permet de choisir une séquence déterminée. Ce sous menu est constitué de deux écrans et on passe de l'un à l'autre en cliquant sur les flèches en bas de la page.

Le découpage du film a été réalisé en fonction de la nature des informations apportées : rappels théoriques, présentation des machines, schémas explicatifs et animations, démonstrations en aquarium, etc.

A la fin de chaque séquence, on revient automatiquement au sous menu.

Pour faciliter les recherches, les boutons de sélection sont classés par colonnes. Ils se rapportent à un même thème identifiable en haut de la colonne par une image miniature extraite du film.

Par exemple, dans **Ca bouge sous l'eau**, à chaque machine correspond une colonne avec un accès possible à une description, une démonstration ou un bilan des forces.

Ce sous menu permet donc à l'enseignant de revenir rapidement sur des parties précises du film en fonction de sa démarche et de la progression de ses élèves. Il peut par exemple utiliser une image de la machine en mouvement pour appuyer ses explications ou accéder directement à un schéma présentant le bilan des forces. De cette manière, l'exploitation de la vidéo n'est plus linéaire, les menus interactifs permettent d'accéder directement en image aux informations nécessaires.

A partir du sous menu, il est possible de revenir au menu principal en cliquant sur le bouton correspondant en bas de l'écran.

3 La galerie de photos.

Afin de mettre en valeur tout un aspect du projet qui n'est pas directement visible dans le film, une trentaine de photographies ont été ajoutées au DVD.

On peut découvrir notamment toutes les étapes de la construction des machines, avec les plans, les pièces détachées et le matériel utilisé pour la découpe des matières plastiques. Ces images mettent en évidence la remarquable implication du professeur de technologie dans le projet.

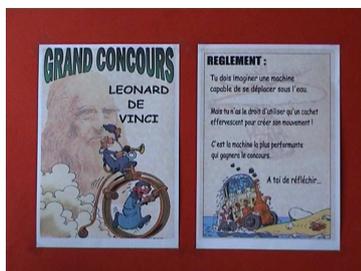
On trouve également des extraits du storyboard ainsi que des photos d'élèves du club avec les machines ou au cours du tournage.

DESCRIPTION DES FILMS

Comme il a été précisé au début de ce mémoire, le choix de lier les sciences physiques avec la réalisation d'un film est motivé par une volonté de mettre en scène les notions étudiées en classe. Après avoir créé les machines, il a donc fallu imaginer une histoire pour tisser des liens entre elles et donner envie de comprendre leur mode de fonctionnement.

1 - Ca bouge sous l'eau

Le scénario



La trame du film s'appuie sur un concours organisé pour les élèves du collège et inspiré par le fameux Léonard de Vinci. Les participants doivent inventer une machine capable de se déplacer sous l'eau mais utilisant uniquement le gaz libéré par un cachet effervescent comme source d'énergie. Le défi étant lancé, chacun doit ensuite expérimenter pour trouver la machine la plus rapide et la plus efficace s'il veut remporter le concours.

Le personnage de Léonard de Vinci a été retenu pour ce film en raison de ses inventions qui sont restées extrêmement célèbres, il évoque à lui seul un symbole en terme d'imagination.

Dans l'introduction du film, on invite donc les élèves à se placer dans le rôle d'un « inventeur » qui exploite ses connaissances théoriques pour réussir le défi.

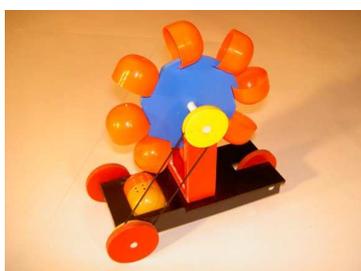
Ensuite, un bref rappel théorique est proposé qui présente les caractéristiques essentielles de la poussée d'Archimède et du poids, ce sont les principales forces qui interviennent dans le fonctionnement des machines présentées dans la suite du film.

Il paraît évident que ce court passage sera insuffisant si on veut que les élèves assimilent correctement les notions abordées. Cependant, le professeur pourra s'appuyer sur cette séquence pour mettre en place une discussion au sein de sa classe, évaluer les niveaux de connaissance et éventuellement compléter avec d'autres exemples ou d'autres activités. Ce point est important, le professeur ne doit pas trop entrer dans les détails qui peuvent être largement hors programme mais il doit vérifier que les élèves possèdent suffisamment d'éléments pour comprendre les bilans des forces rencontrés plus loin.

Le film se poursuit par la présentation des machines, elles sont au nombre de cinq et elles possèdent toutes un mode différent de déplacement. La plupart du temps, ce sont des capsules en plastique d'œufs surprises qui ont été utilisées pour emprisonner le gaz produit par les cachets effervescents.

Les commentaires qui suivent sur les machines n'expliquent pas tous les détails de leur fonctionnement mais complètent celles que l'on découvre sur le DVD :

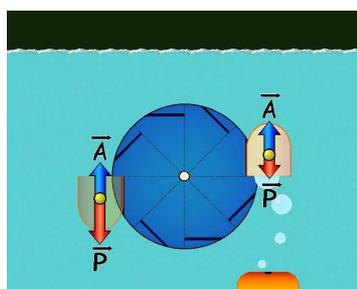
La machine à godets



Le dispositif utilisé est simple, on récupère le gaz dans des godets qui entraînent le mouvement de la roue. Il est plus habituel de voir de l'eau pour entraîner la roue, le mouvement du liquide se fait donc de haut en bas. Ici c'est l'inverse, le gaz ayant une densité beaucoup plus faible que l'eau il cherche à remonter à la surface, il possède donc une forme d'énergie potentielle qui permet à la machine de se déplacer sous l'eau.

Quelques élèves d'ailleurs avaient imaginé un dispositif basé sur le même principe.

En ce qui concerne l'explication du mouvement, c'est un peu plus délicat à cause de la rotation autour de l'axe et du nombre important de godets. Dans le film, il a été choisi d'utiliser la symétrie et de réduire le système à un diamètre de la roue portant deux godets opposés. Pour que le bilan des forces soit plus simple on a choisi un système ayant un volume constant, ainsi la poussée d'Archimède qui s'y applique reste identique au cours du mouvement. Donc le système simplifié comprend les godets avec leur contenu, il est évolutif au cours du mouvement car l'eau est



remplacée par le gaz. Grâce à ce choix, c'est le poids qui varie est donc le bilan est plus abordable pour les élèves. En effet, cela évite d'entrer trop dans les détails au sujet de la poussée d'Archimède qui n'est pas au programme du collège.

Si le niveau de connaissance du public le permet, pour des élèves de terminale par exemple, on peut souligner l'importance du choix du système, une force peut varier dans un cas et restée constante dans un autre. Il faut donc veiller à garder toujours le même système si on veut une interprétation exacte.

Le canon aquatique



C'est sans aucun doute la machine dont le fonctionnement est le plus simple à comprendre, il s'agit de créer une explosion en enfermant un cachet effervescent dans un œuf surprise fermé hermétiquement. Bien sûr, il faut prendre soin d'introduire de l'eau en même temps que le cachet. Suite à la réaction chimique, le dioxyde de carbone se forme et augmente fortement la pression qui provoque l'ouverture de l'œuf. On peut donc utiliser l'énergie libérée en un bref instant pour propulser un projectile à l'extérieur du canon.

Cette machine intéresse particulièrement les élèves, d'ailleurs ils font souvent remarquer qu'elle fonctionnerait mieux à l'air libre car l'eau freine le déplacement du projectile. Techniquement, il est vrai que le projectile doit être lesté suffisamment pour ne pas trop subir les forces de frottement lors de sa brusque expulsion.

Une tige escamotable permet de régler la hauteur du canon et donc la direction de la vitesse initiale du projectile. Pour un niveau lycée, il pourrait être intéressant de comparer le mouvement de chute d'un corps avec vitesse initiale dans l'air et dans l'eau, cela permettrait de mettre en évidence l'influence des forces de frottement sur la nature du mouvement.

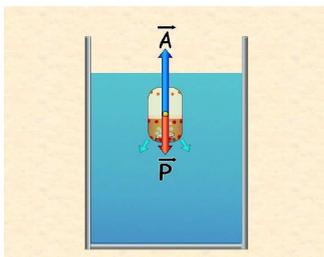
Le yoyo aquatique



La découverte du principe de fonctionnement de cette machine est due à un hasard, après avoir percé des trous sur la couronne supérieure et inférieure d'un œuf surprise en plastique, nous avons enfermé un cachet et un poids à l'intérieur de manière à ce que l'ensemble libère des bulles de gaz une fois plongé sous l'eau. A notre grande surprise, l'œuf n'a pas libéré immédiatement le gaz mais il est d'abord remonté à la surface puis s'est mis à redescendre avec un mouvement répétitif. Nous venons donc d'élaborer un système mécanique instable sans le vouloir. Ce fût très passionnant d'ailleurs de chercher des explications à ce phénomène. Pour que le système fonctionne, plusieurs paramètres doivent être réunis :

La masse marquée introduite dans l'œuf (10g dans notre cas) doit juste permettre au poids d'avoir une valeur voisine de la poussée d'Archimède. Si la masse est trop grande, l'œuf reste au fond de l'eau en permanence ou si elle est trop faible, il reste en surface.

Les trous percés dans la partie supérieure de l'œuf ne doivent être trop gros sinon le gaz s'échappe de l'œuf sous l'eau. Il semblerait que ce soit la tension superficielle de l'eau au niveau de chaque trou qui empêche le gaz de s'échapper, elle devient insuffisante si la surface de séparation entre l'eau et le gaz devient trop grande. On remarque aussi que le système fonctionne très mal lorsqu'on dissout des substances dans l'eau.



On constate également que l'œuf se libère de son gaz le plus souvent lorsque les trous dépassent la surface, il n'existe plus de séparation gaz-eau et donc plus de tension superficielle.

Un bilan des forces est proposé dans le film sous forme d'animation pour expliquer le mouvement de l'œuf, il fait toujours intervenir le poids et la poussée d'Archimède.



Puisque le concours du scénario impose de faire avancer une machine, il a fallu ajouter une aile inclinée autour de l'œuf pour faire agir les forces de frottement dans l'eau. On utilise ainsi le mouvement vertical du dispositif pour créer une nouvelle force introduisant une composante horizontale. L'aile est double de manière à ce que l'effet du mouvement descendant n'annule pas l'effet du mouvement ascendant.

Dans le film, l'explication du rôle de l'aile est volontairement très succincte. Elle s'appuie essentiellement sur une petite animation où l'on voit apparaître la résultante de l'action de l'eau sur l'aile, perpendiculaire à la surface de l'aile. Le professeur pourra, s'il le souhaite, développer cette partie en posant quelques questions ciblées aux élèves.

Le rouleau à gaz



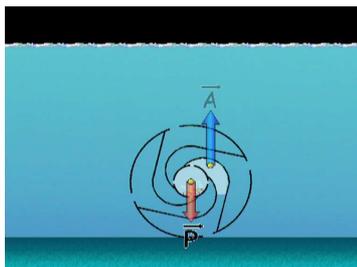
C'est sans doute la machine la plus délicate à étudier. La forme particulière des ailettes qui constituent le corps principal de la machine permet de décaler le point d'application de la force exercée par le gaz par rapport au centre d'inertie. Le déséquilibre ainsi créé est donc maintenu pendant la rotation de la machine.

En ce qui concerne le bilan des forces, il a été choisi un système différent des autres machines. Ici, on considère le système comme

étant la structure de la machine sans son contenu, ce qui signifie que la masse et le volume restent identiques au cours du déplacement. Le déséquilibre qui entraîne le mouvement est donc dû à l'apparition d'une nouvelle force exercée par le gaz sur les ailettes. Le gaz enfermé dans le secteur de la machine forme donc un système indépendant (enveloppe de gaz délimitée par l'eau) soumis à la poussée d'Archimède de plus grande intensité que son poids. En cherchant à joindre la surface, il exerce une action sur l'ailette qui entraîne le déséquilibre de la machine (le système qui nous intéresse dans notre étude).

Le système décrit ici est bien entendu difficile à assimiler pour des élèves. Le professeur ne devra donc pas trop entrer dans les détails.

Ce choix peut surprendre, notamment parce qu'il se distingue des autres systèmes. Dans la machine à godets, la variation de masse est localisée à la périphérie de la roue dans les capsules d'œufs. En comparant avec une balance, on comprend pourquoi cela entraîne le mouvement. Pour ce qui concerne le rouleau à gaz, la variation de masse se situerait à l'intérieur du rouleau à la manière d'un solide plein de masse non uniforme. Le lien avec le mouvement est donc moins évident.



Si les élèves se sentent plus à l'aise avec un autre système pour comprendre le fonctionnement, le professeur peut très bien faire le bilan des forces dans ce système et en profiter pour indiquer aux élèves que plusieurs chemins d'étude sont possibles mais qu'ils mènent tous bien entendu au même résultat. Le plus important est de garder toujours le même système lorsqu'on fait le bilan des forces qui agissent sur lui.

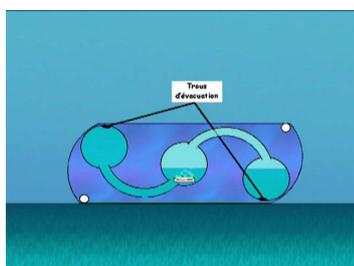
Le traîne bulles

Nous avons choisi volontairement de ne pas présenter un bilan des forces comme pour les autres machines car nous voulions qu'elle soit le point de départ d'une activité de recherche au sein d'une classe. Il suffit pour cela de s'inspirer du travail réalisé sur les autres machines.



Celle-ci ne présente pas de difficultés particulières pour établir un bilan des forces mais elle a demandé beaucoup de réflexion et de nombreux essais avant de trouver sa forme définitive.

Cette machine bascule sur le fond de l'eau toujours dans le même sens, pourtant elle ne possède que deux réservoirs secondaires à ses extrémités. Il a donc fallu situer le centre d'inertie de telle sorte qu'il soit décalé vers la gauche ou vers la droite (placement de masses marquées) lorsque la machine est levée en position verticale (réservoir supérieur rempli de gaz).

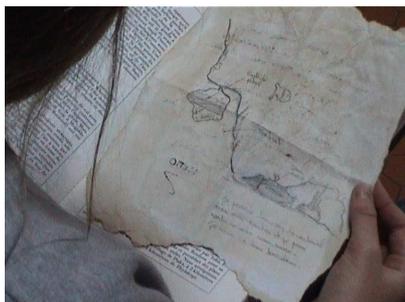


La notion d'équilibre est au programme de troisième, le professeur peut avantageusement faire un arrêt sur image dans le film où on voit la machine levée et illustrer le fait que pour prolonger le mouvement il doit y avoir un déséquilibre, dans ce cas les deux forces en jeu n'ont pas la même direction, ce qui provoque le basculement.

La présence des petits tubes reliant le réservoir principal et les réservoirs secondaires peut être aussi le sujet d'une réflexion avec les élèves. Ils sont placés précisément sur le réservoir principal de manière à obliger le gaz produit par le cachet à s'introduire uniquement dans le réservoir secondaire qui nous intéresse.

2 - Le déficit du capitaine NEMO

Le scénario



Un professeur utilise un célèbre roman de Jules VERNE pour piquer la curiosité de ses élèves, il introduit un faux S.O.S. dans le roman pour leur lancer un défi : Le capitaine NEMO est en panne d'essence au fond de la mer et il doit trouver le moyen d'emmener son sous-marin jusqu'à un puits de pétrole plusieurs mètres plus haut. Pour atteindre son objectif il peut utiliser tout le matériel qu'il entrepose dans ses soutes.

Dans la liste de matériel se trouve une caisse de cachets effervescents ce qui attire bien entendu l'attention des élèves. Il faut donc trouver un dispositif utilisant le gaz libéré par les cachets effervescents.

Dans ce film, la mise en scène prend une place extrêmement importante parce qu'elle donne du sens au problème. Sorti du contexte, le défi devient très artificiel, sans aucun lien avec une situation courante : il s'agit de fabriquer une machine qui monte puis descend tout en se déplaçant vers la gauche et utilisant le gaz libéré par des cachets effervescents pour produire le mouvement.

Le film propose donc de suivre le parcours de quelques élèves dans leur recherche depuis l'émission d'hypothèses jusqu'à l'expérimentation. Ils devront résoudre plusieurs problèmes successifs avant d'atteindre l'objectif final, c'est à dire une simulation en aquarium à l'aide d'une maquette.

Le premier problème : le principe des ballasts



Le but est donc d'imaginer un dispositif reprenant le principe des ballasts des sous-marins.

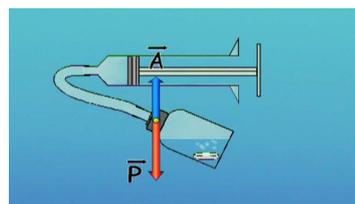
C'est une seringue reliée à une petite bouteille qui a été utilisée, le gaz produit augmente la pression et pousse le piston. Ainsi, on fait varier le volume et donc la quantité d'eau qui se trouve autour du piston (lorsque le dispositif est immergé).

Le principe est simple mais lors de l'expérimentation, il apparaît rapidement un autre problème. Il faut lester correctement le dispositif avant de l'immerger de manière à ce que l'intensité du poids soit voisine de celle de la poussée d'Archimède.

L'objectif du film n'est donc pas de présenter immédiatement les solutions, c'est le chemin suivi pour l'atteindre qui est le point central. Une exploitation possible serait de proposer la même problématique à une classe puis s'appuyer sur les images du film pour apporter des éléments de réponse ou soulever de nouvelles problématiques. Les élèves seraient ainsi beaucoup plus impliqués dans la démarche.

Rappels théoriques

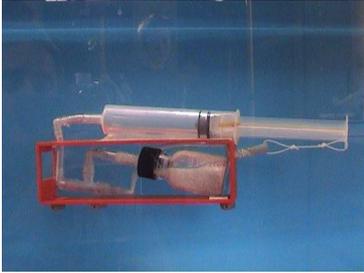
Comme il a été indiqué dans la partie consacrée au premier film, ce rappel sur le poids et la poussée d'Archimède est volontairement très succinct et le professeur devra compléter si besoin les explications avec sa classe avant de poursuivre.



Le bilan des forces relatif au fonctionnement des ballasts est proposé sous forme d'une petite animation, il ne présente pas de difficultés particulières. Le système d'étude est choisi de manière à avoir un volume constant au cours du mouvement (Le dispositif complet intégrant le fluide contenu dans les réservoirs). Lorsque le gaz produit par le cachet pousse la seringue, l'eau qui était autour du piston s'échappe et la masse totale diminue. C'est alors la poussée

d'Archimède qui gagne et le sous-marin monte.

Le deuxième problème

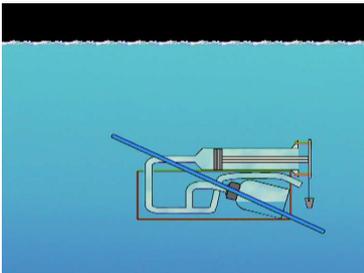


Dans une première étape les élèves devaient réussir à faire monter le sous-marin, mais il doit ensuite se poser à nouveau sur le fond près du puits de pétrole. Il s'agit donc d'améliorer le dispositif de manière à faire sortir le gaz au bout d'un certain temps. L'idée est d'utiliser le mouvement de recul du piston pour tirer un bouchon et libérer une ouverture pour le gaz.

Il faut remarquer ici qu'aucune notion de physique particulière n'est nécessaire, c'est une astuce purement mécanique. Lorsque les élèves s'impliquent bien dans l'histoire, ils réussissent assez souvent

à trouver une solution de ce type.

Le troisième problème

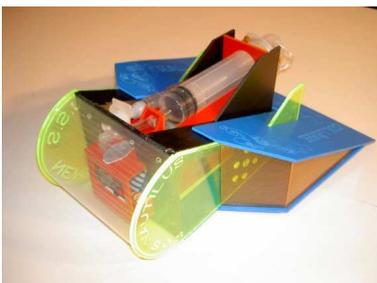


A ce stade de l'histoire, les élèves ont réussi à faire monter et descendre le sous-marin. Ils doivent maintenant trouver un moyen de le faire avancer jusqu'au niveau du puits de pétrole.

L'idée proposée est d'utiliser une grande aile sous-marine qui s'appuierait sur l'eau et engendrerait de nouvelles forces au cours de la montée ou de la descente du sous-marin. Il suffit de trouver une bonne orientation de l'aile pour le faire déplacer dans la direction souhaitée. Un bilan des forces sous la forme d'une petite animation et ensuite proposé.

Il faut savoir que la réaction de l'eau s'exerce suivant une direction perpendiculaire à la surface de l'aile, malheureusement cette notion n'est pas au programme du collège. Pour qu'elle soit plus facilement assimilée, l'animation fait apparaître dans un premier temps plusieurs petites forces qui en s'ajoutant forme la résultante. C'est ensuite la construction de la somme des forces qui permet de comprendre l'influence de la résistance de l'eau sur le mouvement. Même si les notions en jeu dépassent largement le programme de collège, l'animation permet à l'élève de saisir assez facilement le principe.

Lorsque le rôle de l'aile sous-marine est assimilé, le professeur peut compléter l'étude en posant quelques questions complémentaires. On peut demander aux élèves par exemple de prévoir les modifications du mouvement si on incline plus ou moins l'aile.



Dans la suite du film, on présente la maquette finale comportant une double aile avec une face incurvée devant. Nous avons choisi de passer volontairement sur les explications de manière à laisser la place à une réflexion au sein de la classe et à des échanges argumentés, animés par le professeur. Il faut se rappeler que l'objectif de ce projet n'est pas de fournir un outil pédagogique clef en main, le professeur qui souhaite l'utiliser dans sa classe doit s'approprié le support, il peut bien entendu s'appuyer sur les questions non traitées dans le film pour mettre en activité sa classe.

L'aile inférieure inclinée dans l'autre sens permet d'éviter que l'action de l'eau lors de la descente du sous-marin annule celle de la montée, sans elle le sous-marin revient à sa position de départ. La face incurvée devant permet d'éviter au maximum la résistance de l'eau lors de son avancée.

La simulation



Cette séquence est l'aboutissement de toute la démarche menée par les élèves, on voit la machine effectuer le mouvement souhaité en complète autonomie. Il faut rappeler que seule la production de dioxyde de carbone par le cachet effervescent est à l'origine de tout le mouvement. C'est donc une bonne connaissance des phénomènes physiques en jeu qui a permis de concevoir la machine et de prévoir sa trajectoire. Bien entendu, pour exploiter complètement l'idée de mise en scène du problème

initiale, le fond de l'aquarium et la machine ont été agrémentés de détails qui rappellent l'histoire du capitaine NEMO en panne avec son sous-marin au fond de l'océan. Cependant, il est très important de noter qu'au-delà de cette mise en scène qui prend une place importante dans ce projet, l'objectif principal pour les élèves doit rester une meilleure connaissance des phénomènes physiques concernés. En fin de séance, le professeur prendra donc soin de consacrer du temps à isoler les nouvelles compétences de leur contexte, en particulier si une trace écrite dans le cours est rédigée avec les élèves.

Le dernier problème

Ce problème n'a pas de rapport direct avec le défi soulevé par le capitaine, il s'agit de trouver une solution pour faire entrer l'eau dans les réservoirs de la maquette et produire le dégagement de dioxyde de carbone. A l'échelle réelle, le capitaine NEMO le déclencherait lui-même puisqu'il se trouve à l'intérieur du sous-marin. Dans cette reconstitution miniature, si on introduit l'eau dans la bouteille dès le départ, le système se remplit rapidement de gaz et ne coule plus au fond de l'aquarium.

Nous avons décidé volontairement de ne pas dévoiler la solution dans le film, ainsi nous laissons une autre piste de travail possible pour l'enseignant qui souhaite mettre ses élèves en activité. Encore une fois, pour trouver la solution il suffit d'exploiter ses connaissances élémentaires en physique sur la pression. Pour que l'eau entre dans le réservoir en quantité suffisante, il faut que la pression à l'intérieur soit beaucoup plus faible que celle exercée par l'eau autour du sous-marin. Pour cela, il suffit de créer un vide partiel dans le réservoir en utilisant une seringue (on la raccorde au dispositif puis on retire l'air qui s'y trouve). Cette opération doit être faite hors de l'aquarium, bien sûr il ne faut pas oublier ensuite de refermer le dispositif à l'aide d'un robinet d'arrêt. Si on ouvre le robinet sous l'eau, l'eau va entrer dans le réservoir pour équilibrer les pressions, c'est alors qu'elle rencontre les cachets effervescents. Dans le film, on voit un élève utiliser une tige pour ouvrir puis refermer le robinet au fond de l'aquarium (si on ne referme pas, le gaz produit par les cachets s'échappe du dispositif et aucun mouvement ne se produit).



EXPLOITATIONS POSSIBLES EN CLASSE

L'objet de cette partie est de donner un exemple possible d'utilisation des DVD en classe, mais chaque enseignant pourra bien entendu choisir d'autres orientations possibles en fonction de ses objectifs et de son public.

Une exploitation de type linéaire :

L'histoire proposée dans le défi du capitaine NEMO se prête sans doute plus à ce cas de figure. En effet il s'agit de résoudre plusieurs problèmes liés les uns aux autres donc une progression apparaît naturellement. La possibilité d'accéder directement à une séquence restera cependant utile, on pourra par exemple revenir sur un passage déjà visionné et s'appuyer sur certaines images pour illustrer une explication.

Tout d'abord, il faut identifier les pré-requis nécessaires pour l'étude des mouvements. Les élèves doivent savoir modéliser des actions par des forces, connaître les conditions d'équilibre pour un corps soumis à deux forces, connaître les caractéristiques du poids. Ils doivent savoir également identifier l'objet d'étude sur lequel s'exerce l'action.

L'objectif du DVD est donc proposer des situations concrètes et ludiques afin de motiver les élèves à exploiter leurs nouvelles connaissances.

Une fois les connaissances théoriques acquises, on lance la lecture du DVD et on laisse les élèves découvrir le problème à travers la mise en scène du film. Ensuite on interrompt la lecture et on demande à la classe de reformuler le problème, ils doivent pouvoir énoncer clairement les objectifs à atteindre.

Avant d'aller plus loin et de découvrir la piste choisie dans le film, le professeur peut énoncer la liste de matériel présent dans les sous-marins et demander aux élèves de proposer leur propre solution. Bien

sûr, il ne sera pas possible de tester expérimentalement les propositions, un tel développement exigerait beaucoup trop de temps et de matériel. Cependant les propositions peuvent être discutées au sein de la classe et des arguments logiques permettront sans aucun doute d'éliminer quelques hypothèses. Cette consultation aura le mérite d'impliquer davantage les élèves dans l'histoire.

On reprend ensuite la lecture du film pour l'arrêter dès qu'une situation sera jugée utile par le professeur pour mettre en activité sa classe ou pour ajouter des commentaires.

Par exemple, il sera certainement nécessaire de s'arrêter sur l'animation expliquant le principe des ballasts. On demandera aux élèves d'identifier précisément le système d'étude choisi dans le film et de justifier pourquoi il y a variation de masse mais pas de volume. Si nécessaire, on pourra utiliser les chapitres pour revenir sur les schémas proposés dans les rappels théoriques sur le poids et la poussée d'Archimède.

A plusieurs reprises dans le film on énonce un nouveau problème, on pourra bien entendu le soumettre aux élèves avant de faire découvrir la solution dans la vidéo.

Pour résumer, dans ce genre d'exploitation on utilise la progression du film pour structurer l'activité. Il existe deux possibilités, soit on lance la lecture complète du film en effectuant des pauses, soit on utilise les chapitres en sélectionnant les séquences dans l'ordre. L'avantage de cette dernière méthode est de pouvoir répéter plusieurs fois la même séquence si les élèves le souhaitent, de plus à la fin de chaque séquence on revient automatiquement au menu, l'enseignant n'a donc pas à se poser de question pour savoir quand arrêter le film.

Une exploitation non linéaire :

Le film « Ca bouge sous l'eau » s'intègre plus facilement dans ce type d'exploitation car il est constitué finalement d'une succession de 5 petits films correspondant aux 5 machines. On peut donc passer de l'une à l'autre sans ordre particulier.

Voici un exemple possible d'activité :

Il faut tout d'abord identifier tous les pré-requis, on retrouve les mêmes que ceux énoncés plus haut pour l'autre film.

Ensuite on peut envisager de couper l'activité en deux parties :

Séance 1 :

On lance la lecture du DVD et on laisse les élèves découvrir le sujet du film, on l'arrête une fois l'introduction terminée. Dans un deuxième temps on demande aux élèves de reformuler le problème, ils doivent être en mesure d'énoncer clairement l'objectif à atteindre. Ensuite, on lance la lecture des deux séquences concernant le canon aquatique, la présentation et la démonstration en aquarium. Ces scènes constitueront un exemple pour aider les élèves dans la suite de l'activité. On prendra le temps nécessaire de faire des commentaires sur son mode de fonctionnement, on pourra même faire un bilan des forces pour entraîner les élèves (qui n'est pas réalisé dans le film). Le choix de cette machine pour débiter l'activité se justifie par son mode de fonctionnement très simple mais aussi parce qu'elle plaît bien aux élèves à cause de l'explosion qui est à l'origine du mouvement. Ainsi on essaie de motiver au maximum les élèves à s'impliquer dans l'activité.

Ensuite on demande aux élèves de se lancer eux aussi dans le défi et d'imaginer leur propre machine (ce travail peut être fait en groupe pour enrichir les propositions). Des schémas devront être réalisés pour la séance suivante.

Si la classe éprouve des difficultés, on peut présenter une deuxième machine du film en exemple.

Séance 2 :

D'abord, on demande à chaque groupe de présenter son idée à l'aide de schémas. Ensuite on demande à la classe de les commenter, le but étant de trouver des arguments logiques pour essayer de prévoir le comportement de la machine sous l'eau.

Il ne sera pas possible de tester expérimentalement chaque machine car cela demanderait trop de temps et de matériel. Cependant, si un élève tient particulièrement à vérifier ses hypothèses, il peut essayer de réaliser son projet chez lui et l'apporter en classe pour faire une démonstration. Cette phase de recherche préalable est importante car elle motivera plus les élèves à s'impliquer dans la suite de l'activité.

L'exploitation de la suite du DVD se fera en plusieurs étapes :

Etape 1 : Pour chaque machine, on visionne la séquence de présentation. A partir des informations données, les élèves doivent essayer de prévoir son mode de déplacement. On pourra répartir le travail, chaque groupe devant choisir sa machine.

Etape 2 : On interroge chaque groupe pour recueillir les hypothèses puis on visionne les démonstrations en aquarium pour chaque machine. A la fin des séquences, on demande aux élèves d'expliquer le mouvement en indiquant en particulier le trajet effectué par le gaz produit par les cachets.

Etape 3 : elle est consacrée à l'étude de l'œuf qui monte et descend dans l'eau. On visionne la scène correspondante puis on étudie le bilan des forces qui permet de comprendre le mouvement. Le but est de donner un exemple aux élèves pour les aider à trouver eux-mêmes les bilans des forces des autres machines. En effet, le poids et la poussée d'Archimède se retrouvent dans tous les dispositifs étudiés dans le film.

Etape 4 : Elle fait intervenir tout particulièrement les connaissances du cours sur la mécanique. Chaque groupe doit essayer d'établir un bilan des forces après avoir identifié le système d'étude. Si les bilans sont faux ou incomplets, on demandera aux autres élèves d'intervenir et on posera quelques questions bien ciblées pour les guider. On terminera par le visionnage des petites animations qui présentent toutes les explications nécessaires (Sauf pour la dernière machine).

Pour résumer, dans ce type d'activité, on demande aux élèves d'utiliser leurs connaissances pour prévoir puis expliquer le fonctionnement des machines. Les images de la vidéo sont utilisées pour transmettre le problème à étudier puis pour apporter les réponses. Le professeur a un rôle important à jouer dans sa classe pour alterner le film avec les activités de recherche. L'utilisation des chapitres dans ce cas est très utile puisqu'il peut atteindre directement l'information dont les élèves ont besoin.

CONCLUSION

La réalisation d'une petite fiction permet de relier les sciences à une activité de création artistique, elle met en valeur une qualité transversale essentielle : l'imagination. Elle joue un rôle déterminant dans les apprentissages car elle encourage l'élève à découvrir de nouvelles connaissances. Plus que le contenu, c'est souvent la façon de présenter les cours qui a une influence notable sur la réaction des élèves. En cherchant à mettre en scène des notions scientifiques, on encourage ainsi un plus grand nombre d'élèves à entrer dans une démarche volontaire et donc à être plus actif. La vidéo peut alors apporter de nombreuses pistes de travail, il faut choisir un contexte suffisamment original pour susciter leur curiosité et chercher à développer le plus possible d'interactivité. Le film n'est donc qu'un outil, le professeur garde un rôle primordial dans son exploitation. C'est lui qui guide les élèves vers les objectifs pédagogiques, la vidéo a surtout pour rôle essentiel de mettre en scène le problème de départ. Elle ne doit pas forcément contenir toutes les solutions car il faut chercher le plus possible à mettre la classe en activité. En fin de séance, le professeur devra nécessairement extraire les nouvelles connaissances de leur contexte.