

---

## **DES SITUATIONS-PROBLEMES POUR DEVELOPPER DES COMPETENCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES**

---

Jean-Michel ROLANDO  
Professeur de Sciences Physiques  
Centre IUFM de Bonneville

Nous présentons ici un travail concernant la découverte et la compréhension du rôle des engrenages par des élèves de la fin de l'école primaire (CM1 ou CM2). Les instructions officielles prévoient en effet au cycle 3 une partie intitulée «transmission et transformation du mouvement». En amont des programmes, demandons-nous en premier lieu s'il est utile et intéressant d'aborder ce sujet avec des élèves d'âge primaire. De nombreux adultes, au demeurant cultivés, ne s'en sont sans doute jamais préoccupés. Nul doute qu'on peut très bien réussir de brillantes études sans connaître le rôle des engrenages. Alors pourquoi vouloir l'aborder avec des élèves aussi jeunes ?

C'est en fait le problème général de la finalité de l'enseignement scientifique et technique à l'école primaire que nous poserons dans le premier paragraphe.

Nous nous pencherons dans le second paragraphe sur le problème particulier de la transmission du mouvement par des engrenages en cherchant à comprendre l'importance de ce système technique.

Le troisième paragraphe sera consacré à l'exposé d'une proposition que nous avons testée en plusieurs circonstances dans différentes classes primaires de notre département.

Nous en arriverons, dans le quatrième paragraphe, à quelques considérations théoriques relatives à la didactique des disciplines scientifiques et technologiques. Nous avons relégué cette partie en fin d'article de manière à ce qu'elle s'appuie sur l'exemple concret présenté préalablement.

### **I - DES ACTIVITES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES : QUELLES FINALITES ?**

Le rôle de l'école est de contribuer à donner à l'élève un début de culture équilibrée, incluant une éducation scientifique et technique au même titre que l'éducation physique, artistique, littéraire, etc... La finalité, on s'en doute bien, n'est pas de commencer à remplir la tête de ces jeunes élèves de contenus qu'ils auront tôt fait d'oublier. L'enjeu se situe ailleurs. Devant l'ensemble gigantesque et complexe des informations qu'il reçoit, l'enfant doit (seul ou à l'aide des différents partenaires

de son éducation) construire les outils intellectuels et méthodologiques qui lui permettent non de les juxtaposer (faute de quoi elles resteraient volatiles), mais de les intégrer en les hiérarchisant et en les mettant en cohérence. Dans cet esprit, deux pistes semblent devoir être poursuivies.

### **A - DES SAVOIRS INTEGRATEURS**

Certains savoirs jouent un rôle particulier. Qualifiés « d'intégrateurs » par les didacticiens (Giordan, De Vecchi, 1987), ils constituent en quelque sorte le « ciment intellectuel » qui permet l'intégration d'une nouvelle information, donc l'enrichissement du système cognitif. De tels savoirs sont en petit nombre. Ils permettent de penser les objectifs généraux de l'enseignement scientifique et technique de manière économique, en évitant le piège de la dispersion. Au sommet de la hiérarchie des «savoirs intégrateurs» figurent les «concepts intégrateurs». On peut citer à titre d'exemple, les concepts d'espace, de temps, de vie, de matière, d'énergie,... Identifier le savoir (ou le concept) intégrateur visé par l'étude d'un sujet donné est de la plus haute importance. Un examen rapide des programmes de l'école montre qu'au moins sur la question de la transmission des mouvements, rien n'est dit des savoirs à acquérir. Nous examinerons cette question au paragraphe B.

### **B - DES ATTITUDES CONFIANTES**

Une seconde idée, complémentaire, nous semble tout aussi importante. Il s'agit de contribuer à développer chez l'élève une attitude confiante devant des problèmes d'ordre scientifique ou technique, ce qui pourra l'amener, à terme, à une plus grande autonomie intellectuelle. Mais comment assurer le développement de cette attitude ? Y a-t-il une méthode pour «apprendre à apprendre»? Comment préparer les élèves à se comporter sereinement et efficacement devant une situation scientifique ou technique qui leur pose problème ? Bien que quelques pistes se dégagent, nous devons reconnaître que les acquis actuels, tant en sciences de l'éducation qu'en didactique des disciplines, sont encore assez peu opérationnels. Nous nous en tiendrons pour une fois à une vieille idée qui, à défaut d'avoir fait ses preuves, reste la seule à notre disposition : «c'est en forgeant qu'on devient forgeron». On peut raisonnablement penser que confronter les élèves, dès l'école primaire, à des situations-problèmes, à un âge où l'enthousiasme et le dynamisme ne manquent pas, peut les conduire progressivement à développer leurs capacités à comprendre et à résoudre un problème scientifique ou technique.

## **II - LA TRANSMISSION ET LA TRANSFORMATION DU MOUVEMENT PAR LES ENGRENAGES**

### **A - PRESENTATION DU PROBLEME**

La nécessité de transmettre un mouvement se comprend aisément : la source d'énergie qui correspond à l'origine du mouvement, peut ne pas se trouver à proximité immédiate de l'endroit où doit s'accomplir le travail à effectuer. Il faut par

exemple transmettre le mouvement des pédales d'une bicyclette à ses roues, ou encore de la manivelle d'un treuil à la charge à soulever. Mais il faut aller plus loin et se demander en quoi il y a transformation.

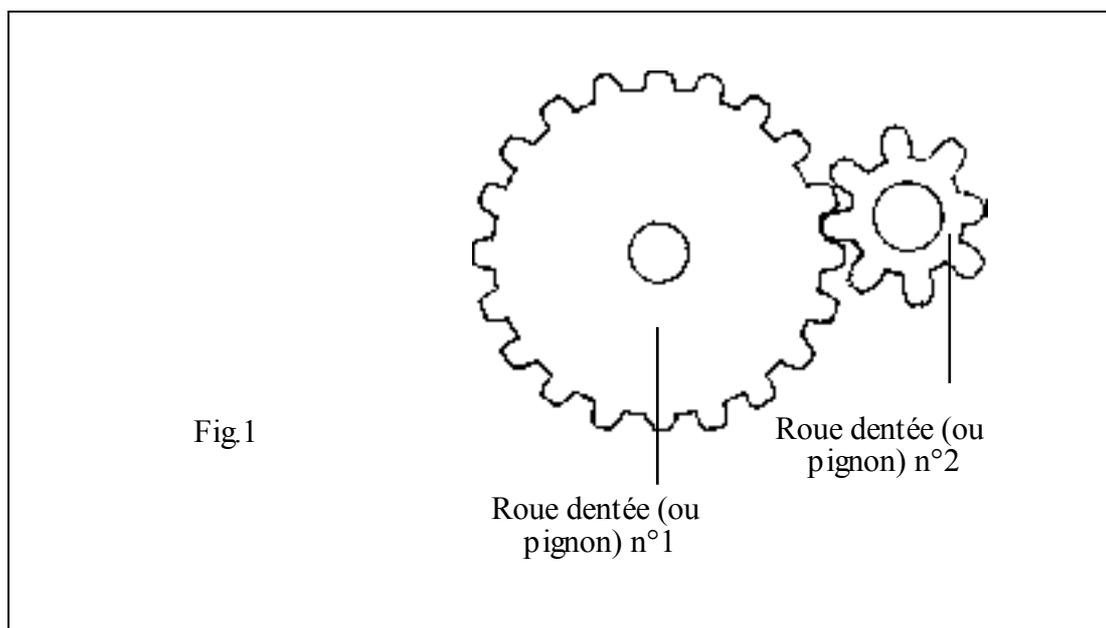
Le dispositif de transmission peut comporter des contraintes d'ordre géométrique qui obligent par exemple à transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation ou encore à modifier le plan d'une rotation. L'opération à effectuer peut nécessiter un système permettant d'augmenter la vitesse. C'est le cas du classique batteur à manivelle destiné à la cuisine ou encore de la fameuse essoreuse à salade. Tout cela est abondamment traité dans la plupart des manuels. Ce n'est ni très difficile, ni, à notre avis, très intéressant.

Curieusement, l'aspect le plus important est souvent absent des manuels scolaires. L'utilité essentielle de la plupart des dispositifs mécaniques, est en effet de développer des forces<sup>1</sup>. C'est ainsi qu'avec un système d'engrenages correctement assemblé, un homme peut soulever une charge bien supérieure à ce qu'il serait capable de faire directement.

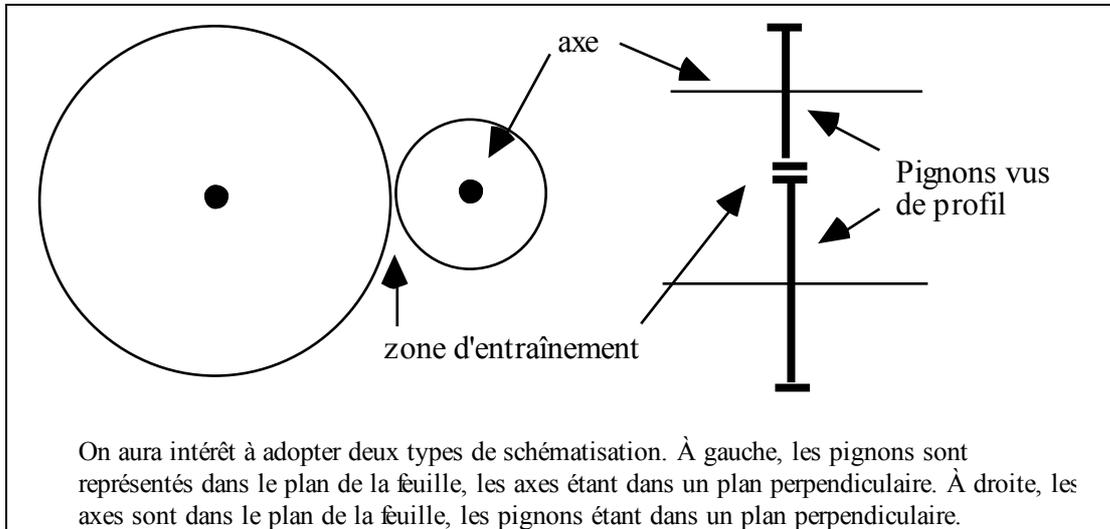
### B - QUEL SAVOIR INTEGRATEUR ?

Ce paragraphe est destiné aux lecteurs non familiarisés avec ce sujet. En plus de son objectif essentiel (identifier le savoir intégrateur), nous ferons une mise au clair sur les notions abordées, la schématisation et le vocabulaire utilisés.

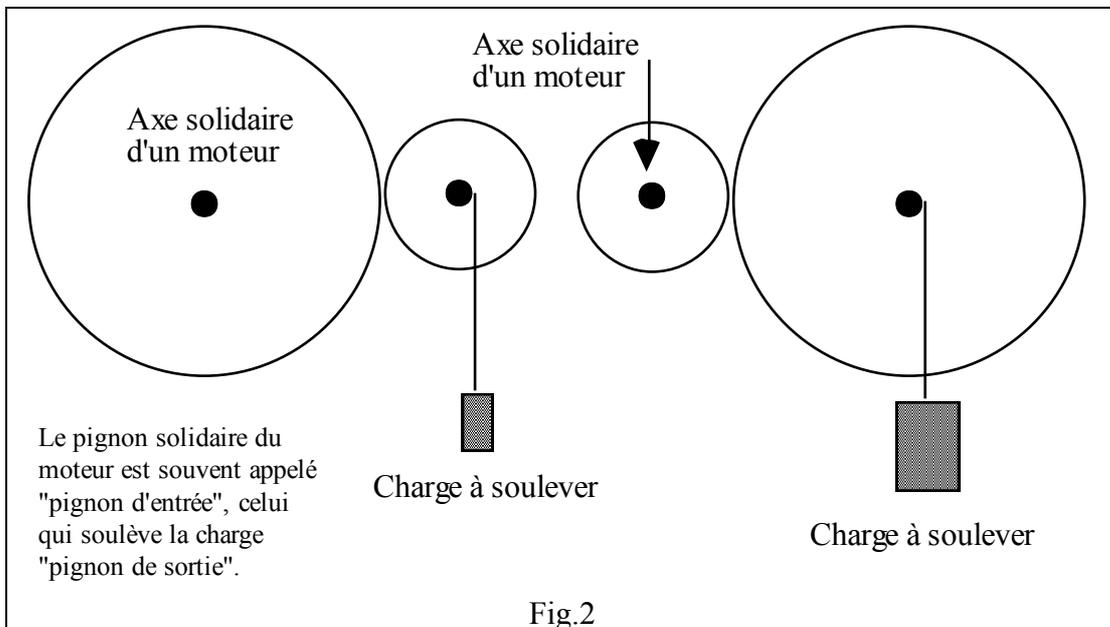
Un engrenage (ou des engrenages) est un ensemble de deux roues dentées l'une entraînant l'autre dans son mouvement de rotation (fig.1).



<sup>1</sup> - Cet article s'adresse au premier chef à des instituteurs ou professeurs d'école qui, pour la plupart, ne sont pas des spécialistes du domaine. Le terme «force» que nous emploierons abondamment par la suite, doit être compris dans un sens intuitif. Pour ne pas alourdir le texte, nous nous épargnerons la précision des systèmes qui interagissent. Nous continuerons à parler de force dans le cas des systèmes en rotation, alors que la grandeur pertinente est en fait le couple. Que les lecteurs spécialistes nous pardonnent...



L'utilité première d'un engrenage est d'augmenter la force. Supposons que le premier pignon soit solidaire d'un moteur. Supposons que, sur l'axe du second pignon, soit enroulé un fil au bout duquel est attachée une charge à soulever. On peut imaginer deux possibilités, selon que le moteur entraîne le gros ou le petit pignon (fig.2).



La meilleure performance est obtenue dans le second cas, c'est à dire lorsqu'un petit pignon entraîne un plus gros.

Ce faisant, la vitesse avec laquelle est déplacée la charge, varie en sens inverse. Dans le second cas, le plus performant du point de vue de la force, il est aisé de constater que lorsque le pignon d'entrée fait un tour, celui de sortie ne fait qu'une fraction de tour. Ainsi, la vitesse de rotation du second pignon est inférieure à celle du premier. En revanche, dans le premier cas, moins performant du point de vue de la charge soulevée, il y a augmentation de la vitesse de rotation. **Le gain de la force est fondamentalement incompatible avec celui de la vitesse de rotation.** Cette conclusion présente un grand intérêt. Elle constitue un savoir intégrateur en ce sens

qu'elle permet une compréhension cohérente de l'ensemble des systèmes de transmission. Elle entretient certaines relations avec le principe de conservation de l'énergie, dont elle constitue une première et élémentaire formulation dans un contexte particulier.

### **III - PROPOSITION D'UNE DEMARCHE**

Elle est fondée sur la confrontation à une situation-problème: réaliser un treuil ou une grue pouvant soulever la charge la plus lourde possible. Les activités sont réalisées avec du matériel modulaire de type «Lego-Technic» D'autres marques, disponibles sur le marché, peuvent bien sûr convenir. Nous présentons les grandes lignes du déroulement dans ce paragraphe. L'analyse se fera dans le paragraphe IV, à la lumière de quelques considérations théoriques.

#### **A - ACTIVITES FONCTIONNELLES**

On appelle ainsi des activités qui ne visent aucune connaissance particulière, du moins pas directement. Elles sont réalisées pour le simple plaisir qu'elles procurent. Des constructions libres, avec ou sans fiches, constituent des activités fonctionnelles. Les élèves, individuellement ou par petits groupes, jouent et se font plaisir. Cette phase est fondamentale pour au moins deux raisons.

En premier lieu, elle permet de découvrir et de manipuler un matériel remarquable. Proposer des activités immédiatement cadrées, alors que les élèves ont envie de fabriquer des maisons, des voitures, ou tout autre chose encore, serait une erreur pédagogique: les élèves ne s'investiraient pas. En revanche, au bout de quelques séances de réalisations autonomes, l'intérêt s'épuise, et la relance du maître sous la forme d'un défi «est-ce qu'on est capable de... » est accueillie en général avec beaucoup d'enthousiasme.

En second lieu, cette phase permet aux élèves de prendre la mesure de certaines difficultés manipulatoires ou techniques inhérentes au matériel relativement sophistiqué mis à leur disposition (comment, par exemple, fixer les parties mobiles en rotation, sans blocage ni jeu excessif?). C'est important car la phase de recherche qui suit ne doit pas être «parasitée» par des problèmes secondaires liés à l'utilisation du matériel.

#### **B - DE L'APPROPRIATION DU PROBLEME PAR LES ELEVES, A LA PERCEPTION DU ROLE DES ENGRENAGES**

Lorsque l'intérêt des activités libres a tendance à s'épuiser, c'est le moment de relancer par une situation-problème. Nous proposons de chercher à construire une grue capable de soulever la charge la plus lourde possible, la traction se faisant à l'aide d'un moteur présenté à la classe. Ce problème étant posé, il ne donne pas lieu immédiatement à une discussion sur les engrenages à choisir. Les élèves d'âge primaire ont tendance à se focaliser sur le bâti avant de se préoccuper du système permettant l'entraînement de la charge. Il y a lieu de ne pas se presser et d'attendre que les essais aillent à leur terme, ce qui peut prendre plusieurs séances. La comparaison des réalisations conduit les élèves à formuler assez facilement deux types de conclusions.

- Le bâti doit être conçu de manière compacte pour être suffisamment solide.
- Il faut choisir des piles neuves pour pouvoir comparer.

En revanche l'entraînement de la charge à soulever pose problème. Où fixer l'extrémité du fil ? L'axe du moteur, trop petit, ne le permet pas. En règle générale, la situation ne se débloque pas d'elle-même. L'enseignant peut ici faire appel aux fiches de fabrication souvent fournies lors de l'achat du matériel. Les élèves examinent alors la solution qui leur est proposée : enrouler le fil sur un axe et entraîner celui-ci à l'aide du moteur par l'intermédiaire d'un couple d'engrenages (fig.2). C'est seulement à ce stade de l'activité que se pose la question qui constitue le cœur de la situation-problème : comment choisir les deux roues dentées pour obtenir le meilleur résultat ?

### C - RESOLUTION DU PROBLEME

Avant d'engager les élèves vers l'étude systématique de toutes les combinaisons possibles, il paraît judicieux, une fois encore, de les laisser tester ce qui leur paraît la meilleure solution. Certains élèves, en effet, n'ont pas encore conscience que le choix des roues dentées conditionne la performance de la grue. D'autres sont persuadés qu'il faut utiliser de gros pignons, mobilisant sans doute un raisonnement anthropomorphique : plus gros  $\Rightarrow$  plus fort... Laisser les élèves expérimenter leur propre solution n'est pas du temps perdu. C'est la condition pour qu'ils prennent pleinement conscience du rôle des engrenages dans la modification de la force, et pour qu'ils perçoivent l'intérêt d'une étude systématique.

Celle-ci peut prendre la forme suivante<sup>2</sup>.

Pignon d'entrée	Pignon de sortie	Charge maximale soulevée
Petit	Petit	Expérience impossible pour des raisons purement techniques
Petit	Moyen	150 g
Petit	Grand	250 g
Moyen	Petit	50 g
Etc...		

La conclusion peut alors être dégagée. C'est en entraînant un gros pignon (fixé sur l'axe qui supporte le fil) par un petit pignon (fixé sur l'axe du moteur), que s'obtient la combinaison la plus performante (on peut une nouvelle fois se reporter à la fig. 2).

### D - STRUCTURATION, REINVESTISSEMENT

#### 1 - Ce qui est gagné en force est perdu en vitesse

À la fin de l'expérience précédente, les élèves ont donc fait fonctionner différentes combinaisons et constaté que la plus performante donnait lieu à une

<sup>2</sup> - Cette étude expérimentale présente quelques difficultés matérielles. Les combinaisons les moins performantes, on l'a vu plus haut, sont celles qui conduisent à la plus grande vitesse. Celle-ci est alors excessive. Il est inévitable de se faire surprendre et de se retrouver avec le fil emmêlé autour de l'axe, ou coincé entre les pignons... Ce n'est pas très grave, mais si les essais sont faits par les élèves eux-mêmes, cela peut contribuer à rendre la gestion de la classe plus difficile. Il est possible de remplacer le moteur par une manivelle mue à la main. La comparaison quantitative précise n'est plus possible, mais la sensibilité est suffisante pour aboutir à la conclusion recherchée.

vitesse de déplacement plus petite. Ils attribuent volontiers ce phénomène à l'importance de la charge : puisque c'est lourd, le moteur peine et la charge monte doucement. Il est intéressant de leur demander de prévoir ce qui se passerait lors de la descente. La réponse majoritaire est logique : puisque la charge est lourde, elle va descendre très rapidement. La vérification est alors effectuée. Si la charge effectue bien sûr la descente un peu plus vite que la montée, la vitesse de déplacement reste faible. Si cela surprend *a priori* les élèves, ils le comprennent en général après un moment de réflexion : un tour de moteur provoque une rotation du gros pignon de quelques dents seulement.

On ne cherche pas à faire saisir la portée de cette observation. Le seul objectif est qu'on ne peut pas gagner sur les deux registres à la fois. En augmentant la force, on réduit la vitesse, et réciproquement.

## **2 - D'autres dispositifs techniques**

L'activité n'est pas terminée. Il reste à construire et à étudier d'autres dispositifs dans lesquels interviennent les engrenages. Les fiches accompagnant les boîtes de matériel modulaire proposent de nombreuses idées. Quels que soient les choix effectués, l'accent est mis sur le rôle du couple d'engrenages. Dans les perceuses, batteurs, chignoles..., il est d'augmenter la vitesse de rotation. Cela se fait au détriment de la force. Dans les grues, treuils, ..., il est d'augmenter la force ce qui conduit à une diminution de la vitesse. On peut rêver et imaginer qu'on accordera encore un peu de temps pour envisager d'autres systèmes de transmission : courroie, chaîne, pignon-crémaillère, vis-écrou... La même conclusion a une validité générale qui devra apparaître quel que soit le système étudié.

## **E - LE PROBLEME DE L'ORGANISATION MATERIELLE**

Organiser de telles activités à l'école primaire n'est pas sans soulever des difficultés. Les pièces sont petites, elles tombent, se perdent. Les classes sont nombreuses. Bref, il faut une bonne maîtrise de sa classe pour les entreprendre. Toutefois, dans la plupart des cas, l'activité est viable. Dans les expérimentations que nous avons menées, nous avons choisi l'organisation suivante.

Les manipulations libres se déroulent parallèlement à une séance d'arts plastiques. Un après-midi par semaine, de 13 h 30 à la récréation, un tiers de la classe joue avec le matériel, sans consignes particulières, excepté bien sûr celles qui concernent le bon ordre de l'activité. La permutation complète se fait donc sur trois semaines. La phase d'activités fonctionnelles, on l'a dit, doit être très longue. Ce mode de fonctionnement occupe tout le premier trimestre et donne lieu à environ 4 permutations. Il est certain que la fréquence de passage à l'activité gagnerait à être augmentée. Mais il faut bien composer avec les conditions matérielles souvent difficiles.

Une fois la situation-problème posée, l'activité se déroule avec toute la classe divisée en petits groupes de 3 ou 4 élèves. Une grosse boîte telle que celle dont nous disposons permet en principe à toute une classe de manipuler, sauf en ce qui concerne les moteurs (deux seulement dans une boîte). Une fois les dispositifs construits, c'est l'enseignant qui dirige la comparaison des grues en permutant à

chaque fois le moteur et le bloc de piles. Les problèmes du fil qui s'emmêle (voir note de bas de page n°2) sont ainsi mieux résolus.

#### **IV - MISE EN ORDRE PAR QUELQUES COMPLEMENTS THEORIQUES**

La description que nous venons de faire va nous permettre quelques développements théoriques concernant les apprentissages scientifiques et techniques.

##### **A - APPRENDRE C'EST COMPRENDRE LES QUESTIONS QUI JUSTIFIENT LA CONNAISSANCE A ACQUERIR**

Comme le rappelle ASTOLFI (1992), ce qui fonde une science, c'est « *la nature des questions théoriques à partir desquelles elle questionne le réel* ».

Une activité scientifique, qu'elle relève de la sphère savante ou qu'elle vise l'apprentissage de jeunes enfants, est nécessairement problématisée.

##### **1 - Le point de vue épistémologique ; critique de quelques propositions**

Pour le maître, il s'agit donc d'identifier quels problèmes scientifiques pertinents justifient le sujet étudié. Ce n'est pas toujours aisé car cela nécessite une certaine connaissance des sciences, des techniques, et parfois de leur histoire et de leur épistémologie.

Sans mener une étude détaillée, ni sombrer dans la critique facile, il faut reconnaître que les manuels scolaires ne sont pas toujours d'un grand secours<sup>3</sup>. Un examen des chapitres concernant la transmission du mouvement suffit pour s'en convaincre. La modification de la vitesse est nettement privilégiée. Celle de la force est parfois évoquée, mais ce n'est pas le cas dans tous les manuels. Lorsqu'elle est abordée, cette propriété n'est absolument pas mise en relation avec l'augmentation de la vitesse. Elle finit par se perdre au milieu de détails sans importance (par exemple, la modification du sens ou du plan de la rotation). Certains ouvrages proposent d'établir la relation liant nombre de dents et nombre de tours de chacun des pignons. Mais qu'y a-t-il de concret dans l'activité relatée en annexe 1 ? Quelle est l'utilité de cette relation durement acquise ? Dans la démarche que nous proposons, nous abordons et résolvons des questions essentielles sur le plan scientifique sans avoir besoin de la moindre relation numérique. À notre avis, le risque est grand d'occulter le problème principal par l'élaboration prématurée d'une relation quantitative dont l'utilité est discutable.

Bref, il s'agit de ne pas se tromper de problème. Le savoir qui résulte de sa résolution doit constituer un outil intellectuel réellement intégrateur au sens que nous avons discuté en II.B. et en III.D.2.

##### **2 - Le point de vue de l'apprentissage**

La bonne vieille croyance pédagogique – selon laquelle l'élève doit d'abord apprendre sa leçon avant de résoudre quelques exercices d'application et enfin de s'attaquer à des problèmes plus conséquents – bat de l'aile... Ainsi que l'ont clairement exprimé de nombreux spécialistes des apprentissages, apprendre c'est

---

<sup>3</sup> - Il faut toutefois noter l'exception constituée par celui de la collection Tavernier, aux éditions Bordas (1995). Le plan adopté pour traiter le sujet qui nous préoccupe est sans équivoque :

- Des engrenages pour aller plus vite
- Des engrenages pour moins se fatiguer.

d'abord comprendre les questions qui justifient le savoir à acquérir (annexe 2). La construction des connaissances chez l'enfant rejoint ici une logique comparable à celle de l'élaboration savante. Sans questions préalables parfaitement comprises par les élèves, ceux-ci ne savent pas ce qu'ils font et la démotivation intervient rapidement. La question qu'ils posent souvent, avec quelque impertinence parfois, est pourtant fondamentale : « *À quoi ça sert ?* »

Les démarches à valoriser s'opposent à celles qui prétendent provoquer un apprentissage à partir d'une observation ou d'une expérimentation. Risquons une caricature (en est-ce bien une ?) visant certains cours de physique du collège ou du lycée. Prenons l'exemple d'un travail en électricité. Les élèves ont devant eux un protocole expérimental : réaliser tel montage, faire varier tel composant, mesurer l'intensité (I), mesurer la tension (U), noter les résultats dans un tableau, faire un graphique, tirer les conclusions. Mais que cherche-t-on au juste ? Une relation entre U et I ? Et après ? À quoi va-t-elle servir en dehors de la résolution de quelques exercices scolaires ? L'enseignant le sait-il lui-même ? Bien qu'il manipule, l'élève est passif. Sa réflexion se borne à essayer de suivre celle du professeur dont il ne connaît ni les tenants ni les aboutissants. Son fonctionnement cognitif est ignoré. Ses représentations, ses connaissances initiales ne sont pas prises en compte. Une telle démarche réussit au mieux à créer un « vernis de savoir » constitué le plus souvent de stéréotypes appris « par cœur », fonctionnant en marge des structures cognitives, donc inefficace pour que s'installe une véritable connaissance mobilisable en dehors de quelques exercices scolaires. On sait par ailleurs que ce « vernis » disparaît très vite, mais que les représentations ou les connaissances initiales demeurent...

Au contraire, si les élèves ont une claire représentation de ce qu'ils cherchent et de son utilité, de meilleures conditions sont réunies pour leur investissement et leur motivation. Quant à ceux qui ne se sentent pas de goût particulier pour les activités scientifiques et/ou techniques, au moins ils en auront eu une vision non biaisée et ils feront alors un véritable choix.

## **B - APPRENDRE, C'EST CHANGER DE SYSTEME DE REPRESENTATION**

Pour des enfants de fin de primaire, une grue c'est avant tout un bâti. Demandons-leur d'en dessiner une : sauf rare exception, aucun ne cherchera, même maladroitement, à représenter un système capable d'augmenter la force. Le prototype le plus fréquemment observé est celui de la grue de chantier, qui correspond logiquement à celui qu'ils connaissent. Sans occulter le rôle du châssis qui assure solidité, rigidité, stabilité, etc..., il faut cependant comprendre qu'une grue, c'est avant tout un système qui permet de développer une force bien plus importante que celle d'un homme ou d'un animal. Mais changer sa façon de penser, modifier son système spontané d'explication n'est pas un processus naturel. Au contraire, le fonctionnement cognitif est fondamentalement conservateur. Aussi, le changement de système explicatif ne peut intervenir qu'à certaines conditions.

### **1 - Perception, par l'élève, de l'insuffisance de sa conception**

En premier lieu, l'apprenant doit éprouver une insatisfaction consciente vis à vis de sa manière d'envisager la solution au problème. C'est pour cela qu'il est indispensable de prévoir, dans le déroulement d'une séquence, une durée suffisante

d'appropriation et de tâtonnement, de manière à ce que l'apprenant ait l'occasion (et le temps) de mettre à l'épreuve sa connaissance initiale ou d'éprouver la solution intuitive qu'il estime efficace. Comme le font remarquer Giordan et De Vecchi (1987), c'est au premier chef à lui de comprendre que son raisonnement est inopérant. Ce n'est qu'alors qu'il acceptera (peut-être...) d'en envisager un autre.

## **2 - Existence d'une alternative**

Lorsque cette phase de déstabilisation a eu lieu, il faut encore que l'apprenant accède (seul ou aidé par le maître) à une alternative. Le système cognitif fonctionne de manière sélective et tend à « évacuer » très vite tout ce qui le dérange. C'est pour cette raison que perdurent jusqu'à l'université des conceptions mises en évidence chez des élèves d'âge primaire. Ainsi, déstabiliser reste stérile s'il n'y a pas ensuite ce que Piaget nomme « équilibrage majorante ». L'élève doit rapidement accéder à une alternative qui doit lui apparaître non seulement plausible mais plus pertinente que l'ancienne conception. Nous développons ce point dans le paragraphe suivant.

## **3 - Pertinence du nouveau savoir**

La résolution proprement dite de la situation-problème ne marque pas le terme de l'apprentissage. Certes il y a eu déstabilisation. Certes, une alternative est là pour remplacer l'ancienne conception. Mais cela peut fort bien ne pas suffire. Le rythme des activités scolaires et extra-scolaires, le confort que procure un retour à l'ancienne manière de penser, tout cela permet de comprendre que le changement ne sera peut-être pas durable. On peut essayer de se donner un atout supplémentaire en prévoyant des activités qui contribuent à faire percevoir à l'élève l'étendue et l'utilité de la solution trouvée. Il serait lourd d'insister une nouvelle fois sur le rôle des savoirs intégrateurs... Et pourtant... C'est bien en mesurant à quel point le savoir nouvellement acquis se montre efficace dans des contextes variés, que l'élève peut finir par le maîtriser véritablement.

Il n'est pas rare de voir la pédagogie traditionnelle se désintéresser de ce travail. Dans le domaine scientifique au moins, on ne se préoccupe pas souvent de la solidité du nouvel apprentissage. À peine un résultat est-il obtenu qu'une rapide trace écrite vient clore le sujet comme s'il était temps de passer à autre chose... Pourtant le travail que nous relatons dans le paragraphe III.D.2. est fondamental. Cette phase que les mathématiciens qualifient de décontextualisation<sup>4</sup> n'est pas à laisser à la charge de l'élève en dehors de l'école. Il est de la responsabilité des enseignants de l'envisager comme partie intégrante de la démarche.

## **C - CARACTERISTIQUES PRINCIPALES D'UNE SITUATION PROBLEME**

Choisir des situations-problèmes scientifiquement pertinentes est une chose. Savoir que c'est par la résolution de celles-ci que s'effectue l'apprentissage est important pour mieux assumer son rôle d'enseignant. Mais le doute existe. Cela suffit-il pour que les élèves s'investissent avec motivation, et progressent jusqu'à la solution ? Quelques conditions, nécessaires à défaut d'être suffisantes, sont à examiner. Dans un ouvrage récent, Astolfi et al. (1997), résument les caractéristiques

---

<sup>4</sup> - Un savoir nouveau n'est utile que s'il s'applique dans des contextes différents. La phase de décontextualisation est là pour entraîner l'élève à mobiliser son nouveau savoir dans des contextes variés. C'est à ce prix qu'il deviendra stable et durable.

d'une situation-problème. Nous retiendrons ici quatre d'entre elles qui nous paraissent plus particulièrement en rapport avec l'activité présentée.

1. Une situation-problème doit être concrète et relativement ouverte. Trouver une relation numérique entre plusieurs grandeurs (nombre de dents et nombre de tours d'un pignon par exemple) constitue sans doute un problème pour les élèves. Mais il est fermé. Sa résolution ne confère aucune ouverture sur le monde des sciences et des techniques.

2. La complexité des problèmes choisis ne doit pas être excessive. Les élèves doivent assez vite prendre conscience qu'ils sont à leur portée. C'est une condition pour que la démotivation ne les gagne pas.

3. Pour autant, le défi posé par la situation doit être suffisamment exigeant pour que la réussite marque un réel progrès, propice à valoriser l'élève et à lui donner confiance.

4. L'autonomie intellectuelle qui constitue, selon notre conception de l'éducation scientifique, la finalité principale, nécessite que l'élève apprenne à contrôler sa pensée par lui-même et non en recourant au verdict de l'enseignant comme c'est trop souvent le cas (oui c'est juste... ou non c'est faux !). À cet âge, le principal processus de contrôle dont il dispose est le recours à l'expérience. Son verdict ne bloque pas la réflexion. Dans la situation de la grue, l'échec relatif d'une première tentative débouche sur de nouveaux essais. La résolution progresse grâce à une dialectique entre l'effet attendu par les élèves et celui qu'ils observent.

## **CONCLUSION**

Entre les exigences théoriques et les capacités cognitives des élèves, l'espace de choix n'est pas toujours vaste, il faut en convenir. Les enseignants qui pratiquent les activités scientifiques de cette manière doivent fréquemment réajuster, abandonner certaines situations-problèmes qui s'avèrent trop difficiles ou trop simples, en imaginer d'autres, les modifier, etc... L'erreur est autorisée, chez les élèves bien sûr, mais aussi chez les enseignants (à condition qu'elle ne devienne pas chronique !). Elle est même formative. Le tâtonnement pédagogique orienté et régulièrement contrôlé par quelques références théoriques solides (nous avons tenté de les résumer en annexe 3) est la voie que nous préconisons.

## RÉFÉRENCES

ARSAC G., et al., (1988), *Problème ouvert et situation-problème*, I.R.E.M. Lyon, Université Claude Bernard.

ASTOLFI J.P., (1992), *L'école pour apprendre*, E.S.F.

ASTOLFI, J.P., DAROT, E., GINSBURGER-VOGEL, Y., TOUSSAINT J., (1997), *Mots-clés de la didactique des sciences : repères, définitions, bibliographies*, De Boeck Université, coll. Pratiques pédagogiques.

GIORDAN A., DE VECCHI G., (1987), *Les origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*, Delachaux & Niestlé.

GIORDAN A., (1989), « Vers un modèle didactique d'apprentissage allostérique. » In *Construction des savoirs : obstacles et conflits.* pp. 240-257, Sous la direction de N. Bednarz et C. Garnier, Ottawa, Agence d'ARC inc. éditions.

JOHSUA S., (1989), « Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire » , in *ASTER*, n°8, Paris, INRP.

JOHSUA S., DUPIN J.J., (1989), *Représentations et modélisations : le «débat scientifique» dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.

MEIRIEU P., (1988), *Apprendre... oui mais comment ?* , E.S.F, Paris, 3<sup>ème</sup> édition.

ROBARDET G., GUILLAUD, J.C., (1997), *Éléments de didactique des sciences physiques*, P.U.F.

**ANNEXE 1****L'élaboration de la loi quantitative des engrenages**

*(Physique- Biologie- Technologie- Informatique- C.M., (1986), Hachette Ecoles, coll : pour connaître les sciences)*

Le traitement arithmétique du point 3 ne peut être mené que par celui qui connaît déjà le résultat. Pourquoi, par exemple, s'intéresser au nombre de dents des roues dentées et pas à leur diamètre ? Pourquoi s'intéresser au nombre de tours et pas directement à la vitesse ? Pourquoi diviser telle grandeur par telle autre alors qu'on pourrait tout aussi bien multiplier ou additionner ? Bref, tout est fait pour que l'élève assiste, le plus vite possible et sans aucun tâtonnement à la démonstration que l'enseignant veut mener à bien. Aucune place n'est laissée à l'erreur, au tâtonnement, aux hypothèses. En sacrifiant à l'illusion de l'efficacité à court terme, on oublie la démarche de l'élève.

## ANNEXE 2

### Sur l'importance du questionnement en sciences et en pédagogie des sciences...

« L'esprit scientifique nous interdit d'avoir une opinion sur des questions que nous ne comprenons pas, sur des questions que nous ne savons pas formuler clairement. Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce *sens du problème* qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit. »

BACHELARD, G., (1938), *La formation de l'esprit scientifique.*, VRIN, 1977 pour la 10<sup>ème</sup> édition.

« Le fait est que notre pédagogie consiste à submerger les enfants de réponses à des questions qu'ils ne se sont pas posées alors qu'on n'écoute pas les questions qu'ils posent. (...) La pédagogie ordinaire est un ensemble de réponses sans question et de questions sans réponse. »

POPPER, K., (1990), *L'avenir est ouvert.*, Flammarion, coll. Champs.

« On tend à oublier qu'un énoncé est souvent la réponse à un problème ; à oublier aussi qu'une discipline, c'est un ensemble de concepts qu'il a fallu développer pour savoir poser le problème, puis le résoudre. Or, le *texte du savoir scolaire* a trop souvent perdu la trace de ce questionnement (...).

Pourtant, on le sait bien aujourd'hui, ce qui fonde effectivement une discipline, ce n'est pas son domaine d'extension, mais bien plutôt la nature des questions théoriques à partir desquelles elle questionne le réel. »

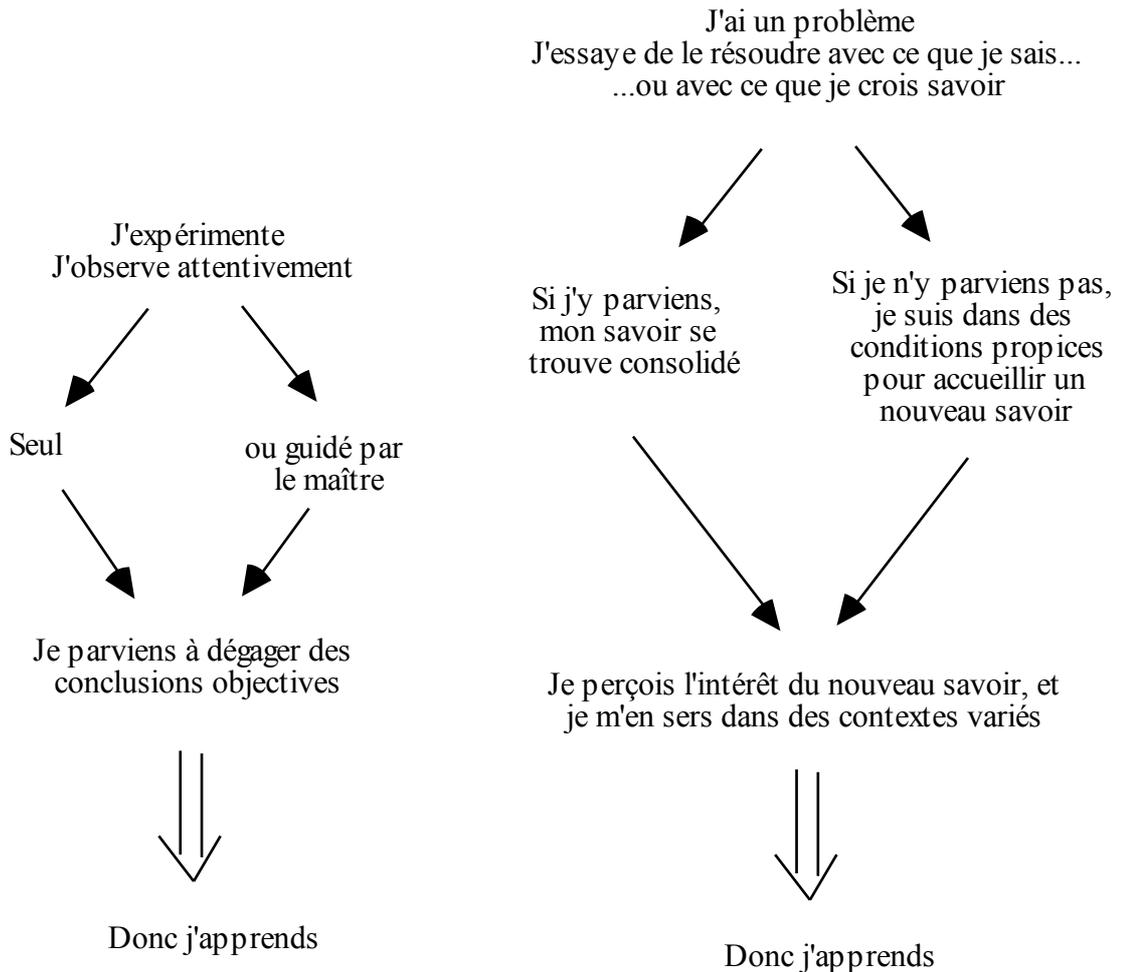
ASTOLFI, J.P., (1992), *L'école pour apprendre.*, E.S.F., coll. pédagogies.

« L'absence d'un véritable questionnement traduit un arrêt dans la construction de la pensée. (...) Nous n'insisterons donc jamais assez sur la place du questionnement. D'abord il traduit une motivation, il est moteur du savoir. Si « on ne fait pas boire un âne qui n'a pas soif », on constate qu'il en est de même dans les processus d'élaboration des connaissances. C'est uniquement par ce biais que l'apprenant tente de chercher une information qui répond à un besoin réel d'explication. (...) Il faut ajouter enfin que, dans toutes les études que nous avons menées en histoire des sciences sur la construction des concepts, nous avons constaté que le savoir s'était toujours constitué à partir d'une question, ou de plusieurs qui s'étaient posées successivement. »

GIORDAN, A., DE VECCHI, G., (1987), *Les origines du savoir.*, Delachaux, Niestlé.

## ANNEXE 3

### Enseigner les sciences... Opposition de deux démarches



La première démarche relève de conceptions simplistes et dépassées de l'apprentissage.

La seconde est plus cohérente avec l'état des recherches dans ce domaine.