

INTERACTIONS ENTRE ÉLÈVES ET RÉOLUTION DE PROBLÈMES

Monique Goffard
Serge Goffard

Cet article porte sur les échanges qui ont lieu entre élèves lorsqu'ils ont à résoudre un problème. Placés dans une situation de travail en groupes de pairs, des élèves parviennent-ils, ou non, à analyser une situation physique et à construire une représentation du problème posé ? Comment se déroulent les interactions, de quelles façons les décrire et les comprendre ? Quels concepts utilisent-ils ? Les analyses linguistique et didactique de quatre séances de résolution permettent d'apporter des éléments de réponse à ces questions. Sont envisagés les moyens et les relations dans le groupe que les élèves élaborent pour communiquer, ainsi que le rôle de la tâche proposée aux élèves pour accéder à leurs raisonnements et pour les conduire à réfléchir.

linguistique et
didactique...

Étudier les interactions langagières écrites et orales qui ont lieu au cours d'activités scolaires est important pour savoir ce qui se passe effectivement dans une classe et mieux approcher ainsi les conditions d'enseignement et les processus d'apprentissage. Ces interactions peuvent être étudiées de différents points de vue (psychologique, didactique, sociologique, linguistique...). Nous présentons ici celui d'un linguiste et celui d'une didacticienne, étudiant ensemble des échanges entre élèves qui résolvent des problèmes de physique. Il nous paraît important que ce genre d'études soit mené de manière pluridisciplinaire, les points de vue se croisant sans se confondre et l'un ne pouvant pas prendre la place de l'autre.

La collaboration dans l'analyse présente de l'intérêt pour les deux participants car un didacticien, s'il a connaissance des débats qui traversent son champ de recherche, est éventuellement moins informé des positions diverses des linguistes : se placer dans le cadre de la pragmatique ou celui du dialogisme ne conduit pas à mener le même type de recherche ni à utiliser la même méthodologie.

...pour analyser
des situations de
résolution de
problèmes

Inversement, en résolution de problèmes se placer dans le cadre experts/novices ou celui du « changement conceptuel et méthodologique » ne relève pas des mêmes recherches et le non didacticien ne s'y retrouverait pas puisque les chercheurs des deux courants se disent constructivistes.

Par ailleurs, la perception de ce qui est dit, est négocié, et se joue entre les élèves dans leurs interactions est analysé différemment suivant que l'on est physicien ou sémioticien, et les deux points de vue s'éclairent l'un l'autre.

1. QUELQUES RÉFÉRENCES QUI CADRENT LA RECHERCHE

Si en sciences, les élèves ont dans le second cycle de l'enseignement secondaire l'occasion de travailler en groupes lors de séances de travaux pratiques ou de travaux personnels encadrés, il est encore rare qu'ils aient à résoudre des problèmes de physique de cette manière, même si les concepteurs des programmes actuellement en vigueur dans cette discipline, tenant compte des travaux de la didactique, ont introduit les « situations-problèmes ».

travail en groupes

Penser que la mise en groupe entraîne automatiquement collaboration relève de l'illusion pédagogique qui interrogeait déjà R. Amigues (1988). Les interactions entre élèves faisant partie d'un groupe ne sont pas indépendantes de la personnalité des élèves (Kempa & Ayob, 1991) et il arrive que leurs oppositions conduisent à un affrontement qui empêche l'avancée de la résolution (Goffard & Goffard, 2002) ou qu'un élève, ayant une représentation erronée arrive à convaincre les autres (Gomatos, 1996).

Pour cette recherche, les élèves recevaient la consigne de dire ce qu'ils pensaient et faisaient pour résoudre le problème posé à la classe. La consigne a été suivie sans perturber le fonctionnement des groupes. Chaque séance filmée a ensuite donné lieu à une transcription écrite, sur laquelle nous avons travaillé, sans mention des événements suprasegmentaux (gestes, intonations, intensité, réactions physiques, etc.). Les outils d'analyse sont ceux proposés par :

verbalisation

- Mikhaïl Bakhtine (1984; Goffard, 1997), pour la délimitation du corpus, la définition des genres socio-discursifs,
- M.A.K. Halliday (1994), pour la cohésion textuelle et la progression thématique,
- François Rastier (1987), pour la sémantique relationnelle.

Des élèves sont associés en groupes dans une situation de communication caractérisée par l'inscription des interlocuteurs dans une relation sociale (ils travaillent dans une classe de physique d'un lycée) aux enjeux définis (produire et proposer des éléments de solution d'un problème de physique). Les analyses s'attachent à comprendre ce qui se passe au niveau des relations interpersonnelles et de l'évolution des tentatives de résolution, en croisant ces deux dimensions.

croiser l'analyse
des relations
interpersonnelles
et des tentatives
de résolution

Lors d'une précédente recherche (Caillot & Dumas Carré, 1987), nous avons constaté que les élèves éprouvaient beaucoup de difficultés à appliquer les théorèmes ou principes de physique à partir des problèmes de manuels courants. Nous avons alors pensé, dans un premier temps, que les procédures d'application des théorèmes étaient en jeu et nous avons cherché à améliorer les performances des élèves en enseignant une méthodologie de la résolution de problème.

le modèle de
résolution de
problèmes

Indépendamment des résultats positifs obtenus, nous avons pris conscience que les processus de modélisation intervenaient dans ces difficultés ; nous avons alors introduit dans l'enseignement de la résolution de problèmes des aides à la modélisation et nous avons modifié, autant que les contraintes de l'enseignement le permettaient, les situations problématiques proposées. Nous avons alors utilisé un modèle de résolution de problèmes qui a été décrit dans différents travaux (Gil Perez & al., 1987 ; Dumas-Carré & Goffard, 1997) dont nous ne rappellerons que les grandes lignes.

Les situations proposées aux élèves sont plus ou moins ouvertes. Elles portent, autant que possible, sur des phénomènes que l'on peut retrouver dans la vie courante (on en trouvera un exemple plus avant). Ces situations sont facilement abordables par les élèves, elles sont souvent connues des didacticiens parce que révélatrices de difficultés ou de fausses représentations. Elles permettent de discuter des relations entre science et société. Dans ce modèle de résolution, la pratique sociale de référence est celle du chercheur scientifique et au cours de plusieurs séances de résolution de problèmes, les élèves sont appelés à :

- définir une question et modéliser la situation proposée par l'enseignant ;
- émettre des hypothèses sur les facteurs pouvant intervenir dans la situation modélisée, dès que celle-ci est plus ou moins précisée et que la question du problème à étudier est définie ;
- chercher et mettre en œuvre différents chemins de résolution, lorsque cela est possible ;
- mener, en fin de résolution littérale du problème, une analyse critique des résultats et des hypothèses, afin de les mettre en cohérence.

La résolution d'une situation problématique entraîne des questions qui permettent de concevoir de nouveaux problèmes. Nous en donnerons un exemple dans la suite.

des activités
sociales

La classe est assimilée au groupe dans lequel se construisent les connaissances, chaque personne du groupe classe participant à l'élaboration commune.

Nous nous appuyons sur les théories socio-constructivistes de l'apprentissage qui ont mis l'accent sur l'importance des activités des élèves dans la construction de leurs connaissances et sur le rôle des interactions que ces derniers entretiennent entre eux et avec l'enseignant (Dumas-Carré & Weil-Barrals, 1998).

Le rôle social du groupe dans la construction des connaissances est pris en compte de deux manières : les élèves travaillent en groupes de trois ou quatre et interagissent à l'intérieur de ce groupe. Les groupes, après chaque type d'activités, communiquent par ailleurs leurs résultats au reste de la classe et chaque élève participe à la discussion animée par l'enseignant.

L'affichage des résultats se fait au tableau, il facilite les discussions dans la classe et permet de ne pas privilégier un dialogue maître-élève. Il peut y avoir alors confrontation des points de vue des élèves et de leurs représentations; ces dernières sont discutées afin de mettre en évidence leur(s) domaine(s) d'application et leur(s) limite(s).

La mise en groupe, les types de situations problèmes proposées, souvent ouvertes au départ, l'obligation qui est faite de communiquer les résultats à l'ensemble de la classe, créent une situation scolaire peu ordinaire pour les élèves et il n'est pas possible d'analyser les échanges en termes de conversation ordinaire.

2. LES QUESTIONS QUE NOUS NOUS SOMMES POSÉES

Nous avons étudié les échanges entre les élèves de quatre groupes au cours de résolutions de problèmes identiques ou différents. Nos interrogations sont alors les suivantes : comment la situation de groupe qui leur est imposée agit-elle sur la résolution ? Comment mettent-ils en œuvre les concepts étudiés en classe et quels sont ceux qui leur paraissent les plus pertinents ? Comment s'autorisent-ils à en parler ? Quel est le rôle de la tâche proposée dans la possibilité d'accéder à la manière de raisonner des élèves et à leur compréhension des situations physiques rencontrées ? Les réponses à ces questions passent par l'analyse de la coopération dans le groupe, de l'implication des élèves et de l'évolution de leurs échanges.

analyser les interactions entre élèves

3. CONDITIONS DE L'EXPÉRIMENTATION ET MÉTHODOLOGIE

3.1. Le dispositif expérimental

L'expérience s'est déroulée dans une classe de première scientifique (élèves de 16-17 ans) d'un lycée d'enseignement général du centre de Paris dans le cadre d'un projet d'établissement. Les élèves ont eu par demi-classe (16 élèves), pendant un semestre, une séance supplémentaire de 1h30 par semaine consacrée exclusivement à la résolution de problèmes avec leur professeur de physique.

une étude de cas

Compte tenu des conditions de résolution de problèmes novatrices et imposées, et du caractère expérimental de notre travail au lycée, il n'était pas possible de comparer deux classes différentes, ayant ou non eu un enseignement de la résolution de problèmes, et d'évaluer de manière traditionnelle les résultats des élèves. Nous présentons donc une étude de cas.

le corpus analysé

À chaque séance nous avons enregistré en vidéo le travail d'un groupe et les discussions qui ont eu lieu durant les mises en commun.

Chaque séance est le plus souvent centrée sur une des activités intellectuelles précisées dans le modèle de résolution, la tâche est adaptée pour que l'activité soit centrale. Les situations problèmes, compte tenu des contraintes scolaires, sont plus ou moins fermées; certains problèmes, sont directement liés aux notions qui sont en cours d'apprentissage.

Les programmes en vigueur au moment de l'expérience sont ceux de 1989. En première scientifique, ils traitent du concept d'énergie. Les questions soulevées par ce programme restent d'actualité avec les programmes récents, qui, d'après nous, n'abordent pas non plus le concept d'énergie de façon appropriée. Nous verrons dans la suite de l'article comment nos travaux peuvent éclairer cette question.

L'analyse que nous proposons de cette expérience est renouvelée par nos travaux actuels concernant les interactions qui se produisent entre les élèves travaillant en groupe. Ils nous conduisent à questionner les tâches proposées aux élèves.

Les corpus étudiés portent sur les transcriptions de séances différentes. Nous avons analysé les échanges de deux groupes différents ayant à résoudre le même problème au cours de la septième séance. Celle-ci avait pour enjeu l'analyse de la situation physique et l'élaboration d'une représentation du problème. Les deux autres corpus correspondent aux dixième et onzième séances. Les situations proposées sont plus ouvertes et les analyses demandées sont qualitatives. L'enjeu de ces deux séances est la description physique de deux situations et leurs découpages spatio-temporels.

À la septième séance, la manière de travailler dans la classe s'est stabilisée. Les élèves connaissent les règles du jeu, ils savent qu'ils doivent produire un résultat et que celui-ci sera discuté.

3.2. Les éléments d'analyse du linguiste

la verbalisation, la partie immergée de l'iceberg

On n'accède aux raisonnements des élèves qu'à travers leur verbalisation, or celle-ci ne rend pas obligatoirement compte de l'ensemble de la réflexion des individus. Les contenus mentaux restent inaccessibles, ce qui est dit n'en donnant qu'un témoignage partiel et partial, chaque élève intervenant en fonction de l'idée qu'il se fait de sa place (et de celles des autres) et de son rôle dans le groupe et dans la classe.

L'étude des échanges langagiers permet non seulement de déterminer le rôle de la collaboration, si elle existe, dans l'avancée de la tâche proposée, l'implication des élèves dans celle-ci mais aussi de savoir quels sont les concepts qui paraissent aux élèves les plus pertinents pour décrire les situations physiques proposées. Le corpus que nous analysons prend en

compte l'intégralité des échanges, il commence avec la première prise de parole et s'achève au moment de l'affichage au tableau des résultats. Suivant en cela Bakhtine (1984), nous considérons que dès qu'un premier énoncé est formulé dans une discussion, les autres participants du groupe adoptent par rapport à l'énonciateur une attitude responsive active; celui-ci est en accord ou désaccord avec ce qui a été dit et devient à son tour un locuteur qui prend position.

Il reste donc fondamental de prendre pour objet d'analyse l'ensemble des échanges entre les interlocuteurs, dans le cadre d'une situation de communication précisément caractérisée (en particulier dans ses enjeux). En effet, avant la clôture de ces échanges, rien n'est jamais acquis, chaque intervention peut remettre en question aussi bien ce qui a été dit auparavant, que les positions antérieurement prises par les interlocuteurs.

une discussion en
classe n'est pas
une conversation

L'analyse de ces échanges, si elle doit s'appuyer sur des hypothèses, ne peut se mener de façon fermée à l'« aide » de grilles préétablies qui diraient par avance comment l'analyste pense que vont se dérouler les échanges. Les échanges se font à l'oral – pratique langagière dont le fonctionnement est particulièrement difficile à décrire – ce qui ne signifie pas que l'on assiste à une conversation, genre socio-discursif, dont les éléments caractéristiques ne sont pas ceux du travail en classe et en groupes de résolution de problème. La situation est assez surprenante pour des élèves, habitués depuis leur plus jeune âge à intervenir dans des situations hiérarchisées, en utilisant des genres de discours stéréotypés qui leur sont devenus progressivement familiers, habituels. Aussi doivent-ils, tout en construisant une résolution collective du problème posé, se placer dans le groupe et y tenir un rôle.

Dans ces conditions très particulières où se trouvaient placés les élèves, aucun genre socio-discursif ne s'imposait à eux. Pourtant, ils ont réussi à travailler ensemble et sont parvenus à formuler des propositions, entremêlant des éléments empruntés à divers genres.

4. ANALYSE DES TÂCHES PROPOSÉES AUX ÉLÈVES

4.1. Un problème issu d'un manuel

Le problème posé au cours de la septième séance est fermé. L'énoncé qui provient d'un manuel de l'époque propose une situation repérée comme difficile à décrire par des élèves. Il faut en effet distinguer trois phases dans la situation : celle du lancer d'une bille par un ressort comprimé, le mouvement de la bille sur un plan horizontal sur lequel les frottements sont considérés comme négligeables et la montée de la bille

Document 1. Énoncé du problème donné à la septième séance

un problème fermé
avec un
découpage
spatio-temporel
difficile

Une bille B de masse m , peut être mise en mouvement à l'aide d'un lanceur à ressort R.

B peut se déplacer sans frottement sur une surface horizontale et sur un plan incliné AC.

B est appliquée contre R, comprimé. On lâche la tirette, de masse négligeable, qui maintient le ressort; B monte jusqu'en C où elle rebrousse chemin.

Calculer le travail $W(\vec{T})$ de la force exercée par le ressort lors du lancement, T désignant la force exercée par le ressort sur la bille.

sur un plan incliné grâce à la vitesse acquise durant la première phase. Il faut pouvoir déterminer l'enchaînement de ces trois phases pour comprendre que les données qui portent sur la troisième phase permettent de répondre à la question qui porte sur la première phase.

À l'existence de ces trois phases, s'ajoute la difficulté de distinguer entre phase et instant; les élèves considèrent souvent que le lancer de la bille par le ressort se fait en un instant, c'est-à-dire que la tirette est lâchée en même temps que la bille quitte le ressort. Du point de vue du traitement de ce problème, compte tenu des connaissances des élèves, les élèves peuvent appliquer le théorème de l'énergie cinétique durant les différentes phases ou celui-ci durant la première phase, le principe de l'inertie au cours de la deuxième et celui de la conservation de l'énergie dans la troisième phase.

4.2. Des situations problèmes qualitatives

Au cours des séances dix et onze, la résolution du premier problème ayant entraîné de nouvelles questions, nous avons successivement proposé aux élèves les trois situations problématiques suivantes :

a) À la dixième séance : « on jette un objet, jusqu'à quelle hauteur monte-t-il ? ».

prévoir la hauteur
d'un lancer

Une brève discussion par groupes et en classe entière aboutit à un consensus sur le problème à traiter : l'étude d'un lancer vertical de l'objet vers le haut, les frottements sont considérés comme négligeables devant les autres actions. Le problème ainsi reformulé correspond à une situation considérée comme simple lorsque, étant donnée la vitesse initiale de l'objet et la valeur de l'intensité de la pesanteur, il faut déterminer l'altitude atteinte au cours de la montée. De fait, un travail précédent (Caillot & Dumas Carré, 1987) nous avait révélé les difficultés rencontrées par les élèves pour établir un découpage spatio-temporel.

quels facteurs
interviennent sur
une grandeur à
déterminer ?

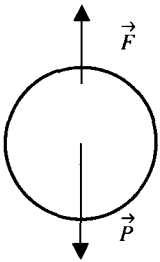
Dans l'énoncé classique, il est sous-entendu que le problème concerne la phase où l'objet, déjà lancé, n'est soumis qu'à son poids; or il existe une phase de lancer qui interroge les élèves. Comment prendre en compte la force qui a propulsé l'objet ? Comment intervient-elle dans ce lancer ? La tâche fixée aux

Document 2. Résultats affichés au tableau après le travail de groupe

Au cours de la septième séance sur le problème fermé, les résultats affichés sont les suivants :

Résolution de A., Be., J.	Résolution de Bo., D., M., S.
Système B. réf(érentiel) Terre Phase tirette lâchée, bille quitte le ressort $\Delta E_c \neq 0$ $E_c(t_1) - E_c(t_0) = \Sigma W$ $\frac{1}{2}mv^2 = W(\vec{T})$ v : la vitesse que la bille conserve →A	Sys B. ref. Terre t_1 on lâche la tirette, t_2 bille en C $E_{c2} - E_{c1} = W(\vec{P}) + W(\vec{R}) + W(\vec{T})$ $W(\vec{R}) = 0$ $0 = W(\vec{P}) + W(\vec{T}) ; W(\vec{T}) = -W(\vec{P})$ $W(\vec{T}) = gmh = 0, 1J$

L’affichage au tableau correspondant aux séances dix et onze analysées est le suivant :

Séance 10 Groupe A. et D.	Séance 11 : Groupe E., J. et N.
<p>Question : « On lance un objet verticalement, les frottements sont considérés comme négligeables, quels sont les facteurs intervenant sur l’altitude atteinte par l’objet »</p> <p>Int(ensité de la) Force ↗ ↘ V (initiale) ↗ h ↗ Frottements air ↗ h ↘ g ↗ h ↗ m : ? $-m \nearrow E_c = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = -m g h ;$ Wp résistant donc h ↘ - La masse n’intervient pas sur h mais sur l’intensité de la force à fournir</p>	<p>Question : « on laisse tomber un objet, il est soumis à une force de frottement dont la valeur est proportionnelle à la vitesse, décrire son mouvement ».</p> <p>t_0 on lâche sans vitesse initiale P_0 l’objet tombe, il est soumis à son poids \vec{P} et à une force de frottement \vec{F} v petite $\Rightarrow F$ petite $F < P$ à un instant, la valeur de v* est égale à la valeur de F</p>  <p>* il s’agit en fait de P et cela donne lieu à discussion dans la classe</p>

élèves est de formuler des hypothèses sur les facteurs qui interviennent sur l'altitude atteinte par l'objet au cours de la montée. Nous avons enregistré le discours d'un groupe, c'est lui que nous analysons, il permet d'accéder aux raisonnements des différents membres.

avec des
frottements
la situation change

b) La résolution d'un problème permet d'en concevoir de nouveaux. La deuxième situation problème découle de la première et fait suite aux interrogations et aux prévisions des élèves sur l'intervention de la masse comme facteur susceptible d'intervenir sur l'altitude atteinte par l'objet (les élèves prévoient que si la masse de l'objet augmente, l'altitude atteinte est moins grande). Nous avons traité en demi-classe le cas d'un *lancer vertical avec force de frottement constante*. Cette situation permet en effet de percevoir la différence, qui n'est pas toujours faite par les élèves, entre énergie cinétique et vitesse.

En effet, si deux objets de masses différentes sont lancés à la même vitesse, le plus lourd possède au départ une énergie cinétique plus grande; s'ils sont soumis à une force de frottement constante, identique, le plus lourd monte le plus haut. Mais s'ils sont lancés, à énergie cinétique égale, les prévisions des élèves sont correctes. Les élèves n'ont pas travaillé en groupe sur ce problème, seule la discussion qui a eu lieu entre professeur et élèves a été enregistrée, nous ne l'analyserons pas. Une discussion a eu lieu sur la différenciation des deux concepts d'énergie cinétique et vitesse et, partant de la résolution littérale affichée au tableau, les changements dans les relations, consécutifs à l'introduction d'une force de frottements, ont été apportés. L'analyse des expressions littérales a permis de conclure sur le rôle de la masse dans ce problème.

c) La troisième situation est qualitative : « *on laisse tomber un objet, il est soumis à une force de frottement dont la valeur est proportionnelle à la vitesse, décrire son mouvement* ». (1)

le cas de la chute :
décrire une
évolution

Il y a, dans ce problème, un obstacle connu à surmonter : il existe un moment où l'objet qui tombe est soumis à une somme de forces nulle, que fait l'objet ? Les élèves vont-ils considérer que la vitesse de l'objet devient alors constante ou parlent-ils d'équilibre ? Nous avons eu la chance d'enregistrer le seul groupe de la classe qui a rencontré des difficultés et qui affiche au tableau un résultat en contradiction avec les lois de la physique apprises par les élèves. Nous avons donc là encore un moyen d'accéder à leurs représentations d'une situation physique, après des mois d'enseignement.

(1) On peut noter que cette situation problème est actuellement intégrée aux programmes d'enseignement de la classe de TS.

5. RÉSULTATS

5.1. Travailler ensemble

Dans les groupes que nous avons observés, tous les élèves ont accepté d'entrer dans la situation proposée. Ensuite, selon les cas, nous avons vu s'instaurer, avec plus ou moins d'intensité, des relations de coopération, active ou passive ou des relations d'affrontement. Dans une telle analyse, nous sommes conduits à considérer que les interlocuteurs accordent une place essentielle aux relations de pouvoir dans leurs groupes.

• Une situation inhabituelle

jouer le jeu...

Les consignes données aux élèves – en particulier celle de verbaliser leurs actions et, autant que faire se peut, ce qu'ils pensent – influencent leurs prises de parole. En situation banale d'échanges, les références aux éléments observables ou partagés seraient prises en charge soit par l'emploi de termes désignant elliptiquement ces objets (déictiques et anaphoriques, comme « là » ; « ici » ; « ça » ; « le » ou « la »), soit par des gestes ou des mimiques. Les élèves essaient de respecter la consigne, ils ne peuvent toutefois pas éviter, de temps à autre, dans le feu de l'action, de la transgresser, ce qui rend certains passages, désormais coupés de leurs contextes, ambigus.

...d'une séance filmée et enregistrée...

Tout ne peut être verbalisé. Tout en dialoguant, la réflexion individuelle est poursuivie. Nous en lisons les traces dans les résultats écrits par les groupes et présentés au tableau. Ce qui est transcrit diffère parfois de ce qui a été dit dans le groupe. Il est arrivé que les relations interpersonnelles tiennent une grande place, freinent le travail de résolution, paraissent déboucher sur une impasse et pourtant, tous les groupes ont affiché des résultats intéressants, tenant compte des propositions des membres du groupe. Ce qui est pensé par le groupe excède ce qui est dit.

...donnant lieu à une transcription écrite sans mention des événements suprasegmentaux

Les élèves doivent collaborer, le professeur n'assurant pas la gestion des échanges (mais ils savent que leurs propos sont enregistrés pour être écoutés par des chercheurs), pour parvenir à un résultat qui doit être aussitôt communiqué aux autres élèves : comment procéder, dans cette situation de communication complexe, pour dialoguer efficacement ?

Bo (extrait de 74) : *Il faudrait peut-être écrire quelque chose... (2)*

Ils avancent vers leurs résultats en gérant à la fois les relations entre pairs et la construction d'une solution.

(2) Les élèves sont repérés par leurs initiales, et les énoncés sont numérotés de 1 à... n, ces nombres sont indiqués en début d'énoncé.

• **Trouver les moyens de parler**

Pour parvenir à leurs fins, les élèves, qui se connaissent et savent quelles positions ils occupent dans l'espace social hiérarchisé qu'est leur groupe-classe, utilisent une stratégie discursive qui fait se croiser deux fils. Le premier emprunte les énoncés déjà utilisés en situation scolaire, avec effacement des personnes, en recourant à la neutralisation par « on » et au rappel à l'ordre « disciplinaire » si le groupe semble s'être égaré, chacun reprenant une consistance (retour à l'interlocution entre première et deuxième personnes) :

neutralisation par
« on »

118 – J. : *Déjà on commence pas par le début parce qu'on dit même pas... on a commencé à dire les forces, on a même pas dit les phases, les instants, le système, le référentiel. Tu as marqué ?*

119 – A. : *Dans sa tête.*

120 – Be. : *Ça se voit, le poids, c'est le référentiel terrestre...*

121 – J. : *Oui, mais alors pourquoi elle nous dit de le marquer ? Sinon à mon avis, c'est parce que ça...*

122 – Be. : *Moi, j'ai choisi la phase AC.*

Le rappel à l'ordre est aussi un rappel à la norme scolaire, soulignée par l'usage du verbe modalisateur, « falloir » :

Bo. (extrait de 13) : *Bon, alors, il faut découper en phases et en instants.*

rappel à la norme

Bo. (extrait de 17) : *Il faut décrire, découper en phases, en instants.*

Bo. (extrait de 36) : *Il faut d'abord dire le système.*

De cette façon, les rôles et les places de tous les protagonistes de l'échange sont stipulés et évalués, la référence restant une autorité, le professeur (J. 121, cité plus haut).

Toutefois, il est intéressant de constater que les positions évoluent, des élèves tentent de ne pas rester enfermés dans leurs place et rôle donnés, par défaut, par les situations antérieures : Bo. (extrait de 126) : *Moi, j'aimerais préciser les moments, les trucs.*

Nous voyons alors apparaître l'autre fil, celui de l'implication personnelle, dont la coloration par l'individu est marquée par l'usage des pronoms de la première et de la deuxième personne et des énoncés empruntés aux situations d'échanges entre pairs, en situation scolaire, mais hors la classe (voir, dans les échanges en italique, les éléments en caractères droit) :

les élèves
s'impliquent

37 A. : *Regarde/si tu lances un truc hyper lourd/tu/vas avoir vachement de mal à lancer que//*

43 A. : *Attends/je t'explique un truc (véhémement) : s'il est lourd P va être plus important/OK ? Et P quand tu lances un objet/il a un travail résistant//Donc/plus P est grand/plus le travail résistant est important et donc moins il va aller haut/Il va être vachement plus attiré*

45 A. : *Non/mais c'est con de regarder dans le bouquin//Si tu prends un truc de 10 kg/il est vachement plus attiré par la terre qu'un stylo//il va avoir vachement plus tendance à*

descendre qu'un stylo // Regarde la chute libre/la chute libre/
si tu lances un truc de 10 kg.

46 D. : Là/je suis pas d'accord//Moi je réfléchis/je me dis
qu'on va déterminer la vitesse pendant la montée avec le
théorème de l'énergie cinétique// Si tu passes comme ça/tu
vas arriver à simplifier m de chaque côté/en considérant qu'il
y a pas de frottements// Donc/à la rigueur/m/tu en as rien à
foutre//Pardon (au micro, rires).

Lorsque le débat se tend, que les enjeux tant de pouvoir au
sein du groupe que de résolution du problème deviennent
importants, le croisement des deux fils permet de créer un
genre de discours particulier, qui permet aux élèves de mener
à bien le travail de leur groupe.

• Les relations à l'intérieur des groupes

Cette construction « en avançant » d'un genre socio-discursif
propre à cette situation de communication a pour avantage
de permettre une gestion efficace des relations dans le
groupe, qui vont de la simple collaboration jusqu'au conflit en
passant par des coopérations stimulantes. Nous n'y reveni-
rons pas ici (Goffard & Goffard, 2001). Rappelons simple-
ment que, même si le conflit est « meurtrier » (entre Be. et J.
par exemple), les élèves sont toujours parvenus, à la fin du
temps accordé au travail de groupe, à proposer à la demi-
classe une solution au problème.

il y a toujours
production du
groupe

5.2. Négocier les solutions en progressant

Dans le cas ordinaire, les groupes collaborent pour élaborer,
par une négociation constante, une solution au problème. La
progression peut en être décrite en tenant compte de la
progression thématique, des marques énonciatives, des
évaluations interpersonnelles et de la cohérence sémantique.

Le mouvement est entretenu par des progressions thémati-
ques sans rupture d'isotopie (le même « sujet de discussion »
occupe l'ensemble des échanges, les mêmes mots sont repris
d'une intervention à l'autre soit au début – dans le thème, soit
à la fin – dans le rhème) :

15 D. : Ben/c'est la vitesse que tu lui donnes/ça dépend de
la vitesse/la puissance

16 A. : Ça dépend déjà de l'intensité

17 D. : De l'intensité de la force

18 A. : Et ça dépend de la vitesse- ah/mais ouais/ça dépend
de la puissance/exact

19 D. : Ça dépend de la puissance, c'est-à-dire du travail exercé

En particulier, il est possible de repérer des éléments qui
assurent le lien, par exemple, les thèmes des très
nombreuses interventions commencent par des éléments
(dits « textuels ») qui ont pour fonction de montrer que le locu-
teur se réfère aux propos déjà tenus : oui mais; eh ben; oui ? ;
alors; et; regarde; attends; va-(z)-y; dis donc ou qu'il les
complète : parce que si... ; donc :

progression
thématique

	96 E. : <i>Il y a la force de réaction</i>
	97 J. : <i>De la main</i>
	98. E. : <i>De la main</i>
	99 J. : <i>Au départ</i>
marques énonciatives	L'emploi assez fréquent du pronom « on » permet de neutraliser les oppositions de personne (donc de points de vue), d'impliquer de façon légère les membres du groupe dans l'intervention, tout en leur laissant la possibilité de se démarquer ensuite.
	Les élèves s'évaluent, mutuellement, de façon positive. Ils plaisantent :
évaluations interpersonnelles	6. D. : <i>(s'adressant à la personne qui filme) : Prenez-la comme ça/en train de faire ses...</i>
	7. A. : <i>Ah/non ! (rit et se rassoit, puis se relève)/ je peux pas le refaire ! (...)</i>
	Enfin, la cohérence sémantique est remarquable. Un petit nombre d'isotopies est mis à contribution pour tenter de résoudre le problème : E., J. et N. utilisent tous trois les mêmes 4 mots (force; vitesse; objet; poids) de l'isotopie //mécanique// ; A. et D. en ont 10 en commun, avec 2 mots issus de //école//. La situation de travail de groupe paraît donc bien acceptée, puisque les échanges sont ainsi très fortement concentrés sémantiquement. A., lorsqu'elle veut rendre concret son raisonnement, puise ses exemples dans le lexique ordinaire des élèves (bouquin; craie; stylo; balle; truc).
cohérence sémantique	Dans tous les cas, même lorsque des élèves s'affrontent (Goffard & Goffard, 2002), refusent de reconnaître les places et les rôles auxquels les interlocuteurs prétendent, le croisement des deux fils principaux permet de clore le conflit sur un constat de faillite apparente, tout en allant écrire au tableau les résultats accumulés tout en se disputant...

5.3. L'analyse du linguiste éclairé celle du didacticien

• L'affichage au tableau

Une première conclusion des échanges analysés est la publication au tableau des résultats des groupes. On constate, à la lecture (voir documents 1 p. 171), que, pour le problème fermé (cf. 4.1), ce qui est affiché est essentiellement une suite de relations mathématiques alors que dans les deux autres situations, qualitatives (cf. 4.2a et 4.2c), on trouve des interrogations, des éléments de raisonnement.

Les différences qui apparaissent nous permettent de poser la question du rôle de la tâche dans le travail des élèves. La recherche menée par les élèves n'est pas de même nature et l'accès à leurs représentations est différent.

Les groupes affichent par ailleurs des résultats relationnels ou qualitatifs différents indiquant par là des fonctionnements ou des niveaux de compréhension différents.

Sur le même problème, A., Be. et J. ne traitent que la première phase du problème (lors de la détente du ressort la bille acquiert de l'énergie cinétique), alors que Bo., D., M. et S traitent d'emblée les trois phases du problème et aboutissent au résultat demandé, traduit numériquement.

sur le même
problème, des
fonctionnements
de groupe
différents

Pour arriver à écrire quelque chose au tableau, Be. et J. s'affrontent sur l'interprétation du problème qui leur a été soumis. Et chaque fois que Be. essaie de construire un raisonnement, J. le conteste aussitôt ou déplace l'attention vers une autre caractéristique, A., le troisième protagoniste, se trouve neutralisé par ce duel permanent.

66 - Be. : *Le vecteur vitesse, il augmente et il va par là*

67 - J. : *Non, là, t'as pas le droit de dire puisque la bille est ici. Si tu dis qu'elle exerce une force comme ça*

68 - Be. : *Ça c'est ma bille*

69 - J. : *La tirette est comme ça. Si elle exerce une force elle va bouger, pour l'instant non, la tirette...*

70 - Be. : *Mais il l'a lâchée. Il la lâche là.*

Dans ce groupe, la discussion se termine, avant de se rendre au tableau, par : « C'est la liaison entre la vitesse et le travail... » (sous entendu : qu'il faut trouver). La nécessité d'écrire au tableau le résultat des recherches l'oblige à structurer les éléments de résolution échangés lors de la discussion. Alors que, dans son affrontement, le groupe donne l'impression d'un travail inefficace, il décrit de manière cohérente, au tableau, la phase de lancer de la bille. Les élèves écrivent au tableau la relation qu'ils ont cherchée jusqu'à leur dernière prise de parole dans le groupe.

affrontement
qui perdure...

Dans l'autre groupe, qui traite du même problème, l'opposition ne se manifeste pas. En fait, M. et D. ont des stratégies différentes, il est possible que M. soit le seul à avoir une vision globale de la situation. M. et D. pensent immédiatement à utiliser le théorème de l'énergie cinétique, mais D. ne souhaite considérer que la première phase et maintient ce point de vue pendant toute la période de travail du groupe. Les partenaires finissent par se séparer, D. travaillant seul et le groupe affiche le résultat de la résolution de Bo., M. et S.

104 - M. : *Mais non, on a pas besoin d'étudier là, on fait tout en même temps, ça revient au même.*

(...)

182 - D. : *... Je vous dis que j'essaie de calculer la vitesse que la bille a d'accord ?*

183 - Bo. : *Pourquoi faire ?*

184 - D. : *Mais pour savoir quelle force il faut que le ressort exerce sur la bille pour qu'elle ait cette vitesse*

185 - M. : *Tu trouveras pas comme ça*

186 - D. : *Moi je te dis que si*

187 - M. : *Non*

188 - D. : *Peut être pas mais au moins je le fais*

189 - M. : *Je fais autre chose.*

...ou séparation
des partenaires

échanger des
raisonnements...

À la dixième séance, A et D affichent un résultat qui traduit les discussions qui ont eu lieu entre eux. Ils osent écrire leurs interrogations sur les rôles de la force de la main et de la masse de l'objet lors du lancer vertical. Ils coopèrent, en échangeant constamment. Chacun reprend les propos de l'autre pour les examiner, les compléter, les accepter ou les contredire. Ce qu'ils échangent en fait ce sont moins des déclarations concernant les objets que des raisonnements (voir 43, 45, 46 cités en 5.1. « Trouver les moyens de parler »).

E. J. et N. n'indiquent pas le résultat de leurs discussions mais envisagent égalité entre force et vitesse. Ils coopèrent et mettent en scène de façon ludique leurs oppositions mais ils n'ont pas une représentation linguistique commune :

107 E. : *Pourquoi pas ? mais pourquoi pas ?*

108 J. : *Oui/pourquoi pas ?*

109 N. : *Pourquoi pas ? parce que pourquoi pas ! (rires)*

Leur représentation physique n'est pas non plus totalement partagée, mais ils ont décidé de coopérer et ne s'affrontent pas. N. est convaincue que la vitesse de l'objet qui tombe augmentera et elle défend son point de vue en argumentant de différentes façons. Elle prend un exemple qui lui paraît une évidence (63-65), ce qui lui évite de développer un raisonnement. Elle sous-entend ensuite que le mouvement a toujours lieu dans le sens de la force la plus grande (84-87), finit par prendre un exemple chiffré et s'implique et en essayant d'emporter la conviction des deux autres.

...ou des
évidences non
partagées

63 N. : *Si tu fais tomber un foulard//*

64 E. : *Oui ?*

65 N. : *Eh ben/la vitesse augmentera même s'il y a toujours des frottements// Donc la vitesse augmente// L'objet tombe/la vitesse augmente//*

84 N. : *Si la force de frottement est plus grande que le poids P/ eh ben/l'objet/il atteindra jamais le sol//*

85 E. : *Peut-être/au fur et à mesure/quand la vitesse augmente/la force de frottement augmente jusqu'à égaler la force// l'intensité du poids//*

86 N. : *C'est toujours proportionnel/elle pourra jamais égaler//*

87 E. : *La vitesse/elle va augmenter/F va augmenter/à un moment/F va être égale à P en norme//*

114 N. : *Justement la vitesse// la vitesse de mon objet a augmenté la force de frottement aussi/mais ça peut pas l'égalier//*

115 J. : *La force de frottement peut pas égaler le poids ?*

116 N. : *Non/non/regarde/si tu prends 10m/s et que les forces de frottement/5N// Si tu prends ensuite 20 mètre seconde/vous êtes d'accord avec moi que la vitesse va augmenter proportionnellement//*

Les propositions énoncées par N. sont irrecevables pour les deux autres membres du groupe de même que celles énoncées par E. Ces énoncés font souvent l'économie d'un raisonnement et ne sont pas toujours justifiés. L'impasse linguistique se double d'une impasse conceptuelle et les

conduit au résultat affiché au tableau énoncé de manière dubitative par E. avant l'affichage au tableau.

117 J. : *Mais de toute façon/ si cette force est égale à celle-là/ eh ben/ l'objet/ il est en équilibre//*

118 E. : *Oui (perplexe)//*

119 N. : *Non/ je pense pas//*

120 J. : *Je peux écrire là-dessus ?// Si lui/ il est soumis au poids et il est soumis à une force de frottement/ il est en équilibre là (gestes des bras, descendant et s'arrêtant brutalement)//*

E. en tire une autre proposition – à laquelle aucun des membres ne croit – mais qui sera écrite au tableau :

121 E. : *Non/ mais/ est ce que c'est possible ? d'après vous/ que la valeur de la vitesse soit égale à la valeur de F ? ça c'est possible ça ?*

L'analyse des échanges qui conduisent à l'affichage au tableau permet d'accéder à leur façon de procéder et à leur conception du travail de résolution d'un problème.

• Rôle de la tâche

Au cours des séances de résolution, différentes situations problèmes ont été proposées, en fonction des contraintes de l'enseignement. Certaines étaient, comme nous l'avons vu, des problèmes fermés extraits de manuels. Selon la tâche proposée, les réactions des élèves sont différentes et l'accès à leurs modes de raisonnement facilité ou non.

Lorsque le problème est fermé on peut constater qu'ils recherchent essentiellement des formules (ou des théorèmes) à appliquer. Très tôt M. et D. échangent une proposition.

18 – M. : *Il faut calculer le travail, la variation d'énergie cinétique.*

19 – D. : *En fait, il faut calculer la force que le ressort exerce sur la bille pour que la bille monte jusqu'en C et qu'ensuite elle redescende. On va utiliser le théorème de l'énergie cinétique, à mon avis.*

20 – M. : *Moi aussi.*

Ou encore Be. et J. s'agressent à coups de relations mathématiques

99 – J. : *Tu as le travail du poids + le travail de T*

100 – Be. : *Non $W(P) + W(T)$ ça fera jamais égal à zéro*

101 – J. : *Si tu considères que $v = 0$*

102 – Be. : *Là c'est pas égal à 0 et la variation...*

Alors qu'ils s'affrontent ou coopèrent et que la solution ne paraît pas évidente, ils se raccrochent aux instructions et outils donnés, en cours, par le professeur. Deux élèves – J. dans un groupe, Bo. dans l'autre – disent la norme (118-121 et extraits de 13, 17, 36 déjà cités en 5.1. : « trouver les moyens de parler »).

appliquer des formules et se raccrocher à la norme

Les éléments qui permettent de préciser la manière dont ils décrivent la situation sont rares. Dans un des groupes, cette dernière est immédiatement identifiée comme connue.

3 – Be : *C'est l'histoire d'une bille dans un flipper (bruits de flipper).*

Une représentation apparaît au début de la résolution puis est oubliée pour des raisons d'affrontement dans le groupe ou de non efficacité de cette représentation.

13 – Be : *Je pose une idée, j'é mets une hypothèse; là elle (la bille) va perdre de la vitesse (le long du plan incliné), le travail ici c'est le même qu'ici. (le travail ici = au moment du lancement c'est le même qu'ici = le long du plan incliné ?).*

des raisonnements
détournés

Dans l'autre groupe, M. révèle sa compréhension du phénomène, en cours de route mais l'exploitation de l'idée énoncée tourne court.

136 – M. : *Moi, je vais vous dire une chose, d'après moi le ressort il donne de l'énergie cinétique,
(...)*

142 – M. : *Moi je sais, enfin je crois, le ressort donne de l'énergie cinétique à la bille qui n'en a plus là (= C ?).*

Lorsque la situation problème est ouverte, qualitative, le recours à la formule n'est pas possible; les élèves cherchent à exprimer ce qu'ils pensent, leur manière de comprendre la situation ou les contradictions qu'ils perçoivent entre la physique qu'ils apprennent et celle de leur expérience.

Dans un groupe, A. et D. tentent d'élaborer une représentation du problème, cherchent à articuler leurs points de vue pour qu'ils deviennent opératoires; dans l'autre groupe, E. J. et N. échangent des énoncés qui ne les mènent qu'à des impasses.

des tentatives
pour raisonner

La discussion permet à D. de construire une représentation du phénomène qu'il n'avait pas au début. Même si la solution qu'il a déjà vue dans le livre l'aide, il manifeste d'abord son incompréhension sur le rôle de la masse, mais arrive ensuite à expliquer à A. ce qui lui était au départ incompréhensible.

60 D. : *Oui/ça dépendra de l'intensité de la force//Si tu dis que je vais le lancer à 15 km/h/que tu lances un truc d'1 tonne ou un truc de 1 kg/ça reviendra au même/il va à la même hauteur/c'est une question de vitesse//*

61 A. : *Oui/si tu lances/si tu arrives à lancer à la même vitesse//*

62 D. : *Voilà c'est ça/je te dis que la masse joue pas pour la hauteur/c'est la vitesse qui joue//*

66 D. : *//Donc/si c'est plus lourd/la masse joue pas dans la hauteur/mais dans la puissance de la force qu'il faudra mettre//*

Il nous semble que le type de problème joue un rôle important dans les échanges entre élèves et le type de raisonnement qu'ils peuvent mener.

un problème est-il
un « prêt à
penser »...

Si le problème est fermé et qu'une solution mathématique est demandée, les élèves cherchent une formule et celle-ci, ou les consignes données par le professeur, servent de « prêts à penser », orientent leur façon de réfléchir et les détournent, d'une certaine façon, d'un raisonnement de bon sens qu'ils seraient capables de mener dans la vie quotidienne.

...ou un moyen de
raisonner ?

Si le problème est ouvert, on peut constater que connaître la solution lue dans un livre ne permet pas de comprendre les phénomènes et de les expliquer. A. n'est pas satisfaite par le résultat du livre, elle insiste et force D. à des explications constructives. Ce dont A. veut parler n'est pas ce qui est dans le livre, elle cherche à mettre en relation ce qu'elle perçoit de la réalité et les concepts physiques qu'elle a appris. Ce qui intéresse A. et D. est leur savoir et ils osent afficher un non-résultat (en espérant probablement avoir la réponse ultérieurement). De même E., J. et N. essaient de se convaincre mutuellement en échangeant leur manière de concevoir la physique.

Les échanges ne portent pas de manière égale, dans les quatre groupes, sur leurs raisonnements. S'il est possible de les connaître dans des situations ouvertes ils sont moins accessibles lorsque le problème est fermé mais on peut dire que, même si le savoir du livre ou celui du professeur font autorité, ils sont en partie inopérants et restent à construire par les élèves.

donner de
l'importance
aux problèmes
qualitatifs

Ce que nous avons observé nous conduit à mettre en question le type des tâches proposées aux élèves. Comme nous l'avons indiqué précédemment, les différentes recherches menées dans notre laboratoire ont montré les difficultés rencontrées par les élèves dans la résolution de problèmes de manuels et l'importance des processus de modélisation. Il nous semble que les problèmes que l'on rencontre dans les manuels récents que nous avons pu consulter, et qui consistent à faire appliquer des formules, ne permettent pas aux élèves de penser et les éloignent même de la réflexion. Les producteurs de manuels proposent des problèmes numériques parce que les programmes les y incitent. Par exemple lorsque les concepteurs de programmes insistent sur les relations numériques entre grandeurs physiques, les problèmes sont numériques alors que, lorsque le concept d'énergie est introduit en liaison avec des chaînes énergétiques pour développer les propriétés de cette grandeur (mise en réservoir, conservation, transferts d'énergie entre systèmes...), les problèmes proposés sont plus qualitatifs.

• Les concepts physiques utilisés pour décrire les situations

Sur les trois situations traitées, deux font intervenir essentiellement le concept d'énergie; les propriétés de stockage, transfert et transformation peuvent être mises en œuvre aussi bien dans le problème du ressort qui se détend en

poussant une bille que dans celui de l'objet que l'on lance ; le troisième problème ne fait intervenir que les concepts de force et vitesse. Nous nous intéresserons uniquement aux situations qui font intervenir le concept d'énergie sur lequel porte le programme d'enseignement.

le concept
d'énergie, grand
absent du discours

Dans les trois discussions analysées, nous pouvons constater que ce concept est le grand absent ou source de confusions multiples. La cohérence sémantique se manifeste par exemple entre A. et D. qui utilisent quatre mots (masse, vitesse, force, hauteur) de l'isotopie « mécanique ». Les élèves raisonnent essentiellement en terme de force et vitesse.

- Ils confondent énergie cinétique possédée par un système et travail d'une force; c'est-à-dire qu'ils ne distinguent pas entre grandeur décrivant un état et grandeur caractérisant un transfert. Le mot « travail » est souvent utilisée à la place de celle « d'énergie cinétique » comme par exemple :

14 - J. : *Le travail (à la place de l'énergie cinétique) de la bille qu'elle a là (?) c'est le travail (à la place de la force) qu'exerce le ressort*

confusion entre
énergie cinétique
et travail...

15 - Be. : *Le travail (à la place de l'énergie cinétique) de la bille on peut le... Tu peux pas savoir.*

17 - Be. : *On peut savoir qu'à partir de v_A , quand la vitesse commence à diminuer, c'est à dire que le travail (à la place de l'énergie cinétique) en v_A , c'est ce qui va lui permettre de monter tout ça.*

- Ils assimilent l'énergie cinétique à la vitesse; dans le problème fermé qui demandait une relation littérale, un des deux groupes cite le terme de travail presque autant de fois que celui de vitesse, et l'expression « donner de la vitesse » est employée 2 fois, alors que celle de « donner de l'énergie cinétique » jamais. Le terme d'énergie cinétique, dans ce problème est essentiellement utilisé dans l'expression « théorème de l'énergie cinétique » ou dans les expressions mathématiques. Un seul parmi les 7 élèves qui ont traité de ce problème semble avoir comme une révélation à peu près au milieu de la discussion, qui compte 230 interventions (voir 136-142 cités en 5. 3. : « Rôle de la tâche »).

...énergie
cinétique...
et vitesse...

L'assimilation de ces deux grandeurs se retrouve dans l'échange entre A et D qui traite de l'objet que l'on lance. D. utilise indifféremment l'un ou l'autre (en 82) et veut compenser travail par vitesse (en 86). Il semble bien à la lecture de cet échange que la différenciation entre les concepts de vitesse et énergie cinétique ne soit pas faite par les élèves.

82 D. : // *donc/à partir de ce moment-là/l'énergie cinétique ou la vitesse rentre en compte//*

85 A. : *Il va falloir compenser le travail du poids par l'intensité de la force ?*

86 D. : *Non/par la vitesse//*

Le terme de vitesse est cité 22 fois par ces deux élèves, celui d'énergie cinétique 4 fois. Ainsi, dans l'énergie cinétique, le

rôle de la masse est sous-estimé. Ce qui conduit A. et D. à s'interroger sur ce rôle dans le lancer et à manifester leur désaccord. Les élèves ne voient pas que, de deux objets lancés à la même vitesse, le plus lourd possède au départ, plus d'énergie cinétique. Cette difficulté de mise en relation conjointe des facteurs masse et vitesse est connue et avait déjà été repérée par Lemeignan et Weil-Barais (1993) lors de la construction du concept de quantité de mouvement. L'énoncé de la formule donnant l'énergie cinétique est manifestement insuffisant pour que les élèves construisent ce concept. Comme nous l'avons déjà dit, connaître la solution du problème n'aide pas D. à raisonner et à justifier l'intervention de la seule vitesse dans l'altitude atteinte par l'objet.

...travail et force

- Lorsque les élèves parlent de « travail d'une force », c'est le facteur force qui apparaît prépondérant ainsi dans l'échange cité précédemment (en 85) ou encore lorsque A. veut convaincre D. que la masse intervient dans la vitesse atteinte par l'objet, elle insiste sur le travail du poids qui est résistant et sur le fait que, étant plus lourd, l'objet est plus attiré.

43 A. : *Attends/je t'explique un truc (véhémement) : s'il est lourd P va être plus important/OK ? Et P quand tu lances un objet/ il a un travail résistant// Donc/plus P est grand/plus le travail résistant est important et donc moins il va aller haut/Il va être vachement plus attiré*

modéliser et
conceptualiser

Les élèves rencontrent, à l'évidence, des difficultés sur la mise en œuvre du concept d'énergie et l'application du théorème de l'énergie cinétique, quel que soit le type de problème utilisé (fermé avec solution littérale ou situation ouverte avec raisonnement qualitatif) mais ces difficultés sont plus faciles à mettre en relief lorsque les élèves ne cherchent pas des formules à appliquer. Il n'est pas sûr que ces derniers attribuent un sens physique aux relations mathématiques qu'ils apprennent. Utiliser le théorème de l'énergie cinétique est pour eux une formule qui ne permet pas de raisonner. Lorsque la dixième séance est enregistrée, l'enseignement de la partie énergie mécanique du programme est pratiquement terminée, on aurait pu penser que les élèves parleraient d'énergie et nous pensons donc que l'enseignement est passé à côté du concept, ce qui ne signifie pas que les élèves ne pourront pas utiliser ce qu'ils ont appris pour construire des relations entre le concept d'énergie et les différents autres concepts de la physique.

Les chercheurs, psychologues et didacticiens, qui ont travaillé sur la conceptualisation (Vergnaud, 1987) et sur la modélisation en sciences expérimentales (Martinand et al., 1992) ont développé l'idée que les représentations symboliques n'étaient qu'un aspect du concept et de son apprentissage. Aborder le concept d'énergie par ceux de travail, d'énergie cinétique et par le théorème de l'énergie cinétique impose immédiatement la représentation mathématique, ne

permet pas de penser le processus de modélisation et passe à côté de la conceptualisation. Les discours des élèves nous montrent que les formules fonctionnent comme des « prêts à penser » non comme des aides à la pensée.

6. DISCUSSION

Les travaux des groupes se déroulent dans des conditions scolaires atypiques. Élèves et enseignant sont réunis dans une salle de classe pour résoudre des problèmes de physique (eux-mêmes atypiques), le professeur jouant un rôle d'assistant, les élèves étant obligés de parler, de se parler, en petits groupes pour, par la négociation, parvenir à des propositions de résolution qui puissent être discutées par l'ensemble des groupes.

les élèves parlent
de physique

Les élèves parlent de physique, non comme des physiciens, non comme des manuels, non comme des élèves dans une classe ordinaire – mais ils arrivent à parler de physique. Parfois, l'échange est difficile, les mots manquent. Et pourtant, ils parlent, parce que ce qu'ils vont dire sera pris en considération par les autres groupes, ce qui donne sens à la situation de travail de groupe.

la question du
pouvoir apparaît

Les élèves négocient et rencontrent, de fait, la question du pouvoir. Dans aucun groupe, cette dernière ne reçoit de réponse définitive. Les élèves se le disputent à chaque instant, un le prend, les autres le lui contestent, le pouvoir est remis en jeu, de nouveau un autre le prend, etc. Lorsqu'un élève parvient à s'imposer, ce n'est qu'à la faveur d'un consensus provisoire, établi par le groupe pour éviter le blocage du processus de résolution.

La situation de communication instituée par cette résolution de problème a conduit les élèves à construire des échanges dont ils ont découvert progressivement les règles pour parvenir à gérer leurs relations interpersonnelles et la résolution du problème. Pour ce faire, ils tissent une négociation dialoguée avec deux fils principaux, l'un apportant l'expérience personnelle de l'élève dans le débat, l'autre recourant aux énoncés légitimés par les échanges antérieurs en classe de sciences physiques. Pour autant, les évaluations des deux domaines d'intervention ne sont pas négligées, ni l'affectivité de chacun des membres des groupes, qui peut alors venir perturber mais non bloquer la résolution du problème.

La linguistique permet d'ouvrir des perspectives pour interpréter les discours (où sont mêlés oral, écrit et genres discursifs différents, à la fois conversation, débat, discussion, cours, querelle, etc.) dont l'analyse est délicate parce qu'ils n'entrent dans aucune case répertoriée.

les problèmes
ouverts font surgir
les représentations
des élèves

Nous constatons que les échanges sont plus riches lorsque le problème est ouvert, parce que les élèves ne trouvent pas des expressions prêtes à être utilisées dans leur mémoire d'élève. Il leur faut alors trouver les moyens de mettre en mots leur réflexion. Nous voyons, dans ce cas, surgir les représentations personnelles que les élèves se font de la situation mise en place par l'énoncé du problème. En revanche, lorsque les élèves sont confrontés à un problème fermé, ils ont recours – principe fondamental d'économie – à des énoncés déjà disponibles, en particulier les formules et les relations mathématiques. Nous ne pouvons alors constater qu'un emploi pertinent ou non de ces « prêts-à-dire ». Si la discussion ne s'engage pas, c'est-à-dire si les points de vue ne divergent pas, nous n'avons pas accès aux représentations des élèves...

Les résultats des analyses conjointes, didactique et linguistique, indiquent que :

- la résolution du problème de physique n'est pas la seule préoccupation des locuteurs : l'affectivité, la hiérarchie, l'intimité interviennent dans la construction du discours,
- un certain nombre de domaines sémantiques sont convoqués dont la constitution, par les constructions syntaxiques et le choix des termes, permet d'approcher ce que les élèves comprennent d'un concept.

les problèmes
fermés renvoient
à l'emploi des
« prêts-à-dire »

L'analyse didactique menée de pair avec celle de la cohérence sémantique a permis de constater l'absence, dans le discours, du concept d'énergie et l'utilisation prédominante des concepts de force et de vitesse, avec une confusion dans l'emploi des termes vitesse et énergie cinétique, travail et force.

linguistique et
didactique
amènent à
s'interroger sur
l'enseignement
des concepts

Cette constatation peut conduire à s'interroger sur l'enseignement des concepts : ce n'est pas, par exemple, parce que la formule de l'énergie cinétique paraît simple à un physicien qu'elle doit être livrée telle quelle aux élèves; ne faut-il pas envisager une construction du concept permettant de différencier le rôle de la vitesse et celui de la masse lorsque les deux grandeurs sont associées dans une relation ?

Que ce soit dans les programmes de 1989, contexte du travail de la classe étudiée, ou dans les programmes actuellement en vigueur dans l'enseignement français en classe de première scientifique, la manière dont le concept d'énergie est introduit n'est peut-être pas celle qui facilite le mieux la conceptualisation. La question reste d'actualité.

Monique Goffard
UMR STEF ENS Cachan – INRP

Serge Goffard
CRDP Créteil; UMR-STEF ENS Cachan – INRP

BIBLIOGRAPHIE

- AMIGUES, R. (1988). Travail en groupe des élèves et changement de conception. In R. Amigues, & S. Johsua (Éds). *L'enseignement des circuits électriques : conceptions des élèves et aides didactiques*. Technologies, Idéologies, Pratiques, 7-2.
- BAKHTINE, M. (1984). *Esthétique de la création verbale*. Paris : Gallimard.
- CAILLOT, M. & DUMAS CARRÉ, A. (1987). PROPHY : un enseignement d'une méthodologie de résolution de problèmes de physique. In J. Colomb, & J.-F. Richard (Éds.). *Résolution de problèmes en mathématique et physique. Rapport de recherche* (pp. 199-244), 12. Paris : INRP.
- DUMAS CARRÉ, A. & GOFFARD, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique*. Paris : Colin.
- DUMAS CARRÉ, A. & WEIL-BARRAIS, A. (dir.) (1998). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Bern : P. Lang.
- GIL PEREZ, D., MARTINEZ TORREGROSA, J. & SENENT PEREZ, F. (1987). La résolution de problèmes comme activité de recherche : un instrument de changement conceptuel et méthodologique. *Petit X*, 14-15, pp. 25-38.
- GOFFARD, S. (1997). *Entrer dans l'écrit : les genres du discours*. Créteil : CRDP de l'académie de Créteil, « Argos références ».
- GOFFARD, M. & GOFFARD, S. (2001). Communiquer entre pairs et résoudre des problèmes de physique. In Actes des deuxièmes rencontres de l'ARDIST de Carry le Rouet. *SKHOLÉ*, hors série. IUFM Marseille, pp. 373-390.
- GOFFARD, M. & GOFFARD, S. (2002). Coopération entre élèves lorsqu'ils construisent une représentation d'un problème de physique : analyse didactique et analyse de discours. In P. Venturini, C. Amade-Escot, & A. Terrisse (Éds.). *Études des pratiques effectives : l'approche des didactiques*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- GOMATOS, L. (1996). *Résolution de problèmes en petits groupes : contributions et difficultés*. Thèse de l'université de Paris 7.
- KEMPA, R. F. & AYOB, A. (1991). Learning interactions in group work in science. *International Journal of Science Education*, vol. 13, n° 3, 341-354.
- LEMEIGNAN, G. & WEIL-BARRAIS, A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris : Hachette.
- MARTINAND, J.-L., ASTOLFI, J.P., CHOMAT, A., DROUIN, A.M., GENZLING, J.-C., LARCHER, C., LEMEIGNAN, G., MEHEUT, M., RUMELHARD, G. & WEIL-BARRAIS, A. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- RASTIER, F. (1987). *Sémantique interprétative*. Paris : PUF.
- VERGNAUD, G. (1987). Les fonctions de l'action et de la symbolisation dans la formation des connaissances chez l'enfant. In J. Piaget, P. Mounoud & J. P. Bronckart (Éds). *Psychologie*, 821-844. Encyclopédie de la Pléiade. Paris : Gallimard.