

Le diagramme objets-interactions

Prophy*
I.N.R.P. - LIRESPT

Les objectifs des programmes de sciences physiques en classe de Seconde (parus en 1985) précisent qu'il faut «faire acquérir aux élèves une méthode de résolution d'exercices de statique (Définition du système, inventaire des actions, application des lois)». Un groupe de recherches de l'INRP (PROPHY) a travaillé pendant quatre ans sur ce sujet et essaye d'élaborer des aides à la résolution de problèmes de mécanique de Seconde et Première.

Parmi l'ensemble de ces aides, apportées par le professeur dans le cadre de son enseignement, nous avons choisi d'en présenter une dont nous avons testé l'efficacité et que nous avons dénommée : «le Diagramme Objets-Interactions ». L'ensemble des aides a été présenté en atelier aux Journées nationales de l'U.D.P. à Reims (octobre 86).

1. QUELQUES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES PAR DES ÉLÈVES LORS DE LA RÉOLUTION D'UN PROBLÈME DE MÉCANIQUE.

Tout enseignant de physique recommande à ses élèves de commencer un problème de mécanique en définissant un système, en analysant les actions qu'il subit et en représentant les vecteurs forces. Chacune de ces consignes est en fait une difficulté pour l'élève qui aborde la mécanique.

Le schéma vectoriel des forces qui résume la première partie de la résolution d'un problème renferme l'ensemble des connaissances physiques que l'élève doit assimiler :

* Le groupe PROPHY est constitué de :
M. CAILLOT, Université Paris VII, LIRESPT ;
H. CLUET, Lycée Vilgenis, Massy ;
A. DUMAS-CARRE, Université Paris 7, LIRESPT ;
D. FRANCOU, Lycée Montalembert, Courbevoie ;
M. GOFFARD, Lycée Henri IV, Paris, LIRESPT ;
M. PARISIS, Lycée d'Arsonval, St Maur.

- analyse du dispositif et de son fonctionnement,
- choix d'un système,
- distinction entre forces à distance et forces de contact,
- distinction entre actions réparties et actions localisées,
- recherche du sens des forces,
- construction du schéma des forces.

1.1. Choisir un système ? Lequel ?

Souvent la question du problème porte sur un système particulier, le nombre d'objets intervenant dans la situation étant limité. Pour l'enseignant, le système est évident et le problème du choix ne se pose même pas. Le choix du système est si implicite que, lors de la correction, on dit souvent : «tel objet est soumis aux actions...» (sous-entendu : tel objet, que je choisis comme système, est soumis à...). Les solutions des exercices corrigés qui figurent dans les livres opèrent souvent de même, comme le montre l'exemple suivant :

«Traction d'un bloc sur une pente» [1]. Il s'agit de tirer, sur une pente inclinée, un objet parallélépipédique de poids déterminé. On exerce une force constante $\mathbf{F}$ pour maintenir l'objet à une vitesse constante sur le plan ; les dimensions du bloc sont données, et on demande la réaction du sol sur le bloc.

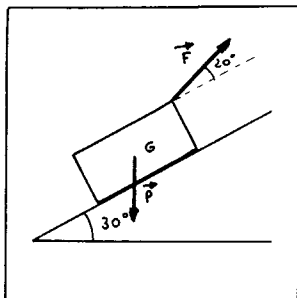


Figure 1

La solution de l'exercice corrigé commence par : «Dans les conditions du problème (mouvement de translation uniforme), les forces appliquées au solide vérifient la relation $\mathbf{R} + \mathbf{P} + \mathbf{F} = \mathbf{O}$, où $\mathbf{R}$ est l'action du sol sur le bloc»...

Le système considéré est bien évidemment le bloc, soumis aux 3 forces.

L'élève qui débute est en droit de se poser la question : pourquoi le bloc et non le sol ? ou le bloc et le sol ? parce que, par habitude, on ne prend jamais le sol ?

La question est plus ardue qu'elle n'en a l'air. Plusieurs objets, donc plusieurs systèmes peuvent, le plus souvent, être choisis. Nous avons tous, lors de corrections de copies, rencontré des maladroites commises sur le choix du système. Il n'est pas rare qu'un élève choisisse comme système un objet et le plan d'appui sur lequel celui-ci repose. Dans un problème (type) de statique, abordé en Seconde (objet attaché à un ressort et question sur la tension de ressort), nous trouvons des élèves qui choisissent comme système l'objet, d'autres qui considèrent l'objet et le ressort, d'autres le ressort et d'autres enfin qui ne choisissent rien. Plus le nombre d'objets décrits dans l'énoncé est grand, plus le nombre de sous-systèmes augmente, plus le choix devient difficile.

Encore un exemple : un exercice [2] considère deux cylindres A et B, de poids différents reliés par un fil NN', ces deux cylindres sont fixés, par l'intermédiaire d'un fil MM' à un crochet. La question porte sur la tension du fil NN'.

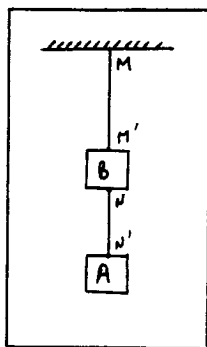


Figure 2

La solution proposée commence par «Considérons comme système (S) le solide A. Ce système est soumis à deux forces »...

Pourquoi A ? Pourquoi pas B puisque le fil est tendu entre A et B ? Pourquoi pas A et le fil NN' ou B et le fil NN' ou A, B et le fil ? Toutes ces questions peuvent se poser à l'élève et la solution apportée ne donne aucune réponse si ce n'est qu'en choisissant A on arrive à faire le problème.

L'élève ne possède pas, le plus souvent, les critères de choix. Notre groupe de recherche essaye d'explicitier ces critères et de les enseigner aux élèves. Ce choix n'est jamais indépendant du principe à appliquer et de la question posée. Par exemple, en statique, les critères de choix du système imposent :

- que l'objet soit indéformable (ce qui exclut fils et ressorts, tels qu'ils sont modélisés dans le second cycle).
- qu'il soit en équilibre
- que la force cherchée soit une action extérieure au système.

Dans le cas où la grandeur cherchée n'est pas une force, nous demandons à l'élève de traduire cette grandeur en termes de force, c'est-à-dire chercher la force directement reliée à la grandeur cherchée. Exemple : chercher l'allongement d'un ressort est traduit par : déterminer la tension du ressort.

Donner ces critères de choix ne suffit pas. Entre l'énoncé qui décrit une situation, en général nouvelle pour l'élève, et sa modélisation en termes de système et de forces, l'écart est grand et le risque d'erreurs important.

1.2. L'analyse des actions ? Une deuxième difficulté.

Chacun de nous a observé les erreurs suivantes :

- les forces intérieures au système choisi sont considérées comme extérieures. Exemple : la tension du ressort considérée comme une force extérieure au système ressort + objet.
- la réaction d'un support, d'un plan d'appui ou d'un axe est souvent oubliée.
- des forces sont en surnombre, comme la force qui fait descendre l'objet sur un plan incliné.
- la vitesse d'un solide est considérée comme une force.

On peut multiplier les exemples d'erreurs entrant dans l'une de ces quatre catégories.

Pour aider les élèves à surmonter ces difficultés, nous avons élaboré un outil appelé : **DIAGRAMME OBJETS-INTERACTIONS**.

2. LE DIAGRAMME OBJETS-INTERACTIONS

2.1. Fonctions du diagramme

C'est une représentation graphique qui a pour but de préparer les élèves à faire un choix du système et un bilan des forces agissant sur lui ; dans le processus de résolution du problème, elle se situe après l'analyse spatiale (et temporelle) de la situation décrite par l'énoncé et avant le schéma vectoriel des forces. On peut donc dire que c'est une représentation intermédiaire entre la représentation spatio-temporelle qualitative («ce qui se passe») et la représentation du physicien modélisée en termes de grandeurs vectorielles : les forces.

L'objectif est de faire l'inventaire de toutes les interactions existant entre les objets qui participent à la situation décrite par l'énoncé. Cet inventaire est présenté sous forme d'un schéma synthétique qui doit contenir un maximum d'informations, de sorte que l'élève puisse poursuivre, dans les meilleures conditions, sa résolution.

Ainsi, sur le diagramme, les différences entre objets déformables et indéformables sont prises en compte, de même on y précise des caractéristiques des interactions (interactions à distance ou de contact, interactions avec ou sans frottement).

2.2. Code utilisé

2.2.1. La schématisation des objets

Le Diagramme Objets-Interactions prend en compte tous les objets cités dans l'énoncé et ceux qui sont souvent implicites, mais qui ont un rôle fondamental en mécanique comme la Terre pour l'interaction de gravitation ou les différents supports et axes.

Chaque objet est représenté par son nom écrit, entouré d'un rectangle si l'objet est indéformable, d'un « nuage » s'il est déformable, comme par exemple un ressort ou un fil. Par objet, nous entendons tout objet simple (un palet, un ballon ou même un skieur), mais aussi toute partie d'un objet complexe comme la boule et le fil d'un pendule.

Les objets du dispositif représenté sur le schéma de la figure 3 seront traduits de la façon suivante :

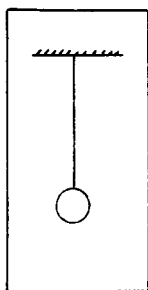


Figure 3

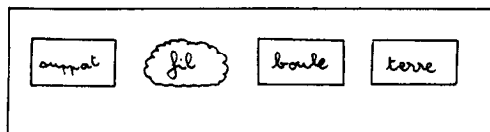


Figure 4

Dans la catégorie des objets, nous incluons des entités au statut un peu particulier :

- la Terre pour l'interaction de gravitation
- les plans d'appui (sol, plan incliné, plan horizontal...) sur lesquels des objets sont posés et qui font intervenir une interaction de contact.

Nous avons voulu distinguer ces objets pour que les élèves n'oublient pas, dans certains problèmes, l'interaction de contact (les réactions des supports sont souvent omises spontanément). Il est sûr que d'un point de vue physique nous aurions pu garder la Terre comme objet unique : à la fois comme source du champ de gravitation et comme support. Bien que « l'objet » plan d'appui n'ait ni masse ni limite matérielle (caractéristiques de tout objet physique) les élèves admettent volontiers l'existence de cet objet particulier qui leur évite des erreurs ultérieures dans la résolution.

Une fois tous les objets identifiés, leur nom est disposé sur le diagramme. Comme ce schéma est avant tout fonctionnel, relationnel, la position relative des rectangles et des nuages n'est pas importante. Ce n'est pas comme pour un diagramme de forces où il faut tenir compte des positions et des angles, autrement dit, de la géométrie de la situation. Seul un souci de clarté peut guider la disposition des objets sur la feuille de papier : éviter que les traits représentant les interactions se croisent trop souvent pour finir par embrouiller le schéma. Nous demandons aux élèves de prendre en compte tous les objets présents dans

l'énoncé, la Terre, les plans d'appui, et les autres objets susceptibles d'interagir.

2.2.2. La schématisation des interactions

Toute interaction entre deux objets est symbolisée par une double flèche joignant les rectangles ou les « nuages ». Les flèches aux deux extrémités mettent l'accent sur la réciprocité de l'interaction.

A agit sur B	$A \longrightarrow B$,
comme B agit sur A	$B \longrightarrow A$
A et B interagissent	$A \longleftrightarrow B$.

Nous utilisons le trait plein pour toute interaction de contact et les pointillés pour une interaction à distance.

Le diagramme permet de considérer des interactions avec des objets non cités dans l'énoncé, un énoncé ne décrivant qu'une toute petite partie de l'univers physique, qui est en interaction avec le reste du monde ; néanmoins, il faut savoir limiter la description que l'on veut faire. Prenons le cas d'un problème comprenant plusieurs objets dont une poulie. L'axe de la poulie n'est pas toujours cité, cet axe est porté par un support, peut-être même à travers un roulement à billes. Nous choisissons de ne prendre en compte ni le support de la poulie ni le roulement à bille afin de limiter le nombre d'objets. Mais afin de montrer que le reste de l'univers existe, nous avons choisi la convention suivante : on dessine, à partir des objets concernés, un trait sans flèche, indiquant par là, l'existence d'une interaction avec des objets non précisés :

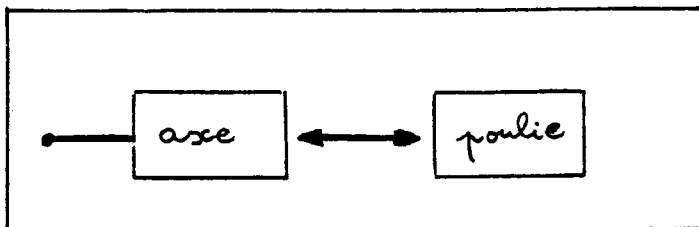


Figure 5

Nous demandons à l'élève d'indiquer, sur le diagramme, l'existence des frottements :

- si un frottement est cité dans l'énoncé, on écrit à côté de la flèche «fr».
- si l'énoncé précise qu'il y a pas de frottement, explicitement ou implicitement (plaque de verglas, mur lisse...) nous faisons écrire «sfr» (sans frottement).
- si l'énoncé ne donne aucun renseignement sur une présence éventuelle de frottement, on écrit «fr» ?, le point d'interrogation soulignant l'incertitude.

Il suffit, pour l'élève, de ne s'interroger sur l'existence de frottements, que dans le cas où les interactions peuvent donner lieu à un déplacement relatif des objets interagissant (comme pour un chariot se déplaçant sur un plan ou un fil passant sur la gorge d'une poulie). Par contre, toute interaction de type accrochage par un point se fait sans frottements puisqu'il n'y a pas de déplacement relatif possible entre l'objet et le support auquel il est accroché.

– S'il existe plusieurs points de contact entre deux objets comme dans le cas d'une petite cuillère posée dans un bol où le contact se fait en deux points, l'élève doit considérer qu'il y a autant d'interaction de contact que de points de contact. Son diagramme doit en tenir compte par autant de flèches d'interactions.

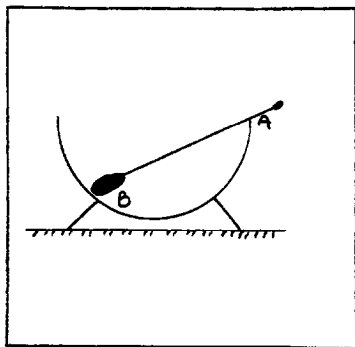


Figure 6

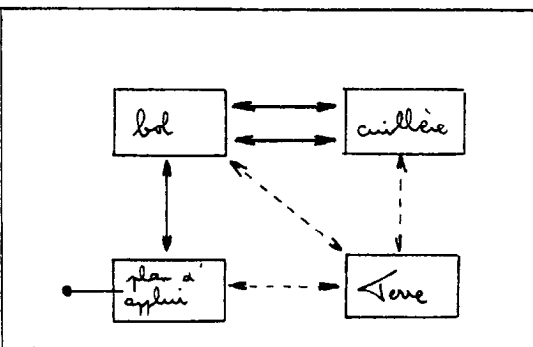


Figure 7

Le tableau ci-dessous résume les codes utilisés pour construire le Diagramme Objets-Interactions.

1 - Objets	
a - ceux de l'énoncé	
- objets indéformables	nom de l'objet
- objets déformables	nom de l'objet
- plan d'appui, sol ...	sol
b - Terre	terre
2 - Interactions	
a - à distance	$A \leftarrow \text{---} \rightarrow B$
b - de contact	
- avec frottement	$A \xleftarrow{\text{fr}} B$
- sans frottement	$A \xleftarrow{\text{sfr}} B$
- frottement possible	$A \xleftarrow{\text{fr?}} B$

2.3. Exemples

Un exemple nous permettra de résumer la construction du diagramme. Nous avons choisi une situation statique classique (classe de Seconde).

«Un bloc parallélépipédique peut glisser sans frottements sur un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale. Il est maintenu en équilibre par l'intermédiaire d'un ressort dont la direction fait un angle β avec le plan incliné. Déterminer les caractéristiques de la tension du ressort et celles de la réaction du plan sur le bloc».

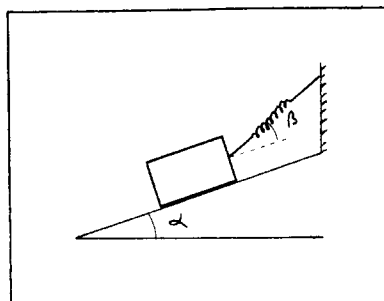


Figure 8

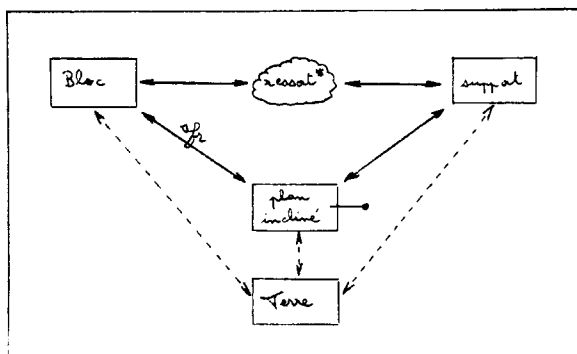


Figure 9

* Le ressort est supposé de masse négligeable devant celle du bloc. Nous n'indiquons pas l'interaction terre-ressort.

2.4. Quelques difficultés de modélisation des objets

Dans notre pratique, nous avons rencontré quelques difficultés que nous avons essayé de résoudre en tenant compte de l'ensemble du programme de mécanique et de considérations physiques tout en cherchant à simplifier le schéma.

2.4.1. La poulie

– Lorsqu'un fil passe sur la gorge d'une poulie, nous utilisons le modèle du fil sans masse, ne glissant pas sur la poulie (tournant autour

d'un axe fixe). Les deux brins de fil, placés de part et d'autre de la poulie, sont considérés comme deux objets distincts, la portion de fil en contact avec la poulie faisant alors partie de l'objet poulie. Cette schématisation prépare les études dynamiques de Première et Terminale où l'on montre que les tensions des brins, de part et d'autre de la poulie, sont différentes.

Au schéma suivant :

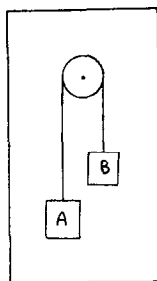


Figure 10

serait associé le diagramme :

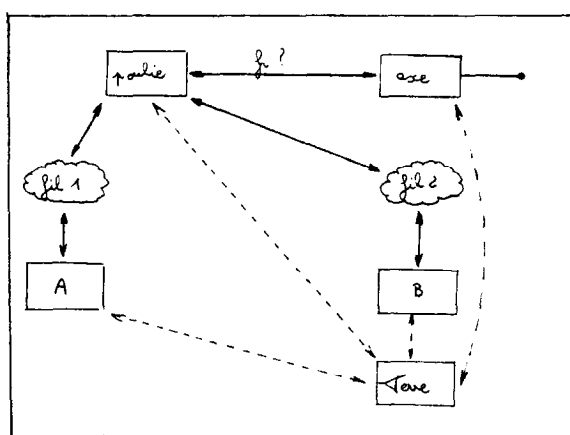


Figure 11

2.4.2. L'air objet déformable ou cause de frottements ?

- Une des difficultés rencontrées est la prise en compte de l'air.

L'action de l'air est le plus souvent négligée. Sa représentation dans le Diagramme Objets-Interactions est le plus souvent inutile. Cependant, il arrive que l'on tienne compte des forces de frottements dues à l'air. Par exemple, si une voiture se déplace sur une route, l'énoncé ne précise pas toujours la nature des forces de résistance à l'avancement. Nous laissons l'élève libre de sa représentation - soit la notation «fr» sur la flèche de contact entre sol et voiture lui suffit, soit il éprouve la nécessité de rajouter l'air. L'important est que l'élève construise sa représentation de façon qu'en analysant les actions sur le système, il n'oublie pas cette force de frottement. Si le problème traite de la poussée d'Archimède (qui semble être ignorée des programmes de Seconde, Première et Terminale) il est évident que l'air doit apparaître dans le Diagramme Objets-Interactions comme objet déformable.

2.4.3. Dispositifs à coussins d'air

– Nous avons été amenés à schématiser les dispositifs à coussin d'air. Nous assimilons l'ensemble à un solide.

– Exemple 1 : Mobile sur le banc à coussin d'air.

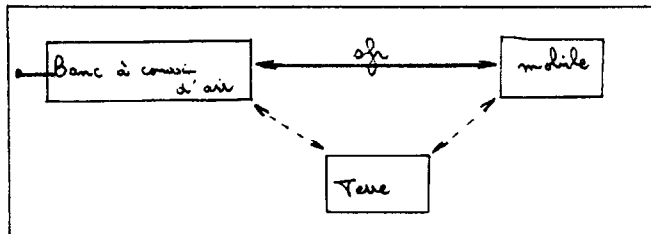


Figure 12

– Exemple 2 : Le palet autoporteur.

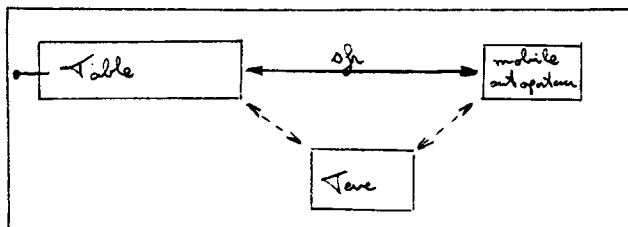


Figure 13

3. UTILISATION DU DIAGRAMME OBJETS INTERACTIONS

3.1. Pour les élèves, il représente une aide efficace pour résoudre les problèmes.

L'élève ayant construit son diagramme peut choisir le système en fonction de la loi à appliquer et de la question posée, on lui recommande alors d'entourer ce système sur le diagramme. Par exemple, pour résoudre un problème de statique ou pour appliquer le théorème de l'énergie cinétique, l'élève sait qu'il doit considérer un solide sur lequel intervient une action mécanique particularisée par l'énoncé. Une fois le système entouré, il peut compter le nombre de flèches qui arrivent sur le système. A chaque flèche correspond une action mécanique particulière. Cette activité fait prendre conscience à l'élève de Première de la liaison entre choix du système et loi à appliquer. Dans le cas du principe de conservation de l'énergie mécanique, si le diagramme est bien construit, la recherche d'un système conservatif et isolé sera facilitée.

3.2. Pour les enseignants, le diagramme est un support pour l'enseignement de la physique en Seconde

a) Support d'apprentissage

Dans ce diagramme se trouvent rassemblées un grand nombre de notions physiques à faire acquérir en Seconde.

- La notion d'objet indéformable est la base de la mécanique en Seconde et en Première, celle-ci ne s'intéressant qu'au modèle du solide.

- Lors de l'apprentissage, nous précisons ce que nous entendons par interaction à distance : c'est une interaction de type gravitationnelle (Terre-objet), magnétique (aimant-clou), électrostatique (pendule électrostatique-corps électrisé). Il est évident que nous ne parlons pas, à ce niveau, de la nature de l'interaction. L'idée sera développée en Première et Terminale lorsque l'élève apprendra les notions de champs électrique et magnétique.

La distinction entre interaction de contact et interaction à distance est importante ; elle permet de différencier :

- dans le cas d'un objet posé sur une surface, le poids de l'objet et son action sur le plan d'appui,

– dans le cas d'un objet suspendu à un fil, le poids de l'objet et son action sur le fil.

Exemple :

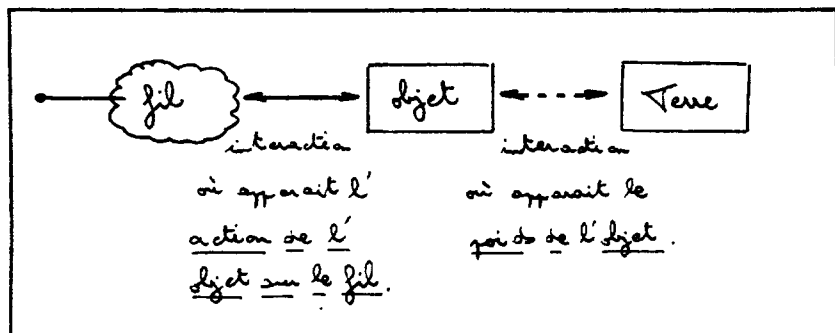


Figure 14

Cette distinction nous paraît importante dès la Seconde ; elle évite des incompréhensions lorsque les objets sont en mouvement en Première et en Terminale.

En fait, l'ensemble de l'initiation à la mécanique en Seconde peut s'appuyer sur ce Diagramme Objets-Interactions, qui utilise des classifications suggérées par le programme. Cet apprentissage permet d'introduire l'idée que le physicien construit des modèles : les objets déformables, les interactions, les systèmes. Il distingue le sol et la Terre. Ces constructions permettent d'expliquer un certain nombre de phénomènes et d'en prévoir d'autres, ce qui les justifie. Il est utile d'apprendre aux élèves à faire et utiliser ces modélisations.

Cet apprentissage est long. Si l'élève a déjà étudié la notion d'interaction dans le premier cycle, le diagramme peut être introduit dès le maniement de la table à coussin d'air. On peut aussi l'utiliser lors du chapitre : principe d'inertie.

b) Support de l'évaluation

La réalisation du diagramme par les élèves permet de s'apercevoir qu'il existe deux langages parallèles : celui de l'élève et celui du professeur. Il est nécessaire de le savoir pour comprendre la cause de cer-

taines erreurs ou incompréhensions (par exemple, les forces qui existent en surnombre). Pour un élève, interaction à distance signifie aussi interaction «par l'intermédiaire de». Par exemple, dans le cas suivant :

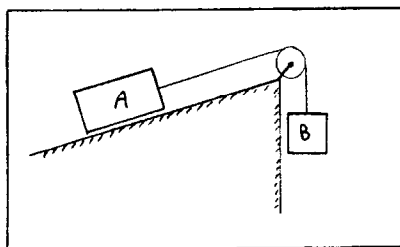


Figure 15

Un élève pourra dire que B agit sur A par l'intermédiaire du fil. Ce type d'interaction n'apparaît pas sur le Diagramme-Objets-Interactions.

Malgré les précautions prises, on a trouvé, en examinant des copies de Seconde, 1 élève sur 3 qui commet cette erreur en début d'apprentissage. En fin de Seconde, c'est une erreur que l'on ne rencontre que chez un ou deux élèves par classe. Il est important que cette notion soit comprise avant l'introduction de la statique.

Lorsque la vitesse est assimilée à une force [3], cette confusion peut être évitée par l'application du code. La vitesse n'apparaît ni comme un objet ni comme une interaction, ce qui permet à l'élève de distinguer vitesse et force.

4. QUELQUES RÉSULTATS

L'expérience montre que cet outil est assez bien maîtrisé par les élèves au cours de l'apprentissage. La construction du diagramme n'apparaît pas comme une activité délicate. Ce diagramme ne demande pas à l'élève de raisonner en termes de forces. Il fait apparaître les interactions et respecte donc leur symétrie tant que le système n'est pas choisi. La description du dispositif ainsi faite permet à l'élève de s'en approprier le fonctionnement et de comprendre l'articulation entre les différentes parties du dispositif. Les élèves de Seconde considèrent souvent cette partie de la résolution comme facile. Ceux de Première l'acceptent avec satisfaction, ils se rendent compte des erreurs qu'ils peuvent éviter

et le diagramme résoud des difficultés qui leur apparaissaient insurmontables.

De fait, le nombre d'erreurs rencontrées diminue : il est rare que l'élève confonde force intérieure et extérieure au système. La réaction du sol est moins souvent oubliée et le recensement des forces ne se fait plus uniquement par analogie avec des cas déjà traités. La résolution d'un problème de physique ne se réduit plus à un traitement mathématique d'une relation plus ou moins bien maîtrisée.

Nous n'emporterons pas votre conviction sur l'utilité du Diagramme Objets-Interactions si nous n'apportons pas quelques résultats à l'appui de notre démonstration. Nous avons conscience que, dès qu'une classe est « expérimentale », dès qu'une aide est apportée aux élèves, les résultats s'améliorent vite. Aussi, les quelques résultats que nous vous fournirons (qui ne sont pas les seuls que nous possédions) ne vous convaincront peut-être pas...

4.1. Statique en Seconde

Un problème posé en Seconde comportait un poisson pesant attaché au fil d'une canne à pêche. Un certain nombre d'élèves, dans le schéma des forces, représentent le poids du poisson appliqué à l'extrémité de la canne à pêche au lieu de le représenter au centre de gravité du poisson. 7 élèves sur 30 d'une classe qui a appris, tout au long du cours de mécanique, à construire le Diagramme Objets-Interactions et 11 élèves sur 23 d'une classe équivalente du même établissement n'ayant pas eu cet apprentissage commettent cette erreur.

4.2. Théorème de l'énergie cinétique en 1ère

En classe de 1ère S, lors de la résolution de problèmes portant sur le théorème de l'énergie cinétique, nous avons comparé deux classes du même établissement scolaire, de populations équivalentes. Dans la suite, les exercices sont repérés par leurs titres.

Skieur sur une pente : skieur descendant une piste de profil courbe, soumis à son poids, à la réaction du sol et à une force de frottements colinéaire à chaque instant au vecteur vitesse.

Bille sur une demi sphère : bille posée sur une demi sphère, glissant sans frottement et sans rouler, quittant la sphère pour un certain angle. La bille est soumise à son poids et à la réaction de la sphère.

Bille de flipper : exercice à deux questions. La première traite de l'équilibre de la bille posée sur le ressort du lanceur, le tout étant sur un plan incliné. La deuxième question demande la vitesse d'éjection de la bille après compression et détente du ressort.

Les résultats expriment le pourcentage de réussite par rapport au nombre d'élèves ayant traité la question.

Choix du système : les élèves de la classe expérimentale choisissent mieux le système. Les erreurs le plus souvent commises étant : système et son support ou système et ressort ou système-ressort et support, c'est-à-dire des systèmes comportant des actions intérieures considérées comme extérieures lors de la résolution.

		Pourcentage d'élèves ayant choisi le système pertinent parmi ceux qui ont traité la question :	
Problème	Système pertinent	Classe témoin	Classe expérimentale
Skieur sur une pente	skieur	100	100
Bille sur une demi sphère	bille	92	100
Bille de flipper 1ère question	bille	42	96
Bille de flipper 2ème question	bille	42	94

Analyse des actions: Nous avons noté la cohérence avec le système choisi par l'élève même si celui-ci n'est pas pertinent. Les erreurs les plus fréquentes sont : l'oubli de la réaction du support et l'adjonction de forces intérieures. Là encore, les élèves de la classe expérimentale analysent mieux les actions.

		Pourcentage d'élèves faisant un bilan cohérent avec le système choisi.	
Problème		Classe témoin	Classe expérimentale
Skieur sur une pente		72	94
Bille sur une demi-sphère		65	79
Bille de flipper 1ère et 2ème question		38	79

4.3. Test en début de Première S

En début de Première S, nous avons fait passer un questionnaire à des élèves d'une même classe : certains avaient utilisé le diagramme en Seconde, les autres non. (Le texte de ce questionnaire figure en annexe). Parmi les 151 élèves qui ont répondu au questionnaire, il y avait 39 « expérimentaux » et 112 « témoins ». Les réponses des expérimentaux sont globalement meilleures et notamment sur :

- la symétrie des interactions

Réponses	Expérimentaux	Témoins
– symétrie interaction fil/bille question 1 et 7 : OUI	92%	75%
– symétrie de l'interaction bille/aimant question 4 et 8 : OUI	54%	35%

- la distinction entre interaction à distance et interaction de contact

Réponses	Expérimentaux	Témoins
– Action du sol et de la terre sur le support Question 6 : OUI et «à distance» Question 9 : OUI et «de contact»	76%	43%
– Action du sol et de la terre sur la bille Question 5 : NON Question 3 : OUI et «à distance»	87%	75%
– Non confusion entre «à distance» et «par l'intermédiaire de» Question 2 : NON Question 11 : NON	79%	42%

Le Diagramme Objets-Interactions nous semble constituer un outil très intéressant. En l'enseignant aux élèves, puis en analysant les diagrammes qu'ils construisent, nous pouvons rapidement déceler certaines erreurs. Nous pouvons souvent les corriger sans faire intervenir des notions plus abstraites (vecteur force par exemple).

Il s'agit d'un outil de dialogue qui nous permettra de mieux communiquer notre vocabulaire aux élèves (interaction à distance différente de l'interaction «par l'intermédiaire de»...).

En construisant le Diagramme Objets-Interactions, les élèves doivent analyser la situation proposée de façon exhaustive. Ils doivent faire intervenir des objets et des notions de physique, mais aucune relation mathématique qui viendrait occulter les phénomènes étudiés. En particulier, la recherche de la présence ou de l'absence de frottement les oblige à un effort d'imagination (imaginer ce qui se passerait s'il n'y avait pas de frottement...) et nous semble très bénéfique.

Enfin, le choix du système étant postérieur à cette analyse aura des chances d'être plus pertinent.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] P. GUILLEMARD et D.SCY - Sciences physiques - Problèmes avec solutions, exercices Vuibert, juillet 1984.
- [2] Exercices résolus de physique et chimie sous la direction de M. EURIN, classe de seconde - Hachette 1984, édition 03.
- [3] L. VIENNOT - Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire - Hermann, Paris 1979.

Cette recherche est l'un des thèmes d'une recherche coopérative sur programme de l'INRP : «Résolution de problèmes en Mathématiques et en Physique». Elle est animée et se déroule dans le cadre du LIRESPT.

Un fascicule, destiné aux enseignants, décrivant l'ensemble de la recherche est en vente au
LIRESPT (Université de Paris VII, Tour 23-13,
2 place Jussieu 75251 Paris cedex 05).

- 7) La bille agit sur le fil : non ☐
oui ☐ si oui, l'action est une action à distance ☐
une action de contact ☐
- 8) L'aimant agit sur la bille : non ☐
oui ☐ si oui, l'action est une action à distance ☐
une action de contact ☐
- 9) Le sol agit sur le support : non ☐
oui ☐ si oui, l'action est une action à distance ☐
une action de contact ☐
- 10) Le fil agit sur le crochet : non ☐
oui ☐ si oui, l'action est une action à distance ☐
une action de contact ☐
- 11) Le crochet agit sur la bille : non ☐
oui ☐ si oui, l'action est une action à distance ☐
une action de contact ☐