
COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

Exploitation de documents : mouvements et forces

par Dany LAUNER
Collège Les Coutures - 95620 Parmain

RÉSUMÉ

La mécanique est le domaine scientifique où les documents exploitables sont les plus nombreux et variés. Plusieurs exemples sont développés dans cet article.

La mécanique étant la «science des mouvements et de l'équilibre des corps» (Petit Robert), son champ recouvre chaque moment de notre quotidien. Paradoxalement, il semble que cette omniprésence ne constitue pas un élément de motivation, mais plutôt le contraire, et qu'il soit plus que jamais nécessaire de recourir à toute la palette des activités pédagogiques.

A côté des situations expérimentales, et en articulation avec elles, on peut exploiter des ressources documentaires variées.

1. RELATIVITÉ DU MOUVEMENT

Pour aborder ce thème et varier les exercices, six documents sont proposés : trois pour un cours actif (documents vidéo) et trois pour des exercices originaux (documents papier).

Le premier document est résolument accrocheur. Il s'agit d'une courte citation (30s) d'un dessin animé de Tex Avery¹, où un écureuil persécute un chien. Ce dernier s'est réfugié dans une épave à demi ensablée (donc immobile), mais l'écureuil lui fait croire que le bateau tangue en lui montrant par le hublot un dessin représentant la ligne d'horizon et en l'animant, bien sûr, d'un mouvement oscillant (sur l'air du Boléro de Ravel). Le chien en attrape le mal de mer ! Ce gag n'est élémentaire qu'en apparence,

1. Tex Avery : *The screwball Squirell* - MGM Films - 1944.

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

car une formulation rigoureuse est complexe en raison de la dualité entre l'horizon vrai et l'horizon dessiné, et du facteur psychologique qui interfère.

Deux autres documents vont permettre de mieux travailler sur une formulation de l'idée : il s'agit d'un extrait (quinze secondes) d'une émission télévisée sportive² où l'une des motos de la course est équipée d'une caméra. Les plans filmés par la caméra terrestre affichent un horizon tout à fait normal, c'est-à-dire horizontal, tandis que dans la séquence prise par la caméra de la moto «le bitume défile sous vos yeux, l'horizon balance de droite à gauche...», comme l'affirme le commentateur. Quand au dernier extrait³ (cinq secondes), il suscite une forte impression car l'horizon fait trois tours complets (attraction foraine).

Après une brève discussion dans la classe, les élèves doivent concrétiser leur description des mouvements dans un tableau à double entrée.

Corps de référence Mobile	La caméra terrestre	La caméra liée à la moto
La moto filmée	En mouvement (avance, s'incline à 45°)	Immobile (aux fluctuations près)
La ligne d'horizon	Immobile (reste horizontale)	En mouvement (balance de droite à gauche)

L'analyse est assez simple, mais la vérification est plus probante en plaquant sur l'écran du téléviseur un transparent de rétroprojection sur lequel on trace la silhouette de la moto, qui reste sensiblement verticale tandis que l'horizon s'incline à 45° d'un côté puis de l'autre.

Accessoirement, on peut faire observer au passage par les élèves que le transparent tient sans fixation sur l'écran par attraction électrostatique.

Il va de soi que ce cours avec documents ne prétend pas se substituer à des activités expérimentales, comme celle proposée par Serge BETTON et Roger ORMIÈRES dans ce BUP.

2. TF1 Sport Auto-Moto - 8^e manche du championnat du monde 1993, Grand Prix Saint-Marin 250 cc - Images DORNA - Commentaires : Yves GENIES - Montage : Jean-Claude DANEAU.
3. E = M6 - Les montagnes russes du futur - Mac LESGGY, M6.

 COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

D'autres documents m'ont été signalés par des élèves, ce qui prouve que la relativité du mouvement a pris sens pour eux en dehors de la classe : je les utilise parfois à titre d'exercice : « Consulter au CDI l'un des documents suivants et construire un tableau analogue décrivant les mouvements de deux mobiles par rapport à deux objets de référence » :

- Bande dessinée (voir note⁴) pages 6 et 7 - (la voiture de Gaston avance à vive allure transportée par un semi-remorque) ;
- Bande dessinée (voir note⁵) - (Grimmy fait de l'exercice en courant après le vélo d'appartement de son maître) ;
- Roman de science-fiction (voir note⁶) - (Stanley Mott s'efforce de rester parfaitement immobile et évoque les vitesses d'entraînement dues à la rotation de la Terre sur elle-même et autour du soleil, etc. A noter une erreur quand il conclut en additionnant toutes les vitesses sans se préoccuper de leurs directions).

Les élèves s'accrochent souvent à l'idée qu'il y a malgré tout **une bonne façon** de décrire les mouvements : la leur, bien évidemment. Nous abordons là un objectif de la formation du citoyen : être capable de considérer le point de vue différent d'une autre personne. Sur ce sujet il existe un film superbe du CNDP, qui hélas n'est plus distribué (puisse cet article contribuer à le faire ressortir des oubliettes...), qui compare les trajectoires d'un ballon échangé par deux personnages sur un tapis roulant selon que l'observateur se trouve lui-même ou non sur ce tapis. Le trait de génie du film est de montrer à la fin que ce que l'on a pris tout le long du film comme référentiel, le mur du métro, était lors du tournage un panneau coulissant sur glissières !

2. ORDRES DE GRANDEUR DE VITESSES

Dessin animé encore⁷ (extrait de dix secondes) : à un carrefour dans le désert, un conducteur prudent scrute l'horizon à gauche, rien, l'horizon à droite, rien. Il se rassied, démarre... et se fait pulvériser par un bolide au milieu du croisement !

Le rire ou sourire du public est garanti, et il faut l'exploiter. En effet, si un élève rit, c'est inévitablement qu'il possède une connaissance intuitive des ordres de gran-

4. Franquin et Jidéhem - Gaston n° 6 : *Les gaffes d'un gars gonflé* - Éditions «J'ai lu».

5. Mike Peters : *Grimmy* - Téléstar du 16 avril 1994.

6. Jacques MICKENER : *La course aux étoiles*.

7. Tex Avery : *Car of tomorrow* - MGM Films - 1951.

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

deurs des véhicules terrestres, et qu'il détecte là une valeur invraisemblable. Pour s'en assurer, on demande aux élèves de calculer cette vitesse, ou du moins son ordre de grandeur. Passée la première surprise («on n'a aucune donnée Madame !»), on détermine la valeur minimale du temps de parcours en comptant les images au ralenti ($1/25^{\text{e}}$ de seconde par image, soit ici environ une seconde) depuis l'horizon vide jusqu'à l'instant du choc. Mais pour la distance, les élèves sont perplexes : pour eux, l'horizon est à l'infini... Petit rappel sur la rotondité de la Terre, puis théorème de Pythagore ou plutôt, un nouveau document : l'article du Quid sur la visibilité du globe terrestre. On y trouve que si les yeux sont à 2 m du sol, ce qui convient à la posture du personnage redressé dans sa voiture, la ligne d'horizon se situe 5 km. Même si le désert n'est pas plat comme la mer, faisons cette approximation : le calcul de la vitesse amène un résultat de 5 km/s, soit 18 000 km/h ! Tex Avery avait compté large en 1951... ce dessin animé fera rire encore plusieurs générations de collégiens.

3. ACTION MÉCANIQUE : ACTEUR ET EFFETS

Le document proposé ici est un document de vulgarisation scientifique. Il peut trouver sa place au CDI. Il fait partie de la série E = M6 dont le ministère a racheté les droits pour une utilisation scolaire.

Le document

Série : **E = M6**

Titre : **ÉNERGIE ET MÉCANIQUE**

Module n° 11 : **COLLISIONS**

Réalisateur/Auteur : **Nicolas Goldzhal**

Distribution : **CNDP**

Durée : **4 min**

Index du début du module : **30min 15s**

NB : Ce module existe aussi dans une cassette distribuée par Jeulin.

Objectifs

Ce sont ceux de la classe de troisième, extraits du programme d'octobre 1998 :

• Contenus - Notions

Action exercée sur un objet (par un autre objet), effets observés :

- modification du mouvement,
- déformation.

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

• Compétences

Identifier l'objet d'étude sur lequel s'exerce l'action, distinguer les différents effets de l'action.

• Exemples d'activités

- Pourquoi le mouvement d'un objet est-il modifié ?
- Pourquoi se déforme-t-il ?
- A partir de (...) documents vidéo, inventorier les actions de contact (...) ou à distance (...).

Modalités

En début d'étude des interactions. Aucun prérequis.

Projection intégrale du module n° 11 : COLLISIONS.

Puis distribution de la fiche élève que les élèves complètent avec trois exemples.

Examen collectif des réponses en repassant le document avec arrêts sur et sans le son.

Exploitation

Ce document est riche en images rares et spectaculaires. Voici les principales séquences retenues :

- Objet en mouvement rectiligne arrêté par un cosmonaute russe ;
- Balle de golf déformée et mise en mouvement par un club ;
- Club de golf ralenti par la balle ;
- Voiture déformée et arrêtée par un mur, ou par une autre voiture ;
- Passager avec ou sans ceinture (labo en vraie grandeur) ;
- Voiture tombant d'un pont.

Le commentaire est axé sur l'énergie, donc plutôt destiné au lycée. Cependant on peut isoler certaines phrases porteuses pour le programme de troisième :

- Au moment de la collision, il va «recevoir» une force extérieure qui va modifier sa direction et sa vitesse, et il les conservera indéfiniment (...).
- **«Un corps en mouvement garde la même vitesse jusqu'à ce qu'il ait une bonne raison de s'arrêter»** (un précurseur très intuitif du principe d'inertie, qui sera utilisable en seconde).
- «Ceinture de sécurité : son premier but est de permettre au passager de ralentir à la même vitesse que son véhicule».

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

Fiche élèveEffets des forces

Dans les situations présentées en vidéo, sélectionnez trois actions mécaniques pour lesquelles vous complétez le tableau ci-dessous (laissez deux forces disponibles pour la correction).

Identification de la force	Effet(s) de la force <i>(entourer, puis compléter les pointillés)</i>
La force exercée par . . . sur . . .	a pour effet : – une influence sur le mouvement – une déformation, – une participation à l'équilibre de . . .
La force exercée par . . . sur . . .	a pour effet : – une influence sur le mouvement – une déformation – une participation à l'équilibre de . . .
La force exercée par . . . sur . . .	a pour effet : – une influence sur le mouvement – une déformation – une participation à l'équilibre de . . .
La force exercée par . . . sur . . .	a pour effet : – une influence sur le mouvement – une déformation – une participation à l'équilibre de . . .
La force exercée par . . . sur . . .	a pour effet : – une influence sur le mouvement – une déformation, – une participation à l'équilibre de . . .

Déroulement

Le document est spectaculaire et intéresse beaucoup les élèves. Sa courte durée autorise deux visionnements. Lors du premier, on demande aux élèves de mémoriser les

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

situations présentées pour le travail qui va suivre, mais les élèves n'ont pas encore la fiche, pour que la prise de notes ne perturbe pas. Ensuite, les réponses sur la fiche prennent cinq à dix minutes. Pendant ce travail, les élèves prennent l'habitude de désigner une action mécanique par l'expression «force exercée par... sur...», ce qui est essentiel pour une approche rigoureuse. Le repérage des effets est sans problème quand à leur nature, mais souvent, le corps pris en compte pour les effets n'est pas celui correspondant à la force désignée.

Exemple d'erreur typique :

La force exercée par . la voiture . sur . le mur .	a pour effet : – une influence sur le mouvement – une déformation – une participation à l'équilibre de la voiture . . .
--	---

Pour l'évaluation formative qui suit, le document est repris sans le son, et chaque situation est analysée. La notion d'actions réciproques apparaît implicitement dans la résolution des erreurs du type mentionné ci-dessus. A l'issue de la séance, chaque élève devra avoir vérifié qu'il n'a pas confondu l'effet de la force exercée par A sur B (effet sur B) avec l'effet de la force exercée par B sur A (effet sur A).

4. EXPLOITER DES DICTIONNAIRES OU ENCYCLOPÉDIES

Les définitions du mot «poids» que fournissent les dictionnaires sont souvent problématiques ; ce qui n'empêche pas de les exploiter en classe.

Le poids

Le poids d'un corps est la force exercée par la Terre sur ce corps.

Cette définition est, à de faibles variations près, celle donnée dans tous les manuels de sciences physiques de troisième. Elle est généralisée ensuite aux autres planètes. Mais que trouve un élève s'il regarde dans un dictionnaire ? J'ai relevé quelques exemples.

Dans le Petit Larousse Illustré (1996), on lit :

Poids : «Force égale au produit de la masse d'un corps par l'accélération de la pesanteur».

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

Dans le Maxidico 1998 (Éditions de la Connaissance)

Le poids est :

«1 - Force résultant de l'action de la gravité sur tout corps matériel à la surface d'une planète ou dans son voisinage ; produit direct de la masse du corps (m , donnée invariante) par la gravité du lieu considéré.

2 - Mesure de cette force : Cet homme a atteint un poids de 100 kg».

Dans le cédérom du Petit Robert

La définition générale du poids au sens propre est «Force due à l'application de la pesanteur sur les corps matériels», immédiatement suivie de la définition *scientifique* : «Force exercée par un corps matériel, proportionnelle à sa masse et à l'intensité de la pesanteur au point où se trouve le corps» (ces définitions sont identiques à celles trouvées dans le Micro Robert de 1980).

La première définition est rigoureuse mais très abstraite, et l'élève aura sans doute du mal à faire le lien avec sa perception du poids au quotidien. Si on veut l'utiliser, il faudra que le cours de troisième ait été traité auparavant. A moins que l'on ne la pose comme introduction à un TP : «A partir de cette définition, déterminer expérimentalement la grandeur que l'on appelle accélération de la pesanteur».

Dans la deuxième définition apparaît la planète, élément essentiel qui détermine l'existence de la force de pesanteur. On peut exploiter cette définition en classe en demandant aux élèves d'une part de préciser le rôle de la planète (agent de l'action et pas seulement élément de proximité), d'autre part de rectifier l'unité (Newton et non kilogramme).

On peut exploiter la troisième définition pour une discussion au sujet du corps qui exerce le poids, puisque les deux phrases diffèrent l'une de l'autre sur ce point. On est ainsi amené à rectifier la deuxième formulation.

Une confusion analogue mais plus explicite se trouve dans le Dictionnaire du Français au collège de Larousse (1987) qui définit le poids comme la «Pression⁸ exercée par un corps sur ce qui le supporte, en raison de l'attraction terrestre». On peut

8. Notons l'habituelle confusion entre pression (grandeur scalaire exprimée en Pascal) et force pressante (grandeur vectorielle dont l'intensité s'exprime en Newton).

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

reconnaître ici la transposition du poids signalée dans ce bulletin (article de Michelle BRASQUET) comme récurrente chez les élèves.

Cependant dans son erreur, cette définition a un mérite rare : celui d'indiquer que **le poids est une force exercée par un corps matériel sur un autre corps matériel**. En effet, il est fréquent qu'aucune référence ne soit faite à l'agent de la force. Au contraire, on mentionne des entités abstraites comme la gravité, la pesanteur, ou tout simplement la force elle-même : «Le poids est la force qui agit sur...». On pourra rétorquer que ce ne sont que des raccourcis commodes, ou au contraire se référer au champ de gravitation pour entériner ces formules comme seules acceptables. Mais ce serait oublier que les élèves de collège sont des entités très concrètes, à qui il faut d'abord apprendre à faire la différence entre la science avérée et la science-fiction. Pour cela il est nécessaire de leur fournir des outils clairs pour démêler les interactions. En particulier, savoir que le poids est exercée par une planète, la Terre en général, avec pour conséquence que la seule façon de le supprimer est de supprimer la Terre ou de s'en éloigner à l'infini.

Ce dernier point nous amène tout naturellement à nous demander comment les dictionnaires ou encyclopédies définissent l'impesanteur.

L'impesanteur

Le mot «impesanteur» tend à remplacer le mot «apesanteur» pour des raisons phonétiques. Les définitions ci-dessous ont généralement été trouvées au mot apesanteur.

Pour le Petit Larousse Illustré

Il s'agit d'une «Disparition des effets de la pesanteur terrestre, notamment à l'intérieur d'un engin spatial».

Pour l'Encyclopédie des Sciences Larousse en cédérom

«En mouvement orbital dans l'espace, il n'y a pas de gravité et les astronautes doivent apprendre à vivre en apesanteur (...)».

Le Petit Robert en cédérom

Il écrit : «État dans lequel les effets de la pesanteur sont annihilés, dû à l'annulation ou à l'extrême affaiblissement du champ de gravitation (cf. microgravité). L'apesanteur est liée au déplacement dans l'espace d'un mouvement dont l'accélération est égale et opposée à celle de la pesanteur. *Un vaisseau spatial libre en apesanteur*».

COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME – COLLÈGE : AUTOUR D'UN THÈME

Inutile de multiplier les exemples pour voir que face à cette notion difficile, les erreurs s'accumulent. Seule la première définition y échappe, grâce à l'absence totale d'interprétation du phénomène : les effets de la pesanteur disparaissent, c'est vrai. Les deuxième et troisième références hélas durcissent les termes. On voit ainsi affirmée la disparition de la gravité, ou du champ de gravitation, à 300 km seulement de la surface terrestre... Il est vrai (et cela me ramène au paragraphe précédent) qu'il est facile, du moins en pensée, de supprimer une abstraction (champ ou autre). Tandis que si l'on écrivait plus clairement que la Terre est l'acteur du poids, on verrait bien que l'on ne peut pas l'annuler puisqu'il est impossible de faire disparaître la Terre. Plus gênant encore est le contresens total de la dernière phrase, où l'on affirme annihiler la gravité en accélérant dans le sens opposé.

Il n'est pas dans ce propos de montrer du doigt tel ou tel ouvrage, excellent par ailleurs, mais de signaler que dans l'état actuel des choses, les dictionnaires ne peuvent être utilisés que pour une réflexion critique en classe.

Pour choisir la prochaine série de dictionnaires de votre CDI, vérifiez bien les définitions de certains mots. On peut espérer y trouver à peu près :

Le poids : force d'attraction exercée par une planète (la Terre) sur un corps situé à son voisinage, son intensité se mesurant en Newtons. On peut mentionner l'abus de langage constant entre masse et poids.

L'impesanteur : état d'un corps qui n'est supporté par rien, c'est-à-dire en chute libre sous l'action de la seule gravité, son accélération étant par conséquent égale en sens et intensité à celle dite de la pesanteur. Exemples : mouvement orbital, vol parabolique, saut à l'élastique.

Signalons deux documents vidéo excellents sur l'impesanteur :

- CNDP : Vous avez dit impesanteur ? Vol parabolique.
- CNES : Eurêka, une histoire pleine de gravité.

CONCLUSION

Les exemples donnés dans cet article montrent qu'il est souvent très stimulant de travailler au deuxième degré avec un document. De plus, particulièrement en mécanique, cela élargit considérablement la palette des ressources.