

Présentation d'une DI : équilibre d'un solide par François Tephany (stagiaire externe MSP 2014-2015)



Grue sans tirants

1) Présentation de la séance

1.1) Objet de la séance

La séance de Physique présentée dans ce dossier a été réalisée au LPA de Saint-Gaudens le lundi 12 janvier 2015 avec une classe de Terminale Bac Pro CGEA (Conduite et gestion d'exploitation agricole). Cette classe présente un faible effectif avec 9 garçons et une fille. La séance a duré 50 min. L'énoncé de cette activité de type démarche d'investigation se trouve en annexe de ce dossier.

1.2) Contexte de travail

La séance présentée dans ce dossier est intervenue après que nous avons vu ensemble le cours sur le moment d'une force. Au cours de la séance précédente, nous avons effectué quelques exercices d'application sur le calcul du moment d'une force sans aborder la notion d'équilibre d'un solide. Les pré-requis pour cette séance sont de connaître ce qu'est une action mécanique et plus particulièrement de connaître les quatre caractéristiques du vecteur Poids avec le point d'application, la direction, le sens et la norme obtenue grâce à la formule $P=m.g$. Tous ces pré-requis avaient été abordés au cours du premier trimestre.

1.3) Objectifs de la séance

Cette séance sur l'équilibre d'un solide s'inscrit dans l'objectif 3.3 du référentiel de Bac Pro : « *S'approprier des concepts et des lois liés à l'étude de quelques formes d'énergie et de leurs applications technologiques* ». Plus précisément, le référentiel précise au paragraphe 3.3.1 qui s'intitule « *Caractériser une action mécanique par une force ; déterminer les conditions d'équilibre d'un solide* » : « *Les conditions d'équilibre d'un solide sont à envisager dans des cas très simples. Elles seront davantage développées dans le cas où le contexte professionnel les rend incontournables, en particulier pour la sécurité des biens ou des personnes* ».

Pour des élèves se destinant à conduire des engins agricoles, la compréhension des conditions d'équilibre d'un solide grâce à l'application du théorème des moments est un élément important pour qu'ils puissent travailler en toute sécurité. En plus de l'objectif de l'application concrète du théorème des moments, l'enjeu de cette séance était aussi d'expérimenter une démarche d'investigation avec cette classe pour la première fois pour eux (tout du moins cette année) comme pour moi.

2) Déroulement de la séance

Pour réaliser cette séance, j'avais opté pour que l'on reste en salle de classe plutôt que l'on aille dans le laboratoire pour plusieurs raisons : je n'avais à disposition qu'un seul disque des moments qui s'aimante au tableau et il est plus pratique de déplacer les tables pour former les groupes que dans le laboratoire où les tables sont fixées au sol. La séance a débuté par une petite interrogation de 5 min à l'écrit sur le moment d'une force puis nous avons commencé la démarche d'investigation. Avant la séance, j'avais fait un tableau résumé du déroulement que je souhaitais pour cette séance. Ce déroulement prévisionnel se trouve dans les annexes. Pour débiter la DI, j'ai constitué deux groupes de trois et un groupe de quatre selon l'ordre dans lequel ils se trouvaient installés initialement. J'ai distribué les énoncés et j'ai demandé à un élève de lire la problématique pour toute la classe. Un élève a demandé ce qu'était une grue « sans tirants » et j'ai fait un petit schéma au tableau pour expliquer. Comme consigne, je leur ai dit à l'oral qu'ils devraient présenter par groupe l'hypothèse qu'il proposait

pour répondre à la problématique et qu'ils devaient réfléchir à un protocole expérimental pour valider ou non cette hypothèse. J'ai ensuite ouvert la mallette contenant le disque des moments ainsi que les petites masses et j'ai placé le disque aimanté au tableau ainsi qu'une balance sur mon bureau. J'ai dit aux groupes qu'ils pouvaient se servir de ce matériel mais je ne suis pas sûr d'avoir été clair sur le fait qu'ils pouvaient se lever pour aller tester le matériel. Au début, les élèves me posaient des questions à moi plutôt que de réfléchir en groupe. Cela a été l'occasion de rappeler qu'en physique, on distinguait bien le poids et la masse. Après quelques minutes, je leur ai dit de réfléchir en groupe et que j'allais passer dans les groupes pour répondre à leurs questions de façon individuelle et non pour toute la classe.

A partir de ce moment-là, le travail en groupe a véritablement commencé. Tous les groupes sont partis sur une méthode calculatoire plutôt que théorique. Certains élèves ont eu l'idée de chercher dans leur cours la formule $P=mg$ pour calculer l'intensité du poids. Dans un groupe, un élève a fait la remarque qu'on devrait aussi connaître la masse du bras de la grue pour en tenir compte. Le même élève qui s'y connaît en technique de construction a dit que le contrepoids pouvait aussi se déplacer dans certaines grues. J'ai donc précisé que l'on ne tenait pas compte de la masse des bras de la grue et que le contrepoids était fixe. Néanmoins, dans la réalité, il faudrait tenir compte de ces éléments. Au bout de 20 minutes, les élèves désignent un rapporteur qui va présenter devant la classe leur hypothèse, expliquer le raisonnement qu'ils ont eu en groupe et je note les différentes hypothèses au tableau sans commenter. Aucun ne propose d'expérience pour modéliser la situation et vérifier expérimentalement l'hypothèse. Deux groupes ont trouvé le bon résultat, l'un par le calcul des moments, l'autre grâce à un raisonnement basé sur un produit en croix inverse. Enfin, le dernier groupe n'a pas trouvé la bonne réponse.

Pendant les 10 minutes suivantes, je montre alors l'expérience qui va permettre de valider ou non l'hypothèse que je choisis. Vu le temps qui reste, je m'oriente directement vers la bonne hypothèse. Je demande à un élève de m'aider à réaliser la manipulation. Sur la grue dessinée au tableau, je place le disque des moments au sommet du pilier. La masse de l'énoncé est donc divisée par 12 000, ce qui fait que l'on accroche

en réalité une masse de 50 g à l'extrémité et on fait correspondre les écarts sur le disque avec les distances de la grue. On observe qu'en accrochant trois masses de 50 g de l'autre côté, le disque est en équilibre et que si on rajoute de la masse ou si l'on enlève de la masse au contrepoids, le disque n'est plus en équilibre. En revenant à l'énoncé, on trouve donc bien une masse du contrepoids égale à 1800 kg. Enfin durant les 10 dernières minutes, je note au tableau la trace écrite formalisée avec pour chaque côté le calcul des moments en introduisant la convention des signes. J'introduis l'égalité (théorème des moments) et on trouve par le calcul la masse attendue. Dans les annexes se trouvent trois exemples de traces écrites d'élèves sur cette séance.

3) Analyse de la séance

Les élèves se sont immédiatement investis dans l'activité et ils ont été intéressés par la problématique. C'est pourquoi, il y a eu des questions très pertinentes dès le début de la séance. Néanmoins, j'ai donné un peu vite les réponses au début à l'ensemble de la classe au lieu de leur dire d'en discuter en groupe. C'est ce que j'ai finalement dit au bout de quelques minutes mais j'aurais dû commencer par là. Il y a eu une émulation positive entre les groupes car chaque groupe voulait trouver la bonne solution. J'étais heureux de constater que des élèves ont eu l'idée de rechercher la formule de l'intensité du poids dans leur cours. Je pensais qu'ils allaient s'en souvenir, mais c'est aussi bien de savoir où la trouver en cas de besoin car c'est ce qui les attend dans leur futur métier. J'ai été étonné que les groupes partent sur une méthode de résolution par le calcul plutôt que par l'expérience. Deux groupes sur trois ont trouvé la bonne solution même si l'exposé n'était pas toujours très rigoureux et le troisième groupe avait aussi des choses intéressantes à proposer.

Pour ce qui a moins bien fonctionné, aucun groupe n'a proposé d'expérience du fait qu'ils n'ont pas osé se lever pour tester le matériel. Je n'avais pas du tout prévu de proposer moi-même le protocole expérimental. Même si j'ai associé un élève à la partie manipulation, cela aurait eu plus d'impact si chaque groupe avait testé le disque des moments. Au final, par rapport au déroulement initial que j'avais prévu, le cœur de la DI qui est de proposer un protocole expérimental n'était pas là (étape de recherche et de validation) et j'ai dû prendre la main là-dessus. Cette absence de protocole expérimental

peut s'expliquer par plusieurs raisons : la première étant que cette consigne n'était pas écrite sur la feuille, la seconde est qu'il n'y avait qu'un seul disque des moments au tableau et que je n'ai pas assez présenté le matériel au début. Je n'ai pas précisé qu'ils pouvaient se lever pour tester le matériel. Néanmoins, je crois que les élèves ont été acteurs durant au moins la moitié de la séance avec le travail en groupe et la restitution devant le reste de la classe. Bien que de nombreux éléments peuvent être améliorés, les objectifs fixés durant la préparation de cette séance ont été globalement atteints, les temps de la séance ont été à peu près respectés et personnellement, j'ai pris beaucoup de plaisir à travailler avec les élèves sous cette forme de démarche d'investigation.

4) Piste d'amélioration

Pour améliorer cette séance pour mes classes à venir, il serait bien que je prévois à l'avance la constitution des groupes pour avoir une bonne homogénéité en leur sein. J'en ai déjà parlé mais il faudrait que je ne donne aucun élément de réponse avant que la réflexion en groupe ait véritablement commencé. Pour plus de clarté, je pense que je mettrais les consignes à l'écrit sur la feuille d'énoncé, à savoir pour chaque groupe : proposer une hypothèse, proposer un protocole expérimental, réaliser ce protocole pour valider ou non votre hypothèse et désigner un rapporteur pour présenter vos résultats devant toute la classe. Au niveau du matériel, il serait mieux que chaque groupe ait à sa disposition sur sa table les éléments pour manipuler. Des Légos ou des mécanos pourrait faire l'affaire pour modéliser la grue. Chaque groupe aurait à disposition une balance et des masses. Cela montrerait que le protocole expérimental est vraiment important dans une démarche d'investigation. A défaut, si vraiment il n'y a encore qu'un seul disque des moments, je leur présenterai le matériel au début de séance en leur disant qu'ils peuvent se déplacer pour le toucher.

Enfin, l'amélioration pourrait porter aussi sur le déroulement de la séance lui-même. Peut-être serait-il judicieux de prévoir la séance sur 2h avec une première heure sur la formulation d'hypothèse et l'élaboration d'un protocole. Puis lors de la séance suivante, réaliser l'expérience et présenter les résultats devant l'ensemble de la classe

puis finir par la prise de note de la méthode calculatoire et l'introduction du théorème des moments.

Conclusion

Dans ce dossier est présentée une séance de physique de type démarche d'investigation réalisée avec une classe de Terminale CGEA sur les conditions d'équilibre d'un solide. Bien que des améliorations puissent être apportées pour rendre la séance plus fluide et plus efficace notamment en ce qui concerne la partie expérimentale, le bilan est très positif du point de vue de l'investissement des élèves dans ce type d'activité.

Démarche d'investigation : Equilibre d'un solide

Problématique :

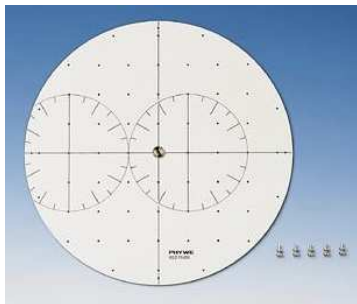
Un conducteur de travaux réalise un bâtiment. Il décide d'installer une grue sans tirants (cf photo) sur son chantier pour lever des charges importantes. Il rédige son cahier des charges pour la grue dont il a besoin. **Mais une chose lui manque : la masse du contrepoids qu'il doit mettre en bout de la grue pour travailler en toute sécurité. Pouvez-vous l'aider ?**

Cahier des charges de la grue :

- Masse maximale à porter : 600 kg
- Portée maximale (distance entre le haut du pilier et le bout de la flèche) : 15 m
- Distance entre le haut du



Grue sans tirants



Disque des moments

Matériel à disposition:

- disque mobile autour d'un axe horizontal (disque des moments)
- masses
- balance

Notion de moment d'une force :

Le moment d'une force **F** par rapport à un axe de rotation s'exprime par $F \times d$

Avec :

- d : distance de la droite d'action de **F** à l'axe de rotation (bras de levier).
- **F** : l'intensité de la force **F** en N

Déroulement de la DI :

Etapes de la DI	Travail attendu	Durée prévue sur une séance de 45 min
Problématique	Lecture de la situation-problème par un élève pour toute la classe.	5 min
Appropriation	Les élèves en trinôme s'approprient le problème en mettant en commun ce qu'ils ont compris du problème.	5 min
Formulation de conjectures et de pistes de recherche	Toujours en trinôme, les élèves doivent écrire sur leur feuille les hypothèses qui leur permettraient de trouver la masse du contrepoids ainsi que le protocole qu'ils vont mettre en œuvre.	10 min
Recherche	Les élèves en trinôme mettent en œuvre l'expérimentation	10 min
Validation	Grâce à leurs résultats, les élèves peuvent valider ou non l'expérience qu'ils ont mise en œuvre et répondent à la question de la masse du contrepoids	5 min
Communication	Un rapporteur du trinôme explique à la classe le résultat qu'ils ont trouvé.	2 min / groupe