



PHILIA +

PROTECTION DE LA JEUNESSE : AGIR AVEC LE JEUNE

FICHE OUTIL

Un autre exemple de pratique pédagogique centrée sur la résolution de problème...

Cette fiche a été réalisée par QPI (Portugal)



Ce projet a été financé avec le soutien de la Commission européenne.

Cette publication n'engage que son auteur et la Commission n'est pas responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations qui y sont contenues.



EXTRAIT, adapté et traduit, de :

Marques, E.M., Quieroz, M.C. (2014). *A Teoria do Habitus para a prática do serviço social. Uma experiência de investigação-ação ao serviço da inclusão. Porto : Afrontamento*

Lors d'un cours de Physique... (Extrait du Journal de terrain)

“Aujourd’hui nous allons parler d’une loi de Newton qui s’appelle la Loi Fondamentale de la Dynamique qui a été énoncée de cette façon : “L’accélération acquise par un corps est directement proportionnelle à l’intensité de la résultante des forces externes qui s’exercent sur le corps, prend la direction et le sens de cette force résultante et est inversement proportionnelle à sa masse”.

$$F_r = m \cdot a_{cm}$$

Ecrivez maintenant les principaux concepts de cette loi dans votre cahier.

Le professeur écrit la loi au tableau ainsi que la définition des concepts suivants :

Accélération d'un corps : la valeur de l’accélération acquise par un corps est directement proportionnelle à l’intensité de la résultante des forces externes qui s’exercent sur lui. La valeur de l’accélération est donnée par la formule : $a = \frac{F}{m}$

Masse inertielle : la constante de proportionnalité est une caractéristique de chaque corps et est désignée comme masse inertielle (ou simplement masse)

Force résultante : c’est la somme vectorielle : $F_r = F + F_{friction}$

Intensité de la force résultante est donnée par : $F_r = F - F_{friction}$

Sans expliquer la signification de chacune de ces grandeurs, sans expliquer surtout leur rapport avec des situations réelles, le professeur se limite à lire les formules et conclut :

De la Loi Fondamentale de la Dynamique nous pouvons conclure que le changement de l’état de repos ou de mouvement d’un corps ne se produit que lorsque des forces extérieures s’exercent sur ce corps. La résultante des forces exercées provoque une accélération ... la valeur de l’accélération dépend toujours de la masse du corps.

Ce que cette loi nous dit c’est que lorsque la résultante des forces est nulle, la vitesse du corps est constante et quand la résultante des forces n’est pas nulle, le mouvement du corps s’accélère.

Face à l’exposition abstraite de concepts aussi complexes et à l’absence de démonstration expérimentale des possibles relations entre deux forces, on ne pouvait attendre rien d’autre que l’indifférence et le retrait des élèves : certains parlaient avec leur voisin, d’autres faisaient des dessins dans leur cahier, d’autres, encore, jetaient un coup d’œil à leur portable ou interrompaient le professeur avec des commentaires déplacés.

La sonnerie de fin de cours met, finalement, terme à une atmosphère bruyante, agitée et désordonnée.



Analyse de la situation...

Pour dépasser la frustration vécue par les jeunes face au caractère inaccessible de cette matière, les professionnels de la Qpl ont organisé, en-dehors des cours, plusieurs sessions d'étude, en commençant par réunir un ensemble de situations et de problèmes du monde réel quotidien afin de permettre aux jeunes de surmonter le sentiment d'étrangeté que la confrontation avec des formules indéchiffrables avait commencé à susciter. Les amener à reconnaître l'utilité des connaissances en cause pour comprendre des phénomènes familiers, qu'ils constatent régulièrement sans savoir toutefois les expliquer, a été une étape nécessaire pour stimuler leur curiosité et surmonter l'idée qu'ils ne seraient pas capables d'arriver à comprendre une matière apparemment si ésotérique.

Pourquoi est-ce que les objets tombent par terre quand on les lâche en l'air ? Pourquoi est-ce que les astronautes marchent facilement sur la lune, alors que leur équipement est très lourd ? Qu'est-ce qui fait voler un avion ? Pourquoi est-ce que lorsque nous marchons dans l'eau nous avons moins de difficulté à nous déplacer que lorsque nous le faisons en-dehors d'elle ? Qu'est ce qui fait que les objets flottent ou paraissent être plus légers dans l'eau ? Si la terre est en mouvement pourquoi est-ce que nous ne nous en apercevons pas ? Pourquoi est-ce que sur une piste en sable le temps d'accélération d'une voiture est supérieur à ce qui se passe sur une piste en asphalte ? Est-il nécessaire d'appliquer de façon constante une force à un corps pour que celui-se meuve ? Comment explique-t-on qu'un vaisseau spatial continue en mouvement dans l'espace, sans que sa vitesse diminue, même lorsque les moteurs sont arrêtés ? Pourquoi est-ce que la lune ne tombe pas sur la terre ? Pourquoi est-ce que si nous laissons tomber en même temps deux feuilles de papier celle qui est froissée tombe plus rapidement ?

Professionnelle de Qpl : si tu abandonnes un objet dans l'air, comme par exemple, cette clé, qu'est-ce qui lui arrive ? (la professionnelle lâche la clé)

Les jeunes répondent d'une seule voix : la clé tombe.

Professionnelle de Qpl : Comment expliquer que cette clé tombe, comme tous les autres objets, lorsqu'on les lâche dans l'air ?

Kukiro : C'est la terre qui attire les objets vers le sol.

Professionnelle de Qpl : Ce que tu veux dire Kukiro c'est que c'est la Terre qui exerce une force sur notre corps et sur tous les objets. Comment s'appelle cette force d'attraction que la Terre exerce sur les corps et vers son centre ?

Kukiro : gravité.



Professionnelle de Qpl : Très bien. Cette force s'appelle force gravitationnelle ou force de gravité. Et la force d'attraction n'existe qu'entre la Terre et les corps ?

Serafim : Non, tous les corps s'attirent.

Professionnelle de Qpl : C'est vrai. Tout corps attire vers soi d'autres corps qui se trouvent autour de lui. Par exemple, je suis en train d'être attirée par cette table et vice-versa. Mais pourquoi est-ce que cette table n'a pas bougé et n'est pas venue vers moi et vice-versa ?

Serafim : Je ne sais pas expliquer cela.

Professionnelle de Qpl : Parce que la masse que constitue mon corps et la masse de la table, c'est-à-dire la quantité de matière qui constitue mon corps et celle qui constitue la table (la masse de la table), ont des valeurs très basses et l'attraction entre mon corps et la table n'est pas perceptible, c'est-à-dire qu'elle ne se sent pas, qu'elle ne se voit pas.

Cyprien : Oh ! ... je pensais que ce n'était que la Terre qui attirait notre corps et les objets en général.

Professionnelle de Qpl : Mais non. Tout corps, même lorsque sa masse est très petite, attire à soi toutes les autres masses qui se trouvent autour de lui, même si cette attraction n'est pas perceptible. Toutes les particules exercent une force de gravité ou une attraction mutuelle.

Fernando : Alors pourquoi est-ce que c'est seulement dans le cas de la Terre que l'on sent cette force ?

Professionnelle de Qpl : Ce qui arrive c'est que la masse de la matière qui constitue la planète Terre est très élevée. Les physiciens disent que la masse de la Terre correspond à 6.0×10^{24} kg. C'est pour cela que lorsque tu sautes tu sens ton corps « tiré » vers la Terre.

Rafael : Alors nous tous ici nous sommes en train d'être tirés les uns vers les autres mais nous ne le sentons pas parce que nous sommes plus légers que la Terre, c'est cela ?

Professionnelle de Qpl : Ce que l'on peut dire c'est que la matière qui constitue ton corps et les matières qui composent tous les objets et toutes les personnes de cette salle s'attirent mutuellement. Mais comme les masses de nos corps et des objets de cette salle ont des valeurs très basses, cet effet ne se sent pas. Comme la masse de la Terre est très supérieure à tous les corps qui s'y trouvent, elle parvient à attirer les corps dans sa direction. Nous pouvons alors dire qu'il y a un rapport entre l'intensité de la force gravitationnelle et la masse des corps. Quel peut être ce rapport ?

Serafim : Plus la masse des corps est élevée, plus grande est la force que la Terre exerce sur eux.

Professionnelle de Qpl : En effet, très bien. L'intensité de la force gravitationnelle est proportionnelle à la masse des corps qui interagissent entre eux. Par exemple, la force qui attire les corps vers le centre de la Terre augmente à mesure que la masse des corps, elle aussi, augmente. Si la masse d'un corps est plus petite, la force qui l'attire vers le centre de la Terre



(force gravitationnelle) est elle aussi plus petite. Donc, la masse d'un corps et la force gravitationnelle sont des grandeurs directement proportionnelles.

Mais ce n'est pas seulement la **masse** des corps qui exerce une influence sur la force gravitationnelle. Newton a conclu que la force gravitationnelle diminue avec la **distance** entre les corps qui interagissent. Rappelez-vous des astronautes. Qu'est-ce qu'il leur arrive au fur et à mesure que la fusée s'éloigne de la Terre ?

Tous : ils restent en l'air ... ils flottent ... ils deviennent plus légers ... ça doit être vraiment chouette...

Professionnelle de Qpl : Exactement. Cela arrive parce qu'à mesure que nous nous éloignons de la Terre la force d'attraction que la Terre exerce sur nous diminue. À mesure que la fusée s'éloigne de la Terre, l'intensité de la force gravitationnelle diminue. On dit, alors, que les astronautes perdent du poids.

Rafael : Comment est-ce possible ?

Professionnelle de Qpl : Ils perdent du poids mais ils ne perdent pas de masse. Nous confondons très souvent la masse et le poids d'un corps. Mais, en réalité, ce sont des grandeurs physiques différentes. La valeur de la **masse** d'un corps ne varie pas, quelque soit sa localisation. Elle s'exprime dans le cadre du Système International des Unités en kilogramme (kg). Par contre le **poids** d'un corps résulte de la force gravitationnelle que la Terre (ou une autre planète) exerce sur lui et s'exprime en Newton (N).

Rafael : C'est marrant ... je n'ai jamais pensé comme cela ...

À la fin de ce débat, un texte sur les expériences qui ont amené Newton à formuler la Loi de la Gravitation Universelle a été fourni aux jeunes.

Pour les aider à trouver un moyen de structurer les principes et concepts de la physique qu'ils sont en train d'étudier, quelques expériences concrètes ont été réalisées. Pour démontrer, par exemple, que l'accélération de la gravité ne dépend pas de la masse du corps, nous avons fait l'expérience dite du « tube de Newton » (un tube de verre fermé aux deux extrémités dans lequel on fait le vide à l'aide d'une pompe), en y laissant tomber une clé et une plume. Ils purent alors constater que, dans ces circonstances, la clé et la plume arrivent en même temps.

Professionnelle de Qpl : Dans cette expérience, la clé et la plume ont été soumises à une seule force, laquelle ?

Tous : la force de gravité.

Professionnelle de Qpl : Exactement. Et cette force provoque une accélération qui, comme nous l'avons vu, est la même pour les deux corps, indépendamment de leur masse, quand nous éliminons la résistance de l'air. Si nous laissons tomber une poule et une plume dans le vide, elles arriveraient également en même temps. On sait, grâce à toute une série de mesures, que



s'il n'y a pas de résistance de l'air, l'accélération de la gravité est la même pour tous les objets qui tombe à la superficie de la Terre. Elle a la valeur de $9,8\text{m/s}^2$ mais on peut même considérer 10m/s^2 en arrondissant. Cela veut dire que à chaque seconde la vitesse augmente de 10m/s et à la fin de la deuxième seconde elle est de 20m/s , à la fin de la troisième elle est de 30m/s et ainsi de suite.

Mais dans la vie normale les corps ne sont pas seulement sujets à l'action de la force de gravité. Quand nous lâchons un objet dans l'air, celui-ci est encore soumis à une autre force. Quelle est-elle ?

Afonso : La force de l'air.

Professionnelle de Qpl : Très bien ! La résistance de l'air.

Les jeunes sont invités à reproduire dans un graphique l'action des deux forces de sens contraire sur un objet donné, ce qu'ils arrivent à faire sans trop de difficulté.

Force de résistance de l'air



Force de gravité

Pour consolider la compréhension de que la force de résistance de l'air varie en fonction de la superficie du corps et non de sa masse, on demande aux jeunes de laisser tomber en même temps et du même point de départ deux feuilles de papier, l'une d'elle étant froissée en boule.

Après avoir vérifié que la feuille froissée arrive plus rapidement au sol que l'autre, bien qu'elles aient la même masse, le rapport entre la résistance de l'air et la superficie d'un objet est devenue claire et parfaitement compréhensible.

En poursuivant la même ligne de raisonnement, les jeunes sont conviés à penser à une autre situation, celle du mouvement de descente d'un parachutiste.

Professionnelle de Qpl : Au moment où un parachutiste saute de l'avion quelle est la force qui s'exerce sur lui ?

Fernando : Je pense que c'est la force de gravité ... il tombe.



Professionnelle de Qpl : Et tu penses bien. Il est en chute libre et la seule force qui agit sur lui est celle que la Terre exerce. Indépendamment de la masse du parachutiste, il se meut avec une accélération constante qui, en un même point, est la même pour tous les corps. Tu sais me dire quelle est la valeur de cette accélération gravitationnelle à la superficie de la Terre ?

Fernando : Ce sont les fameux 10m/s^2 , n'est-ce-pas ?

Professionnelle de Qpl : C'est exactement cela. C'est facile de vérifier que la valeur de la vitesse d'un corps augmente quand il tombe. Dans la première seconde, elle est de 10m/s et lors de la deuxième ?

Fernando : 20m/s , à la troisième, 30m/s .

Le vecteur d'accélération gravitique a les caractéristiques suivantes :

- Direction : verticale
- Sens : elle est dirigée de haut en bas
- Valeur : elle dépend de la latitude et de l'altitude pour une même planète. À la superficie de la Terre, elle a une valeur standard de $9,81\text{m/s}^2$.
- Elle se représente par : g

Les jeunes sont alors confrontés à la question suivante :

Professionnelle de Qpl : Au bout d'un certain temps, après que le parachutiste se soit lancé de l'avion que va-t-il arriver ?

Fuzi : La valeur de la vitesse du parachutiste va augmenter et l'air commence à offrir résistance à son mouvement, même avant qu'il n'ouvre son parachute.

Professionnelle de Qpl : Nous pouvons, alors, dire que son mouvement dépend maintenant de deux forces qui s'exercent sur lui. Quelles sont-elles ?

Fuzi : la force de gravité et la force de l'air.

Professionnelle de Qpl : Tant que la parachutiste n'ouvre pas le parachute, quelle est la force qui a la plus grande intensité ? La force de gravité ou la résistance de l'air ?

Fernando : La force de gravité.

Professionnelle de Qpl : Et quand le parachute s'ouvre, quelle est la force qui a la plus grande intensité ?

Serafim : Quand le parachute s'ouvre, la force de résistance de l'air est plus grande que la force de gravité.

Professionnelle de Qpl : C'est exactement cela. Au moment où le parachutiste ouvre son parachute, l'air offre une résistance à son mouvement. Cette force s'exerce sur la superficie intérieure du parachute. Et comme l'a dit Serafim, l'intensité de cette force est supérieure à



l'intensité de la force de gravité qui attire le parachutiste vers le centre de la Terre. Alors, qu'est-ce qui arrive au mouvement du parachutiste ? La vitesse de descente se maintient ou diminue ?

Fernando : Ah ? ... Je commence à voir ... La vitesse de descente diminue beaucoup ... C'est pour cela que le parachutiste ne s'écrase pas au sol et tombe plus lentement ...

Professionnelle de Qpl : Alors quel est le nom que l'on peut donner à ce mouvement : *retardé* ou *accélééré* ?

Kukiro : La vitesse de descente du parachutiste diminue fortement, donc le mouvement est retardé.

Professionnelle de Qpl : Et quelle sera, alors, l'intensité de la force qui attire le parachutiste vers le sol ? Comment peut-on calculer cette force ?

Fernando : En calculant la différence entre la force de gravité et la résistance de l'air ?

Professionnelle de Qpl : Exactement. Et c'est cette différence qui s'appelle force résultante. L'intensité de la force résultante est égale à la différence entre la force de gravité et la résistance de l'air.

Kukiro : Je ne comprends pas pourquoi le parachutiste ne reste pas arrêté en l'air lorsqu'il ouvre le parachute ? Si la valeur de la résistance de l'air est plus grande que la force de gravité, il ne devrait pas rester en l'air et cesser de tomber ?

Professionnelle de Qpl : Bonne question. En réalité, la valeur de la résistance de l'air est plus grande que celle de la force de gravité mais pour que le parachutiste s'arrête immédiatement sa vitesse devrait être réduite immédiatement à zéro. Toutefois, la vitesse avec laquelle le parachutiste tombe ne se stabilise pas juste au moment où il ouvre son parachute. Elle a plutôt tendance à se réduire graduellement, en fonction du temps, provoquant ainsi un ralentissement ... C'est pour cela que le mouvement du parachutiste est retardé mais cela n'empêche pas qu'il continue à descendre.

C'est comme lorsque je freine avec une voiture Si je retire immédiatement le pied du frein, la voiture ne s'arrête pas. La vitesse diminue. La voiture a ralenti mais elle continue en mouvement... Le parachute, lui, est fait pour équilibrer la force ascendante (la résistance de l'air sur lui) et la force descendante (force de gravité) et non pour que la première l'emporte sur la seconde. Au moment de l'ouverture du parachute, la force de résistance de l'air l'emporte sur la force de gravité, ce qui produit une réduction de l'accélération du mouvement jusqu'au moment où l'accélération finit par être égale à zéro. À partir de là le parachutiste descend à une vitesse constante. Cela se produit car la force résultante qui agit sur lui (force de la résistance de l'air et force de gravité) devient nulle.

Cyprien : D'accord, mais il y a tout de même quelque chose que je n'arrive pas à comprendre. Si la force résultante est nulle, c'est-à-dire égale à zéro, cela veut dire que les deux forces (force de résistance de l'air et force de gravité) ont la même valeur. Comment cela se fait alors que le



parachutiste continue à tomber, si les deux forces qui s'exercent sur lui sont égales. Il ne devrait pas s'arrêter ?

Professionnelle de Qpl : Ta question est pertinente. Notre expérience quotidienne nous amène à penser que pour maintenir un objet en mouvement il faut lui appliquer de façon continue une force. Mais cela ne se passe pas ainsi. Newton est parvenu à la conclusion qu'il n'est pas nécessaire d'imprimer une force de façon continue pour qu'un corps continue en mouvement. Si un corps est déjà en mouvement, il tend à se maintenir en mouvement à moins qu'une autre force ne s'exerce sur lui.

Un parachutiste continue à tomber même avec son parachute ouvert parce que, bien que la force de résistance de l'air puisse annuler la force de gravité, il se trouve déjà en mouvement.

Pense à un petit bout de bois sur une superficie horizontale, comme le plateau de cette table. Si personne ne lui applique une force, le bout de bois reste au repos. Mais s'il est poussé ou tiré il glissera un peu jusqu'à ce que la vitesse tende à diminuer et il restera de nouveau au repos. Cela se doit à la force de friction exercée par la table sur le bout de bois. Mais si nous polissions bien la superficie de la table et le bout de bois, de manière à éliminer la friction (situation idéale), qu'est ce qui se passerait, à ton avis ?

Belmiro : Le bout de bois n'arrêterait pas de glisser sur la table.

Professionnelle de Qpl : C'est exactement cela. Dans ces conditions, la vitesse du bout de bois ne souffrirait pas de changement, elle resterait constante. Cela veut dire que le bout de bois continuerait à se mouvoir sur la table jusqu'à ce qu'une force contraire agisse sur lui.

Fernando : C'est bizarre.

Professionnelle de Qpl : Je vais vous donner un autre exemple. Imaginez une voiture qui roule à 100 km/h. Si, tout à coup, nous coupons le moteur, elle s'arrête immédiatement ?

Moutinho : Non ... mais elle va perdre de la vitesse et finir par s'arrêter.

Professionnelle de Qpl : Pourquoi est-ce qu'elle continue à se mouvoir si le moteur est coupé ou si aucune force ne la pousse en avant ?

Cyprien : Parce que la vitesse de la voiture n'est pas encore arrivée à zéro. Cela prend un peu de temps.

Professionnelle de Qpl : C'est vrai. Mais imagine que nous arrivions à rendre la route absolument lisse et que nous graissions bien les engrenages des roues. Qu'est-ce qui se passerait ?

Cyprien : La voiture prendrait plus de temps pour s'arrêter.

Professionnelle de Qpl : Exactement. Nous verrions que la distance que la voiture allait parcourir avec le moteur coupé augmenterait. Nous pouvons en retirer une conclusion : que la seule raison pour laquelle la voiture perd de la vitesse c'est la friction. Plus nous parvenons à réduire la friction, plus la vitesse initiale se réduira lentement. Cela nous amène à penser que, à la



limite, s'il n'y avait pas de friction, la voiture ne ralentirait pas et continuerait à se mouvoir à 100 km/h, c'est-à-dire à la vitesse existante, lorsque nous avons coupé le moteur.

Rafael : Je comprends mais cela est tout de même bizarre ...

Professionnelle de Qpl : Tu as raison, c'est bizarre. Mais, en réalité, pour qu'un objet se maintienne en mouvement à une vitesse constante, il n'est pas nécessaire d'exercer sur lui une force qui le pousse. Une fois en mouvement, celui-ci se maintient même quand il n'existe pas de force qui s'exerce sur le corps.

C'est en observant des faits semblables qu'Isaac Newton a formulé une loi : la loi de l'inertie. Ce qu'il en a conclu c'est que l'inertie est une propriété fondamentale des corps. À travers elle, un corps offre une résistance à la modification de son état de mouvement. Si le corps est en repos, sa tendance est de se maintenir en repos. Si le corps réalise un type de mouvement, l'inertie fera qu'il tendra à un mouvement rectiligne uniforme (mouvement par lequel le corps se déplace sur une trajectoire droite et parcourt des espaces égaux lors d'intervalles de temps égaux).

Revenons-en au cas du parachutiste. Savez-vous expliquer pourquoi est-ce qu'il continue à tomber même lorsque le parachute est ouvert ?

Kukiro : Parce que, bien que la force de résistance de l'air soit équivalente à la force de gravité, le parachutiste se trouvait déjà en mouvement et donc sa tendance est de se maintenir en mouvement.

Professionnelle de Qpl : Très bien. Cependant, si le parachutiste était soumis à des courants d'air ascendants, sur un flanc de coteau exposé au vent, la résistance de l'air pourrait vaincre la force de gravité de telle sorte que le parachutiste resterait suspendu dans l'air ou même monterait.

Un deltaplane, par exemple, se maintient en l'air parce que la taille et le format de ses ailes ont été pensés pour que la résistance de l'air produise sur lui une force supérieure à la force de gravité, de telle sorte qu'il vole. Cette force s'appelle force de levage et, en termes très généraux, elle est produite par le déplacement de l'air par les ailes et par la création de plusieurs points de pression sur les ailes.

Fuzi : Comment cela se passe ?

Professionnelle de Qpl : Les ailes d'un deltaplane et également celle d'un avion font en sorte que l'air qui leur passe par-dessus se meut plus vite que l'air qui leur passe par-dessous. Cela est dû à différentes courbures sur la partie supérieure et la partie inférieure de l'aile. Ce qui se produit c'est que plus la vitesse de l'air est grande, plus faible est sa pression. De sorte que l'aile d'un deltaplane ou d'un avion souffre une pression de l'air plus forte sur la partie inférieure des ailes et moindre sur la partie supérieure, ce qui provoque une force de levage.

Extrait du Journal de terrain -Session d'étude organisée à l'association

