

Chapitre 10 Dynamique newtonienne (forces et lois du mouvement)

I Première loi de Newton (principe d'inertie)

1. introduction

Longtemps (jusqu'au 17ème siècle), on a pensé que pour qu'un objet soit en mouvement, il fallait exercer continuellement sur ce dernier une force. Je me demande ce que donnerait un sondage, aujourd'hui, auprès de nos concitoyens, si on leur posait la question : " Pensez-vous qu'il soit possible qu'un corps soit en mouvement sans qu'une force le pousse ? " Je crois qu'une majorité de la population répondrait non. Peut-être même que vous aussi... et ce n'est pas honteux ! Par contre, nous sommes là pour déconstruire cette idée et la remplacer par : un objet peut être en mouvement sans qu'une force s'exerce sur lui ! C'est Galilée (1554-1642) qui l'a pressenti et Newton (1642-1727) qui l'a théorisé. Voyons de quoi il s'agit :

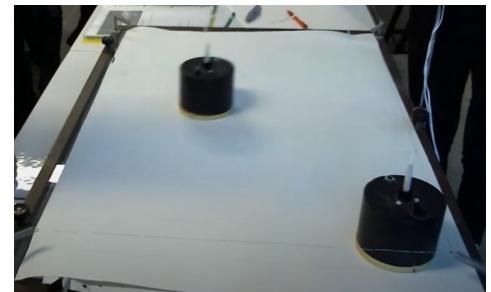


2. expérience : mouvement d'un mobile autoporteur sur une table horizontale

Regardez à nouveau le mouvement d'un mobile autoporteur sur une table horizontale (1'40 " à 2'00 ") et le commentaire qui en est fait (3'00 " à 3'40 ") :

<https://www.youtube.com/watch?v=tvFKiSo7Sgq>

On sait maintenant que le mouvement de ce mobile est rectiligne et uniforme (tant qu'il ne rencontre pas le bord de la table).



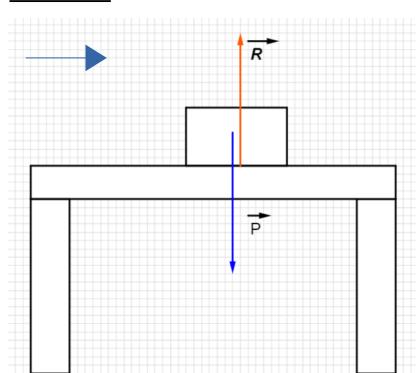
Quelles sont les forces qui s'exercent sur le mobile ? Pour répondre à ce type de question que j'appelle " faire un bilan des forces ", on va toujours respecter la même procédure. C'est à dire :

Procédure " Bilan des forces " :

- faire un schéma de la situation
- définir le système étudié (l'objet qui subit les forces)
- définir le référentiel considéré
- faire la liste de toutes les forces exercées sur le système en précisant pour chacune son point d'application, sa direction, son sens, sa norme (= valeur en Newton)

Appliquons cette procédure au mobile autoporteur lors de son mouvement (la main ne le touche plus et il n'est pas en contact avec le bord).

Schéma :



Système : le mobile autoporteur (rectangle posé sur la table)

Référentiel : On étudie le mouvement du mobile par rapport à la table qui est un exemple de référentiel terrestre

Forces : Comme tout système situé sur Terre, le mobile est soumis à son

poids \vec{P}

- point d'application : centre de gravité de l'objet
- direction : verticale
- sens : vers le bas
- norme : $P = mg$ (m en kg et $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Le mobile ne tombe pas à travers la table, c'est donc que celle-ci exerce une force vers le haut pour le maintenir. Cette force appelée réaction de la table compense exactement la table.

Réaction \vec{R} :

- point d'application : surface de contact entre le mobile et la table. On prend un point au milieu pour simplifier
- direction : verticale
- sens : vers le haut
- norme : R ici égale à P

Remarques : sur le schéma les 2 vecteurs ont été décalés pour qu'on puisse les distinguer (à des fins pédagogiques) mais ces 2 vecteurs ont les mêmes droites d'actions.

Pendant son mouvement, le mobile ne subit que ces 2 forces. Certains élèves disent " Oui mais y'a la vitesse qui s'exerce ! ". (voir Yoda). La vitesse n'est pas une force. Le vecteur vitesse n'est qu'un élément de description du mouvement.



3. conclusion : énoncé de la première loi de Newton

En répétant ce type d'expérience, on s'est rendu compte que lorsque la somme vectorielle des forces appliquées à un système est nulle alors ce système est immobile ou a un mouvement rectiligne et uniforme et réciproquement (si on a un MRU ou immobilité alors les forces se compensent). Ce qui correspond à l'énoncé de la première loi de Newton :

Dans un référentiel galiléen, si un système assimilé à un point matériel n'est soumis à aucune force (système isolé) ou s'il est soumis à un ensemble de forces qui se compensent (système pseudo-isolé), alors il est immobile ou animé d'un mouvement rectiligne et uniforme et réciproquement.

Pour résumer : $\Sigma \vec{F} = 0 \longleftrightarrow$ MRU ou immobilité

Décryptons cet énoncé cryptique !

" Dans un référentiel galiléen " : cela veut dire que cette loi n'est valide que dans ce type de référentiel. Mais qu'est-ce qu'un référentiel galiléen ? Vous connaissez des référentiels : cela peut être un simple objet (le train se déplace par rapport au rail), un référentiel terrestre (par rapport au sol), un référentiel géocentrique (centre Terre) ou un référentiel héliocentrique (centre Soleil)... Certains bouquins de physique se contentent de dire : un référentiel est galiléen si la première loi de Newton y est vérifiée mais c'est une tautologie (comme « s'il fait beau, alors il fait beau »).



Concrètement, si par exemple, vous voulez savoir si une voiture en MRU est un référentiel galiléen alors il faudrait prendre une mini-table avec un mobile autoporteur (kit acheté sur Jeulin.com), faire l'enregistrement du mouvement du mobile lancé (tout en conduisant?) sur la mini-table et voir si on a bien un MRU. Ce qui est le cas. Une voiture en MRU est donc bien un référentiel galiléen. Par contre, si vous recommencez cette expérience dans une voiture en accélération ou en train de tourner cela ne sera plus le cas, vous n'aurez plus de MRU pour votre mobile alors que les forces qui s'exercent sur lui se compensent. Une voiture en accélération ou en train de tourner n'est pas un référentiel galiléen.

On comprend qu'un référentiel qui ne bouge pas trop (ni accélération, ni rotation) pendant le mouvement étudié sera galiléen. Le référentiel terrestre est galiléen pour des expériences de quelques secondes maxi. Il est non galiléen pour les mouvements des satellites par exemple (on préférera le référentiel géocentrique). Un référentiel en MRU par rapport à un référentiel galiléen est lui-même galiléen.

On s'embête un peu pour rien car en Terminale S, on choisira toujours un référentiel galiléen où la première loi de Newton sera donc valide.

Suite du décryptage :

Un système isolé est un objet soumis à aucune force.

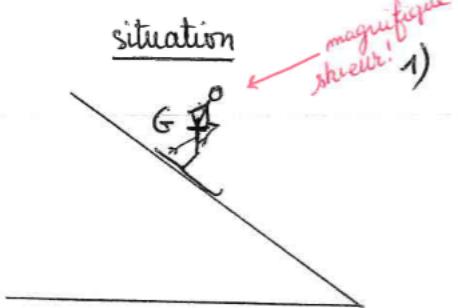
C'est une abstraction car cela n'existe pas. Ce qui s'en approche le plus serait une poussière perdue entre 2 galaxies séparées d'un milliard d'année-lumière. Dans ce cas, la poussière n'est soumise à aucune force. Le problème si on pouvait y aller, c'est qu'on ne pourrait même pas le vérifier... de près (vous comprenez pourquoi?).

En fait, dans le monde réel, on rencontre seulement des systèmes pseudo-isolés :

Un système est pseudo-isolé si la somme vectorielle des forces qui s'exercent sur lui est nulle. Un système pseudo-isolé se comporte comme un système isolé.

Application : première loi de Newton : Vous auriez dû faire cette petite activité. A défaut, lisez bien les réponses et regardez la vidéo pour les différents tracés (qualitatifs!) :<https://youtu.be/96WxMpnVK4U>

Application du principe de l'inertie (1^{ère} loi de Newton)



1) Masse du skieur = $70 \text{ kg} = m$

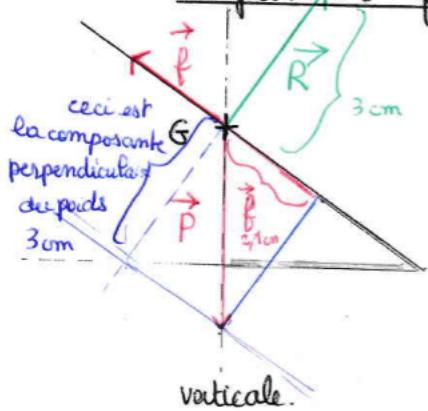
donc son poids P est :

$$P = m \times g = 70 \times 10 = 700 \text{ N}$$

2) Tracer le vecteur \vec{P} avec l'échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 200 \text{ N}$

La longueur du vecteur \vec{P} est donc $\frac{700}{200} = 3,5 \text{ cm}$.

diagramme des forces



3) Sachant que la réaction \vec{R} est perpendiculaire au sol et qui elle compense la composante perpendiculaire du poids, tracer \vec{R} .

4) Le mouvement du skieur est rectiligne et uniforme.

a) Que peut-on en déduire ?

D'après la 1^{ère} loi de Newton, comme le mouvement est rectiligne et uniforme alors la somme vectorielle des forces appliquée au skieur est nulle.

b) Tracer cette 3^{ème} force. Déterminer sa valeur en Newton. J'appelle la troisième force \vec{f}

sur schéma. Il faut que $\vec{P} + \vec{R} + \vec{f}$ soit nulle donc il faut tracer $\vec{P} + \vec{R}$ et tracer \vec{f} dont l'extrémité revient en G.

Avec l'échelle, 2,1 cm correspond à $420 \text{ N} = f$.

Eh oui ! Un skieur peut glisser sur une pente avec une vitesse constante !

Voilà, c'est fini pour cette première loi. Il en reste 2 !