

LA 1^{ère} LOI DE NEWTON - LE PRINCIPE D'INERTIE

1. PEUT-IL Y AVOIR UN MOUVEMENT SANS FORCE ?

Une force n'est pas nécessaire pour entretenir un mouvement.

S'il faut pédaler pour avancer lorsqu'on est sur une bicyclette ou appuyer sur l'accélérateur pour poursuivre sa route en voiture, cela vient du fait que, sur Terre, les frottements sont inéluctables: il faut donc exercer une force pour compenser les forces de frottement.

Si on considère alors une situation idéale, irréalisable dans la pratique, où on pourrait faire disparaître les forces de frottements (dûes au sol, à l'air...), alors un véhicule sur une route horizontale poursuivrait son mouvement rectiligne jusqu'à rencontrer un obstacle. Il garrerait un mouvement alors qu'aucune force ne s'applique plus.

Dans l'espace, les frottements n'existent pas et aucune force n'est nécessaire pour entretenir le mouvement des galaxies constituant l'Univers, ou des sondes spatiales.

2. MOUVEMENT D'UN CORPS SOUMIS A DES FORCES QUI SE COMPENSENT.

Dispositif.

Au laboratoire, on utilise des mobiles auto-porteurs. Une soufflerie envoie un courant d'air vers le bas; grâce au coussin d'air, les effets des frottements sont négligeables. De plus, si le support est plat et horizontal, les effets du poids du mobile et de la réaction du support s'annulent.

On peut considérer que le mobile est soumis à des forces, certes, mais qui se compensent.

Observations.

Les points des enregistrements sont alignés et la distance qui sépare deux points consécutifs est constante.

Conclusion.

Le mouvement d'un corps soumis à des forces qui se compensent est rectiligne uniforme par rapport à la table.

3. PHYSIQUE ET BANDE DESSINEE.

1. On suppose qu'avant de quitter le sol, le char d'Obelix, avait un mouvement rectiligne uniforme.

En considérant les forces qui s'exercent sur ce char, expliquer pourquoi son mouvement est modifié lorsqu'il n'est plus en contact avec le sol.

2. Comment interpréter en termes de forces que la caravane dans laquelle se trouve Tintin est brusquement arrêtée par l'arbre ?

3. Comment expliquer le mouvement de Tintin vers l'avant au moment du choc ?



Le principe d'inertie

Le *principe d'inertie* a été énoncé au XVI^e siècle par *Galilée*; citons le texte de son ouvrage *Deux nouvelles sciences*:
“*Une vitesse quelconque imposée à un corps se conserve rigoureusement aussi longtemps que les causes d'accélération ou de ralentissement sont écartées, condition qui se réalise seulement dans le plan horizontal; car, dans les plans déclives (c'est-à-dire en pente), il existe déjà une cause d'accélération tandis que dans les plans qui vont en montant, il existe une cause de ralentissement. D'où il suit que le mouvement sur le plan horizontal est perpétuel...*”

Notez que dans cet énoncé, on considère implicitement les frottements comme nuls ou négligeables.

Le principe d'inertie est repris et précisé par *Newton* dans ses *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*; le texte original peut être traduit de la manière suivante:

“*Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve à moins que quelque force n'agisse sur lui et ne le contraigne à changer d'état*” (c'est-à-dire changer de mouvement).

Il faut comprendre la différence entre les idées de Galilée et Newton, d'une part, et celles d'Aristote, d'autre part, qui ont fait autorité pendant environ 2 000 ans. On peut citer une phrase typique des Mécaniques d'Aristote: “*Un corps en mouvement s'arrête quand la force qui le pousse ne peut plus agir de façon à le pousser.*”

On voit que pour Aristote, un corps ne peut être en mouvement que si une force s'applique sur lui; c'est assurément une erreur fondamentale.



4. ENONCE DU PRINCIPE D'INERTIE.

Dans un référentiel terrestre, un corps isolé (soumis à aucune force) ou pseudo-isolé (soumis à des forces mais qui se compensent) reste:

- soit immobile (si sa vitesse initiale est nulle);
- soit en mouvement rectiligne uniforme (si sa vitesse initiale est différente de zéro).

Remarque.

Le principe est également vrai dans le référentiel géocentrique.

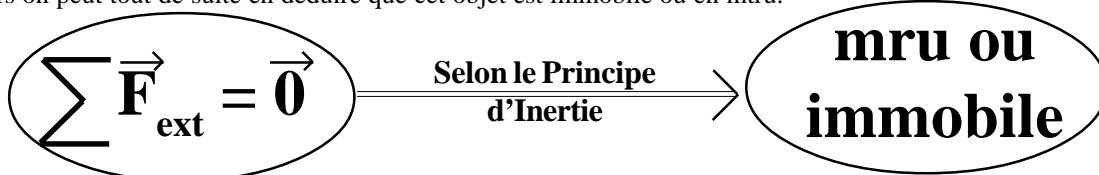
5. CONSEQUENCES DU PRINCIPE D'INERTIE.

On déduit du principe d'inertie que:

- ① Si dans l'énoncé d'un exercice, on nous indique que le système étudié est en mru ou immobile, alors on peut tout de suite en déduire que la somme vectorielle des forces extérieures qui s'exercent sur l'objet en mouvement est nulle.



- ② A l'inverse si dans un exercice, on démontre que le système étudié est soumis à des forces extérieures dont la somme vectorielle est nulle, alors on peut tout de suite en déduire que cet objet est immobile ou en mru.



- ③ Quand un solide est animé d'un mouvement qui n'est pas rectiligne uniforme, il est soumis à des forces qui ne se compensent pas. Il peut avoir:
- un mouvement rectiligne mais non uniforme (la vitesse n'est pas constante);
 - un mouvement non rectiligne, la direction du mouvement change à chaque instant.

- ④ Un corps soumis à des forces qui se compensent et un corps qui n'est soumis à aucune force ont le même comportement;

6. APPLICATION

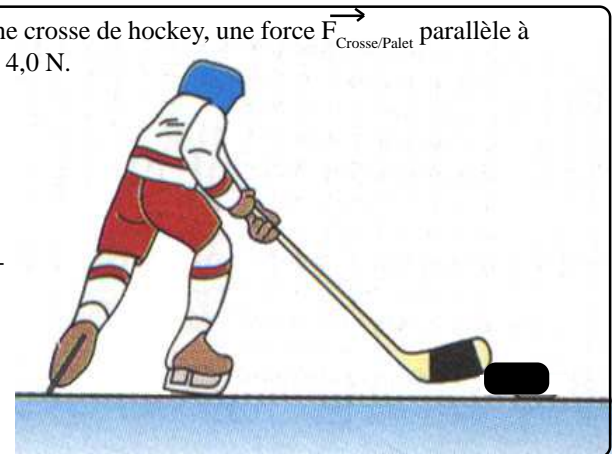
Dans un référentiel terrestre, un corps isolé (soumis à aucune force) ou pseudo-isolé (soumis à des forces mais qui se compensent) reste:

Un joueur de hockey sur gazon exerce sur un palet de masse 200,0 g à l'aide d'une crosse de hockey, une force $\vec{F}_{\text{Crosse/Palet}}$ parallèle à la surface du terrain, dans le sens du mouvement du palet et de valeur $F_{\text{Crosse/Palet}} = 4,0 \text{ N}$.
 Le palet se déplace alors en ligne droite et à vitesse constante.
 On suppose que le palet ne tourne pas sur lui-même. On prend $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.

1. Dans quel référentiel ce mouvement est-il décrit ?
2. Le principe d'inertie s'applique-t-il dans ce référentiel ?
3. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le palet en mouvement. Schématiser le palet sur l'herbe et représenter les forces exercées sur le palet. Que dire de la somme de ces forces ?

échelle 1 cm pour 1 N.

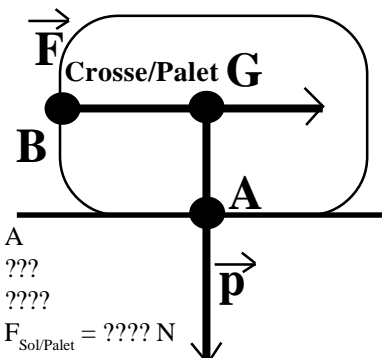
4. Donner un maximum de caractéristiques des forces exercées sur le palet.



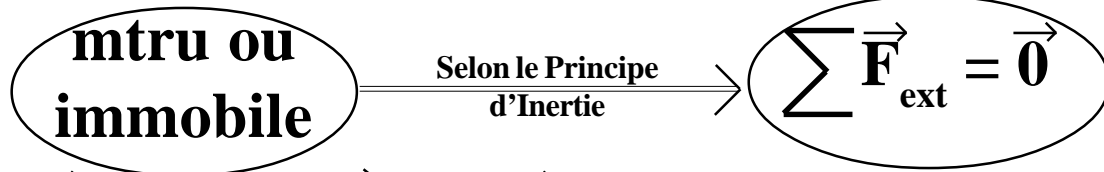
- ① On étudie le système palet dans un référentiel terrestre lié à un spectateur fixe au bord du terrain.

- ② Inventaire des forces appliquées au système.

Le poids \vec{P}	Point d'application: G Direction: Verticale Sens: vers le centre de la Terre Valeur: $p = m \times g = 200,0 \times 10^{-3} \times 10,0 = 2,0 \text{ N}$	La force de la crosse sur le palet $\vec{F}_{\text{Crosse/Palet}}$	Point d'application: B Direction: horizontale Sens: vers la droite Valeur: $F_{\text{Crosse/Palet}} = 4,0 \text{ N}$	La force du sol sur le palet $\vec{F}_{\text{Sol/Palet}}$	Point d'application: A Direction: ??? Sens: ??? Valeur: $F_{\text{Sol/Palet}} = \text{???? N}$
-----------------------	---	---	---	--	---

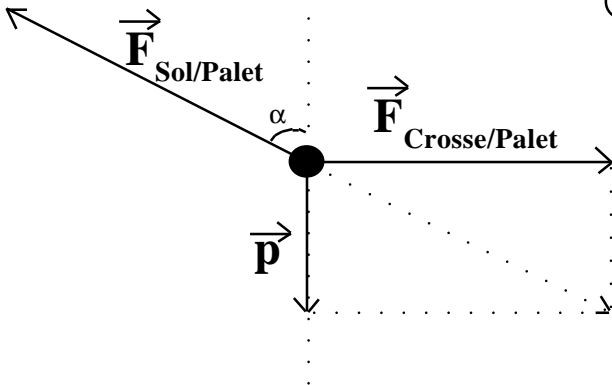


③ On nous indique dans l'énoncé que le palet «se déplace alors en ligne droite et à vitesse constante». Il a donc un mouvement de translation rectiligne uniforme. Par conséquent je peux tout de suite en déduire grâce au principe d'inertie que le palet est un système pseudo-isolé, c'est-à-dire que le palet est soumis à des forces extérieures dont la somme vectorielle est nulle.



On a donc la relation $\vec{p} + \vec{F}_{\text{Crosse/Palet}} + \vec{F}_{\text{Sol/Palet}} = \vec{0}$

④ On va devoir maintenant dessiner les vecteurs forces extérieures de manière précise, afin de respecter la relation vectorielle du principe d'inertie. On se ramène à un seul point d'application:



⑤ On va pouvoir compléter les caractéristiques de la force exercée par le sol sur le palet $\vec{F}_{\text{Sol/Palet}}$

La force du sol sur le palet $\vec{F}_{\text{Sol/Palet}}$

Point d'application:	A
Direction:	un angle $\alpha = 63,5^\circ$ avec la verticale
Sens:	opposé au mouvement
Valeur:	$F_{\text{Sol/Palet}} = 4,5 \text{ N}$

On trouve - l'angle α à l'aide d'un rapporteur
- et la valeur $F_{\text{Sol/Palet}}$ car graphiquement on mesure un vecteur $\vec{F}_{\text{Sol/Palet}}$ de 4,5 cm, ce qui correspond, en respectant l'échelle des vecteurs, à une valeur de 4,5 N.

Il est donc important de bien dessiner les vecteurs.

Remarque: La force exercée par le sol n'est donc pas toujours verticale.... Seul le principe d'inertie permet de répondre rigoureusement..... et aucunement l'intuition parfois fausse.

En classe de 1^{ère} S, on apprendra à résoudre ce genre d'exercice non pas graphiquement mais par des applications numériques.

On considère maintenant, le cas d'un joueur de hockey sur glace qui frappe dans un palet de masse 200,0 g. Ce palet se déplace alors en ligne droite et à vitesse constante. On suppose toujours que le palet ne tourne pas sur lui-même.

5. Dans quel référentiel ce mouvement est-il décrit ?
6. Le principe d'inertie s'applique-t-il dans ce référentiel ?
7. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le palet en mouvement. Schématiser le palet sur la glace et représenter les forces exercées sur le palet. Que dire de la somme de ces forces ?

échelle 1 cm pour 1 N.

8. Donner un maximum de caractéristiques des forces exercées sur le palet.
9. Que peut-on en déduire, si on se place dans le cas où le joueur imprime, lors de la frappe, un mouvement de rotation du palet sur lui-même.



① On étudie le système palet dans un référentiel terrestre lié à un spectateur fixe au bord de la patinoire.

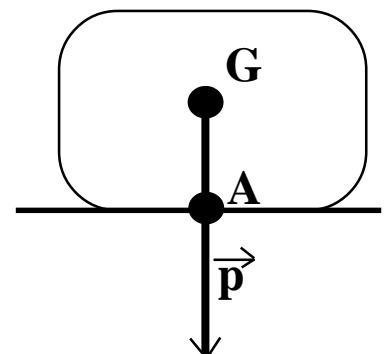
② Inventaire des forces appliquées au système.

Le poids \vec{p}

Point d'application:	G
Direction:	Verticale
Sens:	vers le centre de la Terre
Valeur:	$p = m \times g = 200,0 \times 10^{-3} \times 10,0 = 2,0 \text{ N}$

La force du sol sur le palet $\vec{F}_{\text{Sol/Palet}}$

Point d'application:	A
Direction:	???
Sens:	????
Valeur:	$F_{\text{Sol/Palet}} = \text{???? N}$

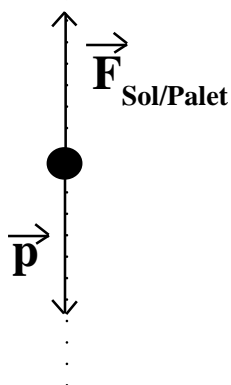


- ③ On nous indique dans l'énoncé que le palet «poursuit son mouvement en ligne droite et à vitesse constante». Il a donc un mouvement de translation rectiligne uniforme. Par conséquent je peux tout de suite en déduire grâce au principe d'inertie que le palet est un système pseudo-isolé, c'est-à-dire que le palet est soumis à des forces extérieures dont la somme vectorielle est nulle.



On a donc la relation $\vec{p} + \vec{F}_{\text{Sol/Palet}} = \vec{0}$

- ④ On va devoir maintenant dessiner les vecteurs forces extérieures de manière précise, afin de respecter la relation vectorielle du principe d'inertie. On se ramène à un seul point d'application:



- ⑤ On va pouvoir compléter les caractéristiques de la force exercée par le sol sur le palet $\vec{F}_{\text{Sol/Palet}}$

La force du sol sur le palet $\vec{F}_{\text{Sol/Palet}}$	Point d'application: A
	Direction: verticale
	Sens: vers le haut
	Valeur: $F_{\text{Sol/Palet}} = 2,0 \text{ N}$

On trouve la valeur $F_{\text{Sol/Palet}}$ car graphiquement on mesure un vecteur $\vec{F}_{\text{Sol/Palet}}$ de 2,0 cm, ce qui correspond, en respectant l'échelle des vecteurs, à une valeur de 2,0 N.

Il est donc important de bien dessiner les vecteurs.

Remarque: Si on se place dans le cas où le joueur imprime, lors de la frappe, un mouvement de rotation du palet sur lui-même, alors le palet n'a plus un mouvement de translation rectiligne uniforme et donc je ne peux pas résoudre l'exercice grâce au principe d'inertie.....