

Dans ce chapitre, nous allons étudier les 3 lois qui constituent le fondement de la mécanique. Ces lois furent établies par Isaac Newton (1642 - 1727) (mathématicien et physicien anglais) et elles permettent de relier le mouvement d'un système aux forces qui lui sont appliquées.

LES LOIS DE NEWTON

Revenons, tout d'abord, sur la 1^{ère} loi de Newton, qui est en fait une reformulation du principe d'inertie établi en 1687 mais pressenti par Galilée (1564 - 1642) un demi-siècle plus tôt.

I- 1^{ÈRE} LOI DE NEWTON : PRINCIPE D'INERTIE

ACTIVITÉ : ETUDE DE LA PREMIÈRE LOI DE NEWTON

EXPÉRIENCE 1

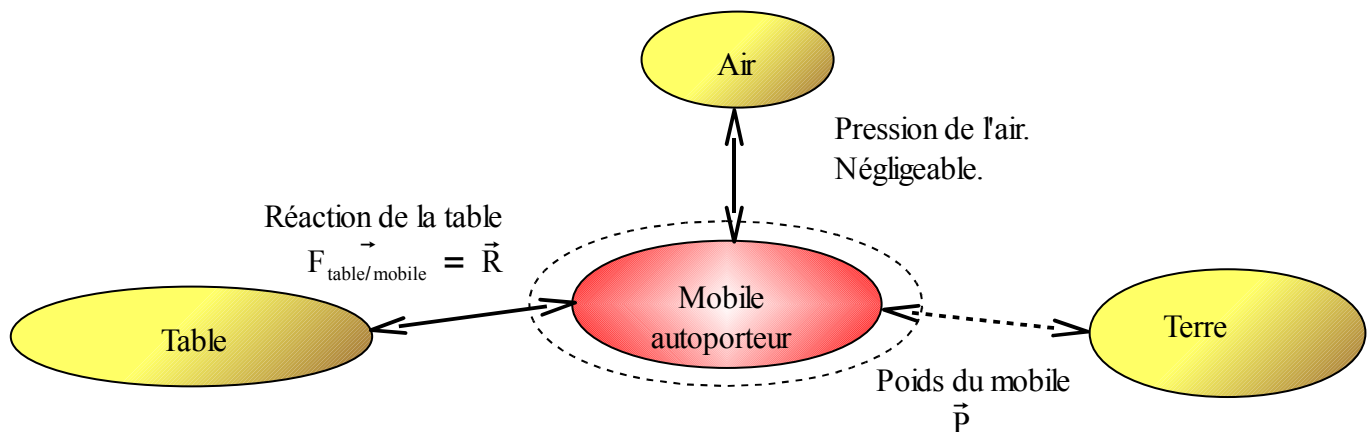
1- Définir le système et le référentiel d'étude.

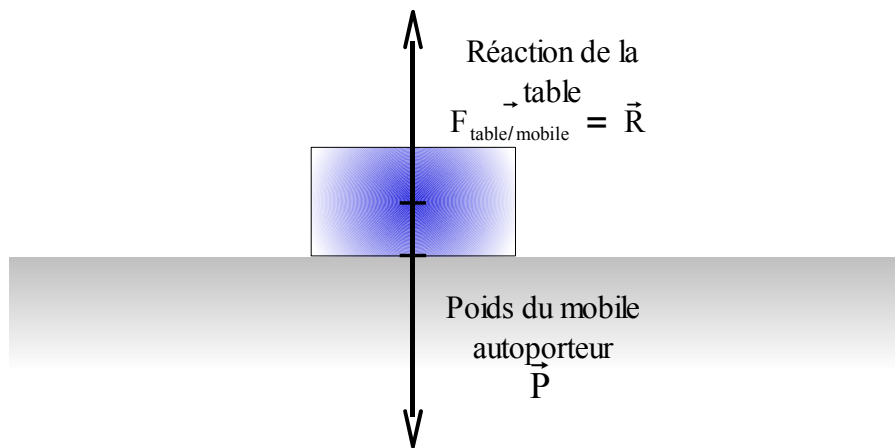
Système d'étude : le mobile autoporteur

Référentiel d'étude : référentiel terrestre

2- Le mobile autoporteur est, au début, au repos dans le référentiel d'étude.

a) Etablir le diagramme objets-interactions puis faire l'inventaire des forces extérieures qui s'exercent sur le système. Les représenter sur un schéma.





b) Que peut-on dire de la somme vectorielle de ces forces ?

On a $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$.

3- Le mobile autoporteur est, ensuite, en mouvement dans le référentiel d'étude.

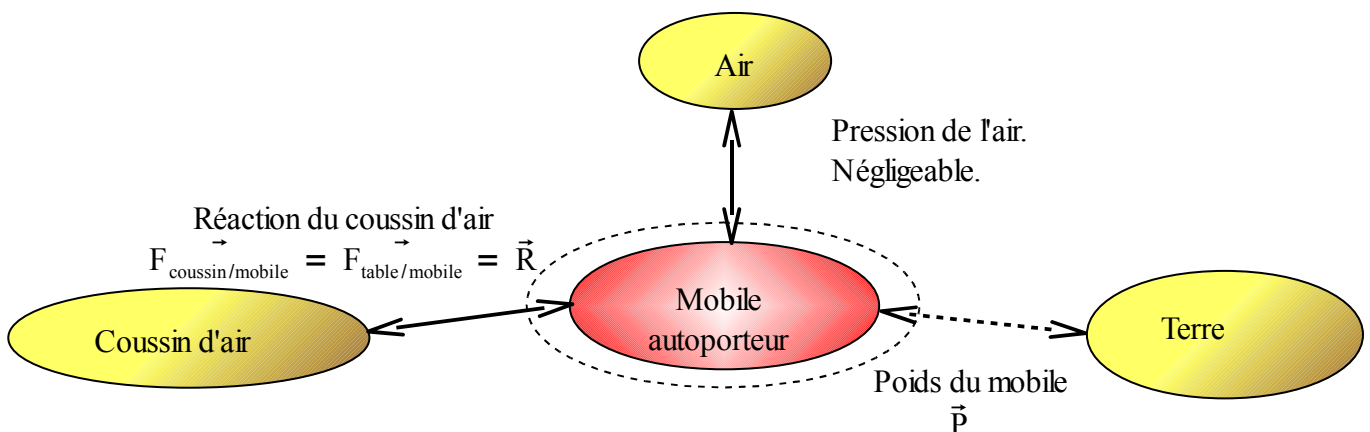
a) Décrire le mouvement du centre d'inertie de ce mobile autoporteur dans le référentiel d'étude.

La trajectoire du centre d'inertie du mobile autoporteur est une droite dans le référentiel d'étude.

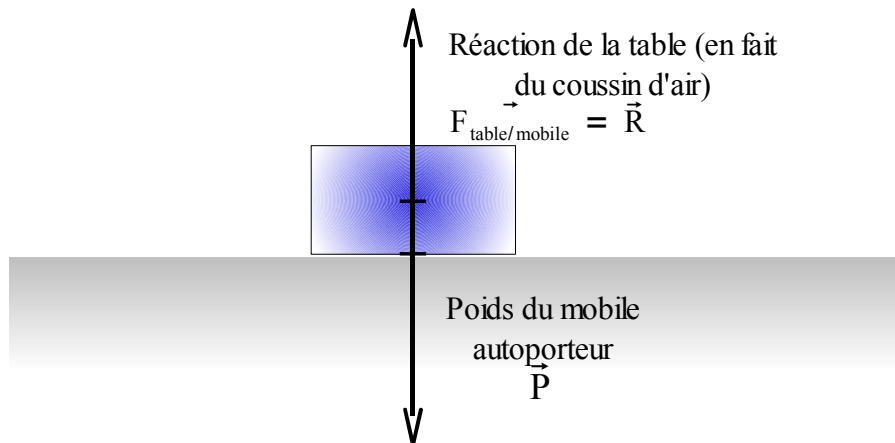
La distance entre deux positions successives est identique donc la vitesse du centre d'inertie du mobile autoporteur est constante dans le référentiel d'étude.

Le mouvement du centre d'inertie du mobile autoporteur est rectiligne uniforme dans le référentiel d'étude.

b) Etablir le diagramme objets-interactions puis faire l'inventaire des forces extérieures qui s'exercent sur le système. Les représenter sur un schéma.



Réaction de la table $\vec{R} = \vec{R}_T + \vec{R}_N = \vec{R}_N$. car les frottements dus à la table sont négligeables



c) Que peut-on dire de la somme vectorielle de ces forces ?

On a $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$.

4- A l'aide des réponses précédentes, énoncer le principe d'inertie.

Dans le référentiel terrestre, un système persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme, si les forces qui s'exercent sur lui se compensent.

Bien évidemment la réciproque est également vraie : « Dans le référentiel terrestre, si les forces qui s'exercent sur un système se compensent, le système persévère en son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme ».

5- Modifier l'énoncé du principe d'inertie en faisant intervenir le vecteur vitesse du centre d'inertie \vec{v}_G .

Le système est au repos : $\vec{v}_G = \vec{0}$

Le système décrit un mouvement rectiligne uniforme : $\vec{v}_G = \vec{cste}$

$\Rightarrow \vec{v}_G$ ne varie pas

Dans le référentiel terrestre, si le vecteur vitesse du centre d'inertie du système \vec{v}_G ne varie pas alors les forces qui s'exercent sur lui se compensent.

Voyons si le principe d'inertie peut s'appliquer dans d'autres référentiels.

EXPÉRIENCE 2

Questions :

- 1- Dans quel référentiel la trajectoire du centre d'inertie du mobile autoporteur est-elle enregistrée ?
On a enregistré la trajectoire du centre d'inertie du mobile autoporteur dans le référentiel du chariot.
- 2- Comparer les forces appliquées au mobile autoporteur à celles qui lui étaient appliquées lors de l'expérience 1. Ces forces se compensent-elles ?
Les forces appliquées au mobile autoporteur sont identiques à celles de l'expérience 1. Donc, elles se compensent.
- 3- Dans ce référentiel d'étude, le mouvement du centre d'inertie du mobile autoporteur est-il rectiligne et uniforme ?
Dans ce référentiel d'étude, le mouvement du centre d'inertie du mobile autoporteur n'est pas rectiligne uniforme.
- 4- Le principe d'inertie est-il vérifié dans ce référentiel d'étude ? *Non*
- 5- Le principe d'inertie est-il vérifié dans le référentiel du laboratoire ? *Ouï*
- 6- On estime que le référentiel du laboratoire est un référentiel galiléen. Définir un référentiel galiléen.

On appelle référentiel galiléen, un référentiel dans lequel le principe d'inertie est vérifié.

Remarque : Le principe d'inertie n'est pas vérifié dans tous les référentiels. Il ne s'applique pas dans :

- *un référentiel en rotation par rapport au référentiel terrestre,*
- *un référentiel en translation non rectiligne ou non uniforme par rapport au référentiel terrestre,*
- *un référentiel qui est en mouvement quelconque par rapport au référentiel terrestre.*

Exemples :

- *un référentiel terrestre (à condition que l'expérience soit de courte durée : quelques minutes)*
- *un référentiel géocentrique,*
- *un référentiel héliocentrique,*
- *un référentiel animé d'un mouvement de translation rectiligne uniforme par rapport à un référentiel galiléen.*

Ce qui fait que la plupart des études au lycée se font dans des référentiels considérés comme galiléens.

7- Proposer un nouvel énoncé du principe d'inertie.

Dans un référentiel galiléen, si le vecteur vitesse du centre d'inertie du système ne varie pas $\vec{v}_G = \text{cste}$ alors la somme vectorielle des forces extérieures qui s'exercent sur le système est nulle ($\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$) et réciproquement.

Passons à l'étude de la 2^{ème} loi de Newton.

II- 2^{ÈME} LOI DE NEWTON : FORCES ET VARIATION DU VECTEUR VITESSE DU CENTRE D'INERTIE

Voir TP : Etude de la 2^{ème} loi de Newton

Dans un référentiel galiléen, si le vecteur vitesse du centre d'inertie d'un solide \vec{v}_G varie alors la somme vectorielle $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}}$ des forces extérieures qui s'exercent sur le solide n'est pas nulle. La direction et le sens de $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}}$ sont ceux de la variation $\Delta \vec{v}_G$ du vecteur vitesse de G entre deux instants proches.

Passons à l'étude de la 3^{ème} loi de Newton.

III- 3^{ÈME} LOI DE NEWTON : PRINCIPE DES ACTIONS RECIPROQUES

ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE : ÉTUDE DE LA 3^{ÈME} LOI DE NEWTON

Objectif : Etablir la 3^{ème} loi de Newton (principe des actions réciproques).

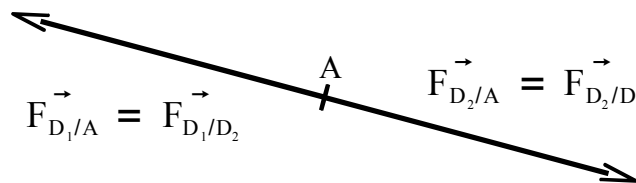
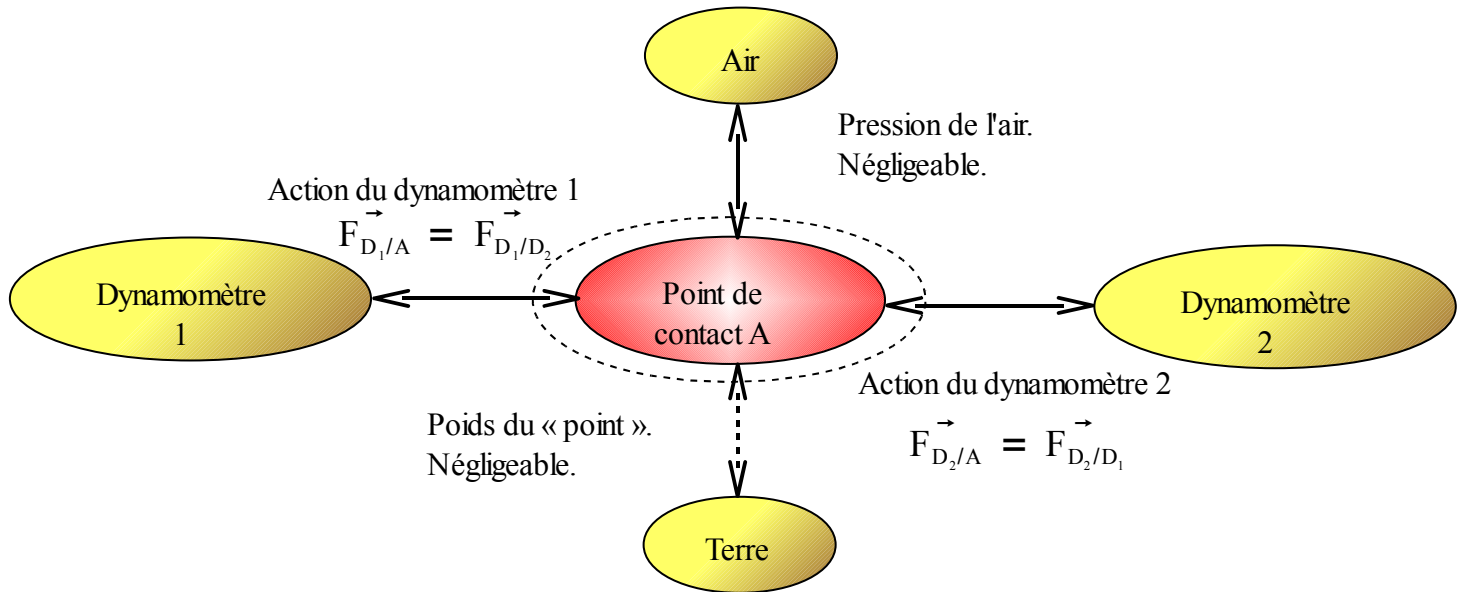
EXPÉRIENCE :

Accrochons deux dynamomètres D_1 et D_2 , disposés sur un écran métallique. *Noter votre observation.*

Les deux dynamomètres indiquent la même valeur.

INTERPRÉTATION : Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre supposé galiléen. Le système d'étude est le point de contact A entre les deux dynamomètres.

- 1- Etablir le diagramme objets-interactions pour le système d'étude et effectuer un bilan des forces extérieures qui s'exercent sur le système. Les représenter.



- 2- Que peut-on dire de ces forces ?

Ces forces ont la même droite d'action, la même norme mais des sens opposés.

- 3- Etablir une relation vectorielle entre ces deux forces.

$$F_{D_1/D_2} = -F_{D_2/D_1}$$

CONCLUSION :

Enoncé de la 3^{ème} loi de Newton

Si un corps A exerce une action mécanique sur un corps B, modélisée

par la force $\vec{F}_{A/B}$ alors le corps B exerce une action mécanique sur le corps A, modélisée par la force $\vec{F}_{B/A}$.

Quel que soit l'état de mouvement ou de repos des 2 corps, les 2 forces vérifient toujours l'égalité vectorielle : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

Ce qui signifie que ces 2 forces ont la même droite d'action, la même norme mais des sens opposés. Elles sont directement opposés.

Remarque : Cette loi est vraie quel que soit le référentiel d'étude.

Passons à l'étude d'un cas particulier : la propulsion.

IV- CAS DE LA PROPULSION

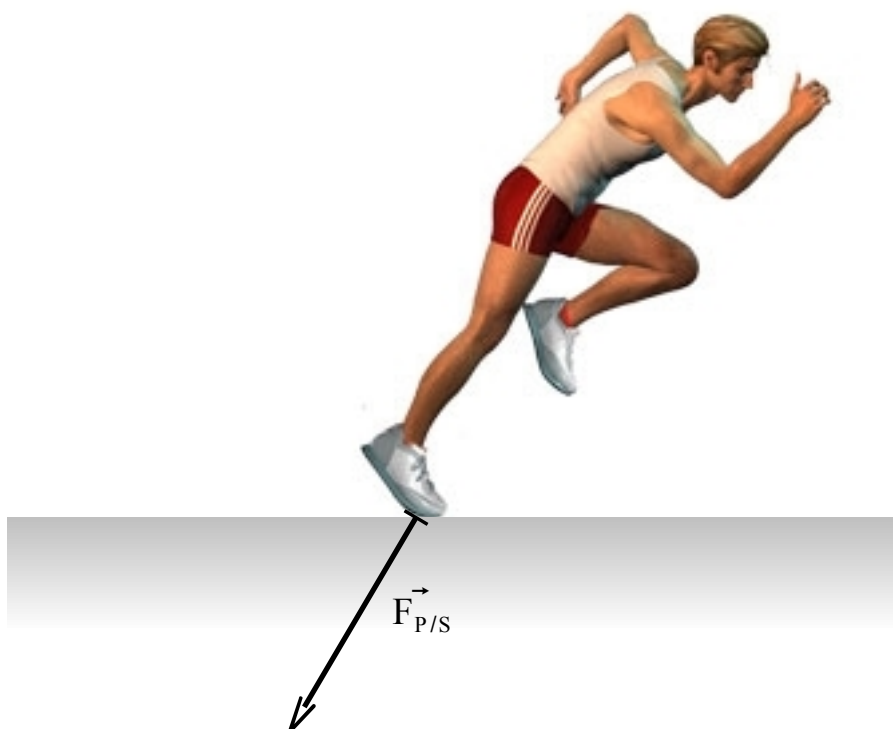
ACTIVITÉ : ETUDE D'UN ATHLÈTE

Objectif : Analyser une situation où une force de frottement sert à propulser le système.

Au départ et pendant une course, un athlète prend appui sur le sol. Son pied (P) exerce sur le sol (S) une force $\vec{F}_{P/S}$ dirigée vers le bas et vers l'arrière.

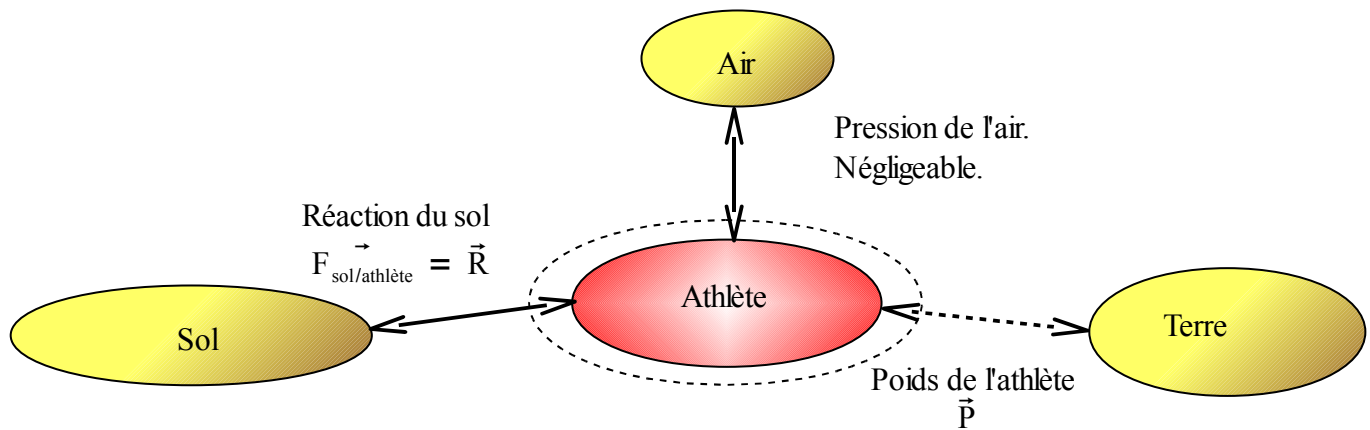
Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre supposé galiléen. Le système d'étude est l'athlète.

1-
le
 $\vec{F}_{P/S}$.



QUESTIONS :
Représenter, sur
schéma, la force

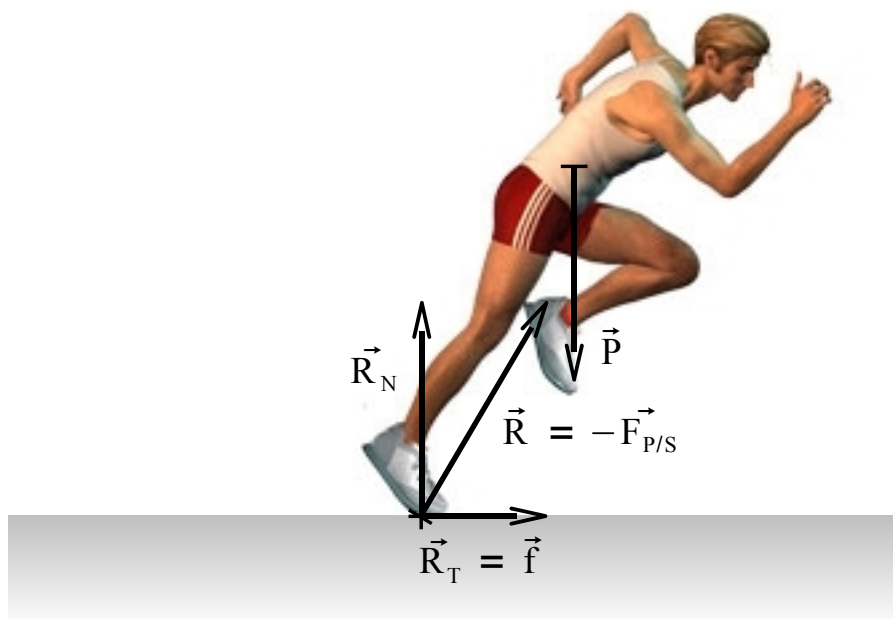
- 2- Etablir le diagramme objets-interactions pour le système d'étude et effectuer un bilan des forces extérieures qui s'exercent sur le système.



- 3- Représenter, sur le schéma, ces forces.

D'après la 3^{ème} loi de Newton : $\vec{R} = F_{S/P} = -F_{P/S}$

Ces 2 forces ont la même droite d'action, la même norme mais des sens opposés.



- 4- Décomposer en deux vecteurs, la force exercée par le sol sur l'athlète.

Voir schéma ci-dessus.

5- *Quelle est la force responsable de la mise en mouvement et du mouvement de l'athlète ?*

*La force responsable du mouvement est la force de frottement $\vec{R}_T = \vec{f}$.
Elle est orientée dans le sens du mouvement et propulse l'athlète vers l'avant.*

Bilan :

Les forces qui sont à l'origine de la mise en mouvement sont les forces de frottement. Elles servent à la propulsion : on les nomme également forces d'adhérence.

Exemples : roues motrices des véhicules

Remarque : *En l'absence de frottements, il est impossible d'avancer.*