

# Forces et mouvements

## Activité 1 : Représentation des forces

Pour étudier le mouvement d'un système, il faut prendre en compte les actions mécaniques qui s'exercent sur lui. L'objet qui agit est appelé **le donneur**, celui qui reçoit **le receveur**.

Les différents types d'actions mécaniques.

Il existe deux grandes familles d'actions mécaniques :

- S'il y a contact entre le donneur et le receveur, on parle d'action mécanique **de contact**.
- Dans le cas contraire, on parle d'action mécanique **à distance**.

Caractéristique supplémentaire :

- Si une action mécanique est appliquée en un endroit **précis** du receveur, elle est **localisée**.
- Si une action mécanique est appliquée **sur l'ensemble** (ou toute une partie) du receveur, elle est **répartie**.

1. Donner le nom du donneur et du receveur et entourer les caractéristiques des différentes actions mécaniques ci-dessous.

Système étudié : le ballon



Donneur : .....

Receveur : .....

Action mécanique :

- De contact
- À distance
- Localisée
- Répartie

Système étudié : la boule blanche



Donneur : .....

Receveur : .....

Action mécanique :

- De contact
- À distance
- Localisée
- Répartie

Système étudié : la voile



Donneur : .....

Receveur : .....

Action mécanique :

- De contact
- À distance
- Localisée
- Répartie

Système étudié : la bille en fer



Donneur : .....

Receveur : .....

Action mécanique :

- De contact
- À distance
- Localisée
- Répartie

Système étudié : la corde du tir à l'arc



Donneur : .....

Receveur : .....

Action mécanique :

- De contact
- À distance
- Localisée
- Répartie

2. En déduire qu'elles sont les différents effets d'une action mécanique d'un donneur sur un receveur ?

- 
- 
-

## Modélisation d'une action mécanique

### De l'action mécanique à la force

Lorsqu'une boule de bowling est posée sur la piste, elle est soumise à l'attraction gravitationnelle de la Terre, qui l'attire vers le bas, et à l'action de la piste (appelé réaction), qui l'empêche de tomber.



Chaque action est modélisée par une force :

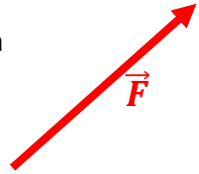
- La force exercée par la Terre sur la boule est notée  $\vec{F}_{T \rightarrow B}$
- La force exercée par la piste sur la boule est notée  $\vec{F}_{P \rightarrow B}$

### Schématisation d'une force

Une force est représentée, sur un schéma, par un vecteur noté  $\vec{F}$  :

Ce vecteur  $\vec{F}$  est défini par :

- **Son point d'application** : Le point où l'on considère que la force s'exerce.
- **Sa direction**
- **Son sens**
- **Sa norme** : proportionnelle à la longueur du segment fléché et qui s'exprime en *Newton (N)*

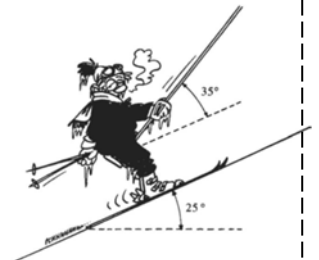


Les schémas ci-dessous décrivent certaines forces que l'on retrouve dans de nombreux problèmes de mécanique.

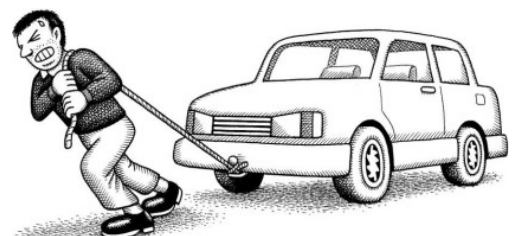
- **Le poids** : Le poids d'un objet est dû à l'attraction gravitationnelle de la Terre sur l'objet. Il est généralement noté  $\vec{P}$ , est dirigé verticalement vers le bas et sa valeur vaut :  $P = mg$



- **L'action** : On appelle action, la force exercée par un objet sur un autre comme vu à l'activité précédente. Elle est souvent notée  $\vec{F}$
- L'action du sol sur un objet est souvent appelée **la réaction**. C'est une force perpendiculaire à la surface de contact entre cet objet et le sol. Elle est notée  $\vec{R}$



- **La tension d'une corde** : La force de tension d'une corde s'exerce uniquement lorsqu'une corde est tendue (elle est en tension). La tension s'exerce en tout point de la corde. Elle a la même direction que la corde et est notée  $\vec{T}$



- **Les frottements fluides** : La force de frottement fluide s'oppose au mouvement, elle est due aux chocs entre les molécules du milieu et l'objet qui se déplace. Elle est notée  $\vec{f}$



- **La poussée d'Archimède** : La force ou la poussée d'Archimède est la force qu'exerce un fluide sur un solide lorsque celui-ci est immobile. Elle est proportionnelle à la masse de fluide déplacée et est dirigée verticalement vers le haut. On la note  $\vec{F}_A$



- **Les frottements secs** : La force de frottement sec s'oppose au mouvement. Elle est due aux frictions entre les surfaces de contact de deux objets en mouvement relatif. Elle est notée  $\vec{f}$



1. Rendez-vous sur le lien suivant et placez les vecteurs forces dans chaque situation :

[http://www.ostralo.net/4\\_exercices\\_jeux/swf\\_partage/fleche.swf](http://www.ostralo.net/4_exercices_jeux/swf_partage/fleche.swf)

2. Dans chacune des situations ci-dessous, représenter la force à l'aide d'un vecteur en respectant l'échelle ci-contre :  
 $1\text{ cm} \leftrightarrow 50\text{ N}$

Le joueur de football frappe le ballon avec une force de  $250\text{ N}$ .



La queue de billard exerce une force de  $110\text{ N}$  sur la boule blanche lors de ce coup.



Cet haltère a une masse de  $24\text{ kg}$ .



## Bilan

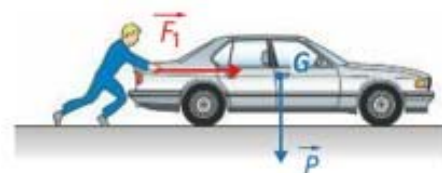
Une force exercée sur un solide correspond à une action mécanique exercée par l'extérieur sur un solide. Une force exercée sur un solide peut :

- 
- 
- 

Pour représenter une force, on utilise un ..... Celui-ci est caractérisé par :

- 
- 
- 
- 


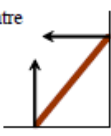


exprimée en



▲ Deux forces s'exercent sur le solide :  $\vec{P}$  et  $\vec{F}_1$ . Les forces de réaction du sol ne sont pas représentées.

Il existe deux types de forces :

- Les forces à distance : 2 objets peuvent être en interaction sans se toucher (Ex : Force gravitationnelle, électromagnétique...)
- Les forces de contact : Dès que 2 solides sont en contact, il y a une force de contact de l'un sur l'autre et réciproquement. Le point d'application est le centre géométrique de la surface de contact.

	Poids $\vec{P}$	Réaction $\vec{R}$	Frottement fluide $\vec{f}$	Force de rappel élastique $\vec{F}$
Auteur de la force	Due, en grande partie, à l'attraction de la Terre	Exercée par un support empêchant l'objet de s'y enfoncer	Due au frottement entre un objet et un fluide (gaz ou liquide)	Exercée par l'extrémité d'un ressort
Exemple	 pomme qui tombe	 échelle contre un mur	 ballon en chute dans l'air	
Point d'application	Centre de gravité	Point de contact objet/support	Sur toute la surface de l'objet en contact avec le fluide.	Point d'attache du solide au ressort
Direction	Verticale	Droite perpendiculaire au support s'il n'y a pas de frottements	Tangente à la trajectoire	Direction du ressort
Sens	Orientée vers le bas	Orientée du support vers l'objet	Orientée dans le sens opposé au mouvement	Orientée vers le ressort
Norme	$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ $m$ : masse du corps (kg) $g$ : intensité de la pesanteur $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ à la surface de la Terre	Dépend de la situation	Dépend de la vitesse Par exemple : $\vec{f} = -k \cdot \vec{v}$ $v$ : vitesse ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) $k$ : coefficient de viscosité	$\vec{F} = -k \cdot x \cdot \vec{i}$ $k$ : raideur du ressort ( $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ ) $x$ : allongement du ressort (m)

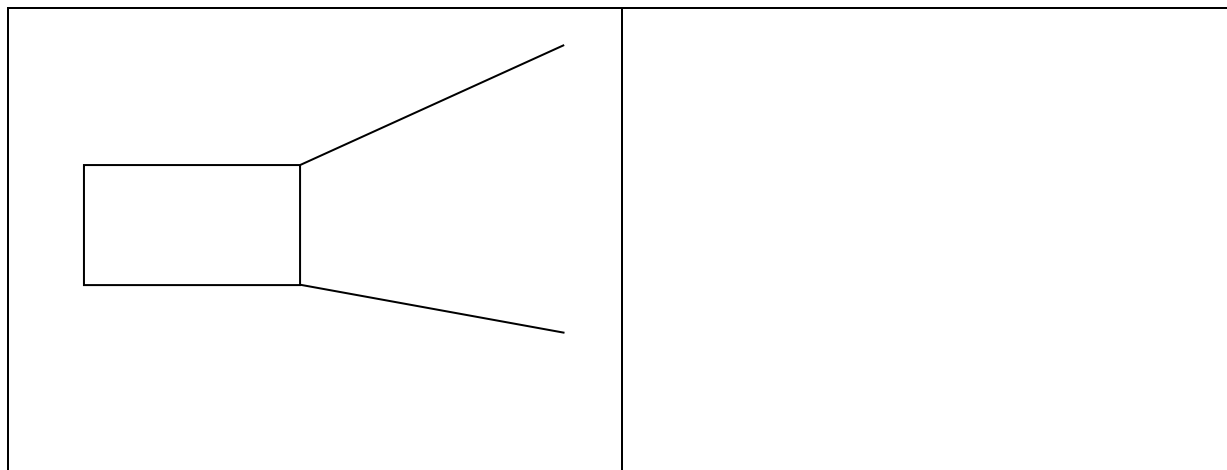
# Forces et mouvements

## Activité 2 : Les lois de Newton

### Somme de forces

Deux personnes tirent sur une caisse à l'aide de deux câbles avec la même valeur  $F_1=F_2=80\text{ N}$ .

Dessiner les forces sur le schéma à l'aide d'une échelle puis, à côté, la somme des forces exercées sur la caisse.





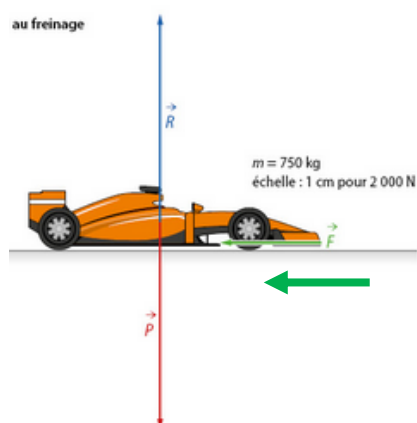
Échelle :  $1\text{ cm} \leftrightarrow 50\text{ N}$

Les forces n'ont pas le même point d'application, il est préférable de construire leur somme à partir d'un point extérieur au système.

Le vecteur somme des forces est appelé **résultante des forces** appliquées au système.

**Application :** Déterminer la somme des forces

<p><b>Cas 1</b></p> <p><math>F_1 = 2\text{ N}</math></p> <p><math>F_2 = 3\text{ N}</math></p> <p><math>F_3 = 4\text{ N}</math></p> 		<p><b>Cas 2</b></p> <p><math>F_1 = 3\text{ N}</math></p> <p><math>F_2 = 2\text{ N}</math></p> <p><math>F_3 = 4\text{ N}</math></p> <p><math>F_4 = 3\text{ N}</math></p> 	
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--



## Lois de Newton

### Première loi de Newton : Principe d'inertie

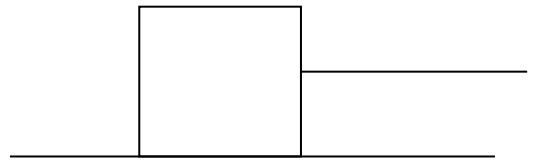
#### Principe d'inertie

« Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent. »

Des forces se compensent si la somme vectorielle de ces forces est égale au vecteur nul

#### Exemple :

Une caisse de masse  $m = 3 \text{ kg}$  est tirée à l'aide d'un fil selon la direction indiquée sur le schéma. Il existe des frottements. Cette caisse a un mouvement rectiligne uniforme lorsqu'on lui applique une tension  $T = 25 \text{ N}$



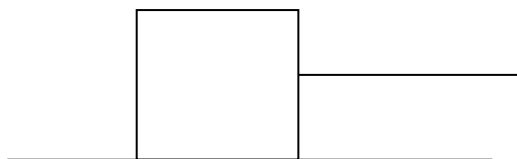
Donnée :  $g = 10 \text{ N/kg}$

1. Préciser les forces qui agissent sur ce système. Compléter les forces en les traçant d'une longueur de 1,0 cm sur le schéma.

Force				
Point d'application				
Direction				
Sens				
Valeur				

2. Énoncer le principe d'inertie pour le problème, puis calculer la valeur de la force de frottement

Échelle :  $1 \text{ cm} \leftrightarrow 10 \text{ N}$

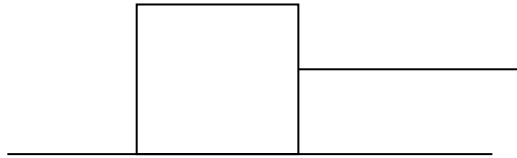


a. Deuxième loi de Newton

*Que se passe-t-il si les forces ne se compensent pas ?*

On reprend l'application avec la caisse, mais en supposant que la réaction du support se fait maintenant sans frottement et que sa valeur est de  $30\text{ N}$ .

3. Dessiner la somme des forces exercées sur la caisse



Deuxième loi de Newton : Principe fondamental de la dynamique

**Principe Fondamental de la Dynamique**

« Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquées à un système est égale au produit de la masse du système par son vecteur accélération. »



4. Déterminer la valeur de l'accélération du système caisse dans le cas précédent.



## Forces et mouvements

## Activité 3 : Rappel sur l'accélération

**OBJECTIF : Déterminer, à partir de l'accélération, la résultante des forces appliquées**

Le mouvement d'un objet de masse  $m = 10 \text{ kg}$  a le mouvement suivant :

La durée entre 2 positions consécutives enregistrées est  $\tau = 40 \text{ ms}$ . A chaque position  $A_i$  correspond un instant  $t_i$

$\begin{matrix} + & + & + & & + & & + \\ A_0 & A_1 & A_2 & & A_3 & & A_4 & & A_5 \end{matrix}$

La vitesse instantanée  $v(t)$  à un instant  $t$  est égale à la vitesse moyenne entre deux dates très proches encadrant  $t$

En  $A_2$ , 
$$v(A_2) = \frac{A_3 A_1}{t_3 - t_1}$$
 cette vitesse peut aussi être notée :  $v(t_2)$

Dans le cas d'un mouvement rectiligne la vitesse  $v(t)$  est définie comme la dérivée de la position  $x(t)$  par rapport au temps :  $v(t) = \frac{dx}{dt}$

Calculer  $v(A_1)$  et  $v(A_3)$

La vitesse ..... , l'objet a un mouvement .....

Dans le cas d'un mouvement rectiligne, l'accélération en  $A_2$  correspond à la variation de vitesse entre  $A_2$  et  $A_3$  divisée par la durée nécessaire ; elle est donnée par :

$$a(A_2) = \frac{v(A_3) - v(A_1)}{\Delta t}$$

Elle peut aussi être notée :

$$a(t_2) = \frac{v(t_3) - v(t_1)}{\Delta t}$$

$a$  : accélération en  $m \cdot s^{-2}$

$\Delta t$  : durée de parcours entre  $A_1$  et  $A_3$

L'accélération  $a(t)$  est définie comme la dérivée de la vitesse par rapport au temps :

$$a(t) = \frac{dv}{dt}$$

Calculer  $a(t_2)$  :



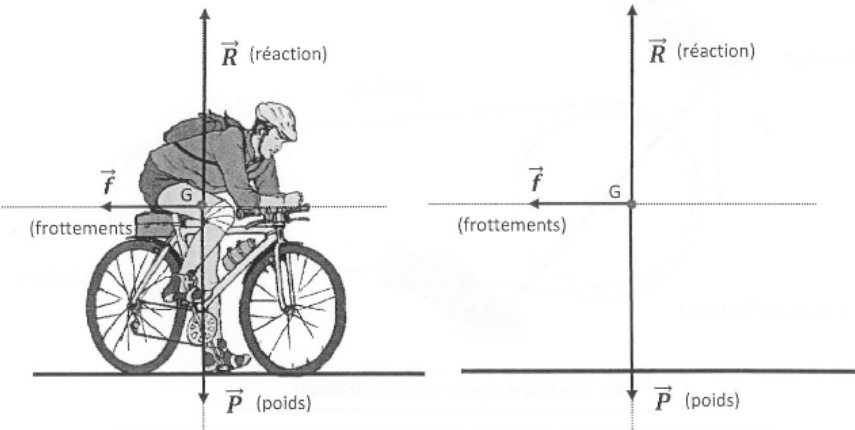
On trouve 2 unités pour l'accélération (elles sont identiques) ..... ou .....

En utilisant la deuxième loi de Newton calculer la valeur de la somme forces, dessiner sur le point 2 le vecteur  $\sum \vec{F}$

+ A<sub>0</sub>   + A<sub>1</sub>   + A<sub>2</sub>   + A<sub>3</sub>   + A<sub>4</sub>   + A<sub>5</sub>

Application :

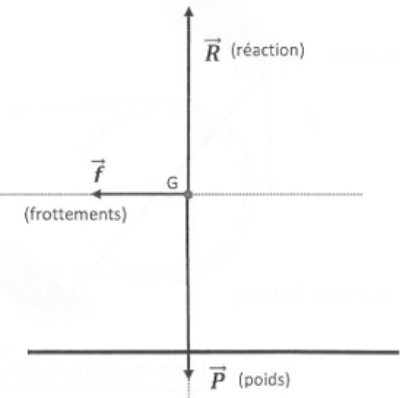
Représenter à l'échelle sur le document réponse DR1 à rendre avec la copie, le vecteur force motrice  $\vec{F}_m$  qui permet à Maurice de rouler à vitesse constante sur une route rectiligne et horizontale. En utilisant l'annexe A4, justifier la réponse.



DR1 - Maurice roulant à vitesse constante sur une route horizontale

Justification

Représenter la force motrice qui peut permettre à Maurice d'accélérer



## Forces et mouvements

## Activité 3 : Résistance aérodynamique

## Document 1 : Forces de frottements

Les frottements existent dès lors qu'un objet se déplace dans un milieu différent que le vide. Donc dès lors qu'il y a de la vitesse. Il existe deux types de frottements :

- Les frottements fluides : causés par le mouvement de l'objet dans le fluide qui l'entoure (air, eau...)
- Les frottements secs : causés par le contact entre l'objet et un autre objet solide.

Dans les deux cas, les frottements ralentissent le mouvement et sont donc opposés à la vitesse.

Les formules ci-dessous permettent de calculer les forces de frottements fluides.

Frottement fluide à faible vitesse

$$f = -\lambda \cdot v$$

Avec :

- $v$  : vitesse de l'objet (m/s)
- $\lambda$  : coefficient de frottement fluide (SI)

Frottement fluide à grande vitesse

$$f = -\alpha \cdot v^2$$

Avec :

- $v$  : vitesse de l'objet (m/s)
- $\alpha$  : coefficient de frottement fluide (SI)

Pour déterminer l'intensité des frottements secs, on est généralement obligé de réaliser un bilan des actions mécaniques et de représenter les forces, avant d'appliquer la 1<sup>ère</sup> ou la 2<sup>ème</sup> loi de Newton.

## Document 2 : Une force particulière : la résistance aérodynamique

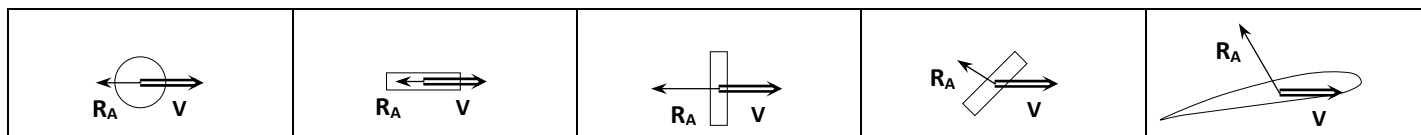
Pourquoi ça vole ?

Pour comprendre pourquoi et comment vole un avion, il faut bien comprendre le rôle de ses ailes.

Les ailes d'un avion sont à l'origine de forces aérodynamiques qui lui permettent de se déplacer sans toucher le sol.

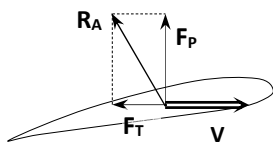
Tout objet qui se déplace dans l'air est soumis à un ensemble de forces aérodynamiques. La résultante  $\vec{R}_A$  de ces forces dépend, entre autres, en direction et en valeur, de la forme de l'objet. Cette résultante  $\vec{R}_A$  s'oppose toujours au déplacement, mais sa direction n'est pas toujours strictement opposée à celle du vecteur vitesse.

Dans les exemples ci-dessous, tous les objets se déplacent rapidement vers la droite avec la même vitesse  $\vec{V}$



On observe que la dissymétrie de l'objet par rapport à l'axe du déplacement provoque l'inclinaison plus ou moins prononcée de  $\vec{R}_A$

IMPORTANT : On décompose vectoriellement la résultante  $\vec{R}_A$  des forces aérodynamiques en 2 composantes perpendiculaires :



- La force de portance  $\vec{F}_P$  : toujours perpendiculaire au déplacement.

- La force de traînée  $\vec{F}_T$  : toujours colinéaire à ce même déplacement.

$$\vec{F}_P + \vec{F}_T = \vec{R}_A$$

Bien évidemment, c'est la force de portance qui permet à l'avion de "tenir" en l'air.

La force de traînée n'a aucune conséquence positive sur le vol et on cherche toujours à la réduire le plus possible.

Exercice : Le planeur et le vol plané (voir schéma n°1)

Un planeur de masse  $m_1 = 450 \text{ kg}$  effectue un vol rectiligne uniforme suivant une trajectoire inclinée d'un angle  $\alpha_1 = 20^\circ$

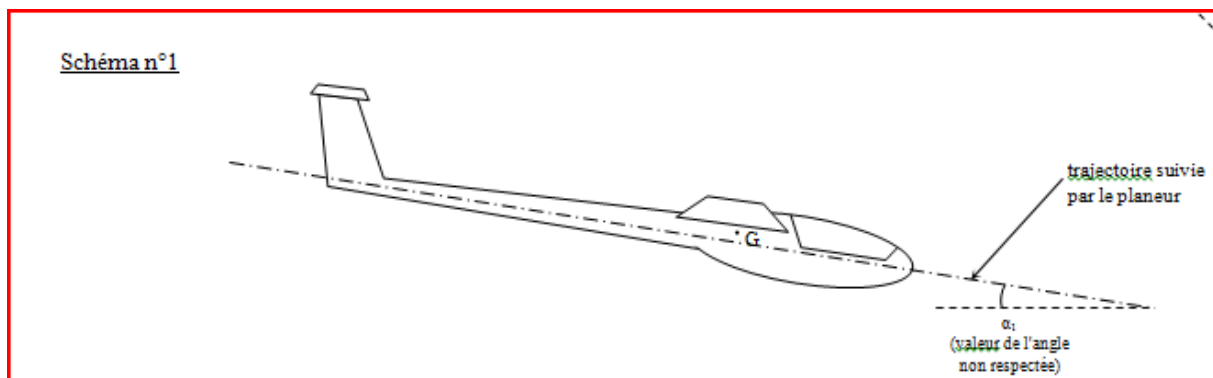
a. Faire le bilan des forces appliquées sur le planeur en décomposant la résultante aérodynamique.

b. Représenter ces forces, sans souci d'échelle (longueur identique de 2 cm pour tous les vecteurs) sur le schéma n°1

Toutes les forces seront appliquées au centre d'inertie G du planeur.

c. Énoncer le principe d'inertie appliqué à cette situation.

d. Déterminer graphiquement la valeur de la force de portance  $\vec{F}_p$  et de la force de traînée  $\vec{F}_T$  (choisir une échelle adaptée, faire la construction dans le cadre sous le planeur)



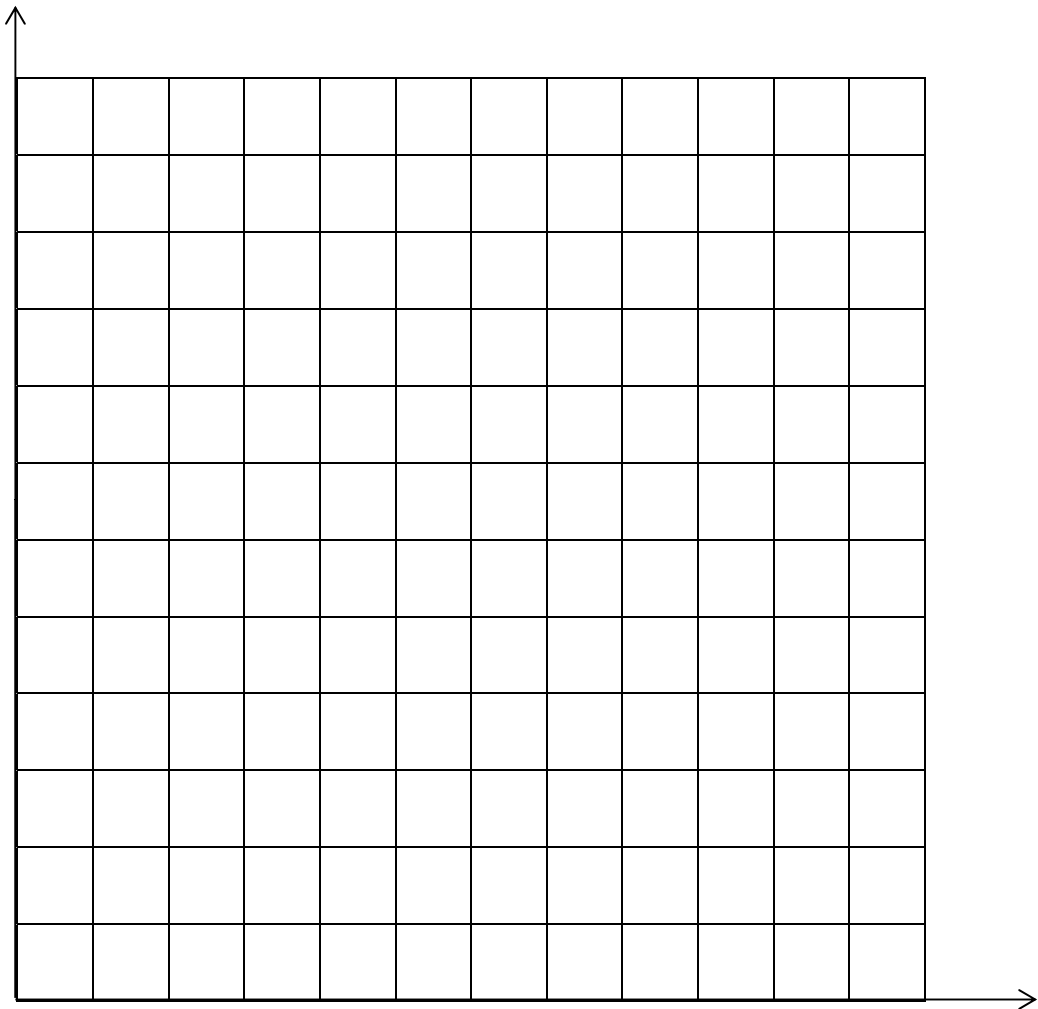
La force de traînée est aussi sensible à la vitesse du planeur

Pour déterminer la relation entre la force et la vitesse, on teste en soufflerie la force de traînée en modifiant la vitesse.  
On obtient le tableau suivant :

$F_T (N)$	420	1680	3780	6720	8500
$V (m.s^{-1})$	10	20	30	40	45

La valeur de la force est-elle proportionnelle à la vitesse ou au carré de la vitesse ?

Méthode utilisée :



Conclusion :

La force de résistance aérodynamique est une force de frottement fluide proportionnelle à ..... et aux paramètres géométriques d'un objet en déplacement.

## Forces et mouvements

## Travaux pratiques 1 : Chute libre

Votre petit cousin est venu pour les vacances. Il s'amuse tout le temps à lancer des billes du balcon. Il se demande si une bille de masse plus importante « tombe » plus vite.

Votre cousin se demande aussi si les billes tomberont plus vite dans un liquide ou bien dans le vide...

Données :  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

La valeur de la réaction est constante, sa valeur est  $R = 2,3 \text{ N}$

Liste du matériel :

- Logiciel Avimeca + sa fiche d'utilisation
- Vidéo Chute libre dans le dossier : .....
- Fiche d'identification de quelques forces

Schéma du montage →

1<sup>ère</sup> loi de Newton : Principe d'inertie :



« Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent. »

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$$

2<sup>ème</sup> loi de Newton : Principe Fondamental de la Dynamique

La somme vectorielle des forces exercées sur un système est égale au produit de la masse de l'objet par son vecteur accélération.

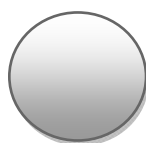
$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \times \vec{a}$$

	Poids d'un objet $\vec{P}$	Frottements fluides $\vec{f}$
	Action de la Terre sur un objet	Action du fluide sur un objet
Point d'application	Centre de gravité	Centre de la surface de contact entre l'objet et le support
Direction	Verticale	Tangent au déplacement
Sens	Vers le bas	Opposé au mouvement
Intensité	$P = m \cdot g$	$f = -\alpha \cdot v^2$
Exemples		

En vous aidant des documents et du matériel mis à votre disposition :

1. Faites le bilan des forces qui s'appliquent sur la bille lors de sa chute. Les dessiner sur le schéma ci-dessous. Choisir une échelle adaptée.

Schéma



✂ Ouvrir le logiciel « Avimeca » situé sur le bureau de votre session.

✂ Dans l'onglet « ouvrir » sélectionner « Ouvrir un clip vidéo » et importer la vidéo : Chutelibre.avi

✂ À droite de l'écran, sélectionner l'onglet « Étalonnage » et placer l'origine des axes au centre de la bille.

✂ Sélectionner ensuite l'échelle et placer les points sur le mètre étalon situé sur l'image.

✂ À droite de l'écran, Cliquer sur l'onglet « Mesure »

✂ Choisir l'origine des temps  $t = 0$  sur l'image  $n^{\circ} = \dots$  où le camion se met en mouvement.

✂ Pointer la position du centre de la bille pour chaque position successive de l'ascenseur jusqu'à la fin du mouvement.

✂ Cliquer sur l'onglet « Fichier » puis « Mesures » puis « Copier dans le presse papier »

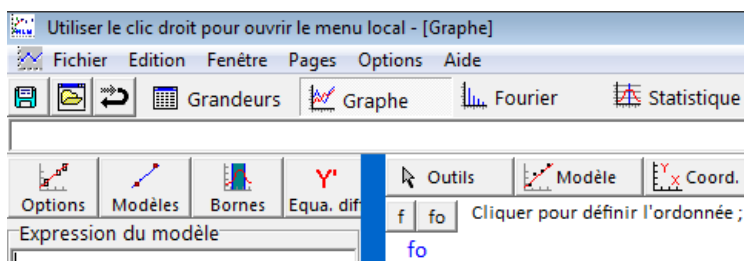
On a ainsi pointé les positions successives de notre système « le camion » à chaque image. On connaît donc les coordonnées de la bille dans le temps.

On va à présent, tracer les courbes de la position, la vitesse et l'accélération de notre système en fonction du temps.

✂ Ouvrir le logiciel « Regressi » situé sur le bureau de votre session

✂ Cliquer sur « Fichier » puis « Nouveau » puis « Presse papier »

✂ Dans le graphique, n'afficher que  $y$  en fonction de  $t$  :  $y = f(t)$



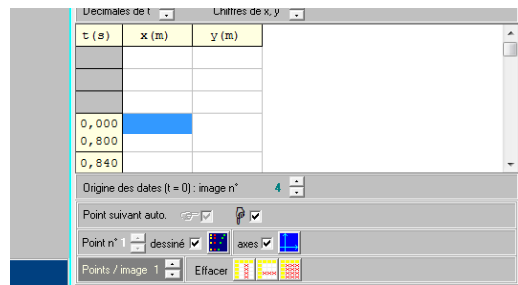
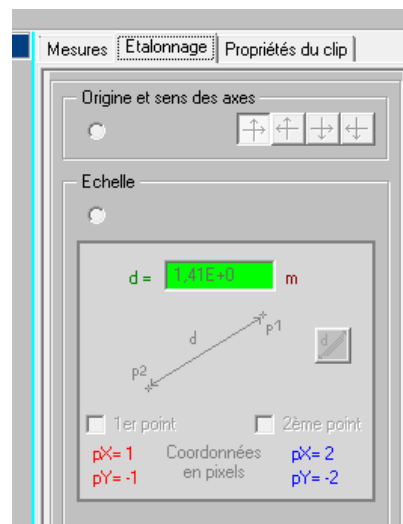
✂ Dans la fenêtre « grandeur », cliquer sur « Ajouter » et ajouter une nouvelle variable ayant pour nom :  $v$ , pour unité :  $m/s$  et étant la dérivée de  $y$  par rapport au temps :  $\frac{dy}{dt}$

✂ Faire de même pour l'accélération  $a$  en  $m/s^2$  et étant la dérivée de  $v$  par rapport au temps :  $\frac{dv}{dt}$

On a ainsi obtenu les courbes de la position  $y$ , de la vitesse  $v$  et de surtout de l'accélération  $a$  en fonction du temps.

2. Cela correspond-t-il au résultat attendu ?

3. Expliquez à votre cousin la mise en mouvement de la bille.





## Forces et mouvements

## Travaux pratiques 2 : Bip-Bip



Pour essayer d'attraper bip-bip, Coyote veut mettre au point un nouveau piège. Il veut atteindre 60 km/h en 5 secondes à l'aide d'une fusée.

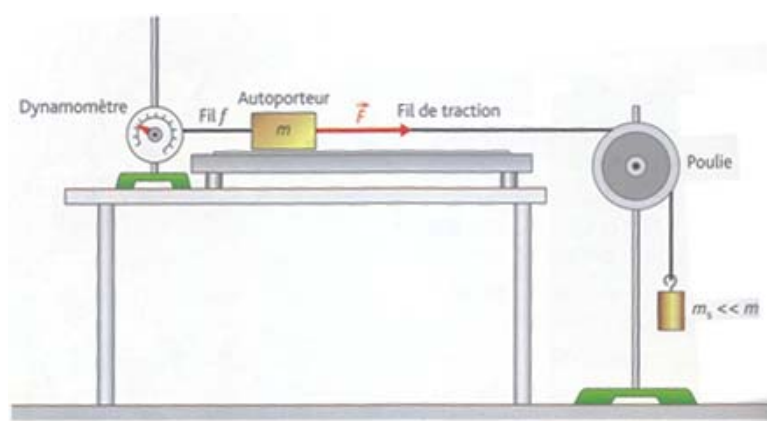
La masse du système {fusée + coyote} vaut 80 kg. Quelle force de poussée devra produire la fusée pour que le piège fonctionne ?

**Votre mission : Aidez Coyote à mettre au point son piège !**

**Donnée :**  $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

**Matériel à votre disposition :**

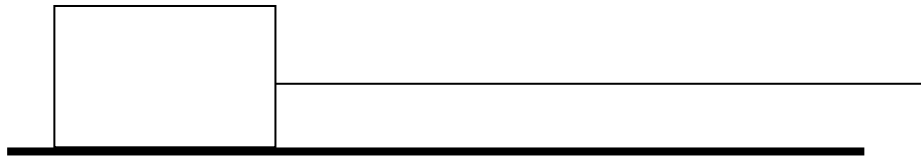
- Rail de 1,00 m équipé d'une poulie
- Chariot pasco de masse à vide  $m_0 = \dots \dots \dots$   
Possédant des roues à roulement réduisant considérablement les frottements.  
(ils peuvent être négligés dans votre étude)
- Des masses supplémentaires
- Masse accrochable au bout d'un fil :  
10, 20, 50 et 100 g

**Document 1 : Exemple de montage****Étude des forces exercées sur le mobile**

1. Remplir le tableau donnant les caractéristiques des forces s'appliquant sur le mobile.

Force			
Point d'application			
Direction			
Sens			

Les dessiner sur le schéma ci-dessous, représenter chaque force par une flèche de 1 cm



### Influence de la force de poussée sur l'accélération

Comment faire varier la force de poussée ?

2. En vous servant des vidéos, remplir le tableau :

$m \text{ (g)}$	20	40	60	80	100
$P \text{ (N)}$					
$a \text{ (m.s}^{-2}\text{)}$					

Sur Regressi, tracer le graphe :  $a = f(P)$

- Allure du graphe

- Équation :



Quelle masse est nécessaire pour avoir une accélération  $a = 3,3 \text{ m.s}^{-2}$  ? Faire le calcul.

### Influence de la masse de l'objet sur l'accélération

3. Proposer un protocole pour étudier l'influence de la masse de l'objet sur l'accélération

Masse $m$ (kg)			
Accélération $a$ (m.s <sup>-2</sup> )			

La deuxième loi de Newton donne  $F = m \times a$

Avec  $F$  résultante des forces,  $m$  masse du système et  $a$  accélération du système

4. Dans votre expérience vous avez gardé  $F$  ..... donc  $m \times a$  doit aussi être .....

Vérifier :

$m \times a$					
--------------	--	--	--	--	--

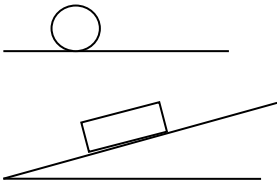
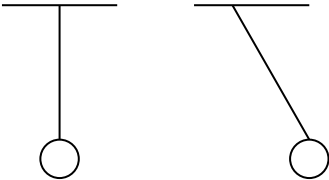
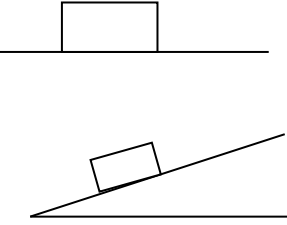
5. Quel doit être la force de poussée pour que le piège de Coyote fonctionne ?

## Exercices

## Exercice 1 : QCM

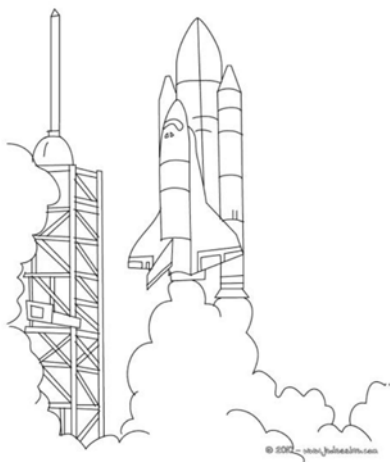
	A	B	C
La valeur d'une force s'exprime en :	Joules ( $J$ )	Newton ( $N$ )	Kilogramme ( $kg$ )
Lorsqu'un solide se déplace sur un support horizontal, la force de frottement :	Est de sens opposé au mouvement	Est horizontale	Peut-être nulle
Lorsqu'on déplace un solide sur un support horizontal, en l'absence de frottement :	La réaction est perpendiculaire au support	La réaction est nulle	La force de frottement est nulle
Lorsqu'un solide glisse sans frottement sur un pan incliné :	Le poids est vertical et la réaction du support est verticale	Le poids est perpendiculaire au support et la réaction du support est perpendiculaire au support	Le poids est vertical et la réaction du support est perpendiculaire au support
L'intensité des force de frottement d'un solide en déplacement dans un fluide dépend de :	La vitesse du solide dans le fluide	La nature du fluide	La forme du solide
Le principe d'inertie s'applique :	Lorsque le système est en mouvement aléatoire	Lorsque le système est immobile	Lorsque le système est en mouvement rectiligne uniforme
Le principe fondamental de la dynamique s'applique :	Permet de déterminer l'accélération du système	S'applique sur un solide isolé	Permet de connaître la position du système

## Exercice 2 : Représentation des forces

		Poids d'un objet $\vec{P}$	Tension d'un fil $\vec{T}$	Réaction d'un support $\vec{R}$ en absence de frottements
Caractéristiques	Point d'application			
	Direction			
	Sens			
	Intensité			
Exemples				

## Exercice 3 : Inventaire des forces

Faire l'inventaire des forces extérieures de contact et des forces à distance pour les exemples ci-dessous puis représenter ces forces avec l'échelle choisie : ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).



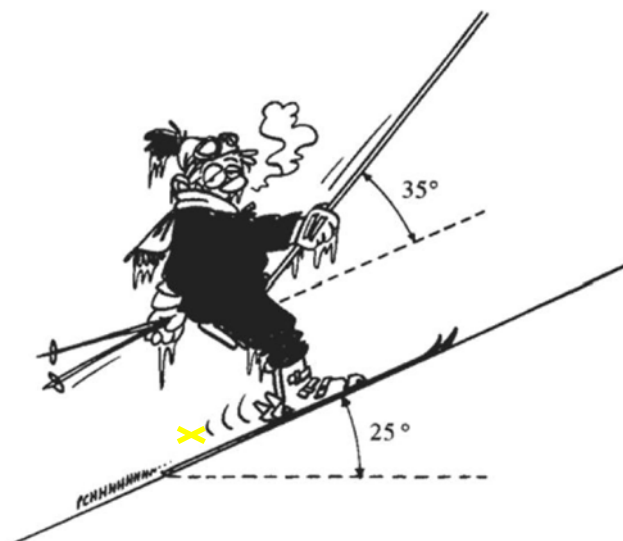
**Fusée :**  
 $m = 2046 \text{ t}$   
 Force de poussée  $30,18 \text{ MN}$

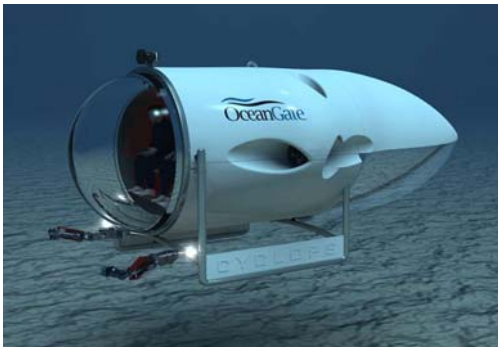
**Skieur :**

$m = 70 \text{ kg}$  (équipement compris)

La force de traction vaut  $T = 340 \text{ N}$

La réaction normale du support vaut  $R = 700 \text{ N}$





Sous-marin se déplaçant horizontalement:

$$m = 1,8 \text{ t}$$

Valeur de la poussée d'Archimède :  $\pi = 18 \text{ kN}$

Valeur de la force de poussée :  $F = 10 \text{ kN}$

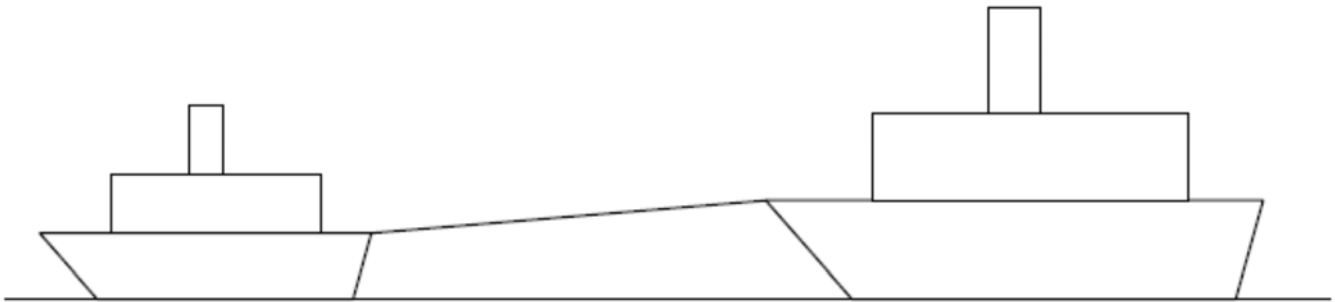
Bus à l'arrêt :

$m = 12 \text{ t}$  avec plusieurs passagers



#### Exercice 4 : Câble remorqueur.

Un câble, relié à un remorqueur, tracte un cargo avec une force constante  $F$  de valeur  $F = 50,0 \text{ kN}$ . Le câble fait un angle de  $20^\circ$  avec la direction de déplacement du cargo animé d'un mouvement de translation rectiligne.



1 - Faire le bilan des forces qui s'appliquent au cargo.

2 - Déterminer la résultante des forces.

3 - Sachant que l'accélération vaut  $a = 2 \text{ m.s}^{-2}$ , déterminer la masse du cargo.

### Exercice 5 : une descente chronométrée

Un skieur s'élance sur une piste supposée rectiligne.

#### D.1. Le début de la descente

Au début de la descente, on suppose que les frottements qui s'exercent sur le skieur sont négligeables par rapport aux autres forces qu'il subit.

**D.1.1.** Parmi les propositions de l'annexe D1, choisir le schéma traduisant correctement les forces qui s'exercent sur le skieur immédiatement après son départ. Justifier.

**D.1.2.** Nommer chacune des forces représentées sur le schéma retenu.

**D.1.3.** L'accéléromètre qui équipe son smartphone lui indique une valeur de  $3,9 \text{ m.s}^{-2}$ .

En déduire la valeur de la résultante des forces qui s'exercent sur le skieur sachant que sa masse est de  $70 \text{ kg}$ .

#### D.2. L'enregistrement de la descente

En exploitant le film de sa descente, le skieur obtient la courbe de l'évolution de sa vitesse au cours du temps représenté sur l'annexe D2.

On donne :  $D = 0,5 \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t$

**D.2.1.** En tenant compte de sa vitesse initiale, déterminer la distance parcourue par le skieur après 2,0 secondes de descente. Préciser le modèle de mouvement choisi.

Dans une position donnée, la valeur de la force de frottement  $\vec{f}$  exercée par l'air sur le skieur peut s'exprimer par la relation :  $f = K \times v^2$  où  $K$  est une constante et  $v$  la valeur de la vitesse du skieur.

**D.2.2.** À partir de l'expression de la force de frottement, proposer une unité de  $K$  utilisant les unités  $\text{kg}$ ,  $\text{m}$  et  $\text{s}$ .

**D.2.3.** Quelle est la valeur de l'accélération du skieur après 15 s de descente ? Justifier.

**D.2.4.** En négligeant les autres frottements, calculer la valeur de la force de frottement exercée par l'air sur le skieur, après 15 s de descente.



### Annexe D1 : propositions de la schématisation des forces agissant sur le skieur

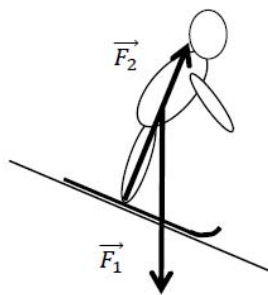


Schéma n°1

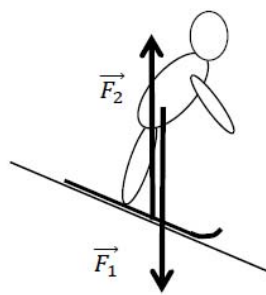


Schéma n°2

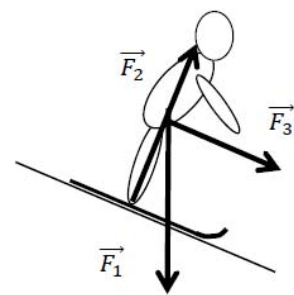
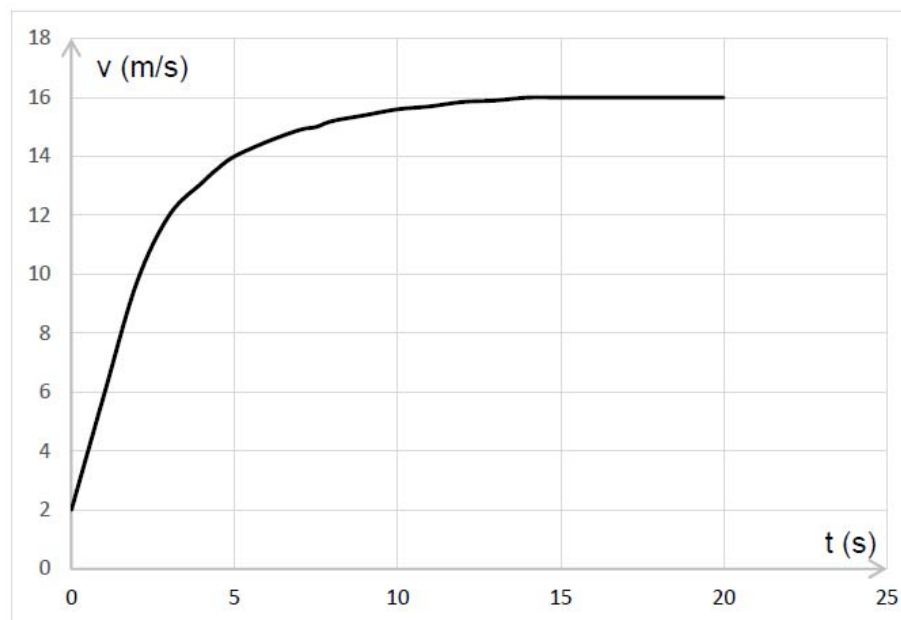


Schéma n°3

### Annexe D2 : représentation de l'évolution de la vitesse du skieur au cours du temps

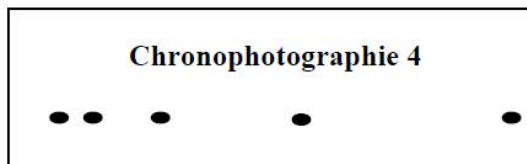
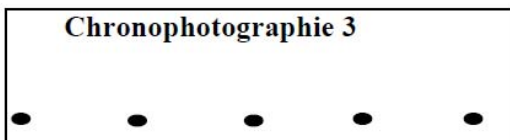
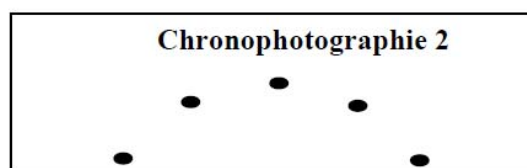
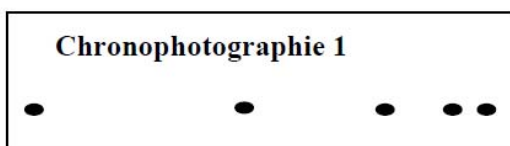


**Exercice I :****PARTIE A : ÉNERGIE MÉCANIQUE DES VÉHICULES****A-1 ETUDE MECANIQUE DU MOUVEMENT**

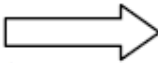
Un véhicule roule à vitesse constante sur une route plane. Il est soumis aux quatre forces suivantes : son poids  $\vec{P}$ , la réaction de la route  $\vec{RN}$ , la force motrice  $\vec{F}$ , et une force de frottement  $\vec{f}$ . La direction de la force de réaction, notée  $\vec{RN}$ , sera supposée perpendiculaire à la route.

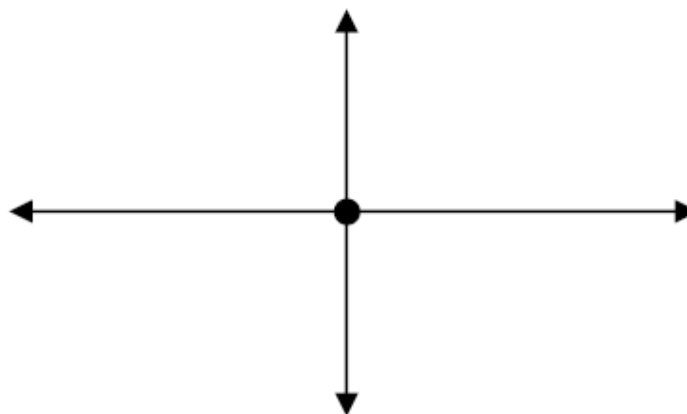
**A-1-1 Caractéristique du mouvement**

- a) Le véhicule est animé d'un mouvement rectiligne uniforme. Choisir parmi les chronophotographies suivantes celle qui correspond au mouvement étudié (le véhicule est modélisé par un point). Justifier la réponse.



- b) Reproduire le schéma ci-dessous sur votre copie (le point représente toujours le véhicule) et indiquer à quelles forces (présentées précédemment) correspondent les vecteurs.

Sens du mouvement 



- c) Que peut-on dire de la résultante des forces pour le mouvement étudié ?

En déduire la relation entre les intensités de la force motrice  $F$  et de la force de frottement  $f$ .

**A-1-2 Etude de la force de frottement et de son lien avec la consommation**

On considérera que la force motrice d'intensité  $F$  doit compenser la force de frottement d'intensité  $f$  (de type fluide) dont les caractéristiques sont données en **annexe 1**

## ANNEXES

### Annexe 1 :

Un véhicule se déplaçant dans un fluide (air) est soumis à une force de frottement fluide dont l'intensité exprimée en Newton (N) est :

$$f = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \times C$$

$\rho$  : masse volumique du fluide (kg/m<sup>3</sup>)

S : surface de référence ou surface frontale (m<sup>2</sup>)

C : coefficient aérodynamique ou coefficient de trainée (sans unité)

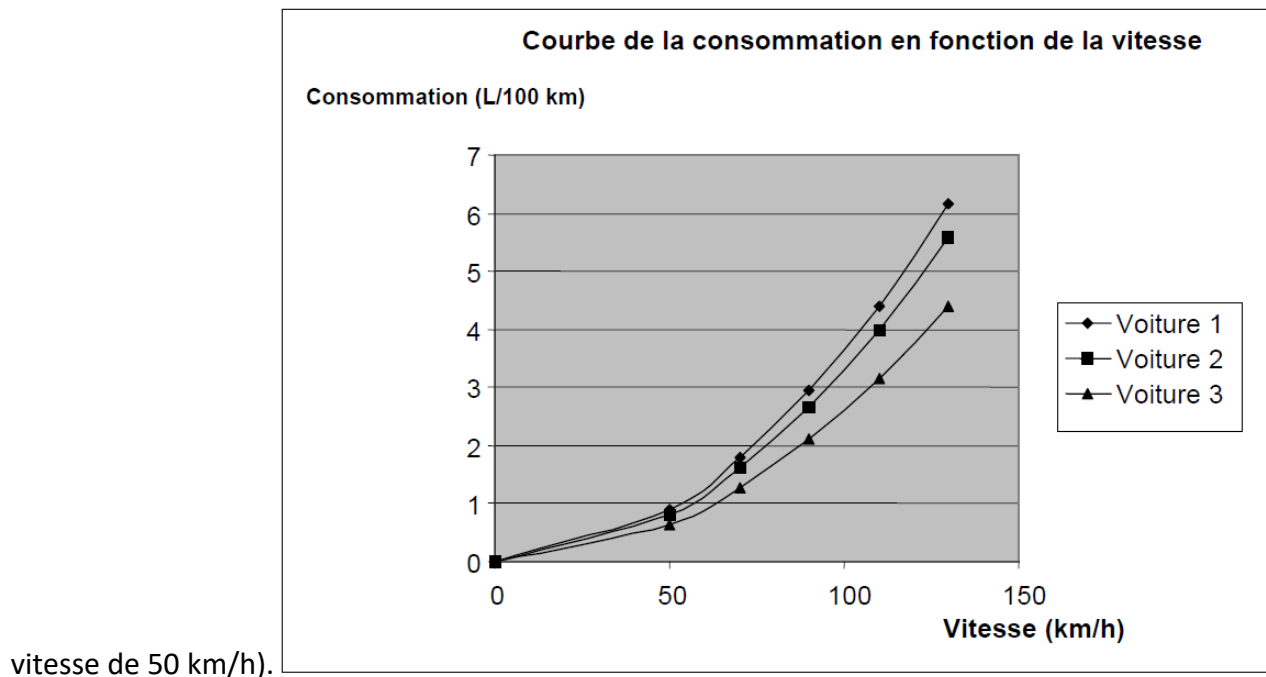
V : vitesse de déplacement (m/s)

Les consommations de gazole en **L / 100 km** pour 3 voitures en fonction de différentes vitesses régulières sont données dans le tableau suivant. Les trois voitures ont la même surface frontale ( $S = 2,70 \text{ m}^2$ ) et évoluent dans l'air.

Surface frontale	$S = 2,70 \text{ m}^2$	50 km/h	70 km/h	90 km/h	110 km/h	130 km/h
Voiture 1	$C = 0,42$	0,91	1,79	2,95	4,41	6,15
Voiture 2	$C = 0,38$	0,82	1,62	2,67	3,99	5,57
Voiture 3	$C = 0,30$	0,65	1,28	2,11	3,15	4,40

Source : wikipedia

- a) Quelles sont les grandeurs dont dépendent la force de frottement et donc la consommation ?
- b) Montrer qu'il est possible de faire l'hypothèse que la consommation est proportionnelle au coefficient de trainée pour une vitesse donnée (dans le tableau de l'**annexe 1**, on prendra par exemple une



- c) **D'après le graphique ci-dessus** peut-on faire l'hypothèse d'une proportionnalité entre consommation et vitesse ?
- d) Par une analyse dimensionnelle, montrer que l'expression de la force de frottement fluide est bien homogène à une force (on rappelle que  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m.s}^{-2}$ ).

## A-2 ETUDES ÉNERGÉTIQUE

On se propose de réaliser l'étude énergétique d'un autre véhicule équipé d'une part d'un moteur thermique (gazole) et d'autre part d'un moteur électrique.

Pour ce véhicule :

la vitesse est constante  $v = 100 \text{ km.h}^{-1}$ .

$C = 0,330$  ;  $\rho = 1,20 \text{ kg.m}^{-3}$  et  $S = 1,80 \text{ m}^2$ .

### A-2-1 Etude de la voiture à moteur thermique

a) Calculer la force de frottement fluide  $f$  exercée sur le véhicule. On se référera à l'annexe 1.

b) À vitesse constante, l'intensité de la force motrice est égale à celle de la force de frottement.

Calculer la puissance motrice  $P_m$  du véhicule, la puissance motrice étant le produit de la force motrice par la vitesse dans les unités du système international.

c) En toute rigueur, il faut tenir compte de la force de frottement de roulement. La puissance motrice vaut alors  $P' = 11,0 \text{ kW}$ .

Calculer l'énergie mécanique nécessaire pour parcourir 100 km en 1 heure.

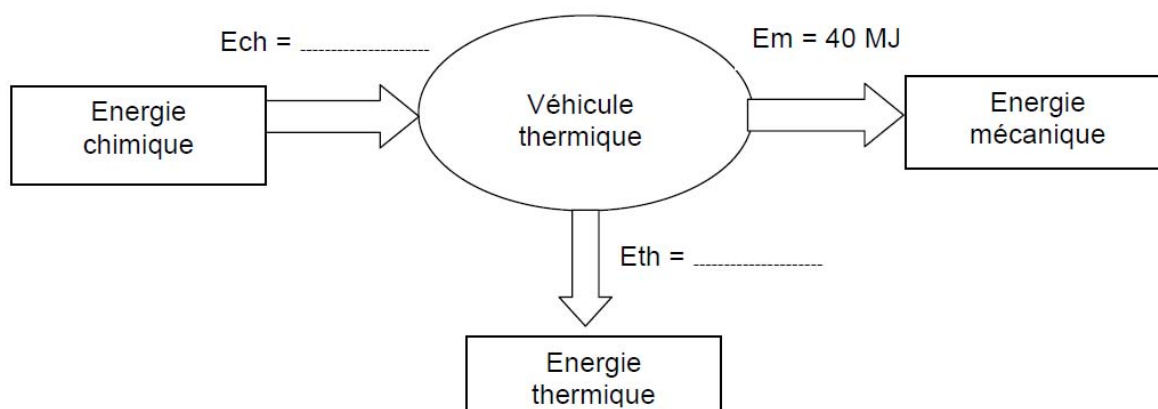
d) Le rendement de la voiture « thermique » est estimé à 20 %.

Quelle énergie chimique doit fournir le carburant pour parcourir les 100 km ?

Compléter les valeurs du **document réponse 1**

(A RENDRE AVEC LA COPIE)

#### DOCUMENT REPONSE 1



e) L'énergie chimique disponible dans un litre de gazole vaut 36,0 MJ.

Quelle est la consommation du véhicule, en litres, pour 100 km ?

En déduire l'autonomie, en km, pour un volume de gazole de 60 L ?

### A-2-2 Etude de la voiture à moteur électrique

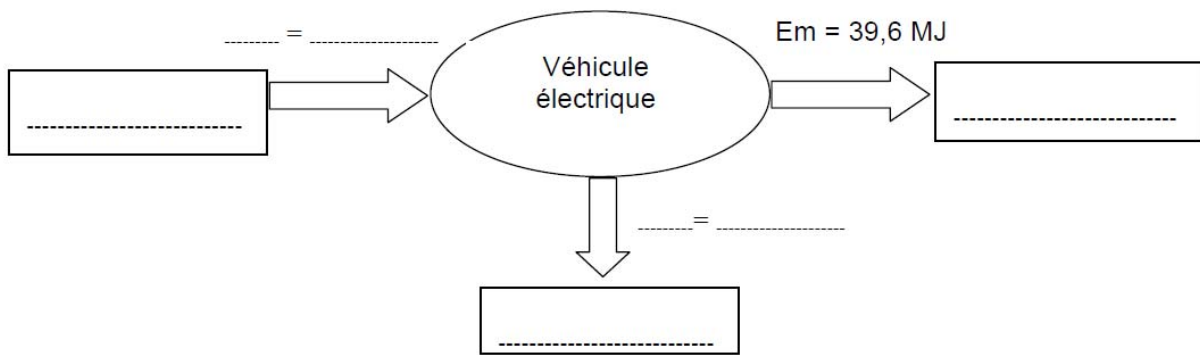
Le rendement de la voiture « électrique » est estimé à 80 %.

L'énergie mécanique nécessaire à la propulsion du véhicule pour une même vitesse ( $100 \text{ km.h}^{-1}$ ) et une même distance parcourue (100 km) est de 39,5 MJ.

a) Calculer l'énergie électrique nécessaire.

b) Réaliser le bilan d'énergie et compléter le **document réponse 2**

## DOCUMENT REPONSE 2



### Exercice II

*La Dacia Logan, conçue par le constructeur français Renault est produite au départ en Roumanie.*

*Elle a fait la une de l'actualité lors de son lancement commercial : elle était en effet présentée comme « la voiture à 5000 euros ». Même si son prix fut finalement plus élevé que prévu, les journalistes automobiles étaient impatients d'évaluer cette voiture d'un nouveau genre.*

*L'exercice propose de détailler certains tests routiers effectués par les essayeurs d'un magazine automobile et d'étudier un composant du système d'alimentation en gazole du moteur Diesel qui peut équiper la Logan.*

**Données :** Intensité de la pesanteur:  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ .

Masse de la Logan avec son conducteur  $m = 1020 \text{ kg}$

Coefficient de frottement  $k = 9,83 \text{ N.s}^2.\text{m}^{-2}$

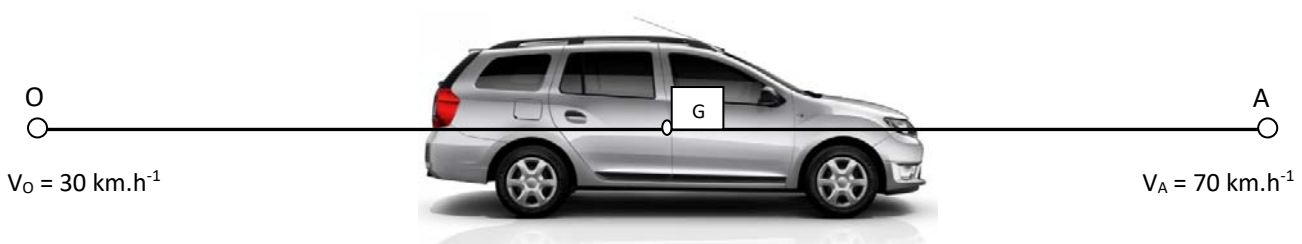
### **Mesures de reprises**

*Le test consiste à faire passer la voiture, en pleine accélération et sur le deuxième rapport de la boîte de vitesses, de  $30 \text{ km.h}^{-1}$  à  $70 \text{ km.h}^{-1}$  sur une portion de circuit rectiligne et horizontale. On mesure alors le temps nécessaire à cette accélération, ce qui donne une bonne indication de la capacité du véhicule à s'insérer et à évoluer dans le trafic routier.*

*Résultat du test d'accélération donné par le magazine: « passage de  $30 \text{ km.h}^{-1}$  à  $70 \text{ km.h}^{-1}$  en  $5,4 \text{ s}$  ».*

*La distance parcourue entre O et A est de  $75 \text{ m}$ .*

Le schéma ci-dessous correspond au test. L'origine des temps est choisie à l'instant où le centre d'inertie G du véhicule passe au point O avec la vitesse  $v_0 = 30 \text{ km.h}^{-1}$ .



### Première partie :

1. La valeur de la force de frottement peut être donnée par l'une des formules suivantes  $f = \frac{1}{2} \cdot k \cdot v^2$  ou  $f = \frac{1}{2} \cdot k \cdot v$  avec  $v$  la vitesse moyenne entre  $V_0$  et  $V_A$  de la voiture en  $\text{m.s}^{-1}$  et  $k$  coefficient de frottements. Sachant que  $f = 950 \text{ N}$ , déterminer laquelle des 2 formules est à utiliser. On rappelle que la force de frottement est colinéaire au déplacement
2. Calculer le poids de la Logan.
3. Pour permettre l'accélération du véhicule, que peut-on émettre comme hypothèse concernant les valeurs de la force motrice et de la force de frottement ?
4. Dessiner sur le schéma en annexe les forces exercées sur la Logan notées  $\vec{P}$ ,  $\vec{R}$ ,  $\vec{f}$  et  $\vec{F}_{\text{motrice}}$ , sans utiliser d'échelle, mais en utilisant des tailles de flèche pour représenter les forces en accord avec les différentes valeurs des forces.

### Deuxième partie

On note  $a$  l'accélération d'un véhicule dont la variation de vitesse est  $\Delta v$  sur la durée  $\Delta t$ .

1. Donner la relation qui relie  $a$  à  $\Delta v$  et  $\Delta t$ .
2. Préciser les unités de la relation précédente.
3. Calculer l'accélération de la Logan entre O et A
4. Rappeler la relation entre la somme des forces et l'accélération, en déduire la valeur de la somme des forces.
5. en vous servant de la valeur de la force de frottement donnée au 1 de la première partie, déterminer la valeur de la force motrice.

### ANNEXE

