

**Devoir surveillé N°5****Ex N°1/ Force frottement et consommation d'une voiture**

On étudie le mouvement d'une voiture roulant à vitesse constante sur une route plane. Elle est soumise aux quatre forces suivantes : son poids  $\vec{P}$ , la réaction de la route  $\vec{R}$ , la force motrice  $\vec{F}$  et une force de frottement  $\vec{f}$ . La direction de la force de réaction de la route  $\vec{R}$  sera supposée perpendiculaire à la route.

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

$$f = \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 \times S \times C_x$$

où  $\rho$  est masse volumique du fluide (en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ),  $v$  la vitesse de déplacement (en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ),  $S$  la surface de référence ou surface frontale et  $C_x$  le coefficient aérodynamique ou coefficient de traînée (sans unité).

Pour l'air la masse volumique vaut :

$$\rho = 1,29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

▲ **Doc. 1** Frottement fluide

Les consommations de gazole, en L / 100 km, pour trois voitures en fonction de différentes vitesses réglées 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 $S = 2,70 \text{ m}^2$	Voiture 1 $C_x = 0,42$	Voiture 2 $C_x = 0,38$	Voiture 3 $C_x = 0,30$
50 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0,91	0,82	0,65
70 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	1,79	1,62	1,28
90 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	2,95	2,67	2,11
110 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	4,41	3,99	3,15
130 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	6,15	5,57	4,4

▲ **Doc. 2** Consommation de gazole

En l'absence de forces, ou lorsque les forces se compensent, un système est nécessairement soit immobile soit en mouvement rectiligne uniforme.

Réciproquement, si un système est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme, alors il est soumis à des forces qui se compensent ou à aucune force.

▲ **Doc. 3** Principe d'inertie

- 1.1/ Représenter (sans souci d'échelle) sur un schéma les forces s'exerçant sur la voiture.
- 1.2/ Que peut-on dire de la résultante des forces pour le mouvement étudié ? Justifier la réponse.
- 1.3/ En déduire la relation entre l'intensité de la force motrice  $F$  et de la force de frottement  $f$ .
- 1.4/ On considérera que la force motrice d'intensité  $F$  doit compenser la force de frottement d'intensité  $f$  (de type fluide). Quelles sont les grandeurs du tableau du doc.2 dont dépend la force de frottement, et donc la consommation ?
- 1.5/ Montrer qu'il est possible de faire l'hypothèse que la consommation est proportionnelle au coefficient de traînée pour une vitesse donnée (par exemple  $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ).
- 1.6/ Calculer la force de frottement fluide  $f$  exercée sur la voiture 2 à une vitesse de  $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . En déduire, l'intensité de la force motrice  $F$ .

**Ex N°2/ Le ski de vitesse**

Personne sur Terre, et sans assistance motorisée, ne va plus vite que l'italien Simone Origone, leader d'une discipline à part du ski alpin, plus spectaculaire que dangereuse.

Impossible 252,632 km/h ? Et pourtant. C'est bien la vitesse atteinte vendredi 3 avril 2015 par Simone Origone qui, pour y parvenir, s'est servi d'un instrument complexe : une paire de skis. Et d'un moteur surpuissant : la gravité.



En se laissant tomber du haut de la piste de Chabrières, gigantesque toboggan enneigé qui servait cette semaine de scène au Speed Masters dans la station de Vars (Hautes-Alpes), l'italien de 35 ans a battu son propre record du monde de vitesse à ski (252,454 km/h).

Le Monde | 03.04.2015

**Données :**

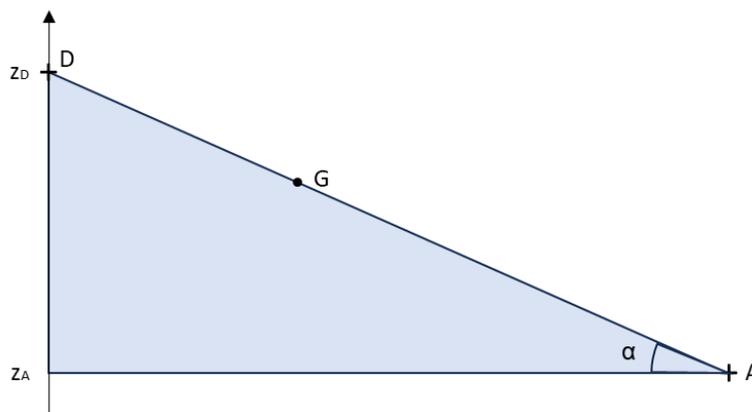
- caractéristiques techniques de la piste de Chabrières considérée comme rectiligne :
  - altitude de départ (D) :  $z_D = 2720$  m ;
  - altitude d'arrivée (A) :  $z_A = 2285$  m ;
  - pente moyenne  $\alpha = 24^\circ$  ;
  - longueur de la piste :  $L = 1070$  m.
- caractéristiques du skieur Simone Origone :
  - masse : 87 kg ;
  - équipement : 15 kg.
- intensité de la pesanteur  $g = 9,8$  m.s<sup>-2</sup>.

Le système étudié est le « skieur » constitué de l'athlète avec son équipement de masse totale  $m$  et de centre de masse  $G$  en mouvement sur la piste de ski d'un point D d'altitude  $z_D$  à un point A d'altitude  $z_A$ .

Le départ s'effectue sans vitesse initiale. Le référentiel d'étude est supposé galiléen. Dans cette partie les frottements subis par le système sont négligés devant les autres actions mises en jeu.

**1.1/** Effectuer le bilan des actions, modélisées par des forces, agissant sur le système.

**1.2/** Sans souci d'échelle, représenter ces forces et préciser le sens et la direction de chaque force.



**1.3/** Calculer le travail  $W_{D \rightarrow A}$  de chaque force entre le point de départ D et le point d'arrivée A.

**1.4/** En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, déduire la valeur de la vitesse à l'arrivée, notée  $v_A$ , en m.s<sup>-1</sup> puis en km.h<sup>-1</sup>.

**1.5/** Cette valeur est-elle en accord avec celle de la vitesse atteinte le vendredi 3 avril 2015 par Simone Origone ? Quel aspect de la modélisation effectuée doit être remis en cause ?

**Correction devoir surveillé N°5****Ex N°1/**

**1.2/** La résultante des forces pour le mouvement étudié est égale au vecteur nulle car le mouvement est rectiligne uniforme donc les forces se compensent.

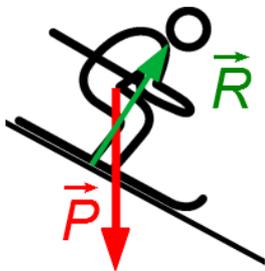
**1.3/** L'intensité de la force motrice  $F$  est égale à celle de la force de frottement  $f$ .

**1.4/** On considérera que la force motrice d'intensité  $F$  doit compenser la force de frottement d'intensité  $f$  (de type fluide). Les grandeurs qui vont influencer sur la valeur de la force de frottement  $f$  et donc sur la consommation sont donc le coefficient de traînée et la vitesse du véhicule.

**1.5/** La consommation est proportionnelle au coefficient de traînée pour une vitesse donnée. Par exemple, pour une vitesse de  $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , si l'on divise la consommation par le coefficient de traînée, on obtient la même constante pour les trois véhicules.

**1.6/**  $f = (1/2) \times \rho \times v^2 \times S \times C_x = (1/2) \times 1,29 \times (90 \times 3,6)^2 \times 2,70 \times 0,38 = 414 \text{ N}$

L'intensité de la force motrice  $F$  est donc égale à  $414 \text{ N}$ .

**Ex N°2/****2.1/**

On néglige par hypothèse les forces de frottement et on choisit d'en faire de même pour la poussée d'Archimède qu'exerce l'air sur le skieur.

Il ne reste donc que 2 forces s'exerçant sur le système :

→ son poids  $\vec{P}$  vertical et orienté vers le bas

→ la réaction du support (la piste), perpendiculaire à sa surface et vers le haut

**2.2/**

$$W_{D \rightarrow A}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \overline{DA} = 0 \text{ J.}$$

$$W_{D \rightarrow A}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overline{DA} = m \cdot g \cdot (z_D - z_A) = (87+15) \times 9,8 \times (2720 - 2285) = 4,3 \times 10^5 \text{ J}$$

**2.3/** Le théorème de l'énergie cinétique indique que la variation d'énergie cinétique d'un système entre 2 points D et A correspond à la somme des travaux des forces s'exerçant sur le système.

$$\Delta E_C = W_{D \rightarrow A}(\vec{R}) + W_{D \rightarrow A}(\vec{P})$$

$$E_{CA} - E_{CD} = 0 + m \cdot g \cdot (z_D - z_A)$$

La vitesse initiale  $v_D = 0$  et l'énergie cinétique est définie par  $E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ ,

$$\text{alors } \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 = m \cdot g \cdot (z_D - z_A)$$

$$\frac{1}{2} \cdot v_A^2 = g \cdot (z_D - z_A)$$

$$v_A = \sqrt{2 \cdot g \cdot (z_D - z_A)}$$

$$v_A = \sqrt{2 \times 9,8 \times (2720 - 2285)} = 92 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ en multipliant par } 3,6 \text{ on a } v_A = 3,3 \times 10^2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$$

$\sqrt{2 * 9.8 * (2720 - 2285)}$
9.233634171 E1
Rep*3.6
3.324108301 E2

**2.4/** La valeur réelle de la vitesse de Simone est de  $252,454 \text{ km/h}$ , elle est donc très inférieure à celle calculée avec notre modèle. La différence s'explique par le fait que nous avons négligé les frottements qui en réalité fournissent un travail résistant qui réduit fortement la vitesse.