

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

- Session 2016 -

Sciences et Technologies de l'Industrie
et du Développement Durable
et
Sciences et Technologies de Laboratoire
spécialité Sciences Physiques et Chimiques en Laboratoire

Épreuve de PHYSIQUE-CHIMIE

EPREUVE DU MERCREDI 14 SEPTEMBRE 2016

Durée de l'épreuve : 3 heures

Coefficient : 4

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1 à 13.

L'usage d'une calculatrice est autorisé.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée.

UNE STATION DE SKI



D'après station-metabief.com

Le chiffre d'affaires global annuel des sports d'hiver est estimé à 7 milliards d'euros et représente 15 % environ de l'économie du tourisme français. Avec 55 millions de journées-skieur vendues, la France est en 2012 la première destination mondiale de ski.

Le sujet porte sur l'étude de quelques équipements rencontrés dans les stations de ski.

Il comporte 4 parties indépendantes les unes des autres :

Partie A : L'ENNEIGEMENT DES PISTES (6 POINTS)

Partie B : LA CORROSION DES CANALISATIONS (5 POINTS)

Partie C : L'ÉTUDE DE LA REMONTÉE MÉCANIQUE (5 POINTS)

Partie D : LA DESCENTE (4 POINTS)

Partie A : l'enneigement des pistes (6 points)

Dès les années 70, les stations de sport d'hiver françaises se sont équipées pour la production de neige artificielle afin de pallier les éventuels défauts de précipitation qui peuvent intervenir au cours d'une saison.

Les aménagements consistent le plus souvent à créer une retenue d'eau en altitude afin d'alimenter des canons à neige disposés le long des pistes.

Cette partie est constituée d'un questionnaire à réponses ouvertes courtes.

Pour chacune des questions, plusieurs réponses ou affirmations sont proposées. Une seule d'entre elles est exacte.

Noter sur votre copie la lettre a, b, c ou d correspondant à la réponse choisie. Justifier succinctement votre choix.

Une réponse fautive et une absence de réponse seront évaluées de la même façon.

A.1. Le pompage de l'eau

Données utiles à la partie A.1. :

- 1 hectare = 10^4 m^2
- $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$
- 1 kW.h coûte environ 0,1 €
- 1 bar = 10^5 Pa
- Pression atmosphérique : $P = 1,0 \text{ bar}$
- Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- Intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$

Afin de remplir la retenue d'eau du Morond de la station de ski de Métabief, l'eau est acheminée par une canalisation depuis la rivière « la Jougna ». Ce remplissage nécessite l'utilisation d'une pompe de relevage adaptée à la différence d'altitude et au débit souhaité.

A.1.1. Quel est le volume d'eau, exprimé en milliers de mètres cubes, contenu dans la retenue du col du Morond le 10 décembre 2013 ?

- a) 1,4 b) 14 c) 17 d) 34

A.1.2. Quel volume de neige, exprimé en milliers de mètres cubes, est susceptible d'être produit avec l'eau accumulée au 10 décembre 2013 ?

- a) 34 b) 68 c) 14 d) 28

A.1.3. Quelle est alors la hauteur approximative de neige susceptible d'être produite par les canons à neige ?

- a) 5 cm b) 10 cm c) 15 cm d) 20 cm

A.1.4. L'annexe A2, représente le schéma de principe du pompage de l'eau permettant de remplir la retenue d'eau du col du Morond.

Quelle est la valeur de la différence de pression ΔP de l'eau dans la canalisation entre la station de pompage et la retenue du col du Morond, en l'absence de débit ?

Remarque : on pourra utiliser le théorème fondamental de l'hydrostatique.

- a) 48 bar b) 52 bar c) 60 bar d) 64 bar

A.1.5. Quel est le coût approximatif, exprimé en milliers d'euros, généré par le fonctionnement de la pompe de relevage de puissance $P = 325$ kW, permettant de remplir complètement la retenue d'eau du col du Morond ?

On rappelle que l'énergie électrique E (en kW.h) consommée par un appareil est égale au produit de sa puissance P (en kW) par la durée Δt (en h) de fonctionnement : $E = P \cdot \Delta t$.

- a) 3 b) 30 c) 300 d) 3 000

A.2. Les canons à neige

Donnée utile à la partie A.2. :

- Surface S d'un disque de rayon R : $S = \pi \cdot R^2$

Un canon à neige est un dispositif permettant de fabriquer de la neige. Le principe est de projeter un mélange d'air comprimé et d'eau par temps suffisamment froid. Il existe plusieurs types de canons à neige. Certains d'entre eux disposent de gicleurs à section variable.

A.2.1. Quelle est la surface d'ouverture du gicleur d'éjection d'eau lorsque la température extérieure est de -10°C ?

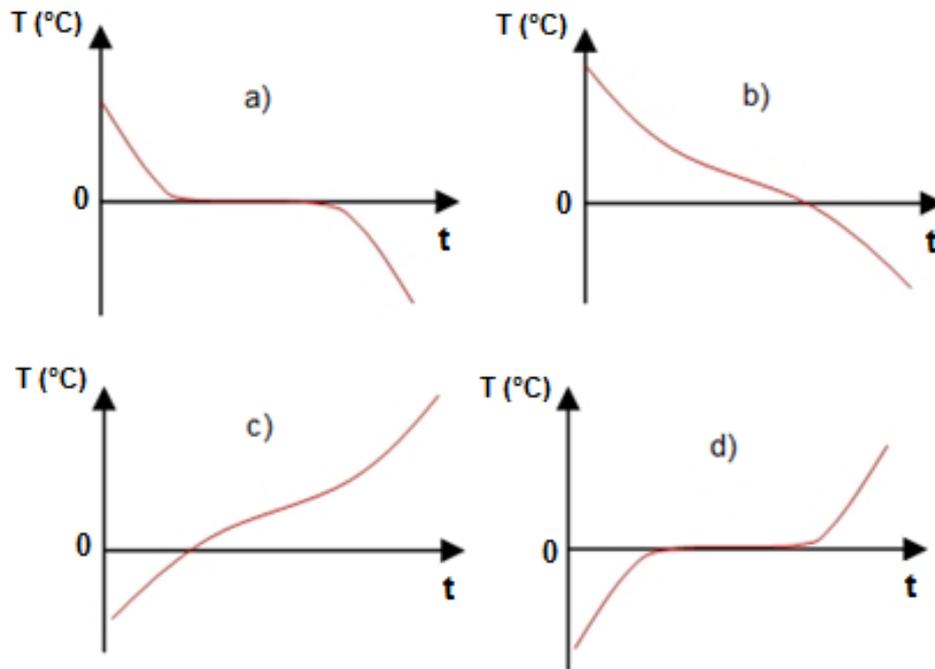
- a) $0,37 \text{ m}^2$ b) $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ c) $2,6 \text{ m}^2$ d) $9,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

A.2.2. Quelle est alors la vitesse d'écoulement de l'eau dans la conduite d'alimentation du canon à neige ?

- a) $3,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ b) $0,57 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ c) $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ d) $1,57 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

À la sortie d'un canon à neige, un mélange froid d'air et d'eau est expulsé dans l'atmosphère. Le phénomène physique de nucléation conduit alors à la formation d'un flocon : c'est la production de neige de culture.

A.2.3. Parmi les représentations graphiques suivantes, quelle est celle qui correspond à la solidification de l'eau pure à pression atmosphérique normale ?



Documents annexes à la partie A

Annexe A1 : extrait d'un communiqué de la station de Métabief

Ça y est ! L'eau coule pour remplir la retenue collinaire de Métabief. Depuis le 26 novembre 2013, la pompe est en marche 24 h sur 24 pour faire grimper une partie de l'eau de « la Jougnena » située à 830 m d'altitude jusqu'au sommet du Morond à 1350 m, et ainsi alimenter prochainement les canons à neige de la station.

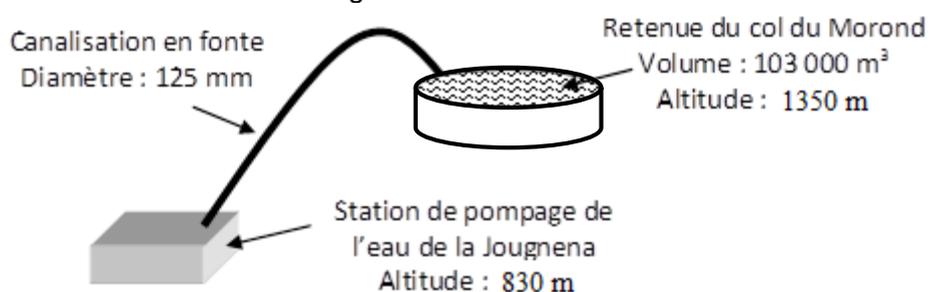
Ces premiers mètres cubes s'accumulent à raison d'un débit moyen de 100 m³ par heure. Objectif : produire réellement les premières neiges « en fonction des conditions météorologiques », entre le 10 et le 15 décembre 2013.

Grâce à 90 canons, la neige artificielle couvrira environ 35 hectares sachant qu'un mètre cube d'eau est nécessaire à la fabrication de deux mètres cubes de neige.

D'après <http://www.metabief.fr>

Annexe A2 : le pompage de l'eau

D'une capacité de 103 000 m³, la retenue d'eau au sommet du col du Morond est alimentée par une canalisation puisant l'eau dans le Grand Étang de la Jougnena. Ensuite, l'eau stockée est utilisée pour alimenter les canons à neige.

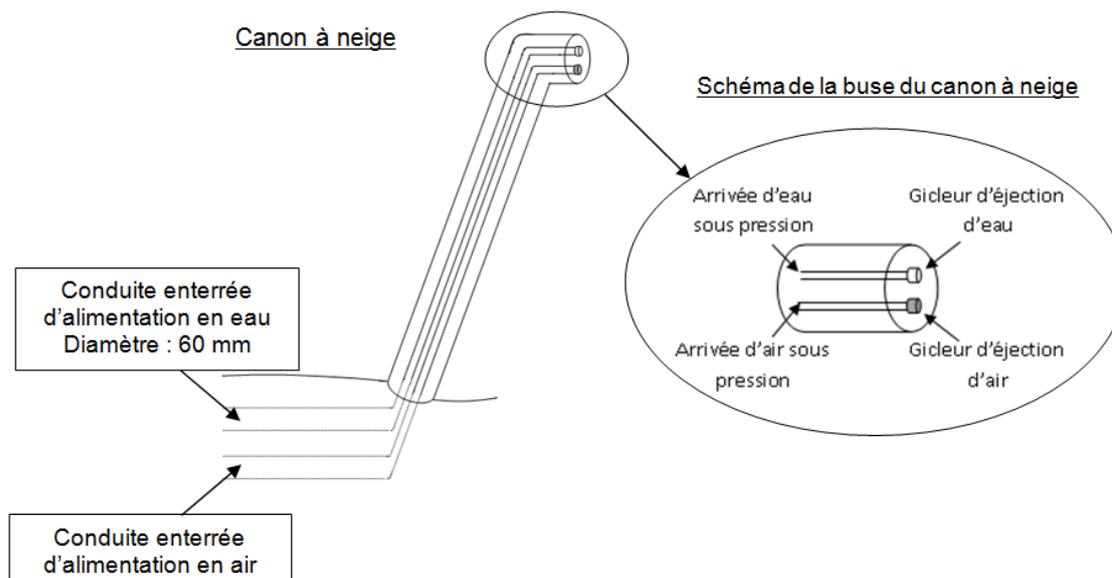


Annexe A3 : quelques caractéristiques d'un canon à neige

- Débit d'eau pour un canon à neige en fonction de la température extérieure.

Température (°C)	- 4	- 8	- 10
Débit (m ³ /h)	9	25,8	34

- Vitesse de l'eau en sortie des canons à neige : 90 m.s⁻¹.
- Conduite d'alimentation du canon à neige : Canalisation en acier de diamètre 60 mm.



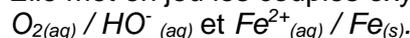
Partie B : corrosion des canalisations (5 points)

Le transport de l'eau entre l'usine de pompage de l'eau de « la Jougnena » et la retenue d'eau du Morond se fait par une canalisation en fonte.

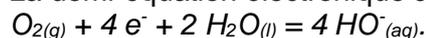
La fonte est un alliage de fer et de carbone.

La corrosion est l'un des principaux processus qui contribuent à la rupture de ce type de canalisation.

Elle met en jeu les couples oxydant/réducteur suivants :



La demi-équation électronique associée au couple $O_{2(aq)} / HO^-_{(aq)}$ s'écrit :



B.1. La corrosion électrochimique

B.1.1. Identifier les réactifs qui interviennent dans le processus de corrosion.

B.1.2. Écrire la demi-équation électronique correspondant au couple $Fe^{2+}_{(aq)} / Fe_{(s)}$.

B.1.3. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique ayant lieu lors de la corrosion du fer.

B.1.4. En utilisant l'annexe B1, justifier le choix du revêtement extérieur de la canalisation en fonte.

B.2. La corrosion acide

Données utiles à la partie B.2. :

- masse molaire : $M(CO_2) = 44,0 \text{ g.mol}^{-1}$
- $pH = -\log [H_3O^+]$ ou $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

L'intérieur des canalisations est recouvert d'un mortier de béton.

La carbonatation du ciment contenu dans le mortier est à l'origine de la corrosion des canalisations en fonte.

La carbonatation est une réaction lente entre le dioxyde de carbone présent dans l'eau, se comportant comme un acide, et le ciment principalement constitué d'une base, l'hydroxyde de calcium.

B.2.1. Donner la définition d'une base.

B.2.2. Justifier la limitation de la concentration massique en dioxyde de carbone de l'eau transportée par la canalisation.

B.2.3. Les résultats d'une analyse effectuée sur l'eau transportée indiquent une concentration en ions oxonium H_3O^+ de $5,0 \cdot 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$ ainsi qu'une concentration en dioxyde de carbone de $2,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

La canalisation est-elle adaptée au transport de cette eau ? Justifier.

Documents annexes à la partie B

Annexe B1 : caractéristiques techniques d'une canalisation en fonte

Principales caractéristiques :

- Gamme de classe de pression conforme aux normes EN 545-2010 et ISO 2531-2009
- Revêtement extérieur : ZINALIUM[®] alliage de zinc métallique de zinc-aluminium (85/15, 400g/m²) + revêtement époxy bleu ou équivalent de qualité alimentaire (ACS, KTW, WRAS,...)
- Revêtement intérieur : mortier de ciment centrifugé résistant aux sulfates (mortier de ciment de haut-fourneau)
- Joint Standard en élastomère EPDM de qualité alimentaire (ACS, KTW, WRAS,...)
- Verrouillage Vi sans boulons

D'après www.pamline.fr/

Annexe B2 : type d'eaux utilisables pour une canalisation en fonte

Type d'eaux

Les canalisations NATURAL[®] en fonte ductile munies des revêtements intérieurs à base de mortier de ciment de haut-fourneau peuvent être utilisées pour véhiculer tous les types d'eau potable conforme à la Directive 98/83/CE. Pour d'autres types d'eau, les limites d'emploi sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

	Valeur minimale	Valeur maximale			
Paramètre	pH	CO2 agressif	Sulfate	Magnésium	Ammonium
Unité	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Valeur	5,5	15	3000	500	30

Le mortier de ciment de haut-fourneau est un mortier de ciment résistant aux sulfates (SRC).

D'après www.pamline.fr/

Partie C : étude d'une remontée mécanique (5 points)

C.1. Débit de skieurs

En 1988, la station d'Albiez s'est dotée d'une nouvelle remontée mécanique de type télésiège.

- C.1.1.** En supposant qu'elle est constante, montrer que la vitesse d'une nacelle, appelée vitesse d'exploitation, est de $2,3 \text{ m.s}^{-1}$.
- C.1.2.** En supposant que la longueur du câble est le double de la longueur de la remontée, déterminer le nombre moyen de rotations effectuées par une nacelle en une heure.
- C.1.3.** À partir de la question précédente, montrer que le débit horaire annoncé par le constructeur est légèrement surestimé.

C.2. Étude énergétique

Donnée : valeur de l'intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$

La remontée mécanique fonctionne grâce à un moteur électrique qui entraîne la poulie de la station d'arrivée.

L'énergie apportée par le moteur à la poulie doit servir simultanément :

- à mettre les skieurs en mouvement lors de l'embarquement dans la nacelle ;
- à élever leur altitude de la station de départ à celle d'arrivée ;
- à compenser les divers frottements.

En supposant que l'énergie à fournir pour la remontée des nacelles est compensée par celle fournie par les nacelles qui descendent, on s'intéressera uniquement à la remontée des skieurs.

- C.2.1.** Calculer la valeur de l'énergie cinétique d'un skieur de masse $m = 70 \text{ kg}$, installé sur une nacelle, supposé en mouvement de translation uniforme à la vitesse de $2,3 \text{ m.s}^{-1}$.
- C.2.2.** Calculer la variation d'énergie potentielle de pesanteur de ce skieur quand il effectue une remontée.
- C.2.3.** Montrer que la variation d'énergie cinétique d'un skieur est négligeable devant sa variation d'énergie potentielle de pesanteur lorsqu'il effectue une remontée.
On supposera que le skieur est immobile par rapport au sol juste avant l'embarquement et immobile par rapport à la nacelle quand il la quitte.
- C.2.4.** En supposant que l'énergie dissipée par les frottements est également négligeable devant l'énergie potentielle de pesanteur, montrer que l'énergie à fournir au télésiège en une heure de fonctionnement est de l'ordre de 6.10^8 J si le débit horaire est de 1600 personnes par heure.
- C.2.5.** En déduire la puissance mécanique moyenne que doit fournir la poulie de la station d'arrivée au télésiège.

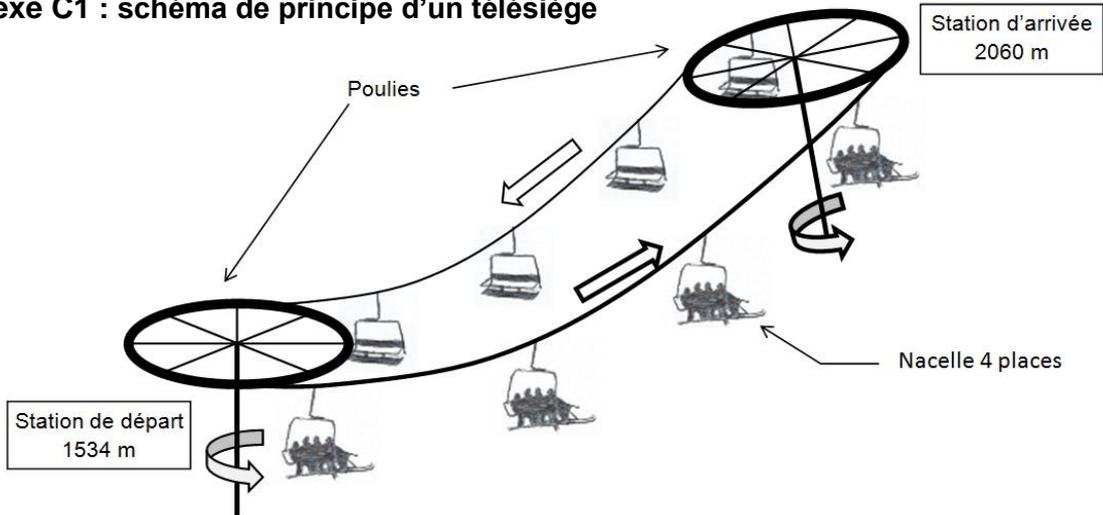
Le moteur entraîne la poulie de la station d'arrivée par l'intermédiaire d'un réducteur mécanique, qui fonctionne comme un engrenage.

C.2.6. Indiquer sur votre copie la nature de la puissance non identifiée sur la chaîne énergétique de l'annexe C4.

C.2.7. On rappelle que la puissance électrique du moteur vaut 381 kW. Calculer le rendement de la chaîne énergétique lorsque le télésiège fonctionne au maximum de ses capacités.

Documents annexes à la partie C

Annexe C1 : schéma de principe d'un télésiège



Annexe C2 : extrait de la notice technique fournie par le constructeur :

	TSF4 La Blanche à Albiez
Longueur de la remontée	1590m
Altitude de la station de départ	1534 m
Altitude de la station d'arrivée	2060 m
Durée d'une montée	11 min 30 s
Nombre de nacelles	145
Capacité d'une nacelle	4
Débit horaire	1600 personnes/h
Distance entre deux nacelles	22 m
Diamètre des poulies	4 m
Motorisation	Courant continu 381 kW sur la station d'arrivée

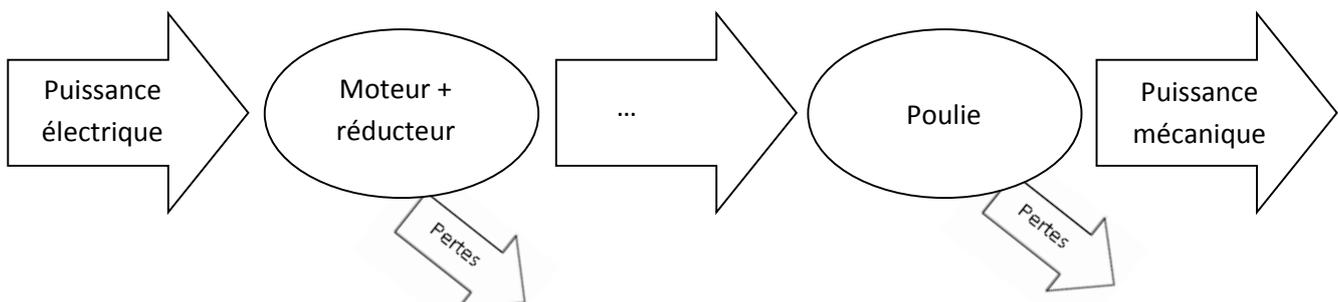
D'après www.remontees-mecaniques.net

Annexe C3 : expression de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur

L'énergie cinétique, notée E_c , d'un solide de masse m , animé d'un mouvement de translation à la vitesse v s'exprime par la relation : $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$.

La variation d'énergie potentielle de pesanteur, notée ΔE_p , d'un solide de masse m dont l'altitude varie d'une hauteur h est donnée par la relation : $\Delta E_p = m \cdot g \cdot h$

Annexe C4 : chaîne énergétique simplifiée du télésiège



Partie D : une descente chronométrée (4 points)

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 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 représentée sur l'annexe D2.

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 kg, m et 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.

Documents annexes à la partie D

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

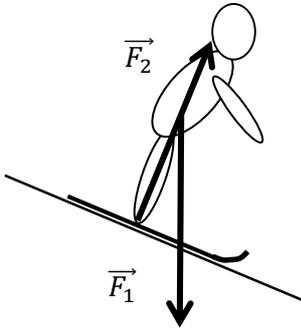


Schéma n°1

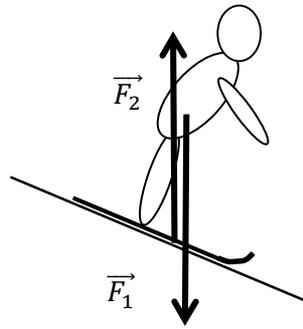


Schéma n°2

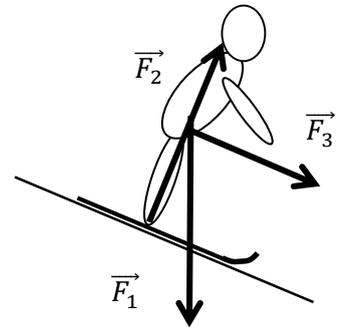


Schéma n°3

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

