

Le fart. Tribologie « ça farte ! » (pb. bac 2013)

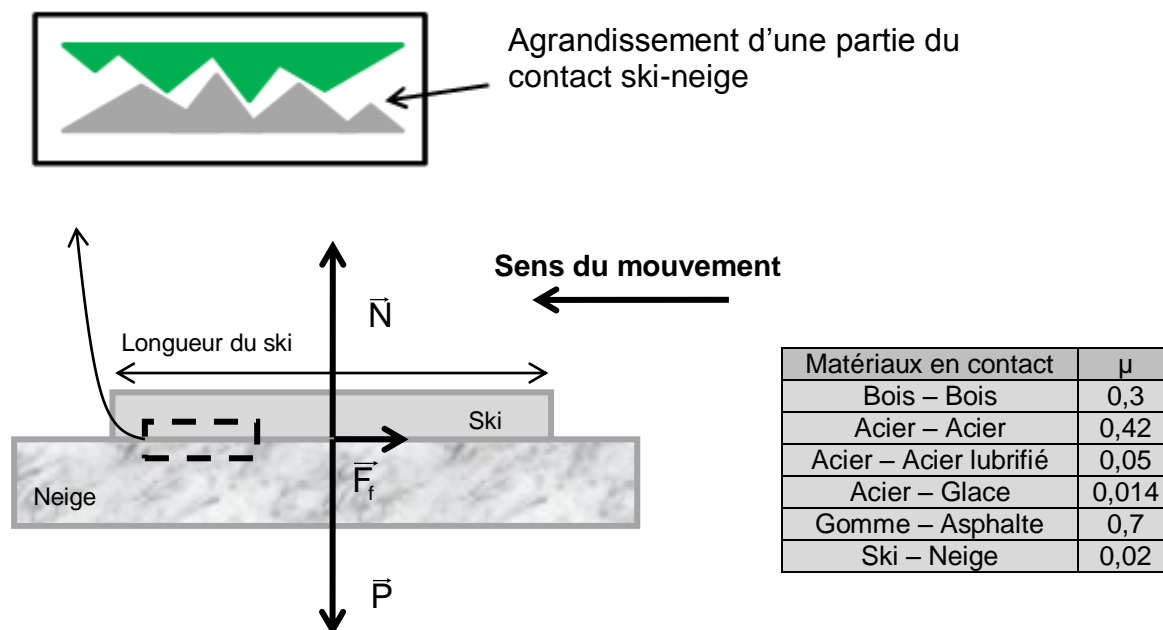
Le **fart** est un revêtement spécifique appliqué sous les skis ou les planches à neige avant usage. Il permet d'améliorer soit le glissement, soit l'adhérence sur la neige et de protéger la semelle (partie en contact avec la neige). [...] La branche de la physico-chimie, nommée tribologie, a contribué à introduire l'art du fartage dans le domaine de la haute technologie.

D'après <http://fr.wikipedia.org/wiki/Fart>

Les documents suivants apportent quelques informations relatives à la technique du fartage.

Document 1

Contact ski-neige



Pour comprendre la fonction du fart, il faut commencer par étudier les phénomènes qui entrent en jeu quand le ski est en contact avec la neige. Lorsqu'un corps glisse sur un plan, il se crée un frottement de glissement. Cette force dépend des aspérités des deux surfaces en contact (figure ci-dessus), mais aussi du type de lien chimique existant entre les atomes des deux surfaces. La force de frottement s'exerce dans le sens opposé à la vitesse du corps. **Son intensité dépend du poids du corps, de l'inclinaison du plan et de la nature des corps en contact.** Cet effet est traduit par un paramètre μ , appelé coefficient de frottement. Il varie en fonction des matériaux (voir tableau « Quelques valeurs de μ ») et de la rugosité de la superficie.

Pendant la durée du glissement, la force de frottement dissipe de l'énergie cinétique en la transformant en chaleur, comme nous le constatons lorsque nous frottons les mains pour se réchauffer. Dans le cas du ski, cet effet a une conséquence très importante : la chaleur fait fondre la neige et une pellicule d'eau s'interpose entre le ski et la neige.

D'après Sportifs high tech Nunzio Lanotte – Sophie Lem Collection Belin : Pour la science

Document 2

Le fart s'interpose entre le ski et la neige et a pour fonction d'optimiser les conditions de l'interface. Pour atteindre cet objectif, on utilise principalement des substances qui appartiennent à deux familles de composés : les hydrocarbures et les fluorocarbures.

[...] Les fluorocarbures sont des substances fortement hydrophobes, ce qui les rend particulièrement intéressantes pour le fartage. [...]

Toutefois les fluorocarbures présentent des inconvénients. Ils peuvent être nocifs pour la santé et pour l'environnement et coûtent très cher. C'est la raison pour laquelle on les associe généralement à de la paraffine ainsi qu'à d'autres hydrocarbures solides à longue chaîne carbonée.

Document 3

Les schémas ci-dessous montrent une représentation modélisant un contact ski-neige.

Lors de la glisse, des gouttes d'eau se forment à l'interface ski-neige. Lorsqu'une goutte s'établit au contact d'un solide, elle adopte une configuration particulière qui traduit les interactions entre le solide et le liquide. L'angle θ , représenté sur les schémas ci-dessous, caractérise ces interactions.

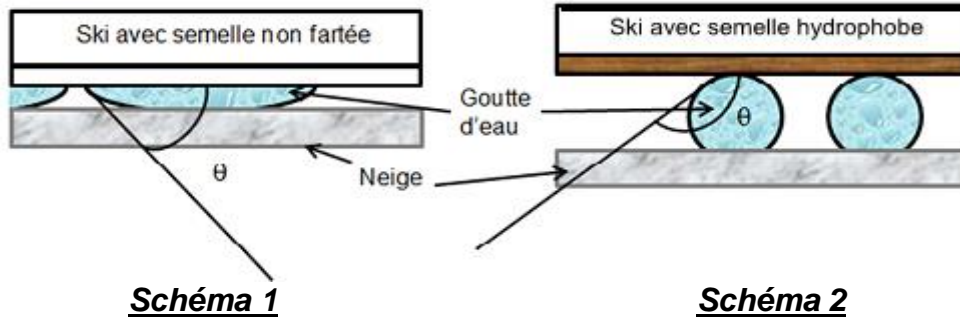


Schéma 1

Schéma 2

1. La figure du **document 1** est schématisée partiellement en **annexe**, mais cette fois le contact ski-neige se fait sur une pente, inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale.

- 1.1. Représenter sur **l'annexe**, à rendre avec la copie, les forces extérieures appliquées au centre d'inertie G du système considéré, en supposant le mouvement rectiligne uniformément accéléré. On apportera un soin particulier à la longueur relative des vecteurs, sans toutefois choisir d'échelle particulière. L'action due à l'air ne sera pas prise en compte.
- 1.2. Rédiger une légende explicative du schéma proposé.
2. Décrire en quelques lignes, les transferts d'énergie mis en jeu dans la situation évoquée à la question 1.
3. Expliquer pourquoi les fluorocarbures sont particulièrement intéressants pour le fartage.
4. Les électronégativités des éléments hydrogène, carbone et fluor sont respectivement 2,1 ; 2,6 et 4,0.
 - 4.1. Les hydrocarbures solides à longue chaîne carbonée utilisés pour le fartage des skis, ont pour formule générale C_nH_{2n+2} (avec $n \geq 18$). En quoi ces hydrocarbures sont-ils également intéressants pour le fartage ?
 - 4.2. Les fluorocarbures sont des polymères de formule semi-développée suivante :

$$F \left[\begin{array}{c} F \\ | \\ -C- \\ | \\ F \end{array} \right]_n F$$
 - 4.2.1. Mettre en évidence le caractère polaire d'une liaison C – F.
 - 4.2.2. Pourquoi, selon vous, les molécules de fluorocarbures sont cependant hydrophobes ?

Annexe Document 1

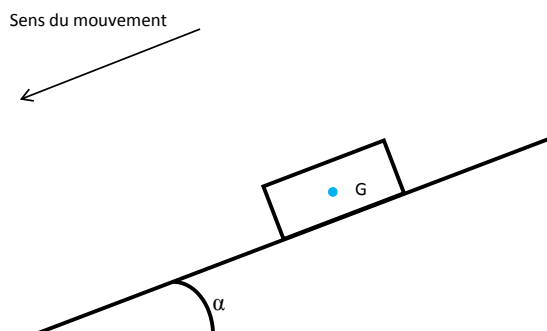
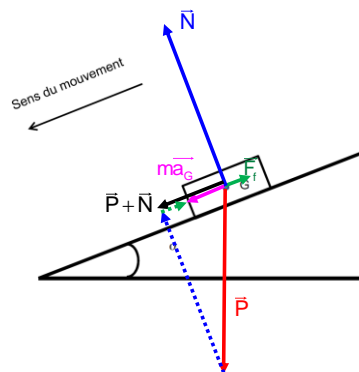


Schéma du contact ski-neige sur une pente, inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale

CORRIGE

1.1. (1 pt) Le système est soumis à :

- son **pooids** \vec{P} : force verticale orientée vers le bas ;
- la **réaction normale** \vec{N} de la piste, force perpendiculaire à la piste.
- la **force de frottement** \vec{F}_f de la neige sur le ski, force parallèle à la piste et de sens opposé au sens du mouvement.



1.2. (1 pt) La deuxième loi de Newton appliquée au système ski, de masse m constante, dans un référentiel terrestre galiléen, donne : $\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_f = m \cdot \vec{a}_G$.

D'après l'énoncé, le mouvement est rectiligne et uniformément accéléré : le vecteur $m \cdot \vec{a}_G$ est donc orienté **parallèlement à la piste** et dans le **sens du mouvement** (en violet sur le schéma). Les vecteurs $m \cdot \vec{a}_G$ et \vec{F}_f sont donc **colinéaires** et de **sens opposé**.

Le vecteur $\vec{P} + \vec{N} = m \cdot \vec{a}_G - \vec{F}_f$ est aussi un vecteur **parallèle au plan incliné** (en noir sur le schéma). Pour qu'il y ait **mouvement vers le bas**, la longueur du vecteur $m \cdot \vec{a}_G$ doit être **plus grande** que celle du vecteur \vec{F}_f . La longueur du vecteur \vec{F}_f est donnée par la relation : $\vec{F}_f = m \cdot \vec{a}_G - (\vec{P} + \vec{N})$.

2. (0,75 pt) Au cours du mouvement, l'altitude du système diminue donc son **énergie potentielle de pesanteur diminue**. L'énergie potentielle de pesanteur est transformée en partie en **énergie cinétique** (la vitesse du système augmente) et en partie en **chaleur** à cause des frottements du système sur la piste.

Le **transfert thermique** sous le ski provoque la fusion de la neige en eau liquide.

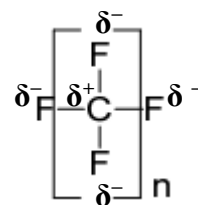
3. (0,75 pt) Les fluorocarbures sont des substances **fortement hydrophobes** (doc.2). Avec une semelle de ski hydrophobe, les gouttes d'eau sous la semelle sont quasiment sphériques (doc .3 schéma 2.) alors qu'elles sont davantage aplaties avec une semelle non fartée (doc.3 schéma 1). La **surface de contact** entre l'eau et une semelle hydrophobe est donc **nettement inférieure** à celle entre l'eau et une semelle non fartée. Les frottements étant **minimisés**, la glisse est favorisée avec une semelle hydrophobe.

4.1. (0,75 pt) Les hydrocarbures à longue chaîne carbonée, comme la paraffine, possèdent des liaisons C – H faiblement polarisées car la différence d'électronégativité entre un atome de carbone et un atome d'hydrogène est faible : $2,6 - 2,1 = 0,5$. La faible polarité des liaisons C – H confère aux hydrocarbures des propriétés hydrophobes intéressantes pour le fartage.

Par ailleurs, le coût des hydrocarbures est moins élevé que celui des fluorocarbures.

4.2.1. (0,5 pt) La différence d'électronégativité entre un atome de fluor et un atome de carbone est grande : $4,0 - 2,6 = 1,4$. Le fluor attire les électrons de la liaison, et devient porteur d'une charge partielle négative, tandis que le carbone devient porteur d'une charge partielle positive. Ainsi les liaisons C – F sont polarisées.

4.2.2. (0,25 pt) La forte polarisation d'une liaison dans une molécule ne suffit pas pour rendre la molécule polaire. En effet, la géométrie de la molécule a une grande importance. Si les centres géométriques des charges partielles positives et négatives sont confondus alors la molécule est apolaire et donc hydrophobe.



Les fluorocarbures sont des molécules polymères qui présentent une symétrie par rapport à la chaîne carbonée. La polarisation d'une liaison C – F d'un côté de la chaîne carbonée, est compensée par la polarisation de la liaison C – F symétrique par rapport à l'axe de la chaîne carbonée. Ainsi, globalement, les fluorocarbures sont des molécules apolaires. Elles sont donc hydrophobes.