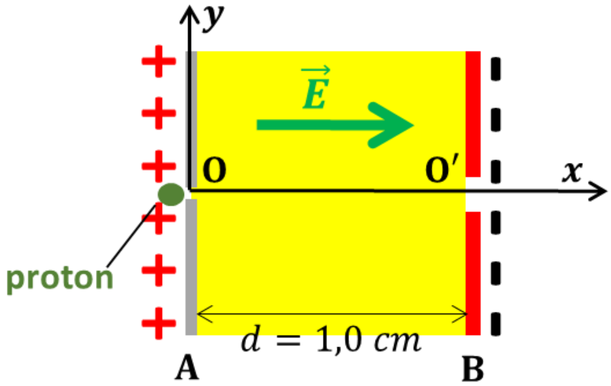
EXERCICES. ASPECTS ÉNERGÉTIQUES EN CHAMP UNIFORME

Exercice 1. Accélération d'un proton dans un condensateur

Un condensateur plan est constitué de deux plaques A et B, distantes de $d = 1{,}0\ cm$, entre lesquelles est appliquée une tension électrique $U_{AB} = V_A - V_B = +10\ kV$ à l'origine d'un champ électrique $\vec{E}$ tel que $E = \frac{|U_{AB}|}{d}$ V_A et V_B sont respectivement les potentiels électriques des plaques A et B. Un proton H^+, de masse $m_p = 1{,}6 \times 10^{-27}\ kg$ et de charge $+e = 1{,}6 \times 10^{-19}\ C$, pénètre au point O situé au centre de la plaque A avec une vitesse nulle. On néglige l'action de la pesanteur devant celle du champ électrique ainsi que tout frottement.



Données :

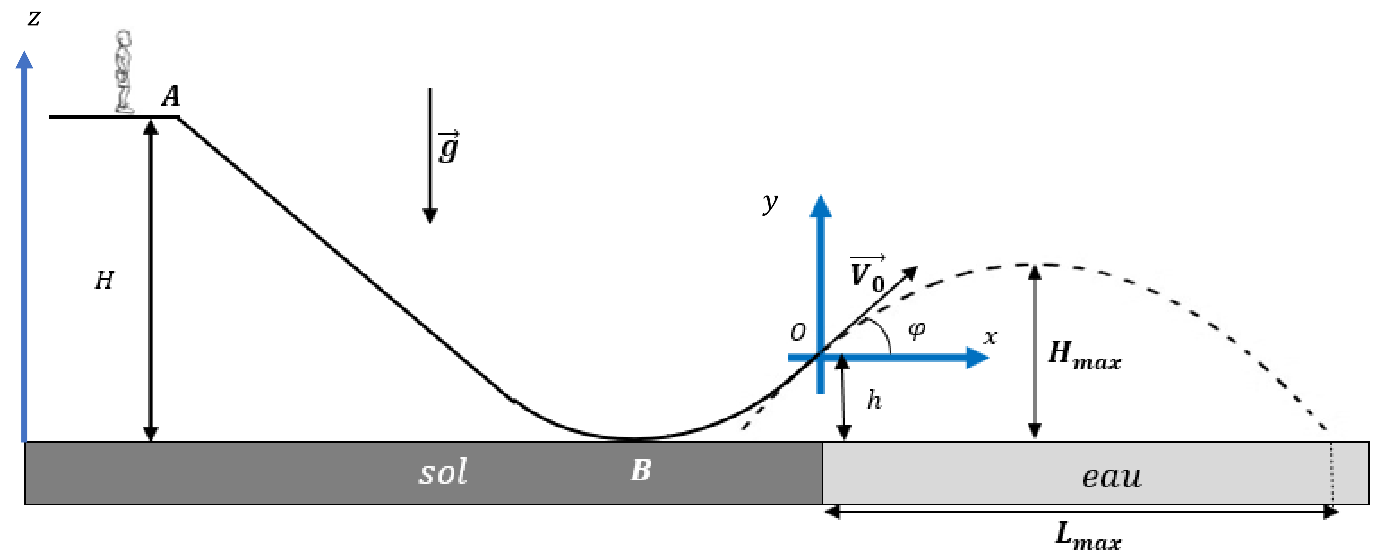
- Une énergie potentielle E_p est toujours associée à une force conservative $\vec{F}_{conservative}$ telle que :
$$\Delta E_p = -W_{A \to B}(\vec{F}_{conservative})$$
- La force électrique subie par une particule chargée dans le champ électrique d'un condensateur plan est conservative

Question :

À l'aide d'une approche énergétique, déterminer la vitesse du proton lorsqu'il atteint le point O'.
À l'aide d'un pourcentage, comparer la valeur trouvée avec celle de la lumière dans le vide.

Exercice 2. Un sport en plein essor

Le *water jump* est une activité en plein essor. Le principe en est simple : un skieur muni d'une combinaison glisse sur un toboggan préalablement mouillé et terminé par un tremplin. Puis, à la sortie de ce dernier, il effectue un saut en chute libre avant de terminer sa course dans un plan d'eau.



Données :

- intensité du champ de pesanteur terrestre : g = 9,81 m.s^{-2}
- masse du skieur et de son équipement : m = 73 kg
- il existe quatre tremplins dont les caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous :

	hauteur $\boldsymbol{H}$	hauteur $\boldsymbol{h}$	angle $\boldsymbol{\varphi}$
Tremplin débutant	H_1 = 3,5 m	h_1 = 0,85 m	φ_1 = 20°
Tremplin médian	H_2 = 7,0 m	h_1 = 0,85 m	φ_1 = 20°
Tremplin averti	H_1 = 3,5 m	h_2 = 1,7 m	φ_2 = 45°
Tremplin expert	H_2 = 7,0 m	h_2 = 1,7 m	φ_2 = 45°

- l'énergie potentielle de pesanteur a pour expression : $E_{pp} = mgz$ avec le point O choisi comme origine de E_{pp}

Les dimensions du skieur étant faibles devant toutes les autres utilisées dans le problème, il est modélisé par un point matériel. Les frottements seront négligés dans toutes les étapes du mouvement. L'étude est effectuée dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Partie 1 : utilisation du tremplin débutant

1. Calculer le travail de chaque force exercée sur le skieur au cours de la descente sur le toboggan (entre le point A et le point O). Préciser l'effet du travail pour chaque force.
2. Justifier que l'énergie mécanique du skieur est conservée entre A et O.
3. À l'aide d'une approche énergétique, calculer la vitesse du skieur en O en $km.h^{-1}$ sachant qu'il quitte le point A sans vitesse initiale.

Partie 2 : étude du mouvement du skieur après avoir quitté le tremplin

4. On déclenche le chronomètre lorsque le skieur est au point O. Écrire les coordonnées du vecteur vitesse initial $\vec{V_0}$.
5. Établir, dans le repère (O, x, y), l'équation de la trajectoire du skieur lorsqu'il a quitté le toboggan. Quelle est sa nature ?

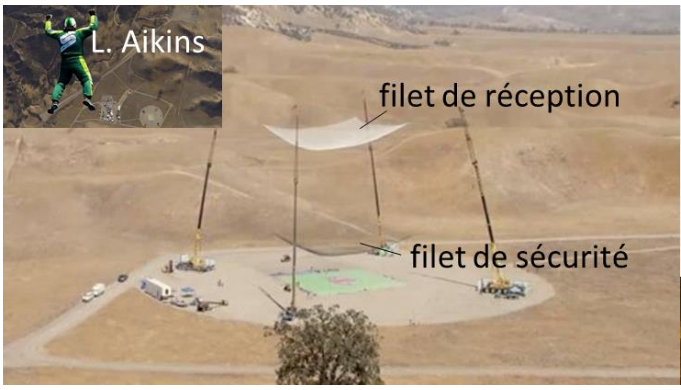
En ski acrobatique (« free style »), il faut effectuer un maximum de figures lors des sauts. Pour ce faire les skieurs doivent sauter le plus haut possible.

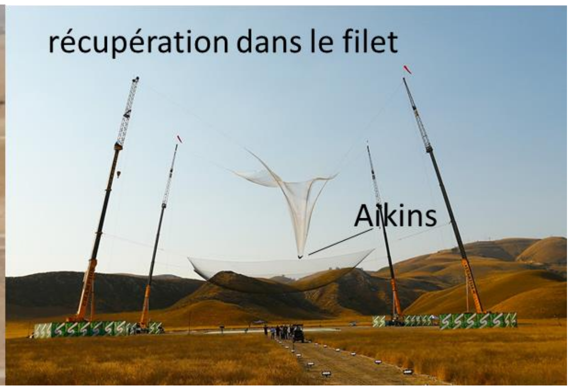
6. Le skieur atteint sa hauteur maximale à l'instant t_{max}. Exprimer t_{max} en fonction de V_0, g, et φ.
7. Montrer que l'ordonnée correspondante, notée y_{max} dans le repère (O, x, y), vaut $y_{max} = \frac{V_0^2 sin^2\varphi}{2g}$.
8. Calculer la hauteur maximale atteinte H_{max} au-dessus du plan d'eau si le skieur utilise le « tremplin averti » sachant que sa vitesse en O vaut $V_0 = 5,9\ m.s^{-1}$.

Exercice 3. Un saut sans parachute !

Le 30 juillet 2016, Luke Aikins a accompli pour la première fois dans l'histoire un saut à partir d'une altitude de 7 620 m sans parachute ni combinaison en forme d'aile pour se diriger ou ralentir son vol. Il est récupéré par un filet de réception à 76 m d'altitude. Sous ce filet de réception se trouve un filet de sécurité dont le point le plus bas est situé 10 m au-dessus du sol. Durant sa chute qui a duré environ deux minutes, il a rapidement atteint une vitesse limite de l'ordre de 200 km/h.

D'après https://fr.wikipedia.org/wiki/Luke_Aikins





Le mouvement de Luke Aikins (de masse $m = 80\ kg$ avec son équipement) en chute verticale est étudié dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen. On choisit un axe vertical (Oz) **orienté vers le bas**, dont l'origine O est la position du parachutiste à la date t = 0 s, date du début du saut. À cet instant, la vitesse du parachutiste dans le référentiel terrestre est nulle. Luke Aikins est assimilé dans la suite à son centre de masse G repéré par la coordonnée $z(t)$.

Donnée : intensité de pesanteur considérée constante pendant tout le saut : $g = 9{,}81\ m.s^{-2}$

Partie 1 : étude dans le modèle de la chute libre

1. Dans ce modèle, montrer que l'équation horaire de position s'écrit $z(t) = \frac{1}{2}gt^2$.
2. Calculer la valeur de la vitesse juste avant l'arrivée dans le filet. Conclure sur la validité du modèle.

Partie 2 : étude dans un modèle avec frottement

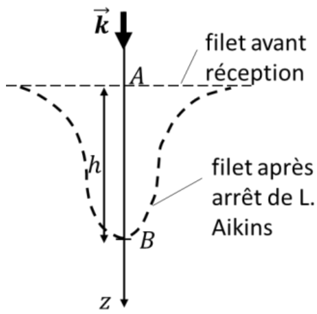
En réalité, L. Aikins est soumis aux frottements de l'air et son mouvement devient rapidement uniforme avec une vitesse constante, appelée vitesse limite notée v_{lim}. Les frottements de l'air peuvent être modélisés par une force $\vec{f}$ de valeur $f = \frac{1}{2}C_X\rho S v^2$ où :

C_X est le coefficient de trainée : C_X= 0,50 ;
ρ la masse volumique de l'air : $\rho = 1{,}0\ kg.m^{-3}$;
S la surface frontale de L. Aikins : $S = 1{,}0\ m^2$

3. Montrer que la vitesse limite est donnée par la formule : $v_{lim} = \sqrt{\frac{2mg}{\rho S C_X}}$.
4. Calculer la valeur de cette vitesse limite, supposée atteinte avant l'arrivée dans le filet. Conclure.

Partie 3 : arrivée dans le filet

On cherche à estimer la valeur de l'accélération $\boldsymbol{a}$ (plutôt une décélération !) d'Aikins lors de sa réception dans le filet. Sur le schéma ci-contre la hauteur d'arrêt est notée h et vaut $20\ m$ environ. Au cours de la phase de réception l'ensemble des forces appliquées à L. Aikins peut être modélisée par une force $\vec{F}$ verticale, orientée vers le haut et supposée constante. On admet que le travail de cette force sur le déplacement (AB) a pour expression : $W_{A\to B}(\vec{F}) = -m \times a \times h$ où a est la valeur constante de l'accélération entre A et B.



5. Calculer l'énergie cinétique de L. Aikins juste avant le contact avec le filet.
6. À l'aide du théorème de l'énergie cinétique, calculer l'accélération a subie par L. Aikins.
7. On considère qu'une personne entrainée peut supporter une accélération égale à 10 fois l'intensité du champ de pesanteur sans se blesser. La décélération de L. Aikins est-elle supportable ?