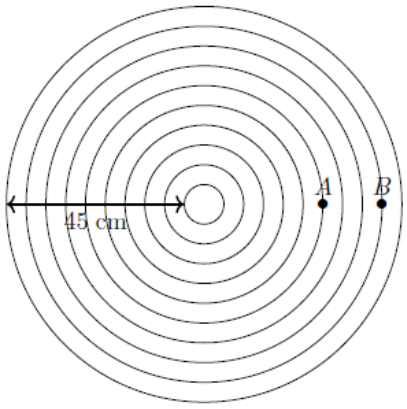
POUR FAIRE LE POINT SUR LE PROGRAMME DE PHYSIQUE DE TERMINALE…

Compétences travaillées :

- Ondes progressives sinusoïdales.
- Mécanique.
- Optique.
- Condensateurs.

Exercice n°1 Onde progressive sinusoïdale à la surface d'un liquide

Une onde périodique circulaire de fréquence $f = 30$ Hz est produite à la surface d'un liquide par une pointe qui vibre de manière sinusoïdale. Les cercles représentent les crêtes, c'est-à-dire les *maxima* de vibration à une date donnée.



Q1. L'onde est-elle transversale ou longitudinale ? Citer d'autres ondes du même type.

Q2. Déterminer le longueur d'onde.

Q3. Déterminer la célérité de l'onde. L'exprimer en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ puis en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

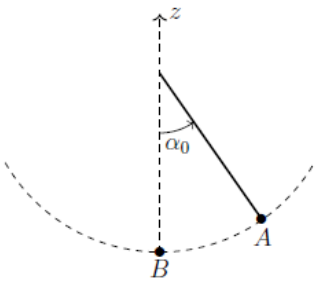
Q4. Déterminer le temps nécessaire τ à l'onde passant en A pour atteindre le point B.

Q5. Représenter le graphe de la hauteur d'eau au point A en fonction du temps.

Exercice n°2 Oscillations d'un pendule

Un pendule simple, de masse m et de longueur ℓ, est lâché sans vitesse initiale, d'un angle $\alpha_0 = 30°$ (point A) avec sa position d'équilibre. On négligera tous les frottements. L'origine des énergies potentielles et des altitudes est prise au point B.

Données : $l = 2$ m, $m = 50$ g, $g = 10$ m $\cdot$ s^{-2}



Q1. Déterminer l'altitude du point A

Q2. Déterminer la valeur de l'énergie mécanique au point A.

Q3. Déterminer la vitesse de la masse au point B.

Q4. Déterminer l'altitude maximale atteinte si la masse avait était lâchée du point A avec une vitesse (orthoradiale) $v_0 = 2$ m $\cdot$ s^{-1}.

Exercice n°3 Saut à ski

Le 10 février 2018, lors des JO d'hiver de PyeongChang, dans des conditions difficiles en raison d'un vent important, l'Allemand Andreas Wellinger a réalisé, sur le tremplin HS109 d'Alpensia, un saut qui lui a permis d'obtenir la médaille d'or.

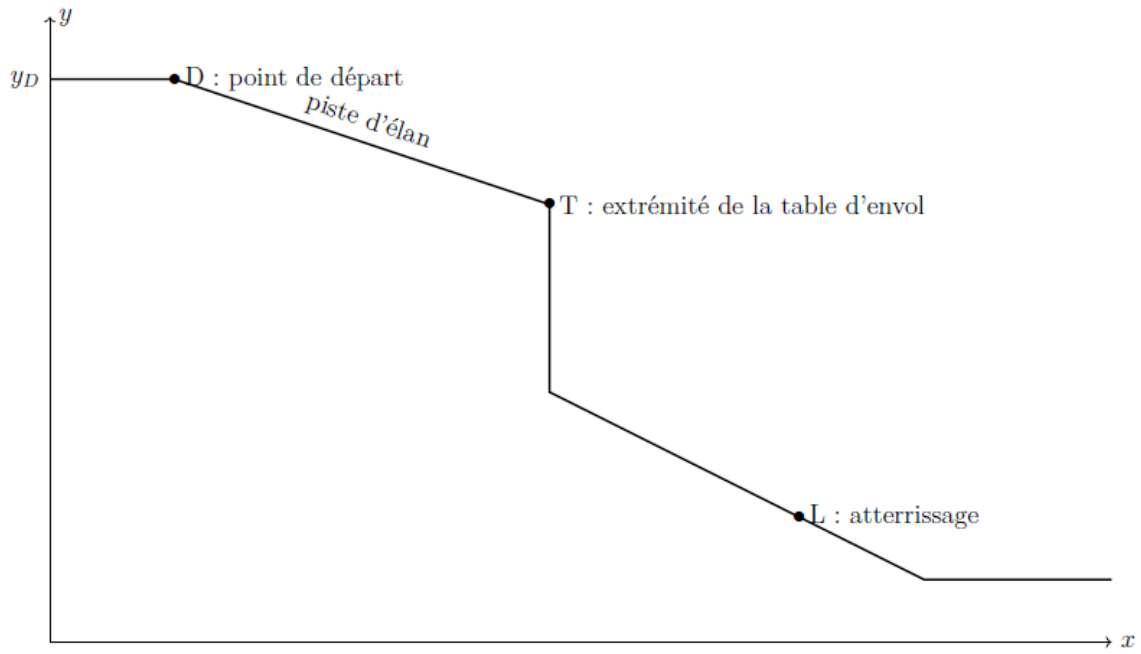
L'exercice consiste à faire l'étude du mouvement d'Andreas Wellinger sur la piste d'élan et lors du saut dans le cadre d'un modèle simplifié et de comparer les résultats obtenus aux mesures réalisées le jour de l'épreuve olympique.

Données :

- accélération de la pesanteur : $g = 9,8$ m $\cdot$ s^{-2} ;
- masse de Andreas Wellinger avec son équipement : $m = 70$ kg ;
- altitude du point de départ D : $y_D = 98$ m ;
- altitude au point d'envol T (bout de la table d'envol) : $y_T = 65$ m ;
- inclinaison de la table d'envol : $\alpha = 11°$;
- vitesse de décollage mesurée : $v_T = 83,3$ km $\cdot$ h^{-1}

Cette étude sera menée dans le référentiel terrestre, le système {skieur + équipement} sera considéré comme un point matériel. On négligera tout type de frottement.

Au départ de l'épreuve, au point D, la vitesse du skieur est nulle. La valeur de l'énergie potentielle de pesanteur est nulle en $y = 0$.



Étude du mouvement du skieur sur la piste d'élan du tremplin

Q1. Faire un bilan des forces qui s'exerce sur le système.
Les représenter sur un schéma.

Q2. Calculer la valeur de E_{mD} l'énergie mécanique du système au point D.

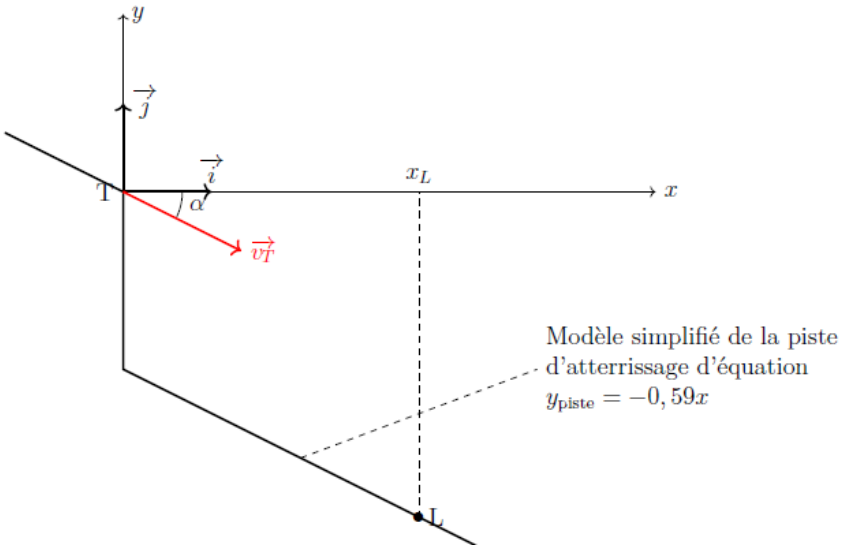
Q3. Exprimer l'énergie mécanique E_{mT} du système au point T en fonction de la masse m du système, de l'accélération g de la pesanteur, de l'altitude y_T du point T et de la vitesse v_T au point T.

Q4. En utilisant une approche énergétique, montrer que l'expression littérale de la valeur v_T de la vitesse du système au bout de la table d'envol est $v_T = \sqrt{2g.(y_D - y_T)}$.
Calculer sa valeur numérique.

Q5. Le résultat obtenu par calcul pour la vitesse de décollage v_T est-il en accord avec la valeur mesurée le jour de l'épreuve ? Commenter.

Mouvement du skieur pendant le vol

Pour cette étude, on utilise le repère orthonormé $(T, \vec{i}, \vec{j})$, T étant le point situé au bout de la table d'envol.
On modélise de manière simplifiée l'allure de la piste d'atterrissage par une droite d'équation $y_{\text{piste}}(x) = -0,59x$.
On notera x_L l'abscisse du point d'atterrissage L.
Dans ce modèle, on ne prend pas en compte l'impulsion exercée par le skieur lors du saut.



Q6. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le système pendant le vol.
Faire un schéma sur lequel vous représentez la(les) force(s).

Q7. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les composantes du vecteur accélération.
Que peut-on dire du vecteur accélération durant le mouvement ?

Q8. Exprimer les composantes du vecteur vitesse initial quand le skieur est en T en fonction de la vitesse v_T et de l'angle α. On fera attention aux signes.

Q9. Déterminer les composantes du vecteur vitesse du système au cours du saut.

Q10. Déterminer les équations horaires du système au cours du saut.

Q11. En déduire l'équation de la trajectoire.

Q12. Représenter la trajectoire.

Q13. En plusieurs points de la trajectoire précédente, représenter le vecteur vitesse et le vecteur accélération.

Réception du skieur

Le jour de l'épreuve olympique, la longueur réelle mesurée lors du saut étudié a été de 113 m. Cette longueur correspond à la longueur TL sachant que le point d'atterrissage L a une abscisse réelle égale à 97 m.

Q14. Le cadre du modèle précédent permet-il de rendre compte de la valeur réelle de l'abscisse du point d'atterrissage ? Commenter.

Exercice n°4 La grande lunette de MEUDON



Jules Janssen (Paris 1824, Meudon 1907) était un astronome français. Il a été à l'origine de la restauration du château de Meudon pour y fonder un observatoire entièrement dédié à l'astrophysique. Dès 1876, il commença à y installer divers instruments d'observation. La « Grande Lunette » y a été mise en service en 1896 sous une coupole de vingt mètres de diamètre. Elle est encore aujourd'hui la plus grande lunette astronomique d'Europe. Le but de cet exercice est de modéliser la « Grande Lunette » puis de calculer l'angle sous lequel on observe l'image d'un cratère de la Lune à travers cette lunette.

Données :

La « Grande Lunette » est constituée de deux lentilles minces convergentes :

- une lentille $\mathscr{L}_1$ de centre optique O_1 de distance focale $f_1' = 16$ m,
- une lentille $\mathscr{L}_2$ de centre optique O_2 de distance focale $f_2' = 4,0$ cm.

Sur le schéma de la page suivante, le modèle de la « Grande Lunette » est représenté sans souci d'échelle.

Q1. En utilisant ce document, nommer la lentille $\mathscr{L}_1$ et la lentille $\mathscr{L}_2$. Justifier les noms attribués.

Q2. Une lunette astronomique est un système optique « afocal ». Donner la définition du terme « afocal ».

Q3. Sur le document ci-dessous, indiquer la position des foyers objet F_2 et image F_2' de la lentille $\mathscr{L}_2$ sans souci d'échelle.

La lunette astronomique représentée sur le document réponse à rendre avec la copie est utilisée pour observer un point objet B situé « à l'infini » qui émet un faisceau lumineux parallèle vers la lunette. Le faisceau pénètre dans la lunette en s'appuyant sur les bords de la lentille $\mathscr{L}_1$.
La lentille $\mathscr{L}_1$ donne de ce point B une image appelée image intermédiaire notée B_1.

Q4. Sur le schéma fourni, tracer le trajet du rayon lumineux issu de B pénétrant dans la lunette par le centre optique O_1 de la lentille $\mathscr{L}_1$ et émergeant de la lentille $\mathscr{L}_2$. Noter la position de B_1 image intermédiaire de B.

Q5. Représenter le faisceau émergent issu de l'objet B traversant la lunette en poursuivant les trajets des rayons lumineux s'appuyant sur les bords de la lentille $\mathscr{L}_1$ jusqu'à leur sortie de la lunette par $\mathscr{L}_2$ sur le schéma fourni.

Q6. Le point objet B est vu à l'œil nu sous l'angle θ appelé diamètre apparent de l'objet. Représenter l'angle θ' sous lequel l'image définitive est vue à travers la lunette sur le schéma fourni.

Le grossissement de la lunette est donné par l'expression :

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

Les angles θ' et θ sont petits et exprimés en radian, on peut donc considérer que $\tan(\theta) \approx \theta$ et que $\tan(\theta') \approx \theta'$.

Q7. Retrouver, par des considérations géométriques, l'expression du grossissement G en fonction des distances focales f'_1 et f'_2.

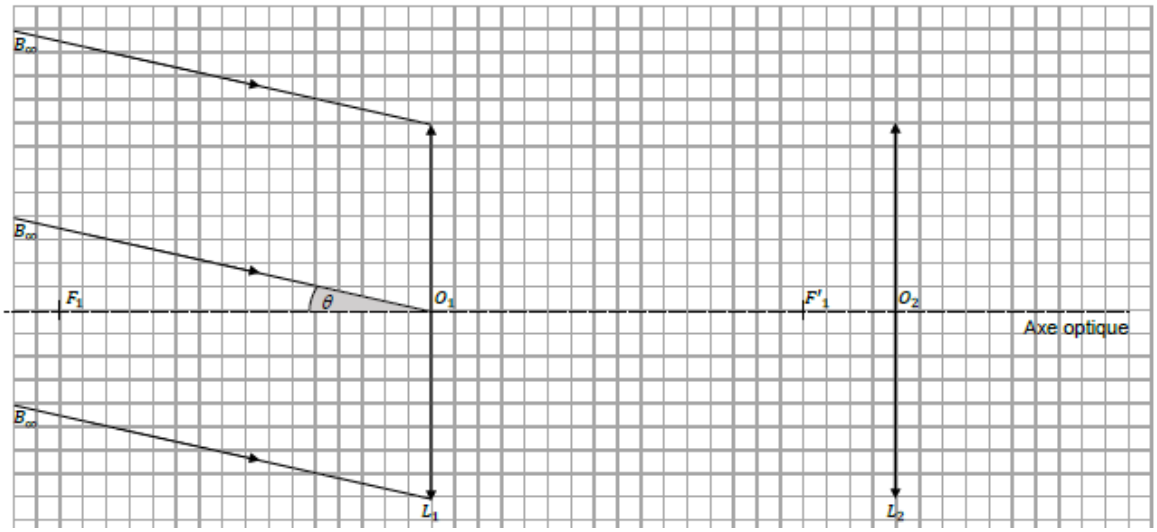
Q8. Calculer le grossissement G_{GL} de la « Grande Lunette » de Meudon.

Depuis le sol terrestre, un cratère de la Lune nommé Albategnius peut être aperçu sous un angle θ de valeur égale à $1'$.

Donnée : Un degré est subdivisé en 60 minutes d'arc dont la notation est $60'$.

Q9. Calculer, en degrés, la valeur de l'angle θ' sous lequel l'image du cratère Albategnius est observé à travers la « Grande Lunette » de Meudon.

Questions 3, 4, 5 et 6



Exercice n°5 Les supercondensateurs

Un supracondensateur permet de stocker et de restituer rapidement de l'énergie électrique. Dans certains transports en commun, un supercondensateur est utilisé pour emmagasiner un maximum d'énergie électrique en quelques secondes lors des phases de freinage.

Si des condensateurs classiques étaient utilisés à la place des supercondensateurs, il faudrait des *armatures de très grandes surfaces* et *très rapprochées*, séparées par un excellent diélectrique.

Cet exercice a pour objectifs :

— de comparer qualitativement un supercondensateur avec un condensateur usuel ;

— d'étudier le comportement d'un supercondensateur lors de sa charge afin de déterminer expérimentalement la valeur de la capacité et de la comparer à celle fournie par le fabricant.

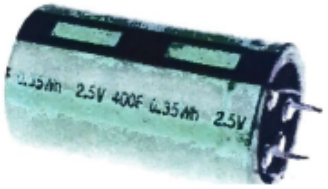
Données constructeur sur le supercondensateur étudié :

— dimensions : 35 mm × 60 mm

— capacité : 400 F

— tension maximale : 2,5 V

— énergie maximale : 0,35 Wh



Q1. Comparer la valeur de la capacité du supercondensateur étudié aux valeurs usuelles des capacités des condensateurs utilisées au lycée ou en électronique.

La valeur de la capacité C d'un condensateur plan peut être déterminée à l'aide de la relation :

$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

où :

— S est la surface en regard des deux armatures,

— d est l'écartement entre les deux armatures,

— ε est une constante caractéristique du matériau isolant placé entre les deux armatures.

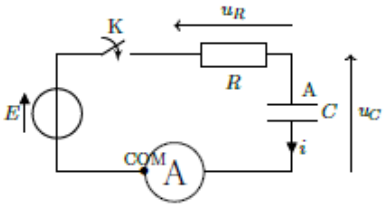
Q2. Justifier qualitativement les parties en italique et soulignées du texte de présentation des supercondensateurs.

Étude du modèle du circuit RC série

On souhaite déterminer la valeur de la capacité du supercondensateur en utilisant un cycle de charge dans un circuit RC. Pour cela, on étudie dans un premier temps le comportement d'un modèle de circuit RC série.

On considère le circuit électrique schématisé ci-dessous composé d'une source idéale de tension E, d'un interrupteur K, d'un conducteur ohmique de résistance R, du supercondensateur de capacité C et d'un ampèremètre de résistance interne négligeable (la tension aux bornes de l'ampèremètre est considérée comme nulle).

Le supercondensateur est initialement déchargé. À l'instant $t = 0$ s, on ferme l'interrupteur.



Q3. Donner la relation entre l'intensité $i(t)$ du courant électrique et la dérivée de la charge $q(t)$ portée par l'armature A du supercondensateur, puis la relation entre l'intensité $i(t)$, la capacité C et la dérivée de la tension électrique $u_c(t)$ aux bornes du condensateur.

Q4. Montrer que l'équation différentielle dont la tension électrique $u_C(t)$ aux bornes du condensateur est une solution est de la forme :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau} u_C(t) = \frac{E}{\tau}$$

Exprimer la constante de temps τ en fonction de R et de C.

Q5. Vérifier que les solutions de cette équation différentielle sont de la forme :

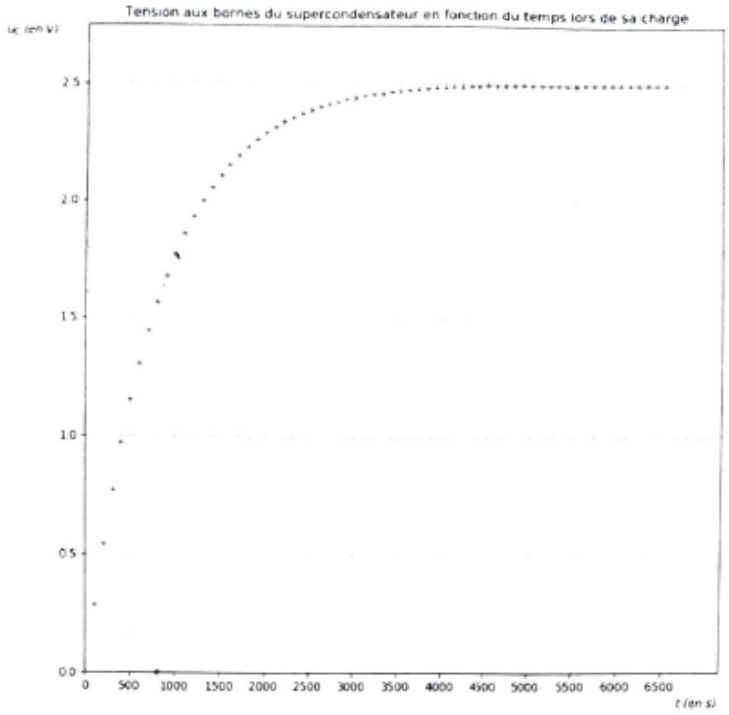
$$u_C(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + E$$

Déterminer l'expression de A pour la situation étudiée.

Étude expérimentale et détermination de la valeur de la capacité

On réalise le montage précédent avec une source idéale de tension de valeur $E = 2,5$ V et un conducteur ohmique de résistance $R = 2,0\ \Omega$.

À l'aide d'une carte d'acquisition, on réalise le suivi temporel de la tension aux bornes du supercondensateur durant sa charge.



Q6. Déterminer la valeur C_1 de la capacité du supercondensateur en explicitant la démarche suivie.

À l'aide d'un microcontrôleur et d'un programme en python, on peut reproduire l'expérience un grand nombre de fois pour affiner la détermination du temps caractéristique du dipôle RC réalisé avec ce même supercondensateur. Ce programme permet d'obtenir le temps caractéristique du dipôle RC en déterminant la date pour laquelle le condensateur est chargé à 63 %.

Après 10 exécutions successives du programme, on obtient, pour le temps caractéristique du dipôle RC, la série de valeurs suivantes exprimées en ms :

811614	818076	810301	810495	818526	812067	811327	813109	817838	819474

La moyenne $\overline{\tau_2}$ de série de mesures est $\overline{\tau_2} = 814,2827$ s.

La calculatrice donne 1,175 s pour le calcul de l'incertitude-type.

Q7. Écrire de manière appropriée le résultat de la mesure du temps caractéristique avec son incertitude-type.

On estime que l'incertitude-type de la résistance du conducteur ohmique est $u(R) = 0,1\ \Omega$.

L'incertitude-type sur la valeur de la capacité C_2 du supercondensateur se déduit des mesures de la résistance et du temps caractéristique moyen par la relation :

$$u(C_2) = C_2\sqrt{\left(\frac{u(R)}{R}\right)^2 + \left(\frac{u(\overline{\tau_2})}{\overline{\tau_2}}\right)^2}$$

Q8. Déterminer la valeur de la capacité C_2 du supercondensateur ainsi que son incertitude-type.

Q9. Comparer la valeur de la capacité C_2 mesurée expérimentalement avec la valeur de référence C_{ref} donnée par le constructeur en utilisant le quotient $\dfrac{|C_2 - C_{\text{ref}}|}{u(C_2)}$. Conclure.

Exercice n°6 Hauteur immergée d'un glaçon.

Q1. Déterminer la proportion du glaçon immergée dans l'eau liquide (on suppose qu'il est de section constante).

Q2. On enfonce le glaçon au fond d'un verre d'eau de hauteur $h = 10$ cm. Déterminer le temps que met ce glaçon à atteindre la surface.

Données :

— Expression de la poussée d'Archimède exercée par le liquide : $\overrightarrow{F_A} = -\rho_\ell \times V_i \overrightarrow{g}$, avec V_i le volume de la partie immergée du glaçon.

— Masse volumique de l'eau liquide : $\rho_\ell = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

— Masse volumique de la glace : $\rho_g = 910 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$