



**IPhO**  
Estonia 2012

Sciences à l'École



## Epreuve écrite de sélection IPHO 2012

**Durée de l'épreuve : 4 heures**

**Les calculatrices sont autorisées.**

*L'épreuve comporte un QCM, trois exercices et deux problèmes. Il est conseillé aux candidats d'accorder à chacune de ces parties un temps équivalent : 1 heure pour le QCM, une heure pour les exercices et une heure pour chacun des problèmes.*

*La présence de schémas est encouragée.*

***IMPORTANT : Chaque feuille devra comporter le nom, le prénom et le lycée du candidat. Tout oubli pourra entraîner l'absence de correction de la feuille concernée.***

Nom :  
Prénom :

Établissement :

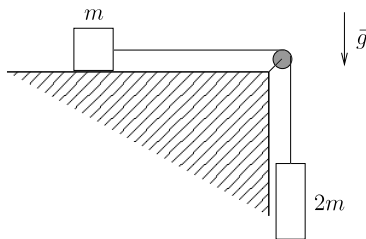
ÉPREUVE ÉCRITE DE SÉLECTION – IPhO 2012 – QUESTIONNAIRE À CHOIX  
MULTIPLES

Pour chaque question, les candidats entoureront la réponse de leur choix. Il n'y a qu'une réponse correcte par question.

**Q1.** Un photon d'énergie  $E$  dans le vide entre dans un milieu d'indice  $n$ . Son énergie est alors :

- (a)  $\frac{E}{n}$ . (c)  $nE$ .  
(b)  $(n - 1)E$ . (d)  $E$ .

**Q2.** On considère deux blocs de masse  $m$  et  $2m$  reliés par un fil inextensible de masse négligeable et passant sur une poulie idéale, de sorte que le bloc de masse  $m$  est astreint à un mouvement sur un plan horizontal tandis que le bloc de masse  $2m$  se déplace verticalement dans l'air. On néglige tout frottement. Que vaut la norme de la force subie par le bloc de masse  $m$  ?



- (a)  $2mg/3$  (c)  $3mg/2$   
(b)  $mg$  (d)  $2mg$

**Q3.** On compare la diffraction de photons à celle d'électrons dans des conditions expérimentales de largeur de la fente et de distance à l'écran identiques. Pour que les figures de diffraction soient identiques, il faut que les électrons et les photons :

- (a) aient même énergie. (c) aient même vitesse.  
(b) aient même impulsion. (d) soient émis dans des faisceaux de même largeur.

**Q4.** On place de jeunes plantes sur un plateau tournant autour d'un axe vertical et on laisse les plantes pousser sur le plateau tournant. L'éclairement est supposé isotrope.

- (a) Les tiges poussent à la verticale. (c) Les tiges poussent en s'éloignant de l'axe de rotation.  
(b) Les tiges poussent en direction de l'axe de rotation. (d) Les plantes ne savent plus où donner de la tête.

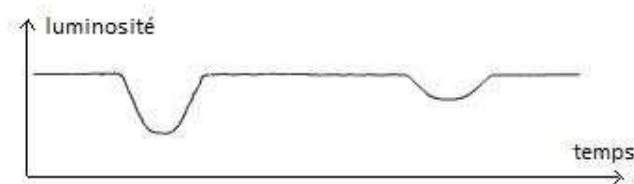
Nom :  
Prénom :

Établissement :

**Q5.** On veut mesurer la vitesse et la position d'une particule quantique isolée dans une boîte le plus précisément possible. Pour ce faire, il faut :

- (a) attendre un temps suffisamment long entre les deux mesures.
- (b) construire un système identique et mesurer chaque grandeur sur un système différent.
- (c) Il est impossible d'avoir une connaissance précise des deux grandeurs à la fois.
- (d) procéder aux deux mesures qui donneront sans problème des résultats précis.

**Q6.** On donne ci-dessous l'allure de la courbe de luminosité apparente d'une étoile binaire à éclipse : sa luminosité apparente (proportionnelle à la puissance totale rayonnée par le système) est variable à cause des éclipses totales ou partielles produites par le passage de l'une des étoiles devant l'autre. Les étoiles sont supposées sphériques, en orbite circulaire l'une par rapport à l'autre et la direction d'observation appartient au plan de cette orbite.

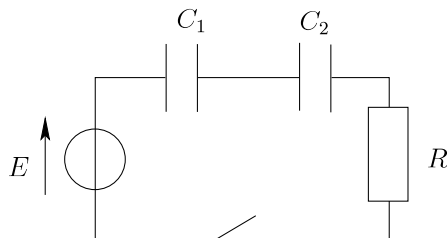


- (a) Le minimum absolu de la courbe correspond au passage de l'étoile la plus grande devant la plus petite.
- (b) Le minimum absolu de la courbe correspond au passage de l'étoile la plus froide devant la plus chaude.
- (c) Le minimum absolu de la courbe correspond au passage de l'étoile la plus massive devant la moins massive.
- (d) On ne peut pas conclure.

**Q7.** En supposant que le processus de transformation a un rendement de 1, c'est-à-dire qu'il s'effectue sans perte, combien de feuilles de papier peut-on approximativement produire à partir d'un platane de ville ?

- (a)  $10^4$
- (b)  $10^6$
- (c)  $10^8$
- (d)  $10^{10}$

**Q8.** On considère le circuit ci-dessous avec deux condensateurs initialement déchargés de capacité  $C_1$  et  $C_2 > C_1$ . A l'instant  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur. On compare à l'instant  $t$  les énergies électrostatiques  $\mathcal{E}_1$  et  $\mathcal{E}_2$  stockées au niveau des condensateurs 1 et 2.



- (a)  $\mathcal{E}_1$  est supérieure à  $\mathcal{E}_2$ .
- (b)  $\mathcal{E}_2$  est supérieure à  $\mathcal{E}_1$ .
- (c) Il y a équipartition de l'énergie entre les deux condensateurs.
- (d) La comparaison entre  $\mathcal{E}_1$  et  $\mathcal{E}_2$  dépend de la date  $t$ .

Nom :  
Prénom :

Établissement :

- Q9.** On joue une note en faisant vibrer une corde d'une guitare. La fréquence de la note serait plus élevée :
- (a) si l'amplitude la vibration était plus grande.      (c) si la longueur de la corde était plus grande.  
(b) si la tension de la corde était plus grande.      (d) si le diamètre de la corde était plus grand.
- Q10.** Pour un observateur immobile, deux vaisseaux spatiaux évoluant aux vitesses  $\vec{v}_1 = -\vec{v}_2 = 0,75c\vec{u}_x$  s'envoient simultanément des signaux lumineux après s'être croisés. Dans le référentiel du vaisseau 1 :
- (a) le vaisseau 1 ne recevra jamais le signal en provenance du vaisseau 2.      (c) le vaisseau 1 et le vaisseau 2 reçoivent les signaux simultanément.  
(b) le vaisseau 2 reçoit le signal en provenance du vaisseau 1 avant que le vaisseau 1 ait reçu le signal en provenance du vaisseau 2.      (d) le vaisseau 2 reçoit le signal en provenance du vaisseau 1 après que le vaisseau 1 a reçu le signal en provenance du vaisseau 2.
- Q11.** On enregistre avec un photomultiplicateur la figure de diffraction obtenue avec une fente rectiligne de largeur variable, éclairée par un laser. On diminue la largeur de la fente.
- (a) Tous les pics d'intensité (= maxima relatifs d'intensité) augmentent.      (c) Le pic central diminue mais les pics secondaires augmentent.  
(b) Tous les pics d'intensité diminuent.      (d) Les pics d'intensité ne sont pas affectés.
- Q12.** On veut séparer un noyau atomique  $A, Z$ , de masse  $M(A, Z)$ , en ses nucléons. Si  $m_p$  et  $m_n$  sont respectivement les masses du proton et du neutron, l'énergie minimale à fournir est alors :
- (a)  $M(A, Z)c^2$ .      (c)  $((A - Z)m_n + Zm_p - M(A, Z))c^2$ .  
(b)  $((A - Z)m_n + Zm_p)c^2$ .      (d) 0.
- Q13.** La photo ci-dessous représente une figure de diffraction à l'infini avec un chiffre très finement découpé dans l'écran diffractant.



De quel chiffre peut-il s'agir ?

- a) 1      b) 3      c) 5      d) 8

Nom :

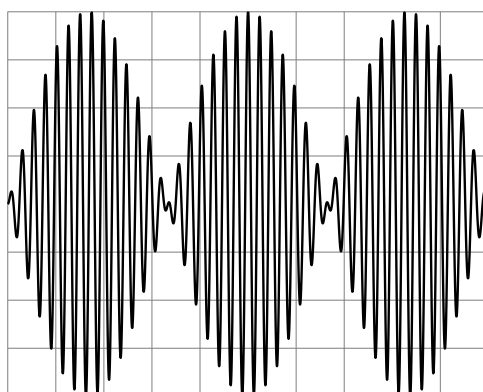
Établissement :

Prénom :

**Q14.** Si on multiplie la température d'un corps noir par 2, la puissance qu'il rayonne est multipliée par :

- (a) 2 (c) 8  
(b) 4 (d) 16

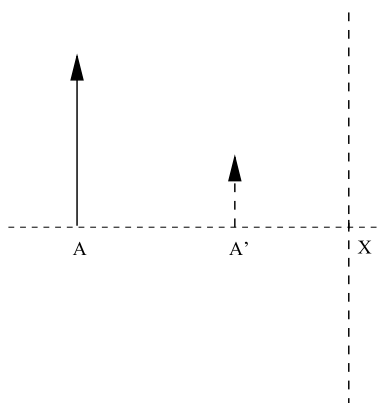
**Q15.** On utilise deux émetteurs d'ultrasons, l'un à la fréquence  $f_1$ , l'autre à la fréquence  $f_2$  légèrement supérieure à  $f_1$ . Un récepteur placé à mi-distance des émetteurs est relié à un oscilloscope réglé avec la sensibilité  $100\mu\text{s}/\text{div}$  :



Quelles sont les fréquences  $f_1$  et  $f_2$  ?

- (a) 20 kHz et 23 kHz (c) 40 kHz et 43 kHz  
(b) 20 kHz et 26 kHz (d) 40 kHz et 46 kHz

**Q16.** L'objet placé en A donne une image droite située en A' par un système optique centré, placé en X.



- (a) Il peut s'agir d'un miroir concave (= convergent). (c) Il peut s'agir d'une lentille mince convergente.  
(b) Il peut s'agir d'un miroir convexe (= divergent). (d) Il peut s'agir d'une lentille mince divergente.

Nom :  
Prénom :

Établissement :

**Q17.** Juste avant d'exploser, la couleur d'une bulle de savon est :

- (a) transparente. (c) grise.  
(b) d'une couleur dépendant de la taille de la bulle. (d) d'une couleur dépendant de son indice de réfraction.

**Q18.** Une particule se déplaçant à vitesse  $v$  vers un détecteur met un temps  $t$  à l'atteindre dans le référentiel du laboratoire. Dans son référentiel propre, le temps mis à atteindre le détecteur est (on rappelle  $\beta = v/c$  et  $\gamma = 1/\sqrt{1 - \beta^2}$ ) :

- (a)  $\beta t$ . (c)  $t/\gamma$ .  
(b)  $\gamma t$ . (d)  $t/\beta$ .

**Q19.** La loi de Jurin donne la hauteur  $h$  à laquelle un liquide de masse volumique  $\rho$  monte dans un tube capillaire de rayon  $r$  :

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{r\rho g},$$

avec  $\theta$  l'angle de raccordement entre le liquide et la paroi du tube,  $g$  l'intensité de la pesanteur et  $\gamma$  le coefficient de tension superficielle.

Quelle est l'unité de  $\gamma$  ?

- (a)  $\text{kg.m}^2.\text{s}^{-2}$  (c)  $\text{kg.s}^{-2}$   
(b)  $\text{kg.m.s}^{-2}$  (d)  $\text{m}^2.\text{s}^{-2}$

**Q20.** L'unique électron d'un atome hydrogénoïde redescend entre niveaux d'énergie consécutifs vers le niveau fondamental. Les photons émis successivement ont une fréquence :

- (a) de plus en plus grande. (c) qui ne varie pas.  
(b) de plus en plus petite. (d) qui varie de manière non monotone.

NOM :  
Etablissement :

Prénom :

### Exercice 1 : Poudre de Lycopode

Un faisceau laser élargi de longueur d'onde  $\lambda \approx 0,65 \mu\text{m}$  arrive sous incidence normale sur une plaque de verre sur laquelle on a déposé aléatoirement des grains de dimension  $a$  obtenus en broyant un champignon séché, le lycopode. On observe dans le plan focal image d'une lentille de focale  $f' = 1 \text{ m}$  un disque lumineux de rayon  $\rho = 10 \text{ cm}$ , entouré d'une alternance d'anneaux brillants et sombres.

1. Interpréter ce qui est observé dans le plan focal image de la lentille.

2. Justifier pourquoi la présence de  $N$  grains dans le faisceau, tant que  $N$  n'est pas trop élevé, ne fait globalement que multiplier l'éclairement observé par  $N$ .

3. Si on reprend l'expérience en lumière blanche, on observe toujours un disque lumineux entouré d'une alternance d'anneaux brillants et sombres. Le disque est blanc, bordé de rouge. Interpréter qualitativement.

NOM :

Prénom :

Etablissement :

### Exercice 2 : Pour explorer l'infiniment petit...

L'exploration de l'ordre atomique dans une phase condensée peut se faire à l'aide du phénomène de diffraction de neutrons sur les obstacles que constituent les noyaux atomiques au sein du matériau.

A partir d'un ordre de grandeur des distances entre atomes dans un solide, que vous donnerez, estimez la température que doivent avoir les neutrons d'exploration, en supposant qu'ils se comportent comme les particules d'un gaz parfait monoatomique. On rappelle que l'énergie cinétique moyenne d'une particule du gaz (au sens que lui donne la mécanique classique) est égale à  $(3/2)k_B T$  où  $T$  est la température absolue du gaz.

On prendra comme masse d'un neutron :  $m_n \approx 1,7 \cdot 10^{-27}$  kg,  
et pour la constante de Boltzmann :  $k_B \approx 1,4 \cdot 10^{-23}$  J.K<sup>-1</sup>.



NOM :

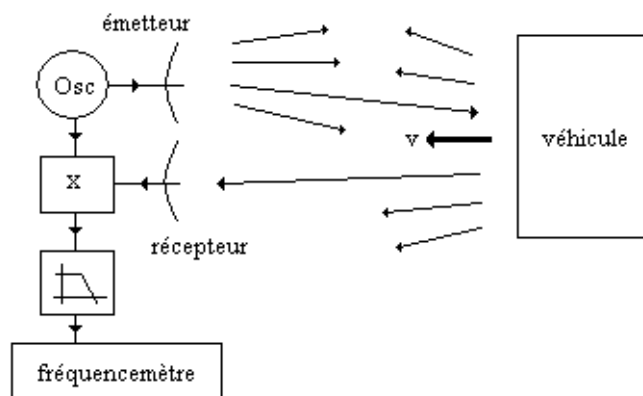
Prénom :

Etablissement :

### Exercice 3 : Cinémomètre

Un cinémomètre (appellation légale du radar routier) est un couple émetteur-récepteur d'ondes électromagnétiques. Un oscillateur (Osc) crée un signal sinusoïdal de fréquence  $\nu_e$  envoyé sur une antenne qui émet des ondes électromagnétiques à la même fréquence et sur l'entrée d'un multiplieur de tensions. Les ondes viennent frapper les parties métalliques de la carrosserie du véhicule qui avance vers le radar à la vitesse  $v$  et une partie des ondes réfléchies à la fréquence  $\nu_d$  par ce dernier est recueillie par l'antenne réceptrice du cinémomètre. Le signal reçu à la fréquence  $\nu_r$  est envoyé sous la forme d'une tension sinusoïdale de même fréquence à la seconde entrée du multiplieur.

Un filtre passe-bas de fréquence de coupure égale à 400 Hz filtre la tension issue de la multiplication ; un fréquencemètre affiche la fréquence de la tension issue du filtrage.



1. Quel est l'effet exploité par le cinémomètre ?

2. Quelles relations existent entre  $\nu_e$  et  $\nu_d$  d'une part et entre  $\nu_d$  et  $\nu_r$  d'autre part ?

3. Quel est l'origine physique de l'onde réfléchie par le véhicule ?

NOM :

Prénom :

Etablissement :

4. Quelles sont les fréquences présentes dans le signal issu du multiplieur ?

5. Quelle doit être la valeur de la fréquence  $\nu_e$  pour que la fréquence donnée par le fréquencemètre ait la même valeur numérique que la vitesse du véhicule exprimée en km/h, afin que soit épargnée au gendarme une problématique conversion ?

On rappelle que la vitesse de la lumière dans le vide  $c \approx 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

NOM :

PRENOM :

LYCEE :

## 1 Problème 1 : L'avion solaire autonome (durée 1h)

Nous souhaitons dans ce problème aborder quelques aspects de la conception d'un avion solaire autonome. Les ailes d'un tel avion sont recouvertes de panneaux solaires qui fournissent aux moteurs l'énergie nécessaire pour le faire voler. Pour un vol autonome, sans jamais avoir à se poser, il faut ajouter des batteries. Pendant la journée, l'énergie solaire reçue permet de faire voler l'avion mais aussi de charger les batteries pour le vol de nuit. Sauf mention contraire, nous considérerons que l'avion vole horizontalement.

Nous étudierons deux prototypes assez différents, mais conçus tous les deux pour pouvoir voler indéfiniment :

- celui du projet *Solar Impulse*, destiné à faire voler un humain (sur Terre),
- celui du projet *Sky Sailor*, destiné à voler dans l'atmosphère de Mars.

Nom du projet	<i>Solar Impulse</i>	<i>Sky Sailor</i>
Masse totale $M$ de l'avion avec batteries (kg)	1600	2,6
Masse des batteries (kg)	400	1,05
Envergure (m)	61	3,2
Surface $S$ des ailes (totalement recouvertes de panneaux solaires) (m <sup>2</sup> )	200	0,80
Coefficient de traînée ("drag") $C_D$	0,012	0,013
Coefficient de portance ("lift") $C_L$	0,60	0,80
Nombre de moteurs	4	1
Puissance maximale par moteur (W)	6000	100



FIGURE 1: Photographies du *Solar Impulse* (à gauche) et du *Sky Sailor* (à droite).

### 1.1 Lien entre puissance et masse de l'avion

Dans un premier temps, nous nous intéressons uniquement au vol de jour.

- La sustentation de l'avion est assurée par une force aérodynamique : la portance  $\vec{L}$ , liée à l'écoulement de l'air autour des ailes. Cette force est perpendiculaire à la vitesse  $\vec{V}$  de l'avion (vitesse de l'avion par rapport à l'air qui l'entoure). Sa norme est donnée par l'expression :

$$L = \|\vec{L}\| = \frac{1}{2}\rho S C_L V^2$$

avec  $\rho$  la masse volumique de l'air,  $S$  la surface des ailes, et  $C_L$  le coefficient de portance.

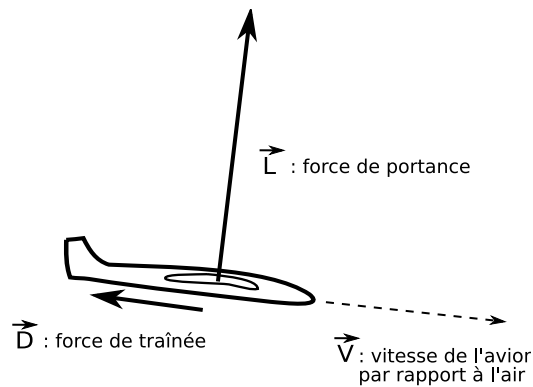


FIGURE 2: Forces aérodynamiques s'exerçant sur l'avion

- L'écoulement d'air s'accompagne d'une force de frottement : la traînée  $\vec{D}$ . Elle est parallèle à la vitesse  $\vec{V}$  de l'avion, mais de sens opposé. Son expression est très proche de celle de la portance :

$$D = \|\vec{D}\| = \frac{1}{2}\rho S C_D V^2$$

avec  $C_D$  le coefficient de traînée.

Outre ces forces d'origine aérodynamique, l'avion est soumis à :

- son poids  $\vec{P}$ ,
- la force de traction  $\vec{T}$  exercée par les moteurs et hélices.

1- L'avion vole horizontalement, à vitesse constante. Faire un schéma des forces qui s'exercent sur lui. Trouver deux relations entre  $D$ ,  $L$ ,  $T = \|\vec{T}\|$ , et  $P = \|\vec{P}\|$ .

2- La puissance motrice est la puissance nécessaire pour faire avancer l'avion dans l'atmosphère. Montrer qu'elle peut s'exprimer de la façon suivante :

$$\mathcal{P} = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{2g^3}{\rho C_L}} \frac{M^{\frac{3}{2}}}{S^{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

où  $f = C_L/C_D$  est la "finesse" de l'avion.

On s'intéressera notamment à la vitesse de l'avion quand celui-ci doit voler horizontalement.

3- Est-il plus facile de faire voler un avion à haute, ou à basse altitude? Sur Terre, ou sur Mars?

Planète	Terre	Mars
accélération de la pesanteur $g$ , au niveau du sol ( $\text{m}^2/\text{s}$ )	9,8	3,7
masse volumique de l'atmosphère $\rho$ , au niveau du sol ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	1,2	0,015

4- Calculer numériquement la puissance nécessaire pour faire voler le *Solar Impulse* sur Terre, et le *Sky Sailor* sur Mars, pour un vol à basse altitude.

## 1.2 Lien entre puissance et surface des ailes

La puissance surfacique du rayonnement solaire, reçue sur Terre au niveau du sol, est tracée figure 3 au cours d'une journée.

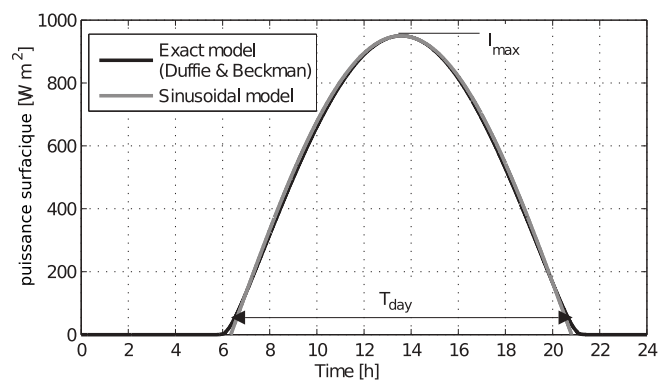


FIGURE 3: Puissance surfacique du rayonnement solaire en fonction du temps, au cours d'une journée terrestre du mois de Mai.  $T_{\text{day}}$  représente la durée où il fait jour à la latitude considérée, ici celle de Lausanne.

5- A partir de ces données, déterminer la moyenne sur une journée terrestre de la puissance surfacique

du rayonnement solaire. En fait, à cause de la forme incurvée de l'aile, la puissance surfacique moyenne réellement disponible est de  $250 \text{ Wm}^{-2}$ .

**6-** Par un raisonnement dimensionnel, justifier que la puissance motrice  $\mathcal{P}$  est proportionnelle à la taille caractéristique de l'avion à la puissance  $7/2$ , tandis que la puissance solaire totale disponible est proportionnelle à cette taille à la puissance 2. Quelle contrainte cela impose-t-il à la taille de l'avion ?

**7-** Pour le projet *Solar Impulse*, quelle doit être la valeur du rendement global des panneaux solaires et de la propulsion, pour permettre le vol à basse altitude ?

**8-** Avec un rendement plus faible, aurait-il fallu prévoir un avion plus grand ou plus petit ?

---

### 1.3 De l'énergie en grains

Quelques caractéristiques des cellules solaires qui équipent le "Solar Impulse"<sup>1</sup> sont rassemblées dans le tableau ci-dessous pour une puissance de rayonnement solaire de  $1,0 \text{ kW/m}^2$ .

Surface	Tension nominale de fonctionnement	Courant produit
$2,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$	0,50 V	7,64 A

9- Estimer le nombre de photons qui arrivent par seconde sur une telle cellule photovoltaïque. (on attend ici un ordre de grandeur, la figure 4 sert pour la question suivante) Si tous ces photons sont convertis en électrons, quel courant électrique est produit? Comparer aux données du constructeur des cellules photovoltaïques.

Données :  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ eV}$  et  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  (constante de Planck).

Dans un semi-conducteur, si l'énergie d'un photon incident est supérieure à une énergie limite  $E_G$ , appelée "Gap", ce photon peut être absorbé. Sinon, il n'est pas absorbé.

10- Pour les cellules en silicium qui équipent le "solar impulse",  $E_G = 1,1 \text{ eV}$ . A quelle longueur d'onde cela correspond-il? Vu le spectre de la lumière solaire, tracé ci-dessous, proposer une nouvelle évaluation, plus précise, du courant que peut produire une telle cellule photovoltaïque.

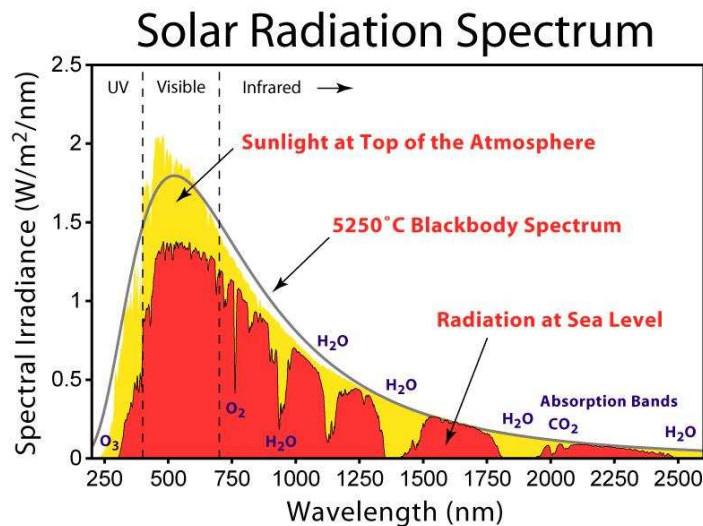


FIGURE 4: Spectre du rayonnement solaire, à la surface de la Terre.

1. Cellules Photovoltch STD 156-3820.

**11-** Calculer la valeur du rendement énergétique réel de ces cellules solaires. Comparer à celui trouvé à la question 8.

#### **1.4 Vol de nuit**

La capacité de stockage des batteries est de 0,1 kWh par kg de batterie. On rappelle qu'un watt-heure, noté Wh, est l'énergie correspondant à une puissance de 1W fournie pendant 1h (soit 3600 J).

**12-** Supposons pour commencer que l'avion se déplace horizontalement. Déterminer la durée maximale du vol de nuit.

**13-** Tant qu'il fait jour, l'avion prend de l'altitude; celle-ci passe de 3,0 km à 10,5 km. Pourquoi? Evaluer l'énergie ainsi stockée. Quelle durée supplémentaire de vol de nuit est gagnée de cette manière, si cette énergie est récupérée en totalité?

---



**14-** Lorsque les moteurs sont coupés, la trajectoire de l'avion n'est plus horizontale, et il perd de l'altitude. La vitesse  $\vec{V}$  de l'avion est supposée constante pendant ce vol plané. Relier la distance  $\mathcal{L}$  parcourue par l'avion *dans le plan horizontal* à sa perte d'altitude  $h$ . Le résultat fait intervenir la finesse  $f = C_L/C_D$  de l'avion.

**15-** Comparer l'énergie potentielle de pesanteur ainsi perdue avec l'énergie qu'auraient du fournir les moteurs pour parcourir la même distance  $L$ , à altitude constante. Ce résultat dépend-t-il de l'altitude à laquelle a lieu de le vol, ou du fait que  $\rho$  varie avec l'altitude?

**16-** Vaut-il mieux faire voler l'avion à basse ou à haute altitude? On s'intéressera notamment dans cette question au temps de parcours.

**17-** Pour ce problème pratique de vol autonome, comment définir le rendement d'un mode de stockage d'énergie? Pour le stockage sous forme gravitationnelle, est-il exactement de 1?

---

18- Comparer brièvement les avantages et limites des stockages gravitationnels et par batteries.

---

## 2 Problème n°2 : Amortir les chocs (durée 1h)

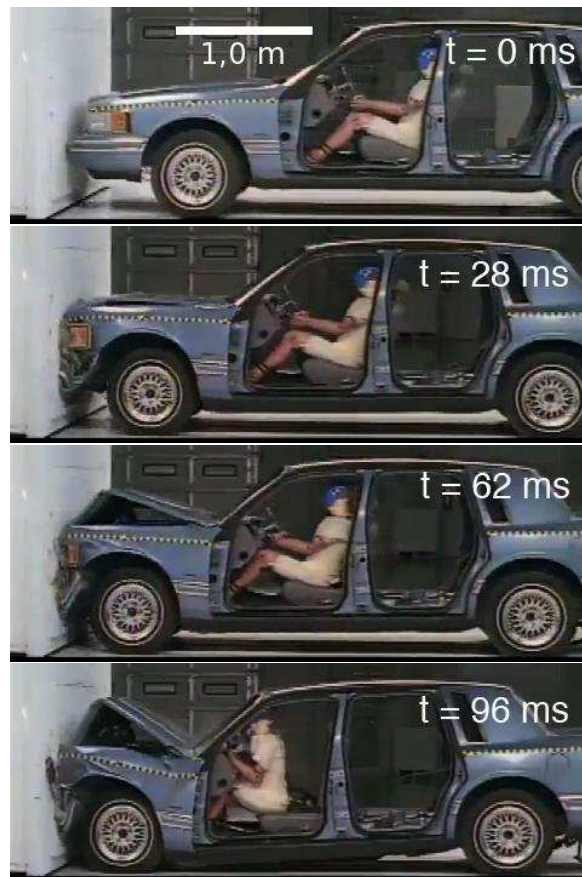


FIGURE 5: Choc d'une voiture sur un mur. La vitesse initiale de la voiture est de 56 km/h. Document produit par : Insurance Institute for Highway Safety.

Une personne entraînée n'a pas de risque de se blesser si la décélération qu'elle subie est inférieure à dix fois l'accélération de la pesanteur ( $10g$ ).

Pour éviter que la ceinture de sécurité ne soit cause de blessures, l'association Euro NCAP<sup>2</sup> recommande que la force exercée par la ceinture sur l'individu ne dépasse pas 16000 N.

**Question préliminaire :** Un cascadeur saute du quatrième étage d'un immeuble. Quelle doit être l'épaisseur du matelas qui le reçoit pour amortir sa chute afin qu'il ne soit pas blessé ?

Pour répondre à cette question vous évalueriez notamment l'accélération du conducteur, les forces qu'il subit et la distance qu'il parcourt dans des situations bien choisies (voiture rigide ou non, avec ou sans ceinture). Vous exploiterez au mieux les informations que vous pouvez obtenir avec les images ci-jointes.

---

2. European New Car Assessment Program

---

**Question : Pourquoi les voitures ont-elle une carrosserie déformable ? Pour un conducteur équipé d'une ceinture, à partir de quelle vitesse un choc frontal est-il fatal ? Des réponses quantitatives sont attendues.**

Pour répondre à chaque question, il vous appartient de modéliser la situation physique, puis de la mettre en équation en utilisant à bon escient les lois physiques que vous connaissez. Un soin particulier sera porté à la définition du référentiel choisi pour décrire le mouvement. Pour déterminer des valeurs numériques finales, vous serez peut-être amenés à estimer la valeur de grandeurs physiques qui ne sont pas données dans l'énoncé. Pour finir, un regard critique sur l'approche choisie et le résultat obtenu seront appréciés.

Plusieurs approches complémentaires sont possibles. Ne pas hésiter à faire preuve d'initiative.

Les indications suivantes visent à vous éclairer sur les critères d'évaluation. Nous attendons par exemple de votre part que :

- vous représentiez par un ou plusieurs schémas ou graphiques, la situation étudiée. Cette étape facilite la description du phénomène et permet souvent de mettre en lumière le mécanisme principal.
  - vous identifiez les grandeurs physiques jouant un rôle important,
  - vous choisissiez et précisiez les notations utilisées, en attribuant un nom à chaque grandeur physique introduite,
  - vous définissiez précisément le ou les systèmes considérés, et les lois physiques que vous appliquez pour mettre le problème en équations,
  - les calculs soient menés analytiquement avec pour objectif final d'obtenir une valeur numérique,
  - vous explicitiez les hypothèses de votre modélisation, et commentiez éventuellement l'importance de phénomènes que vous auriez choisi de négliger.
-



