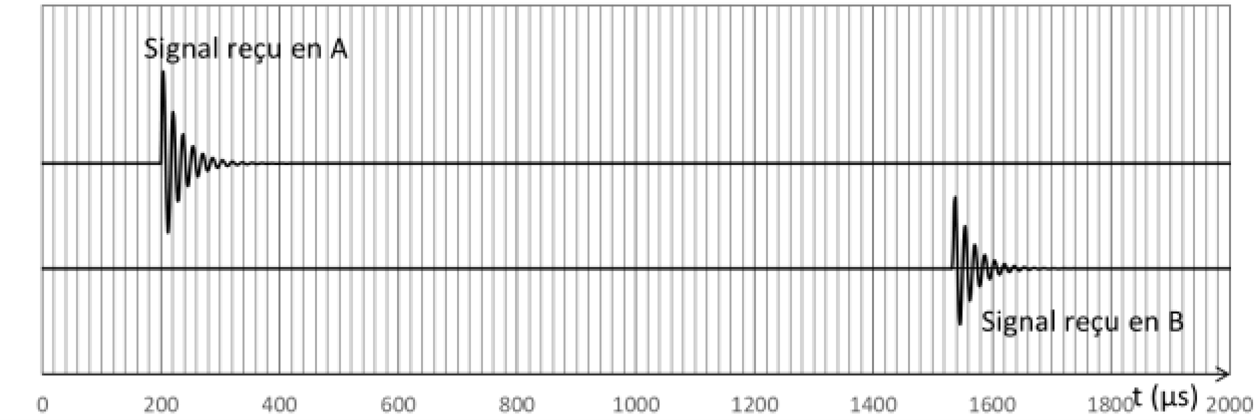
I. Mesure de la célérité des sons et ultrasons

1. On enregistre grâce à une interface reliée à un ordinateur les signaux détectés par deux récepteurs positionnés en face d'un émetteur de salves ultrasonores. Les signaux sont séparés d'une distance $d = 4{,}4 \times\ 10^{-1} m$ l'un de l'autre. Déterminer la célérité des ultrasons v.



2. On réalise maintenant le montage suivant : deux micros sont disposés le long d'une règle en face d'un haut-parleur qui émet un son continu. On observe à l'aide d'un ordinateur les signaux captés par chaque micros.
   On positionne initialement les deux micros au niveau du zéro de la règle ; les signaux observés à l'ordinateur sont en phase. On recule un des deux micros le long de la règle jusqu'à ce que les deux courbes soient à nouveau en phase. On lit alors la distance d sur la règle.

2.1. Les ondes sonores sont-elles transversales ou longitudinales ? Quelle est la dimension de ces ondes ?

2.2. Pour une fréquence f_3 = 1500 Hz mesurée au fréquencemètre, on mesure d = 22 cm. En déduire la célérité v_3 du son.

2.3. Comment pourrait-on améliorer la précision de la mesure de la distance d ?

II. L'enregistrement au studio d'un groupe de musique

Un groupe de musique composé d'un chanteur, de deux guitaristes, d'un violoniste, d'un bassiste et d'un batteur se prépare à un enregistrement en studio.
Lors de la « balance » (moment préalable à un enregistrement ou à un concert), l'ingénieur du son réalise séparément pour chaque instrument des enregistrements à l'aide de micros reliés à un système informatisé.
La tension électrique notée U_{AM} en mV, détectée au niveau de l'interface informatique, est proportionnelle à la pression acoustique du son ou encore à l'intensité sonore. Cette tension en fonction du temps est représentée au bas de l'exercice.
Remarque : compte tenu de l'imprécision des graphiques, une certaine incertitude sera acceptée pour les résultats. Une différence de un à deux hertz ne doit pas être comptabilisée comme un écart significatif lors d'une comparaison de fréquences par exemple.

1. L'enregistrement informatisé d'une note jouée par l'une des guitares du groupe est représenté par le document 1.

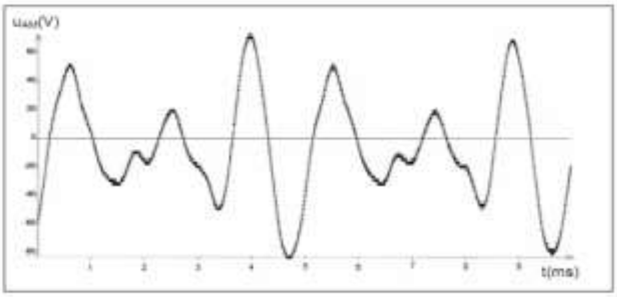
1.1. Le son joué par la guitare comporte-t-il des harmoniques ? Justifier.

1.2. A partir du document 1, déterminer la période de la note jouée par la guitare. En déduire sa fréquence.

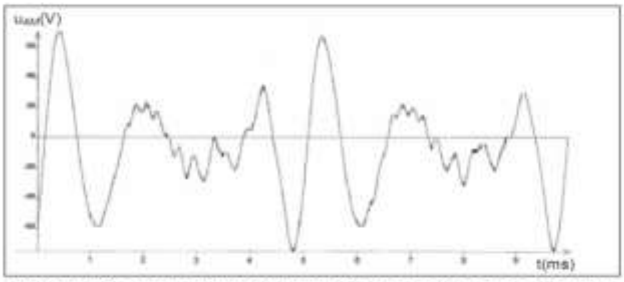
1.3. Un son de basse a été enregistré dans les mêmes conditions que celui de la guitare.
Sans aucun calcul, le son émis par la guitare (document 1) et celui émis par la basse (document 2) ont-ils approximativement la même hauteur ? Justifier.

1.4. A quoi reconnaît-on sur les documents que ces deux instruments n'ont pas le même timbre ?

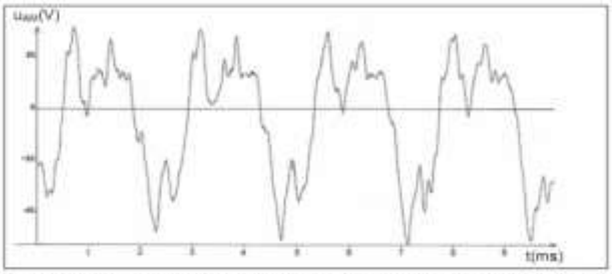
1.5. La note émise par le violon (document 3) est-elle plus ou moins aiguë que celle émise par la guitare ? Justifier.



Document 1 : enregistrement numérique d'un son de la guitare.



Document 2 : enregistrement numérique d'un son de la basse.

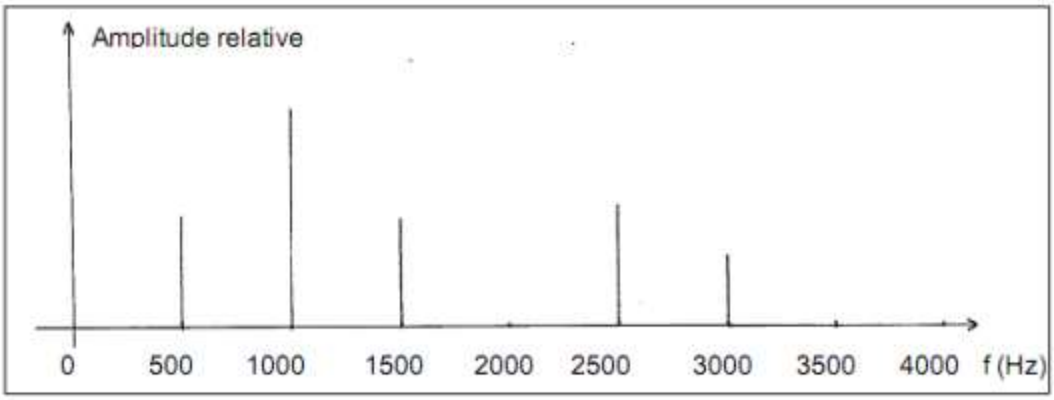


Document 3 : enregistrement numérique d'un son du violon

2. Analyse et synthèse des sons

2.1. On a mesuré la fréquence f_1 d'une note émise par le violon : $f_1 = 220$ Hz.
Parmi les fréquences suivantes, indiquer les fréquences qui correspondent à des « harmoniques » de la note émise par le violon : $f_2 = 110$Hz ; $f_3 = 330$Hz ; $f_4 = 440$Hz ; $f_6 = 660$ Hz

2.2. L'analyse spectrale d'une autre note émise par le violon donne le spectre du document 4 ci-dessous. Quelle est la fréquence du fondamental ? Quelles sont les fréquences des harmoniques présentes dans ce spectre ?



Document 4 : spectres de fréquences d'un son de violon.

3. Niveau sonore des instruments

On rappelle que le niveau sonore L est lié à l'intensité sonore 1 par la relation : $L = 10 \times \log(I/I_0)$ avec $I_0 = 1,0 \times 10^{-12}$ W.m^{-2}. A quoi correspond l'intensité I_0 ?

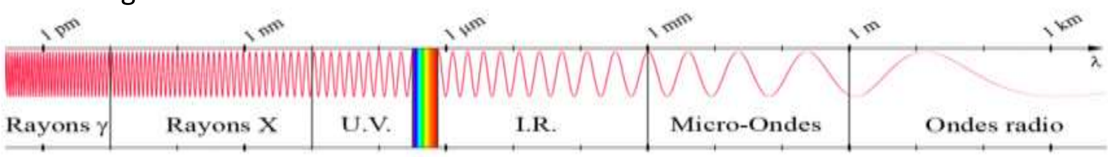
La première guitare joue un premier thème. On enregistre son niveau sonore moyen L_G qui est de 60 dB. La deuxième guitare se joint à la première pour jouer à l'unisson (c'est à dire strictement le même enchaînement de notes) avec le même niveau sonore (60 dB).

Quel niveau sonore moyen noté L_{2G} mesure-t-on lors de la prise de son lorsque les deux guitares jouent simultanément, sachant que l'intensité sonore totale est la somme des intensités sonores des deux instruments ?

III. Vélocimétrie et sécurité routière

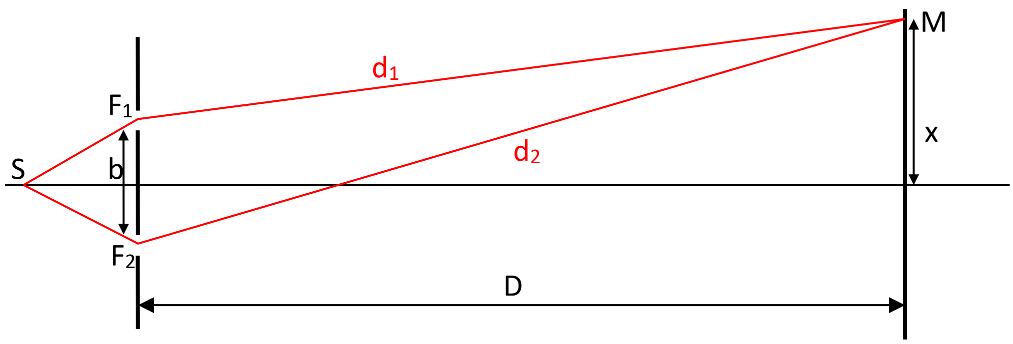
La police et la gendarmerie peuvent utiliser des radars portatifs pour réaliser des contrôles de vitesse des véhicules. Le radar est alors pointé dans la direction de la voiture.
Le manuel du radar portatif indique que celui-ci envoie des ondes électromagnétiques haute fréquence ($3{,}47\times10^{10}$ Hz) et mesure la différence de fréquence entre l'onde émise et l'onde réfléchie sur un objet en mouvement.

1. Identifier le domaine des ondes électromagnétiques émises par ce radar portatif. Justifier par un calcul.
2. Nommer le phénomène à l'origine de la différence de fréquence entre les ondes émise et reçue par le radar portatif.
3. Le radar portatif est positionné face à la voiture. La fréquence de l'onde reçue est-elle inférieure ou supérieure à celle de l'onde émise ? Justifier.
4. Dans les mêmes conditions de mesure que pour la question 1.3, le décalage Δf entre la fréquence $f_{\text{émise}}$ de l'onde émise et la fréquence $f_{\text{reçue}}$ de l'onde reçue vérifie la relation
   $|\Delta f| = |f_{reçue} - f_{émise}| = \frac{2v_0 \cdot f_{émise}}{c}$ Le décalage $|\Delta f|$ mesuré par le radar portatif est 4,86 kHz.
   En déduire la valeur de la vitesse de la voiture. Vérifier l'accord avec l'indication de l'écran du radar portatif de la figure.



IV. Les fentes d'Young :

On s'intéresse au dispositif des fentes d'Young. Les fentes F_1 et F_2 sont séparées d'une distance b. Chaque fente a une largeur a =70 µm. Elles sont éclairées par une source monochromatique rouge de longueur d'onde dans le vide λ =650 nm.



Sur un écran à la distance $D = 1{,}20\ m$ des fentes on observe la figure d'interférences suivantes :

On compte 7 franges brillantes à l'intérieur de la tache centrale brillante.

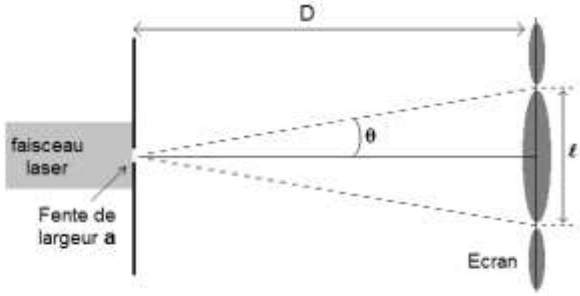
On rappelle la différence de marche en M entre les deux rayons dessinés : $\delta = d_2 - d_1 = \frac{b \cdot x}{D}$

1. Rappeler la condition sur la différence de marche δ des deux rayons pour observer une frange brillante.
2. Etablir l'expression de l'interfrange i (distance entre deux franges brillantes consécutives).

3. A partir de la figure d'interférence ci-dessus obtenue sur l'écran, montrer que b ≈ 0,25 mm
4. Quelle est la nature de la frange observée au point d'abscisse x =18,7 mm ?
5. Le montage restant le même que précédemment, on change de source monochromatique, on passe d'un laser rouge à un laser vert. Indiquer, en justifiant, si les grandeurs suivantes sont plus grandes, plus petites ou identiques.
   - L'interfrange
   - La largeur de la figure d'interférence

V. La mesure de la longueur d'onde d'un LASER

Diffraction de lumière
Le faisceau LASER éclaire une fente de largeur a (voir le schéma ci-contre). Sur un écran placé à la distance D = 1,50 m de la fente, on observe une figure de diffraction constituée de taches lumineuses.
En modifiant la largeur a de la fente, on mesure la largeur ℓ de la tache centrale observée. Les résultats expérimentaux permettent de tracer la courbe ℓ = *f*(1/a) donnée sur la figure 1 page **Erreur ! Signet non défini.**.



1. A quelle condition le phénomène de diffraction est-il observé ?
2. On rappelle l'expression de l'écart angulaire : $\theta = \frac{\lambda}{a}$.
   En supposant l'angle θ petit ($\tan\theta \approx \theta$), établir l'expression de ℓ en fonction de λ, D et a.
3. A partir de la courbe $\ell = f\left(\frac{1}{a}\right)$ donnée sur la figure 1, déterminer la valeur de la longueur d'onde λ en m puis en nm.

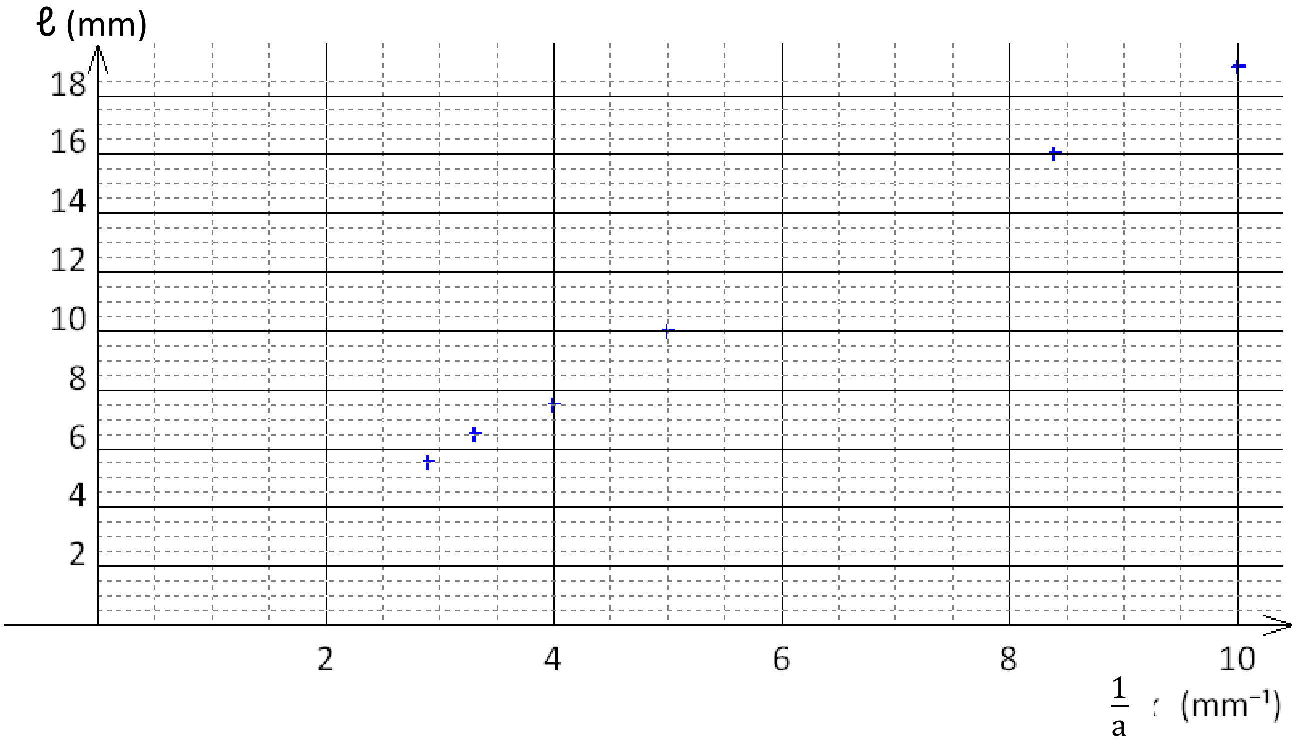


Figure 1 - Courbe ℓ = f($\frac{1}{a}$)

VI. Décollage de la fusée Ariane

D'après Encyclopedia Universalis (1998) :
(Certains renseignements et données sont nécessaires à la résolution du sujet).

Le premier lanceur Ariane est une fusée à trois étages dont la hauteur totale est de 47,4 m et qui pèse, avec sa charge utile (satellite), 208 tonnes au décollage.
Le premier étage qui fonctionne pendant 145 secondes est équipé de 4 moteurs Viking V alimentés par du peroxyde d'azote N_2O_4 (masse de peroxyde emportée : 147,5 tonnes).
L'intensité de la force de poussée totale $\vec{F}$ de ces 4 réacteurs est constante pendant leur fonctionnement: elle vaut F = 2445 kN.
Ce lanceur peut mettre en orbite circulaire basse de 200 km d'altitude un satellite de 4850 kg; il peut également placer sur une orbite géostationnaire un satellite de 965kg; il peut aussi être utilisé pour placer en orbite héliosynchrone des satellites très utiles pour des applications météorologiques.

Le champ de pesanteur $\vec{g}$ est supposé uniforme : son intensité est $g_0 = 9,8$ m.s $^{-2}$.
On choisit un axe Oz vertical dirigé vers le haut.
On étudie le mouvement de la fusée dans le référentiel terrestre qu'on suppose galiléen.

1. Représenter clairement, sur un schéma, en les nommant, les deux forces qui agissent sur la fusée Ariane lorsqu'elle s'élève verticalement. On néglige les frottements et la poussée d'Archimède dans l'air.
2. A un instant quelconque, la masse de la fusée est m.
   Déterminer en fonction de m et des intensités des 2 forces précédentes la valeur de l'accélération a.
3. On considère d'abord la situation au décollage. La masse de la fusée vaut alors m_1. Calculer la valeur numérique de l'accélération a_1 à cet instant.
4. On envisage la situation qui est celle immédiatement avant que tout le peroxyde d'azote ne soit consommé. La masse de la fusée vaut alors m_2. Calculer la valeur numérique de m_2 puis celle de l'accélération a_2 à cet instant.
   Le mouvement d'ascension de la fusée est-il uniformément accéléré ?

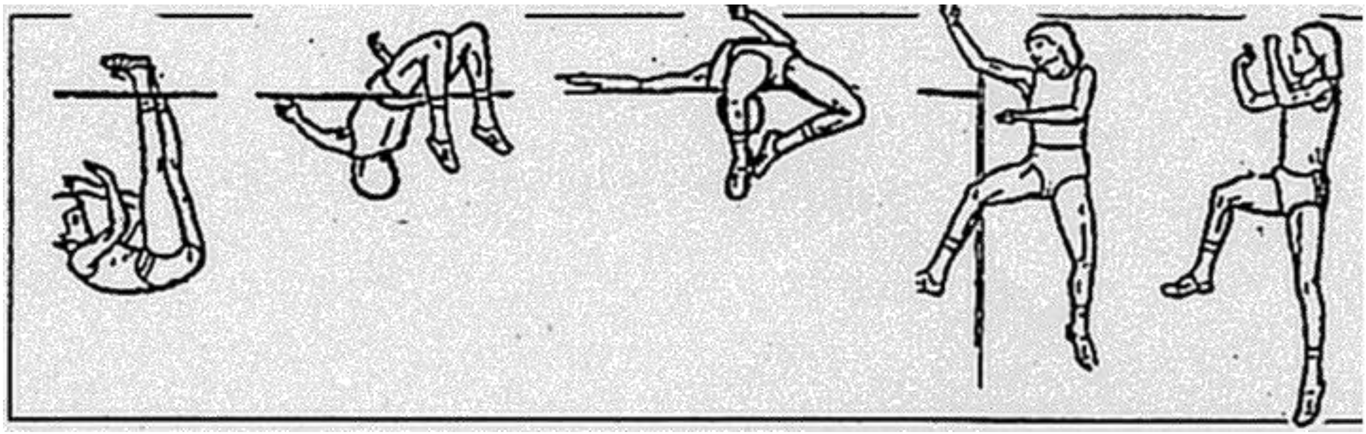
VII. Exercices quantité de mouvement

Deux patineurs notés *A* et *B* sont côte à côte et immobiles sur une patinoire horizontale. La masse de *A* est de 50 kg, la masse de *B* est de 80 kg. À un instant donné, les patineurs se repoussent mutuellement et s'éloignent alors l'un de l'autre.
La valeur de la vitesse de *A* est alors de $v_A = 4{,}0\ m\,.\,s^{-1}$. Tous les frottements sont négligeables.

1. On note $\overrightarrow{P_A}$ et $\overrightarrow{P_B}$ es quantités de mouvement de *A* et de *B* lorsqu'ils s'éloignent l'un de l'autre. Montrer que $\overrightarrow{P_A} = -\overrightarrow{P_B}$
2. Calculer la valeur de la vitesse v_B du patineur B.

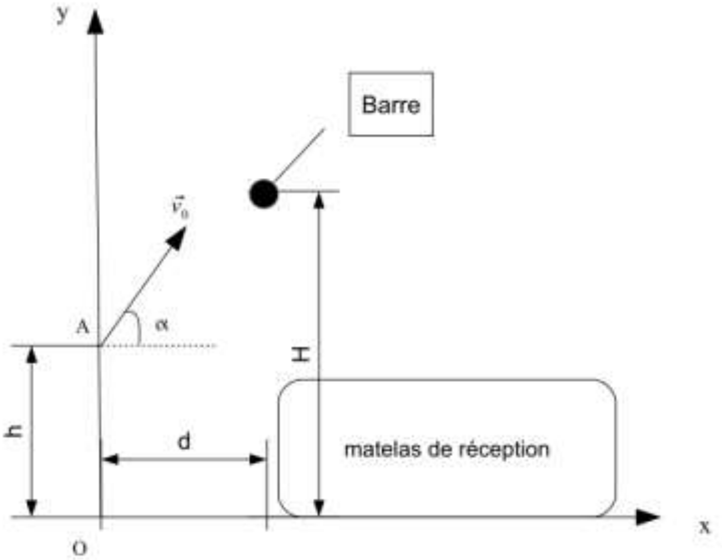
VIII. Saut en hauteur ou « la tête et les jambes »

Afin d'améliorer son saut, l'athlète, qui suit des études en Terminale S, visualise grâce à une vidéo le saut effectué lors de son dernier entraînement



Elle souhaite connaître la distance d qui sépare son pied d'appel de l'aplomb de la barre pour éviter de retomber sur la barre ou de faire tomber la barre après le franchissement de celle-ci.

D'après ce qu'elle a vu dans son cours de physique, elle va essayer d'appliquer les lois du mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur.
L'angle entre le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_0}$ et le plan horizontal du sol est noté α.
Hypothèses simplificatrices proposées par son professeur de sciences physiques :
Les frottements avec l'air seront négligés
La poussée d'Archimède sera négligée.
Seul sera étudié le mouvement du centre de gravité G de l'athlète.
Le mouvement du centre de gravité G se fera dans un plan
Le champ de pesanteur est constant et égal à g = 9,80 m.s^{-2}.
Le schéma de la situation est le suivant : l'échelle n'est pas respectée.



Les parties 3, 4 et 5 sont indépendantes de la partie 2.

1. En utilisant les hypothèses simplificatrices, quelle(s) est (sont) le(s) force(s) qui s'applique(nt) sur l'athlète ?
2. Exprimer les coordonnées du vecteur vitesse initale $\overrightarrow{v_0}$ en fonction v_0 et α.
3. En considérant les conditions initiales du saut : $x(0) = 0 \quad et \quad y(0) = h$, établir les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$.
4. La barre est placée à une hauteur H = 1,78 m ; le centre d'inertie de l'athlète est tel que h = 1,00 m
L'angle α est égal à 60°.

   La vitesse de l'athlète au moment de l'impulsion est donnée par l'expression suivante : $v_0 = \sqrt{\frac{2g(H-h)}{\cos\alpha}}$

4.1. Par une analyse dimensionnelle, prouver que $v_0 = \sqrt{\frac{2g(H - h)}{\cos \alpha}}$ est bien homogène à une vitesse.

4.2. Calculer la vitesse initiale, d'abord en m/s puis en km/h, dans les conditions indiquées.

5. Déterminer la distance d pour que l'athlète atteigne le sommet de sa trajectoire au moment où elle franchit la barre.
Calculer d.

IX. Saut en longueur … motorisé :

Le 31 décembre 2011, l'Australien Robbie Moddison a battu son propre record de saut en longueur à moto à San Diego. La Honda CR 500, après une phase d'accélération, a abordé le tremplin avec une vitesse de 180 km.h^{-1} et s'est envolée pour un saut d'une portée égale à 113 m.
Dans cet exercice, on étudie les deux phases du mouvement (voir figure 1), à savoir :
La phase d'accélération du motard (de A à B),

Le saut (au-delà de C)

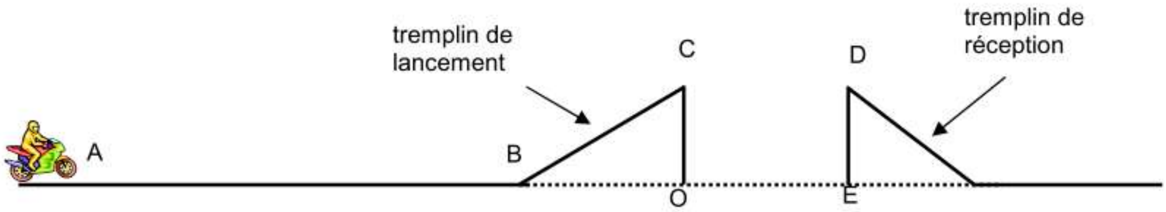


Figure 1.

Dans tout l'exercice, le système {motard + moto} est assimilé à son centre d'inertie G. L'étude est faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

On pose h = OC = ED

<u>Données</u> :

Intensité de la pesanteur : $g \approx 10\ m.s^{-2}$

Masse du système : m = 180 kg

L = BC = 8,0 m

<u>Rappels mathématiques</u> : $\tan \alpha = \dfrac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$; $\sin(2\alpha) = 2 \sin \alpha \times \cos \alpha$

1. La phase d'accélération du motard

   On considère que le motard s'élance, avec une vitesse initiale nulle, sur une piste rectiligne en maintenant une accélération constante.

   Les évolutions au cours du temps de la valeur de la vitesse du motard (figure 2) et la distance d qu'il parcourt depuis qu'il s'est élancé (figure 3) sont représentées ci-dessous.

Figure 2 : valeur de la vitesse du système en fonction du temps.

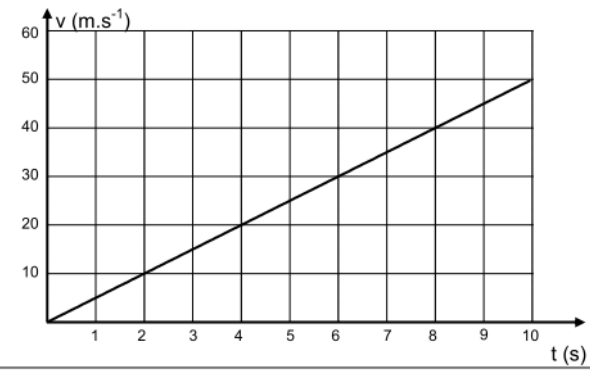
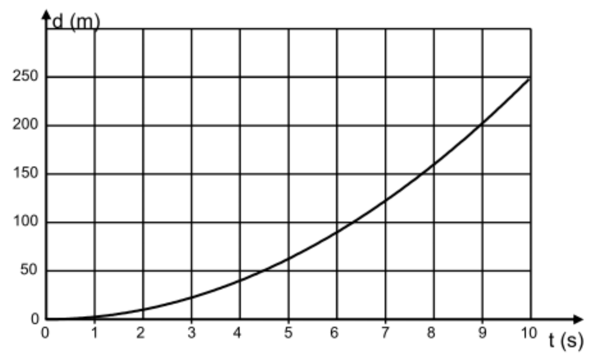


Figure 3 : Distance d parcourue par le système en fonction du temps



1.1. Montrer que la courbe donnée en figure 2 permet d'affirmer que la valeur de l'accélération est constante.

1.2. Déterminer graphiquement la valeur de l'accélération du motard.

1.3. Déterminer, à l'aide des figures 2 et 3, la distance parcourue par le motard lorsque celui-ci a atteint une vitesse de 180 $km.h^{-1}$ = 50 $m.s^{-1}$.

2. Le saut

   Le motard aborde le tremplin au point B, avec une vitesse de 180 $km.h^{-1}$ et maintient cette vitesse jusqu'au point C. Le repère d'étude $(O, \vec{i}, \vec{k})$ est indiqué sur la figure 4 ci-dessous.

   Le tremplin est incliné d'un angle α = 30° par rapport à l'horizontale.

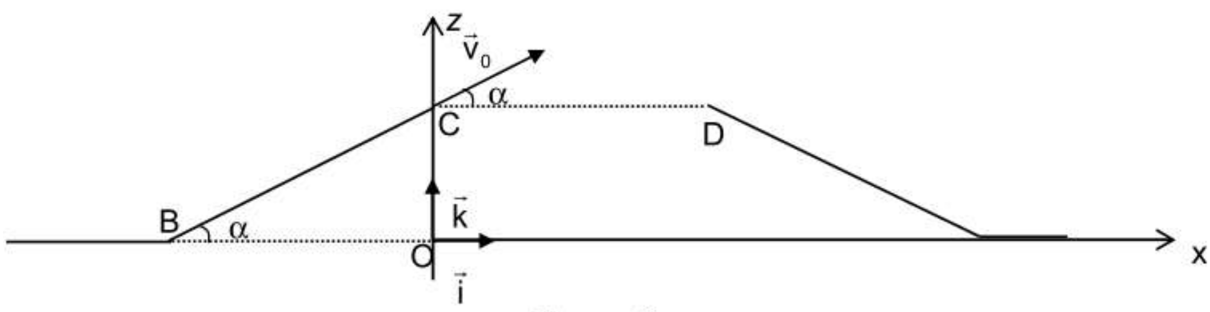


Figure 4

Le motard quitte le tremplin en C avec une vitesse initiale v_0 = 50 m.s^{-1}.
Toutes les actions autres que le poids du système sont supposées négligeables. On souhaite étudier la trajectoire du centre G du système dans ces conditions.
Le repère (O, $\vec{i}$, $\vec{k}$) et l'origine des dates est choisie à l'instant où le système quitte le point C (voir figure 4).
La vitesse initiale v_0 du centre d'inertie G du système est incliné d'un angle α = 30° par rapport à l'horizontale.

2.1. Etablir les équation différentielles $x(t)$ et $z(t)$ du motard.

2.2. Démontrer que la distance maximale entre les points C et D pour que « l'atterrissage » se fasse sur le tremplin en ce point D est : $x_D = \frac{v_0^2 .\sin(2\alpha)}{g}$

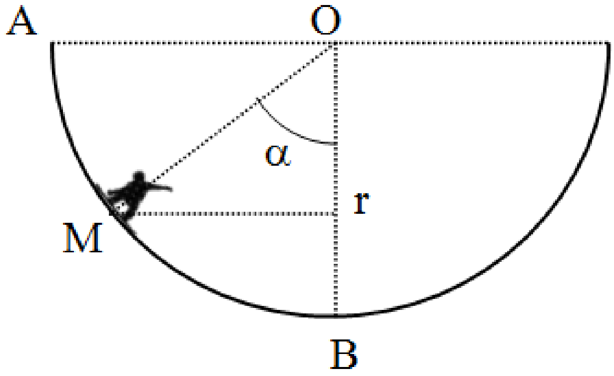
2.3. A partir de l'expression précédente, calculer cette distance maximale x_D.

2.4. Comment peut-on interpréter l'écart important entre cette valeur x_D et celle donnée dans l'énoncé ?

X. Pomme de Newton

On se plaît souvent à imaginer que Newton aurait élaboré sa théorie de la gravité après avoir reçu une pomme en chute libre sur la tête. Si cette pomme trônait à 1,8 m au dessus de la tête de Newton, à quelle vitesse a-t-elle frappé son crâne ?

XI. Half pipe



Un half-pipe, est une structure utilisée pour les sports de glisse comme le ski freestyle ou le snowboard
Un half-pipe classique a une hauteur de murs de r=5,0 mètres
Le skieur assimilable à un point matériel de masse m=80 kg, se laisse glisser sans vitesse initiale du point A.

Calculer la vitesse du skieur lorsqu'il passe au point B.
Dans l'exercice, on prendra g=10 m.s^{-2}.

1. On suppose que les forces de frottements sont négligeables. Calculer la vitesse du skieur au point B
2. Le skieur arrive au point B avec une vitesse $v_B = 5{,}0\, m.s^{-1}$. Calculer la valeur de la force de frottement avec la piste, supposée constante.

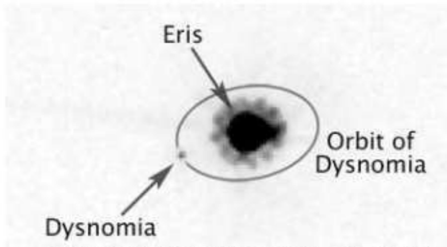
XII. Pourquoi Pluton a-t-elle perdu son statut de planète ?

Document 1 : Éris et la discorde
La planète Pluton, découverte par l'américain Clyde TOMBAUGH en 1930 était considérée comme la neuvième planète de notre système solaire. Sa période de révolution est T_P = 248 ans et sa masse M_P = 1,31 × 10^{22} kg.
Le 5 janvier 2005, une équipe d'astronomes a découvert, sur des photographies prises le 21 octobre 2003, un nouveau corps gravitant autour du Soleil. Provisoirement nommé 2003 UB313, cet astre porte maintenant le nom d'Éris, du nom de la déesse grecque de la discorde. Éris parcourt une orbite elliptique autour du Soleil avec une période de révolution T_E, valant environ 557 années terrestres.
La découverte d'Éris et d'autres astres similaires (2003 EL61, 2005 FY9, etc.) a été le début de nombreuses discussions et controverses acharnées entre scientifiques sur la définition même du mot « planète ». Au cours d'une assemblée générale, le 24 août 2006 à Prague, 2 500 astronomes de l'Union astronomique internationale (UAI) ont décidé à main levée de déclasser Pluton pour lui donner le rang de « planète naine » en compagnie de Cérès (gros astéroïde situé entre Mars et Jupiter) et d'Éris.

Document 2 : Découverte de Dysnomia

Les astronomes ont découvert ensuite qu'Éris possède un satellite naturel qui a été baptisé Dysnomia (fille d'Éris et déesse de l'anarchie). Six nuits d'observation depuis la Terre ont permis de reconstituer l'orbite de Dysnomia. On a obtenu le document ci contre.

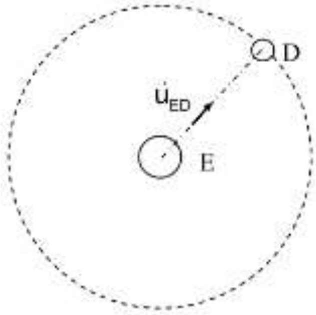
Ces résultats permettent de supposer que le mouvement de Dysnomia autour d'Éris est circulaire et uniforme. Le rayon de l'orbite circulaire de Dysnomia est $R_D = 3,6 \times 10^7\ m$ et sa période de révolution est T_D = 15,0 jours = $1,30 \times 10^6$ s.



NASA, ESA and M. Brown (California Institute of Technology)
http://web.gps.caltech.edu/~mbrown/planetlila/moon/index.html

<u>Donnée</u> : Constante universelle de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-2}$.

1. Énoncer précisément la troisième loi de Kepler, relative à la période de révolution d'une planète autour du Soleil, dans le cas d'une orbite elliptique.
2. L'orbite d'Éris se situe-t-elle au-delà ou en deçà de celle de Pluton ? Justifier.
3. Définir le référentiel permettant d'étudier le mouvement de Dysnomia autour d'Éris. Par la suite, ce référentiel sera considéré comme galiléen.
4. Établir l'expression du vecteur accélération du centre de gravité de Dysnomia $\overrightarrow{a_D}$ en fonction des paramètres de l'énoncé et du vecteur unitaire $\overrightarrow{u_{ED}}$ représenté sur le schéma ci-contre. On notera M_D la masse de Dysnomia.
   Préciser la direction et le sens de ce vecteur accélération. Représenter ce vecteur sur le schéma ci-dessous.
   Etablir l'expression de la vitesse de Dysnomia sur sa trajectoire en fonction de G, M_D et R_D.
5. Montrer que la période de révolution T_D de Dysnomia a pour expression $T_D = 2\pi\sqrt{\frac{R_D^3}{G\,.M_E}}$ où M_E est la masse d'Eris
   Montrer que cette expression est en accord avec la 3ème loi de Képler.
6. Calculer le rapport des masses d'Éris et de Pluton. Expliquer alors pourquoi la découverte d'Éris a remis en cause le statut de planète pour Pluton.



XIII. <u>Chemcam :</u>

Le 6 août 2012, Curiosity, le Rover de la mission martienne, a posé ses bagages sur Mars pour y étudier son sol. Laboratoire de haute technologie, Curiosity comprend de nombreux instruments dont un sur lequel la France a beaucoup travaillé : ChemCam. Cet appareil analyse par spectrométrie la lumière d'un plasma issue d'un tir laser sur les roches, permettant de remonter à la composition du sol.

<u>Données</u> :
constante de Planck : $h = 6,63\times10^{-34}$ J.s ;
célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00\times10^8\ m.s^{-1}$
1 eV = $1,602\times10^{-19}$ J.

1. Le laser de ChemCam

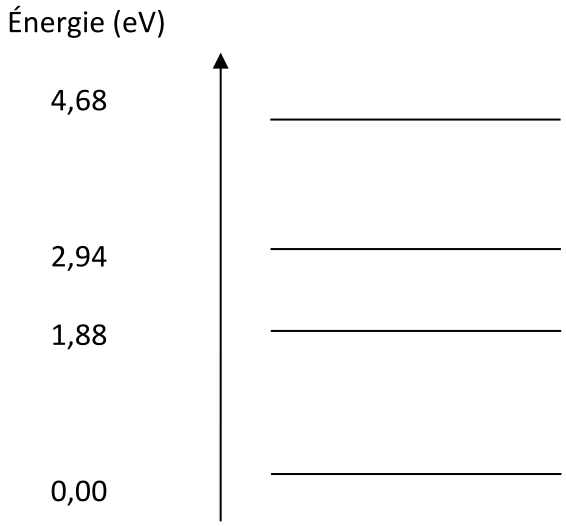
Principe de fonctionnement de Chemcam

ChemCam met en œuvre la technique LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) d'analyse spectroscopique induite par ablation laser. Son laser pulsé émet un rayonnement à 1067 nm délivrant environ 15 mJ pour une durée d'impulsion de 5 ns. L'interaction du faisceau laser pulsé de forte puissance avec un matériau provoque un échauffement brutal de la surface éclairée, une vaporisation et une ionisation sous forme d'un plasma. Il est important de comprendre que le plasma se formera si, au niveau de la cible, la puissance par unité de surface (ou l'irradiance) est supérieure à un seuil de 1,0 $GW.cm^{-2}$.

C'est pourquoi ChemCam est pourvu d'un système de focalisation du faisceau laser qui est tel qu'au niveau de la cible le diamètre du faisceau est d'environ D = 350 µm.
Dans ces conditions, les atomes et les ions éjectés sont alors dans des niveaux d'énergie excités. En se désexcitant, ils émettent un rayonnement qui est analysé par spectroscopie entre 250 et 900 nm. On obtient ainsi un spectre d'émission atomique. La détermination des longueurs d'onde de raies présentes sur ce spectre permet d'identifier les atomes ou ions présents dans la cible.

D'après : http://www.msl-chemcam.com/

1.1. Donner deux propriétés du laser.
1.2. Le laser de ChemCam émet-il de la lumière visible ? Justifier.
1.3. Montrer que les caractéristiques du faisceau laser utilisé par ChemCam permettent bien d'obtenir une irradiance suffisante pour créer un plasma.
2. Test de fonctionnement de l'analyseur spectral de ChemCam.
Afin de vérifier que l'analyseur spectral de ChemCam fonctionne bien, on réalise au laboratoire le spectre d'émission atomique d'une roche témoin contenant l'élément calcium.
2.1. Justifier pourquoi deux atomes (ou ions) différents ne donnent pas le même spectre d'émission.
2.2. A l'aide du document 1, identifier, pour l'ion Ca^+, la transition énergétique correspondant à la raie de longueur d'onde 423 nm. Détailler votre démarche.
2.3. Le document 3 présente le spectre de la roche témoin. L'analyseur spectral de ChemCam fonctionne-t-il correctement ? Justifier.

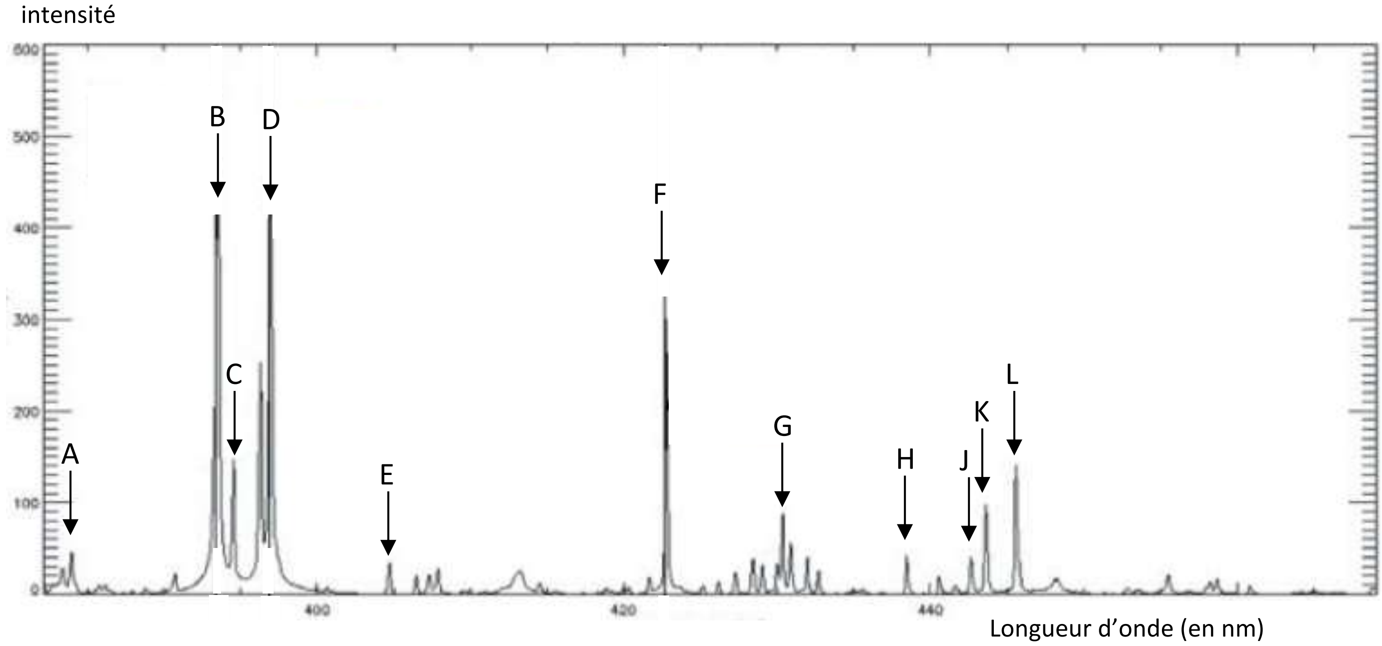


Document 1 : Diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'élément calcium sous forme d'ion Ca^+

Document 2 : Longueurs d'onde (en nm) des raies d'émission entre 380 nm et 460 nm de l'élément Ca sous forme d'ion Ca^+

Calcium	394	397	423	443	444	446

Document 3 : Spectre d'émission atomique de la roche témoin réalisé par l'analyseur spectral de ChemCam dans le cadre du test de fonctionnement.



D'après supplément CNES Mag n°54