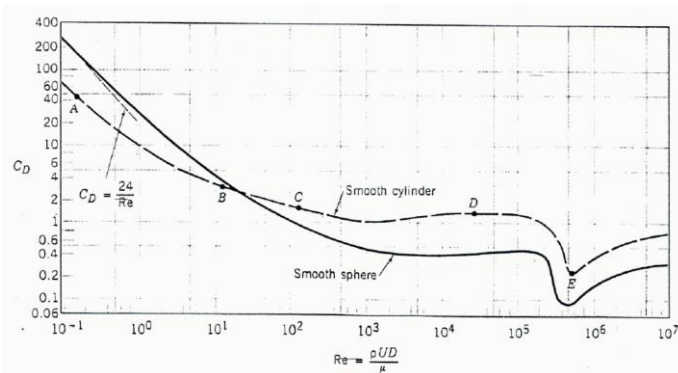


QUELQUES RESOLUTIONS DE PROBLEMES

I. La montée de l'Alpe d'Huez

Données :

- Viscosité cinématique de l'air : $\nu = 1.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.
- Courbes $C_x(Re)$:



- Un cycliste amateur bien entraîné est capable de rouler sur le plat à une vitesse moyenne de 40 km/h.
- La puissance de frottement des roues et des pièces mécaniques correspond à 10 % environ de la puissance totale dépensée par le cycliste.
- Le cycliste a une masse de 80 kg (y compris son vélo et son équipement qui représentent 10 kg environ).
- La montée de l'Alpe d'Huez depuis le Bourg d'Oisans est longue de 14.5 km et correspond à un dénivelé positif de 1120 m.
- Record de montée : 37.5 minutes par Marco Pantani, 60 kg ; tour de France 1997.

Déterminer le temps mis par le cycliste amateur pour réaliser la montée. Comparer au temps mis par Marco Pantani. A partir de votre résultat, évaluer la puissance développée par Marco Pantani. En réalité, sa puissance disponible était d'environ 420 W ; d'où vient la différence éventuelle ?

II. Le petit Prince



Le Petit Prince habite sur la planète 612 que l'on voit ci-dessus et qu'il quitte en profitant de la migration d'oiseaux sauvages.

Dans ces pérégrinations, il visite successivement, avant de rejoindre la Terre :

- L'astéroïde 325 habité par un roi
- L'astéroïde 326 habité par un vaniteux
- L'astéroïde 327 habité par un buveur
- L'astéroïde 328 habité par un businessman
- L'astéroïde 329 habité par un allumeur de réverbère
- L'astéroïde 330 habité par un vieux monsieur

Quelle taille maximale les astéroïdes doivent-ils avoir pour que le Petit Prince puisse les quitter chaque fois par un simple saut à pieds joints ? Conclure.

	Terre	Astéroïde « moyen »
ρ (kg/m ³)	5500	2000

	Terre	Astéroïde « moyen »
R (km)	6400	75

III. Crayon de combustible nucléaire

Dans un réacteur nucléaire le combustible est de l'uranium, enfermé dans une gaine cylindrique de zirconium d'épaisseur négligeable, de rayon R, de longueur L = 4m.

L'ensemble uranium-gaine constitue un "crayon" ; l'uranium contenu dans chaque crayon dégage une puissance volumique $\phi = 200 \text{ MW.m}^{-3}$.

La température extérieure d'un crayon est maintenue constante égale à 600 K.

La conductivité thermique du crayon vaut $3 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ et la température de fusion du combustible 2900 K.

Donner un ordre de grandeur du rayon R compatible avec la non-fusion du combustible nucléaire.

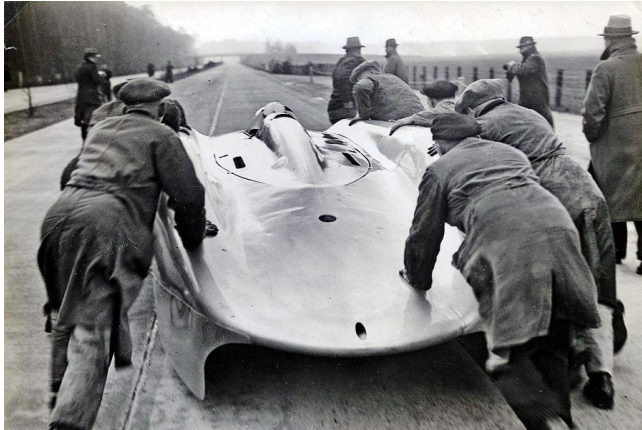
Photos ci-dessous : crayons de combustibles prêts à être montés et assemblage de crayons



IV. Effet de sol

Le 28 janvier 1938 Bernd ROSEMEYER s'est tué en tentant de battre un record de vitesse.

Sa voiture dont le moteur avait une puissance de 520 chevaux (390 kW) a été éjectée de la route par une rafale de vent alors qu'il roulait à 429 km/h.



Elaborer un modèle simple permettant de déterminer l'ordre de grandeur de la composante verticale des forces de pression qui agissaient sur le véhicule de ROSEMEYER et assuraient sa tenue de route.

Réaliser une application numérique et discuter la valeur obtenue. Proposer une explication à son accident.

V. Remontée d'une balle de ping-pong

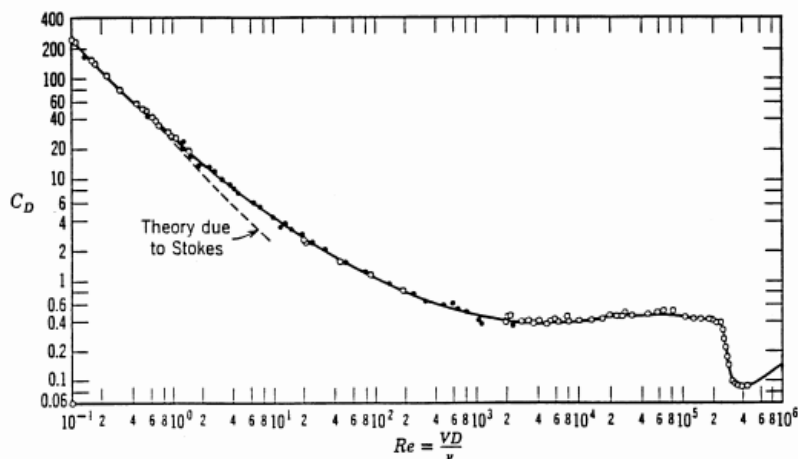
On lâche une balle de ping-pong depuis le fond d'une piscine.

Avec, notamment, les données ci-dessous, construire deux modèles de la remontée de la balle et évaluer dans chaque cas un ordre de grandeur de la vitesse et du temps de remontée.

Confronter les résultats et choisir le modèle approprié.

Données :

- Masse de la balle $m = 2,3 \text{ g}$
- Rayon de la balle $a = 1.9 \text{ cm}$
- Viscosité de l'eau $\eta = 10^{-3} \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$
- Accélération de la pesanteur, $g = 9,8 \text{ m}/\text{s}^2$.
- $C_x = f(Re)$ pour une sphère :



VI. La musaraigne

Le plus petit mammifère terrestre vivant en milieu tempéré est la *musaraigne étrusque*.



Sarcophage de musaraigne étrusque
Egypte 26^{ème} Dynastie – 650 avant JC



Musaraigne étrusque

Sa température corporelle intérieure est $T_i = 37\text{ }^\circ\text{C}$.

Sa masse vaut environ deux grammes.

L'animal possède une fourrure de masse négligeable d'épaisseur $e = 1\text{ mm}$, de conductivité thermique $\lambda = 0.01\text{ W/m/K}$.

Donner une estimation de la puissance thermique dégagée par l'animal.

VII. Hémisphères de Magdebourg

En 1664 Otto Von Guericke réalisa l'expérience suivante : il raccorda deux hémisphères de cuivre de 51 cm de diamètre et ôta l'air contenu à l'intérieur.

Il attacha chacun des hémisphères à un attelage de huit chevaux et observa qu'ils n'étaient pas capables de séparer les hémisphères.

✚ Gravures d'époque



✚ Un cheval-vapeur est défini comme la puissance d'un cheval qui soulèverait à l'aide d'une poulie une charge de 75 kg en parcourant un mètre en une seconde.

Evaluer la pression maximale à l'intérieur des hémisphères.

VIII. Radioactivité

Dans certaines roches volcaniques on détecte la présence de potassium 40 de symbole ${}^{40}_{19}\text{K}$; celui-ci est un élément radioactif qui se désintègre en donnant de l'argon 40, ${}^{40}_{18}\text{Ar}$.

Lors d'une éruption volcanique, tout l'argon présent dans les roches s'évapore : après l'éruption, la lave solidifiée ne contient donc pas d'argon.

En 2015, un géologue effectue un prélèvement de lave sur le site du volcan et en détermine la composition : 1,570 mg de K et 82 μg d'Ar.
Déterminer la date de l'éruption.

On donne le temps de demi-vie de ${}^{40}_{19}\text{K}$: $T = 1,9$ Gans

IX. Les Dalton



Le but de l'exercice est de répondre à la question :

« Pourquoi les bandits et les indiens écoutaient-ils arriver les trains en collant leur oreille sur les rails ? »

Données :

- $\mu_{0,\text{acier}} = 7800 \text{ kg.m}^{-3}$
- $\mu_{0,\text{air}} = 1.3 \text{ kg.m}^{-3}$
- $c_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$
- $c_{\text{acier}} = 3300 \text{ m.s}^{-1}$
- section, supposée carrée, d'un rail = 49 cm^2 ; on notera a le côté.

✚ Montrer par un raisonnement simple que la différence des vitesses de propagation dans l'air et dans l'acier ne suffit pas à justifier la technique utilisée.

✚ Proposer une explication qualitative succincte de la technique employée.

✚ Mettre en place un modèle de la propagation dans l'air puis dans le rail ; étudier la puissance sonore transmise par le rail d'une part et celle transmise par l'air d'autre part.

En déduire une justification quantitative de la technique (on attend une ou des AN).

NB : On supposera que le rail en acier peut être traité comme un fluide (on cherche des ordres de grandeur)

✚ Question subsidiaire 😊 : Quel Dalton a l'oreille collée au rail ? En quoi est-ce une mauvaise idée ?

X. Total Recall

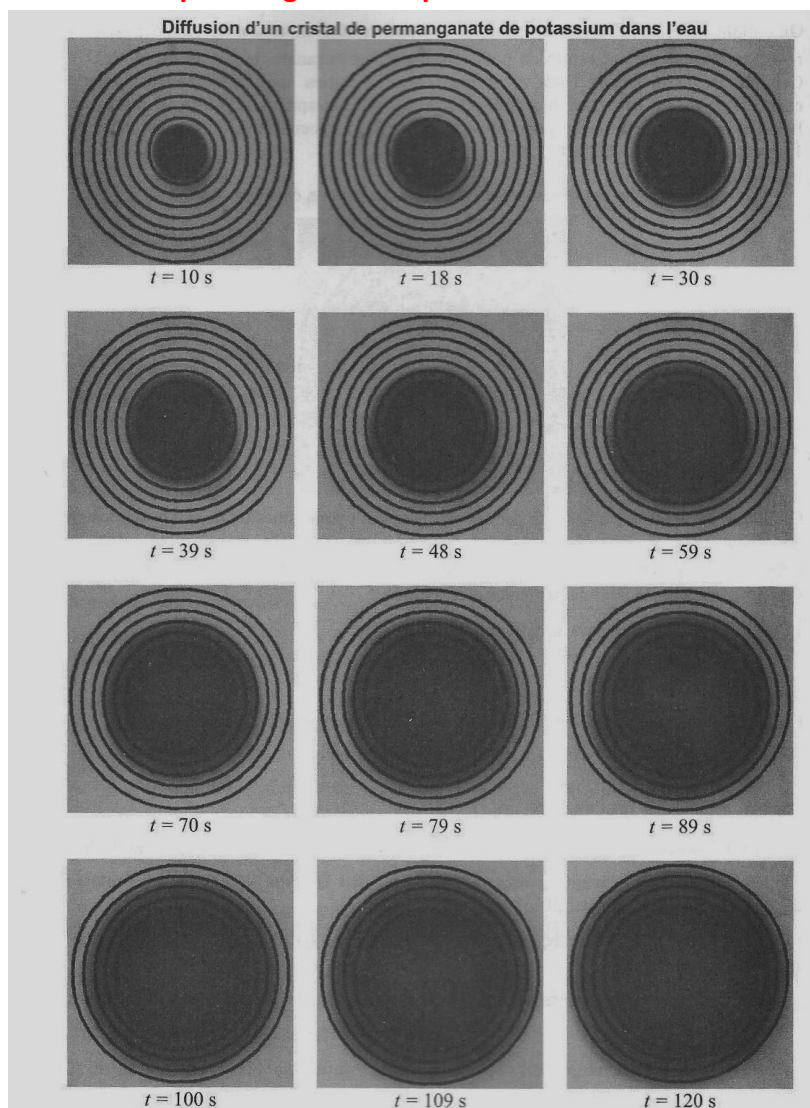
Début du Synopsis du film Total Recall (Paul Verhoeven – 1990) :

À la fin du XXI^e siècle, la Terre a fait l'objet de plusieurs conflits chimiques qui ont rendu une bonne partie de la planète inhabitable. Seuls deux grands territoires sont restés sains: les Îles anglaises ainsi qu'une partie des côtes européennes, connue sous le nom d'Union Fédérale Britannique, puissance économique, et l'Australie, appelée «la Colonie», en état de pauvreté. Tous les jours, des milliers de travailleurs de la Colonie empruntent, pour se rendre à l'usine située dans l'Union Fédérale Britannique, le seul moyen de transport sûr: la Chute («The Fall»), qui passe à travers le noyau terrestre!

- Dans le film la durée du trajet est de 17 minutes. Ce temps est-il plausible sans l'utilisation de moteurs ?
- Discuter ensuite de la faisabilité du tunnel.

On donne $R_T = 6400$ km et $g = 9,8$ m/s⁻²

XI. Diffusion de permanganate de potassium



On remplit d'eau une coupelle cylindrique de diamètre 10 cm sur une hauteur de 1 cm. A l'instant initial on dispose en son centre un petit cristal de permanganate de potassium. On enregistre les clichés présentés ci-dessus. L'échelle spatiale est donnée par une série de cercles concentriques de rayons allant de 1,0 à 10 mm. En déduire le coefficient de diffusion du permanganate dans la situation proposée. Au bout de combien de temps la coupelle sera-t-elle complètement colorée ?

XII. Voiture en mouvement

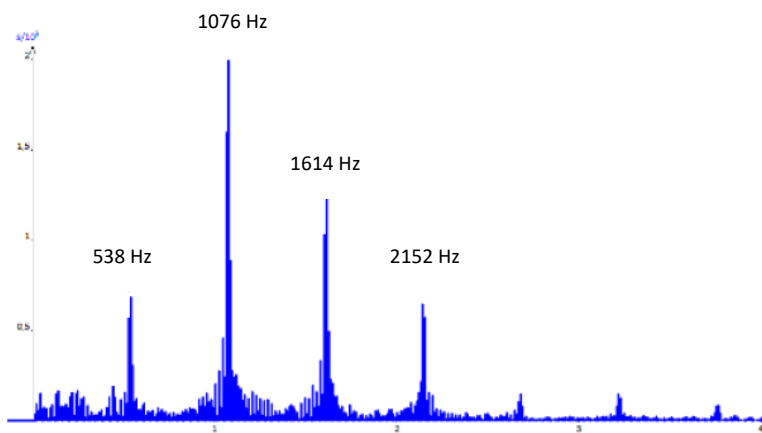
L'enregistrement du klaxon d'un véhicule, roulant à vitesse constante, a été réalisé par temps sec sur la route départementale D 973 entre la sortie du virage et le chemin de Javage, en plaçant un magnétophone à mi-chemin sur le bas-côté de la route.



Au début et à la fin de l'enregistrement, on peut considérer que la direction de la vitesse du véhicule et la direction véhicule magnétophone sont confondues

Le traitement du signal sonore acquis permet d'obtenir :

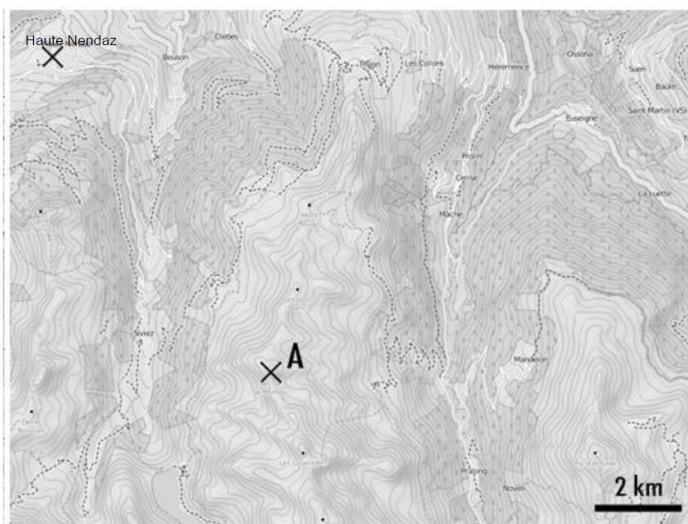
- Pour le début de l'enregistrement, la transformée de Fourier suivante :



- Pour la fin de l'enregistrement, le spectre, similaire au précédent mais contenant les fréquences : 474 Hz, 948 Hz, 1422 Hz et 1896 Hz.

Déterminer la vitesse du véhicule.

XIII. Le cor des Alpes



Un berger situé sur une hauteur, point A de la carte ci-dessus, joue la note la plus grave de son cor ; la longueur de celui-ci est $L_{\text{COR}} = 3,4 \text{ m}$.

Le niveau sonore vaut 100 dB_A à un mètre de l'instrument.

On rappelle que $L(\text{dB}_A) = 10 \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)$, où I est l'intensité sonore.

Proposer un modèle permettant de savoir si le son sera entendu à Haute Nendaz (2^{ème} croix sur la carte ci-dessus).

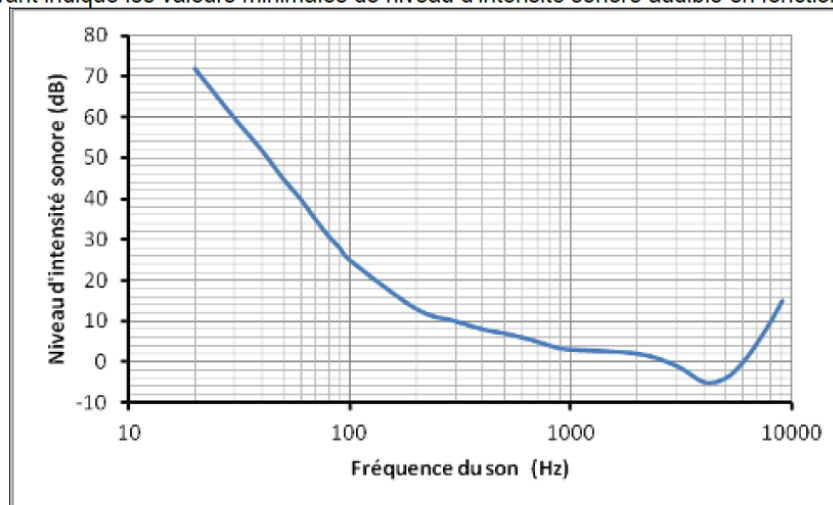
Document 1 :

Lorsque l'on souffle dans un cor des Alpes pour la première fois, il semble impossible d'en sortir un seul son harmonieux. Mais avec un peu de pratique, on peut apprendre à produire jusqu'à vingt-deux notes, ceci sans utiliser ni valves ni boutons. La gamme de notes réalisable sur cet instrument dépend d'abord de sa géométrie, puis du talent de celui qui en joue. Les premiers cors des Alpes datent du 14^{ème} siècle, ils étaient traditionnellement utilisés par les gardiens de troupeaux pour communiquer entre eux sur des distances d'une dizaine de kilomètres. Cet instrument de la famille des cuivres est fait d'une seule pièce de bois, un tube recourbé à son extrémité et mesurant en général de deux à quatre mètres de long. Pour en jouer, le musicien souffle dans une embouchure.



Document 2 :

Le graphique suivant indique les valeurs minimales de niveau d'intensité sonore audible en fonction de la fréquence.



XIV. La désolation de Smaug

Dans le film « The Desolation of Smaug », les Dwarfs cherchent à tuer le dragon en le noyant dans de l'or liquide :

- Ils fondent de l'or en quelques minutes grâce à des forges qui utilisent du charbon comme combustible ;
- ensuite ils remplissent le moule d'une statue avec cet or ;
- enfin, lorsque Smaug approche, ils cassent le moule, l'or fondu recouvre alors le dragon.



La statue mesure environ 15 m de haut et 3 m de large.

Quelques propriétés de l'or et du charbon:

Z	Masse molaire (g.mol ⁻¹)	Masse volumique (g.cm ⁻³)	Température de fusion (°C)	Température d'ébullition (°C)	Energie massique de fusion (kJ.kg ⁻¹)	Capacité thermique massique (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)
79	197	19,3	1064	2856	63,7	129

Conductivité thermique de l'or solide : $\lambda_{Au} = 315 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Masse volumique du charbon : 1350 kg/m^3

- Une tonne équivalent charbon correspond à 29,3 GJ.
- Une centrale thermique à charbon produit une puissance d'environ 1 GW.

Discuter le caractère réaliste de la description ci-dessus.

XV. Le mont Shiehallion

La méthode de Pierre Bouguer (1698-1758) permit l'une des premières vérifications expérimentales de la théorie de Newton. Elle consiste à déterminer la déviation d'un fil à plomb par rapport à la verticale (celle-ci étant repérée d'après l'observation astronomique d'étoiles convenablement choisies) au voisinage d'une montagne.

Cette méthode a été exploitée avec succès par l'astronome royal britannique Nevil Maskelyne, au mont Shiehallion en Écosse en 1774.

Sachant que l'altitude du mont Shiehallion par rapport au niveau du lac (cf. photo) est de 1600 m, que son emprise au sol a un rayon moyen de 1,3 km, que sa densité moyenne vaut $2,7 \text{ g.cm}^{-3}$ et que le pendule dévia de $\theta = 12''$ d'arc par rapport à la verticale, déterminer un ordre de grandeur de la valeur de G.

On donne $g_0 = 9.8 \text{ m.s}^{-2}$.



Une vue du mont Sheihallion

XVI. La grande cascade de Yellowstone

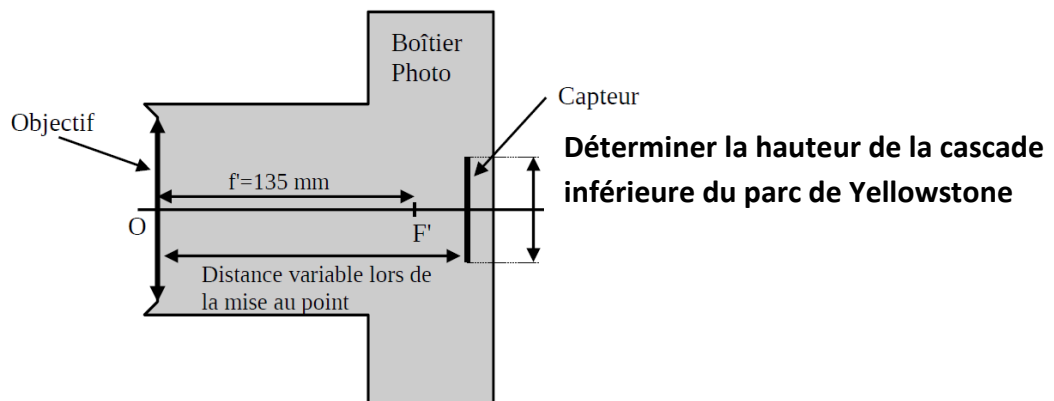
Le doc. 1 présente la photographie de la cascade inférieure du parc national de Yellowstone. La position du photographe est repérée par une croix sur la vue satellite du doc. 2. On dispose d'une modélisation de l'appareil photographique (doc. 3).



Doc 1 - Photographie de la cascade



Doc 2 - Vue satellite de la position du photographe



Doc 3 – modélisation de l'appareil photographique

XVII. Cloison

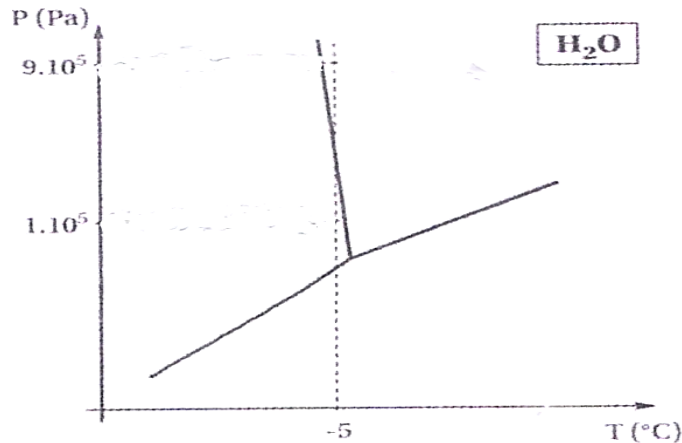
Deux pièces sont séparées par une cloison pleine.

Déterminer la masse volumique de cette cloison pour que les basses fréquences audibles soient coupées. Discuter.

XVIII. Patinage

En utilisant les données suivantes, sauriez vous expliquer pourquoi les patins sont nécessaires pour glisser ?

Patin à glace	Chaussure
Pointure : 42 Dimensions de la surface de contact d'une lame de patin avec la surface gelée : Largeur : 3,5 mm Longueur : 22 cm	Pointure : 42 Dimensions de la Surface approximative de la semelle : Largeur : 9 cm Longueur : 25 cm



Surface de patinage : eau gelée à $T = -5$ °C

XIX. Jet d'eau de Genève



On fournit ci-dessous des informations techniques issues de la fiche touristique de la ville de Genève relative à son célèbre jet d'eau (cf. photographie) :

Débit : 500 L/s,

Puissance des pompes : 1 MW,

Puissance de l'éclairage : 9 kW

Question :

À l'aide de ces données, trouver l'ordre de grandeur de la hauteur du jet.

La hauteur moyenne donnée dans le descriptif touristique est de 140 m ; comparer à votre résultat et discuter la validité de votre modèle.

XX. Echographie

L'échographie utilise les ultrasons. Ce sont des ondes acoustiques hautes fréquences qui sont inaudibles par l'homme (les ultrasons ont une fréquence de 20 kHz à 1 GHz).

Une partie des ondes sonores (et donc les ultrasons) rebondissent lorsque l'impédance acoustique change, c'est-à-dire aux interfaces entre les différents milieux. C'est pour cette raison que sous l'eau, on entend très peu ce qui se passe à la surface car une grande partie des ondes sonores se réfléchissent sur l'eau et très peu sont transmises sous l'eau car les impédances de l'eau et de l'air sont très différentes.

	masse volumique ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Vitesse du son ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	Impédance acoustique ($\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-1}$)
air	1,204	343	418
eau	1000	1480	$1,48 \times 10^6$

Le principe de l'échographie revient à balayer à l'aide d'ultrasons une zone à étudier (par exemple l'utérus d'une future maman) et de mesurer et d'analyser les ondes ayant été réfléchies sur les différentes interfaces (l'écho des ultrasons) de manière à reconstituer une image des différents milieux traversés.

On applique un gel échographique sur la zone à analyser. Ce gel possède une impédance acoustique proche de celle de la peau. L'échographe manipule la sonde de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air entre la peau et la sonde recouverte de gel car l'air ayant une impédance très faible fausserait les mesures. C'est également pour cette raison que l'échographie ne peut pas être utilisée comme méthode d'imagerie médicale pour les poumons ou la trachée qui contiennent de l'air.



En évaluant le rapport de deux intensités sonores arrivant sur le corps (en présence et en l'absence d'air sur le trajet de l'onde), illustrer quantitativement les précautions prises par l'échographe.

XXI. Fusée à eau

Une fusée qui se propulse... à l'eau

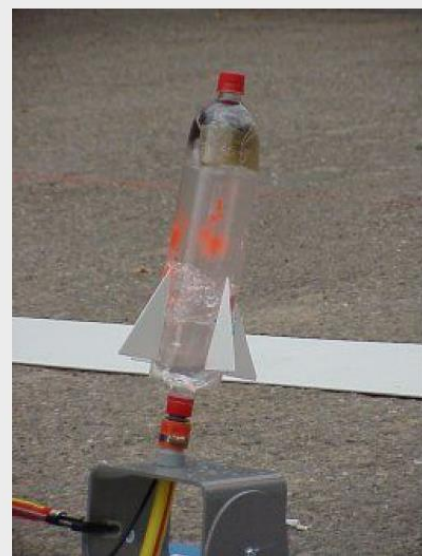
Réaliser une fusée de stabilité convenable tout au long de son vol peut se faire simplement. Deux bouteilles en plastique pour boisson gazeuse (genre Pepsi, Coca...) de 1,5 L, ou même 2 L, constituent le matériau de base à se procurer. L'une des deux est découpée pour fournir l'ogive et la jupe sur laquelle seront fixés trois ou quatre ailerons pour former la queue.

Au terme d'un éventuel compte à rebours (ça fait plus sérieux!) la libération du cran d'arrêt entraîne la décompression du bouchon et la pression à l'intérieur acquise par gonflage fait le reste : dégagement de la tuyère par la force pressante, éjection brutale de l'eau et mouvement de la fusée par réaction.

Caractéristiques approximatives de la fusée :

- masse à vide avec ogive et queue 100 g ;
- diamètre du corps : 8,5 cm ;
- diamètre de la tuyère : 2 cm ;
- volume total du réservoir : 1,5 L ;
- hauteur : 40 cm ;
- pression supportable : jusqu'à 40 bar.

On y met 0,5 L d'eau et on porte la pression de l'air intérieur à 6 bars.



Vérifier quantitativement que les conditions sont réunies pour que la fusée décolle.

XXII. Baignoire

Une baignoire se remplit en 8 min, robinet ouvert et bonde fermée, et se vide en 12 min, robinet fermé et bonde ouverte.



La baignoire déborde-t-elle si on ouvre à la fois le robinet et la bonde ?

XXIII. Plongeur

Un plongeur est équipé d'une bouteille d'air comprimé à 200 bar, munie d'un détendeur.



Quelle est la durée pendant laquelle le plongeur peut rester à la profondeur de 20 m ?

On donne la consommation du plongeur : 25 L/min

XXIV. Octobasse

L'histoire de la contrebasse remonte à la création de la famille des violons au XVI^{ème} siècle en Italie. La recherche d'instruments à cordes avec ce timbre particulier mais capables de jouer des notes de plus en plus graves a conduit à l'élaboration de la contrebasse puis de l'octobasse. En 2010 l'atelier de lutherie de Mirecourt de J.J. Pagès a reproduit à l'identique l'octobasse.

Le luthier peut-il utiliser les mêmes cordes supportant les mêmes tensions pour fabriquer la contrebasse et l'octobasse ?

Quelle(s) solution(s) technique(s) le luthier peut-il proposer pour que, en respectant le cahier des charges (document 3), une même corde de l'octobasse puisse émettre un do_{-1} et aussi un $ré_{-1}$?

DOCUMENTS :

Fréquences des notes (Hz)			
Numéro d'octave	-1	0	1
do (ut)	16,3	32,7	65,4
ré	18,3	36,7	73,4
mi	20,6	41,2	82,4
fa	21,8	43,6	87,3
sol	24,5	49,0	98,0
la	27,5	55,0	110
si	30,9	61,7	123

Les cordes d'un instrument sont nommées d'après la note qu'elles émettent dans le mode fondamental, quand elles sont pincées à vide.

L'octobasse possède 3 cordes jouant respectivement les notes do_{-1} , sol_{-1} et do_0 et sa taille est d'environ 4 m. La longueur des cordes est de 2,18 m (longueur à vide). L'instrument est si grand que le musicien doit monter sur un escabeau pour frotter les cordes avec un archer. Le musicien peut manipuler, à l'aide de manettes, sept doigts métalliques qui réduisent la longueur des cordes pour jouer les différentes notes.

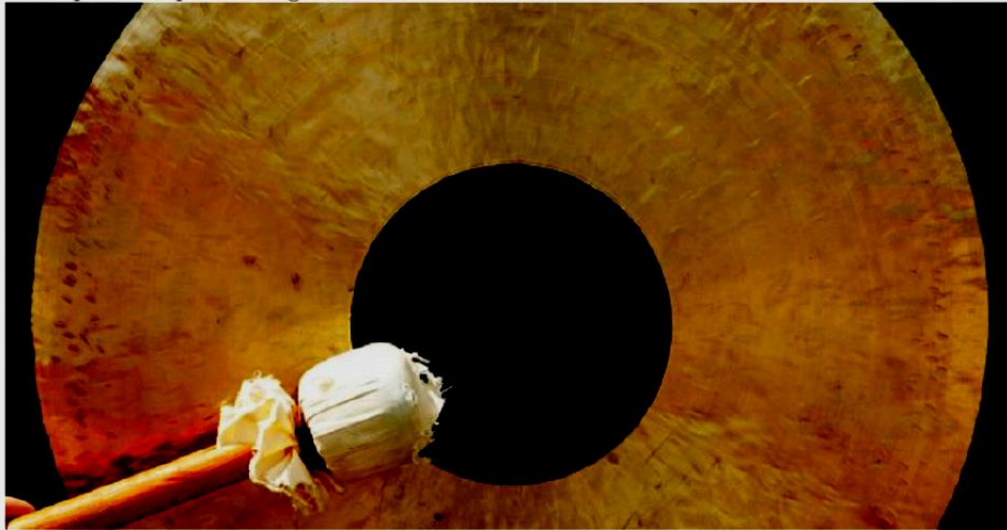
Le son le plus grave de la contrebasse jouant à vide est un mi_0 . La longueur de la corde émettant cette note vaut 1,05 m.

doigts
métalliques
manettes



XXV. Gong

Le gong désigne une variété d'instruments de musique de percussion en métal, originaires de l'Asie du Sud-Est. Sa sonorité est, entre autres, liée au matériau utilisé pour sa fabrication : le bronze, alliage de cuivre et d'étain. Cette sonorité dépend du pourcentage d'étain constituant le bronze.



Pour analyser le bronze d'un gong, on plonge un échantillon de 3,00 g d'un gong dans un demi-litre d'acide chlorhydrique de concentration décimolaire. Un gaz se dégage. Son volume est mesuré grâce à un tube à dégagement introduit dans une éprouvette graduée remplie d'eau. En fin d'expérience le volume de gaz dégagé est de 153 mL.

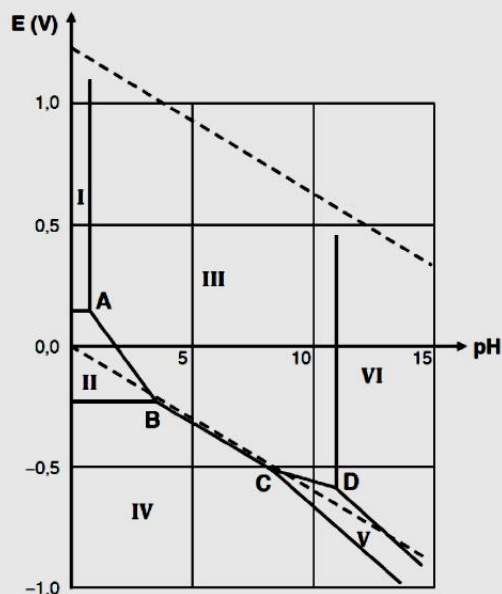
Quel est le pourcentage massique d'étain du bronze constituant le gong ?

Quelques diagrammes E-pH :

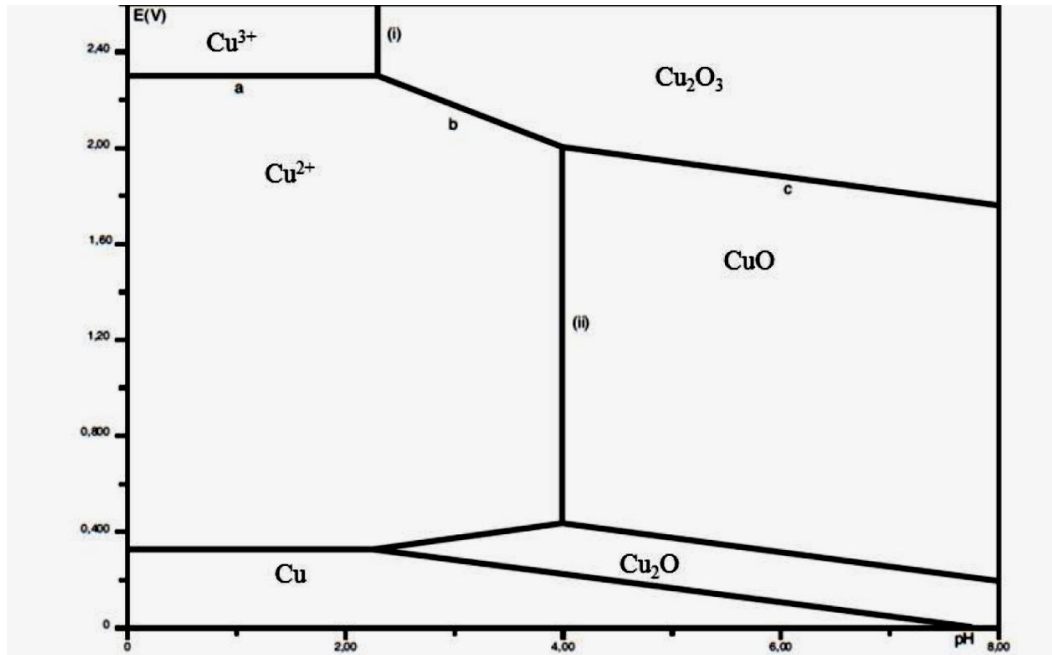
□ Diagramme E-pH de l'étain : Il fait intervenir les espèces $\text{SnO}_2(s)$, $\text{Sn}(s)$, $\text{Sn}^{2+}_{(aq)}$, $\text{Sn}^{4+}_{(aq)}$, $\text{SnO}_3^{2-}_{(aq)}$ et $\text{HSnO}_2^{-}_{(aq)}$.

Espèce	$\text{Sn}(s)$	Sn^{2+}	HSnO_2^{-}	Sn^{4+}	SnO_2	SnO_3^{2-}
Domaine	IV	II	V	I	III	VI

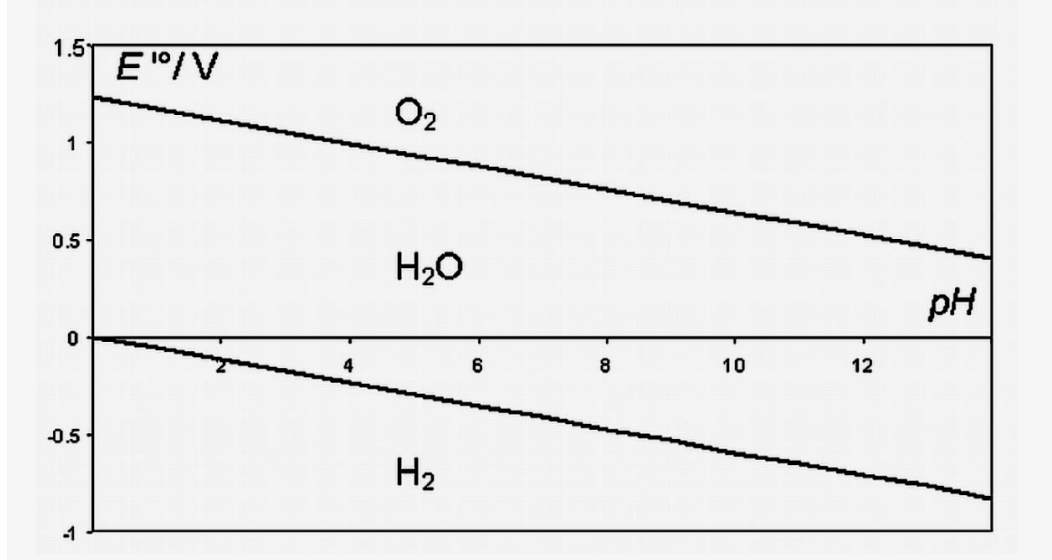
Le tracé a été effectué à 25°C pour une concentration totale en espèces dissoutes de $1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.



□ Diagramme E-pH du cuivre : Il fait intervenir les espèces $\text{Cu}_{(s)}$, $\text{Cu}_2\text{O}_{(s)}$, $\text{CuO}_{(s)}$, $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$, $\text{Cu}^{3+}_{(aq)}$ et $\text{Cu}_2\text{O}_3_{(s)}$. Le tracé a été effectué à 25°C pour une concentration totale en espèces dissoutes de 1 mol/L.



□ Diagramme E-pH de l'eau : Le tracé a été effectué à 25°C pour une pression totale en espèces gazeuses de 1 bar.



XXVI. Réduire sa vitesse

Sur le site de l'ADME (agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) on trouve le conseil suivant :

Réduire de 10 km/h sa vitesse sur autoroute, c'est, pour 500 km, jusqu'à 5 litres de carburant économisés soit 7 € et 12 kg de CO_2 .

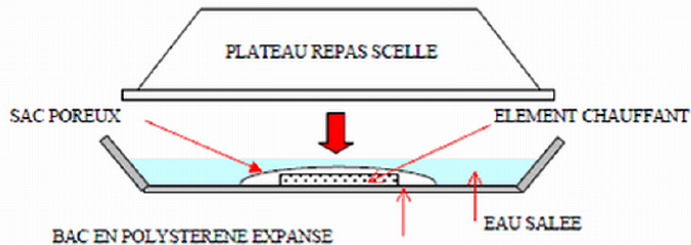
Justifier cette affirmation.

On indique que l'essence est essentiellement constituée d'octane C_8H_{18} .

XXVII. Chauffe-plat

Document 1 : Principe du chauffe-plat

Un chauffe-plat de camping breveté aux USA en 1981 fonctionne de la façon suivante : l'élément chauffant est constitué par une fine grenaille de magnésium dispersée parmi des billes de polyéthylène haute densité ; le tout est placé dans un sac poreux fixé au fond d'un bac sur lequel vient s'adapter le plateau repas à chauffer. La mise en marche s'opère par addition de 400 mL d'eau (salée) dans le bac. L'eau est alors portée à 80°C et on réchauffe ainsi, à la façon d'un bain-marie, un plateau-repas en moins de 15 minutes.



Document 2 : Transformation intervenant lors du réchauffage d'un plat

L'ajout d'eau salée au solide contenu dans le sac poreux se traduit par une forte effervescence s'accompagnant rapidement d'un échauffement notable. On peut vérifier que les bulles de gaz qui se dégagent sont inflammables. Quand l'opération est terminée, on constate que la grenaille métallique a disparu et qu'elle fait place à une bouillie blanche (hydroxyde de magnésium) dispersée sur les billes de polyéthylène.

Document 3 : Historique du prix du magnésium



Données

- Enthalpies standard de formation à 298 K :

espèce	$Mg(OH)_2(s)$	$H_2O(l)$
$\Delta_f H^\circ / \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	-924	-286

- Potentiels standard E° :

couple	$Mg^{2+}/Mg(s)$	$H^+/H_2(g)$
E° / V	-2,4	0,0

- Capacité thermique molaire standard à pression constante : $C_{pm}^\circ = 75,2 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ pour l'eau liquide.
- Produit de solubilité de l'hydroxyde de magnésium : $K_s(Mg(OH)_2) = 10^{-19}$.

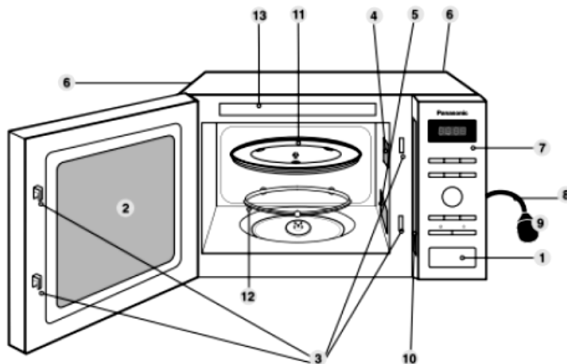
Question :

Quel est le coût de revient en magnésium pour l'industriel par dispositif fabriqué ?

XXVIII. Four à micro-ondes

Vous sortez un plat de votre congélateur à une température de -18°C .

Pour accélérer la décongélation, vous utilisez le four à micro-ondes dont on donne un extrait de la notice :



950W 600W	1 pression	950 Watts	Fort
	2 pressions	600 Watts	Moyen
440W 300W	1 pression	440 Watts	Doux
	2 pressions	300 Watts	Mijitage
270W 100W	1 pression	270 Watts	Décongélation
	2 pressions	100 Watts	Maintien au chaud

Aliment	Poids/Qté	Durée et mode de décongélation	Temps de repos (min)
Baguette (3)	150g	Fort 30 s	–
Petit pain (3)	1 piece (85g)	Fort 30 à 40 s	–
	3 x 85g	Fort 40s à 1 min	–
Pain en tranches (3)	60g	Fort 10 à 20 sec	–
Viennoiserie (3)	2 x 50g	Fort 30 à 40 s or 270W 3 mins	–
Brioche (1) (3)	300g	270W 5 à 6 min	5 mins
	500g	270W 6 à 8 mins	5 mins
Beurre (1)	250g	270W 2 à 3 min 30s	15 mins
Fromage- Quark	250g	270W 6 à 8 mins	10 mins
Crème	600ml	270W 6 à 8 mins	10 mins
Poisson entier (2)	500g	270W 12-14 mins	15 mins
Poisson, filet épais (2)	380g	270W 12 à 14 mins	10 mins
Poisson, dame (2)	260g	270W 9 à 10 mins	15 mins

Justifier le temps de décongélation du poisson entier.

On donne :

- la capacité thermique de la glace, $c_{\text{glace}} = 2.1 \text{ kJ/kg}$,
- l'enthalpie de fusion de l'eau, $l_f = 340 \text{ kJ/kg}$,
- la capacité thermique de l'eau liquide, $c_{\text{liq}} = 4.2 \text{ kJ/kg}$.

Commenter votre résultat et vos hypothèses.

Pourquoi à votre avis utilise-t-on des puissances différentes pour les différentes décongélation ?

On donne $\lambda_{\text{H}_2\text{O,liq}} = 2 \text{ W/m/K}$

XXIX. Carburation des aciers

Les procédés de traitements thermochimiques de surface par réaction hétérogène gaz-solide consistent à exposer, à une température inférieure à la température de fusion de l'acier que constitue la pièce métallique à un environnement gazeux contenant l'espèce chimique à introduire. Ce traitement, largement usité en milieu industriel, est un processus lent et thermiquement activé qui permet d'introduire un élément en surface d'une pièce métallique comme les aciers sans passer par la phase liquide; opération qui serait très coûteuse compte tenu des températures de fusion élevées des aciers. Il permet d'améliorer notablement les propriétés mécaniques des pièces mais nécessite des temps de traitement relativement longs qu'il convient d'optimiser.

À titre d'exemple, si l'on souhaite connaître le temps de traitement nécessaire à une diffusion du carbone dans l'austénite à 900°C d'un acier initialement à un pourcentage massique en carbone 0,5% de telle façon que ce pourcentage atteigne après traitement 1% en masse de carbone à 1mm de la surface, un temps de diffusion d'environ 74 heures est nécessaire! Cet exemple montre que les conditions de diffusion en phase solide conduisent à des temps de traitement très longs, difficilement compatibles avec la production industrielle.

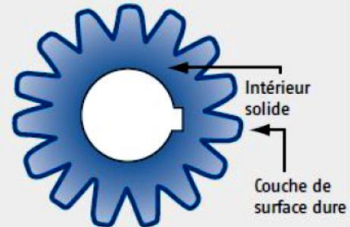
Ces durées peuvent être cependant considérablement réduites si l'on augmente la température de traitement. Ainsi si on élève de 50°C la température de traitement par rapport au calcul précédent, le temps de diffusion se réduit à 14 heures. En effet, le coefficient de diffusion dépend exponentiellement de la température T selon une loi de type Arrhénius :

$$D = D_0 \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right)$$

avec $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$, D_0 le facteur pré-exponentiel qui correspond au coefficient de diffusion pour une température infinie et Q l'énergie d'activation. Dans le cas de la diffusion du carbone dans l'austénite, $D_0 = 1,5 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ et $Q = 313 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

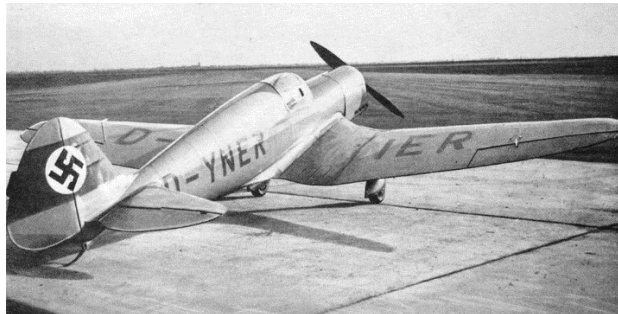
Caractéristiques

- Meilleure résistance à l'usure
- Dureté de surface supérieure
- Solidité élevée
- Meilleure résistance à la cassure/aux fentes
- Meilleure résistance à l'épuisement
- Possibilité de cémentation partielle



Si la durée de traitement est d'environ 74 heures à 900 °C, calculer l'élévation de température nécessaire pour faire tomber la durée de traitement à 14h ; comparer votre valeur à celle donnée dans le texte.

XXX. Performances d'un monomoteur



Quelques caractéristiques de l'avion Stomo 3V11 :

Masse au décollage : 340 kg

Surface des ailes : 9,6 m²

Puissance mécanique fournie par le moteur : 42 cv

Vitesse maximale (pleine puissance) : 215 km/h

Vitesse de montée : 50 km/h

En 1939, cet avion établit un record du monde international de vitesse sur 1000 km avec une moyenne de 187,78 km/h.

Autres données utilisables :

Masse volumique de l'air à 15 °C sous 1 bar : $\rho = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Rendement du moteur à hélice : 80 %

Rendement d'un moteur thermique : 30 %

1 cv = 736 W

Pouvoir calorifique de l'essence : 35 MJ.L⁻¹

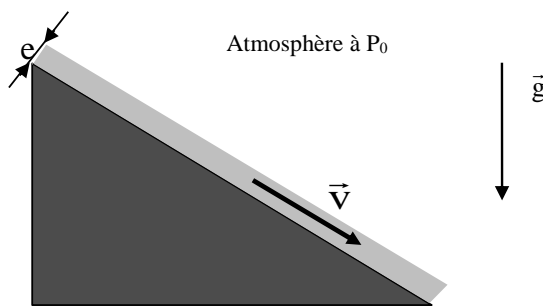
Accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

À partir de ces informations et de vos connaissances, évaluer numériquement les performances suivantes de l'avion :

- sa finesse $f = C_z/C_x$ à la vitesse maximale,
- son taux de montée $v_z = dz/dt$ au décollage,
- sa consommation en litre d'essence aux 100 km.

XXXI. Écoulement le long d'un plan incliné

Une mince couche d'huile d'épaisseur $e = 5 \text{ mm}$, de viscosité $\eta = 1 \text{ Pl}$, de masse volumique $\rho = 900 \text{ kg.m}^{-3}$, s'écoule le long d'un plan incliné dont la ligne de plus grande pente fait un angle $\alpha = 45^\circ$ avec l'horizontale.



La viscosité de l'air est égale à $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pl}$.

Proposer un modèle permettant de donner un ordre de grandeur de la vitesse de cet écoulement.

Vérifier *a posteriori* la validité de ce modèle.

Qu'en serait-il pour un écoulement d'eau de viscosité 10^{-3} Pl ?

XXXII. Une détermination du nombre d'Avogadro par Jean Perrin

Jean Perrin, physicien français, prix Nobel 1926 et créateur du Palais de la Découverte, a effectué plusieurs mesures du nombre d'Avogadro.

Pour l'une d'elles, il a préparé des suspensions de petites sphères (sphérules) de gomme-gutte (caoutchouc végétal) dans de l'eau ; une goutte de suspension est placée dans une cuve d'un dixième de millimètre et observée au microscope. Il écrit :

« On constate que la répartition des grains, à peu près uniforme après l'agitation qui accompagne forcément la mise en place, cesse rapidement de l'être, que les couches inférieures deviennent plus riches en grains que les couches supérieures, mais que cet enrichissement se ralentit sans cesse, et que l'aspect de l'émulsion finit par ne plus changer. Il se réalise bien un état de régime permanent dans lequel la concentration décroît avec la hauteur. »⁵

Jean Perrin fait ensuite des mesures des concentrations de grains à différents niveaux pour vérifier que la loi statistique de l'atmosphère isotherme s'applique. « L'objectif employé, de très fort grossissement, a une faible profondeur de champ et on ne voit nettement, à un même instant, que les grains d'une tranche horizontale très mince dont l'épaisseur est de l'ordre du micromètre. Si l'on élève ou abaisse le microscope on voit les grains d'une autre tranche. »⁶

^{5,6} Extraits tirés de « Les atomes » Jean Perrin 1913

A un niveau choisi comme origine $z_0 = 0$, Jean Perrin a compté 100 sphérules ; à l'altitude $z_1 = 90 \mu\text{m}$, il en a compté 17. Déduire de ces mesures une valeur approchée du nombre d'Avogadro.

Données : Rayon d'une sphérule $r = 0,212 \mu\text{m}$;
 Masse volumique de la gomme-gutte $\mu = 1,194 \text{ g.cm}^{-3}$ à $T = 293 \text{ K}$;
 Masse volumique de l'eau $\mu_e = 1,003 \text{ g.cm}^{-3}$ à $T = 293 \text{ K}$.
 Température $T = 293 \text{ K}$.
 Constante des gaz parfaits $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

XXXIII. Lumière d'une bougie

A quelle distance maximale peut-on voir une bougie la nuit ?

Données :

Puissance émise par une bougie : 0,1 W

L'œil est sensible à 10 photons et son temps de réponse est de 50 ms.

Vous introduirez toutes les grandeurs nécessaires à la résolution et vous demanderez au cours de l'oral au correcteur les valeurs numériques qui vous semblent utiles