



## 1/ REMARQUES GÉNÉRALES

La session 2015, première session post réforme des CPGE, s'est passée de manière très satisfaisante. Le niveau des candidats est globalement comparable aux sessions antérieures avec cependant des transferts de compétences. Certes les aptitudes à mener des calculs à terme sont moindres mais la prise d'initiative, la modélisation des phénomènes et la mise en forme des idées sont sensiblement meilleures. Indiscutablement, les candidats ont désormais un sens physique plus développé.

### I. Rappels sur le déroulement de l'épreuve et commentaires généraux

L'étudiant passe une heure dans la salle d'interrogation, ce temps comporte la préparation sur table (25 minutes), la présentation orale et aussi la partie administrative. Durant ce temps, le candidat a deux exercices à traiter sur au moins deux parties différentes du programme officiel de physique-chimie des deux années (1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup>) de CPGE filière PSI.

Le candidat est libre de choisir l'ordre de présentation des exercices. Il est cependant recommandé de consacrer un temps comparable à chacun des exercices proposés, ces derniers ayant un « poids » comparable d'un point de vue notation.

Le but de la préparation n'est pas de résoudre entièrement les exercices, mais de mettre au point une stratégie de résolution et de rassembler les éléments du cours nécessaires pour y parvenir.

#### Constat :

La quasi-totalité des candidats ne gère pas le temps lors du passage au tableau et sans l'intervention de l'examineur, bon nombre d'entre eux ne traiteraient qu'un des deux exercices. Il est souhaitable que les candidats fassent preuve de plus de rigueur dans leur gestion du temps d'exposé et équilibrent leur prestation entre les deux sujets à traiter.

### II. Nature de l'épreuve orale

Cette épreuve orale peut porter sur les contenus disciplinaires des deux années de CPGE (en physique et en chimie) et des aspects expérimentaux peuvent y être abordés.

Chaque candidat a deux sujets à traiter :

- un sujet, avec des questions détaillées, pouvant s'appuyer sur des documents divers (table de données, courbe de dosage, schéma d'une expérience, article scientifique, document technique, notice d'un appareil...).

- un sujet de type résolution de problème. L'objectif à atteindre sera clairement donné et le travail du candidat portera sur la démarche à suivre, l'obtention du résultat et son regard critique. Le candidat devra mobiliser ses connaissances, capacités et compétences afin d'aborder une situation dans laquelle il doit atteindre un but bien précis, mais pour laquelle le chemin à suivre n'est pas indiqué.

## 2/ REMARQUES SPÉCIFIQUES

### Critères d'évaluation concernant la résolution de problème

La réaction des candidats face à un exercice de type résolution de problème a été cette année très disparate. Aussi, voilà de manière chronologique ce qui est attendu pour la résolution de ce type d'exercice où l'initiative du candidat est primordiale.

<u>Compétences</u>	<u>Ce qu'attend l'examineur</u>
<p><b>En tout premier lieu :</b></p> <p><b>s'approprier le problème à résoudre</b></p>	<p>Faire un schéma est indispensable, retenir et noter au tableau les informations nécessaires, introduire et noter au tableau les grandeurs pertinentes à la résolution.</p> <p><a href="#">Conseils</a></p> <p><i>Lors de la préparation :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- attribuer des symboles mathématiques aux grandeurs identifiées comme pertinentes. Il est notamment essentiel d'attribuer un symbole mathématique à la grandeur recherchée.</li> <li>- Lorsque l'énoncé s'y prête, traduire certaines parties du texte (critères ou contraintes) en langage mathématique. (ex : distance d'arrêt d'un mobile <math>\Leftrightarrow d</math> telle que <math>v = 0</math>)</li> </ul> <p><i>Devant l'examineur :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- faire un schéma qui n'est pas seulement un résumé de l'énoncé : y faire apparaître les symboles mathématiques des grandeurs pertinentes et les mentionner à l'oral.</li> <li>- Formuler clairement à l'oral la situation étudiée et préciser explicitement la grandeur recherchée.</li> </ul>
<p><b>Ensuite et impérativement :</b></p> <p><b>analyser établir une stratégie de résolution</b></p>	<p>Il faut exposer clairement la démarche envisagée pour répondre à la question posée.</p> <p>Le candidat doit être force de proposition et ne pas attendre que l'examineur lui propose des pistes. Il faut cependant rester modeste et commencer par proposer des modélisations simples qui vont amener à un résultat chiffré, contrairement aux modélisations prenant en compte trop de facteurs et rendant la résolution impossible au tableau. Il faut préciser et écrire explicitement les hypothèses faites.</p> <p><a href="#">Conseils</a></p> <p><i>Lors de la préparation :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- commencer par repérer qualitativement les grandeurs physiques qui régissent le(s) phénomène(s) étudié(s).</li> <li>- Dans le même temps, en sondant ses connaissances du cours, lister les expressions mathématiques des lois physiques correspondantes. Pour être productive, cette étape cruciale nécessite d'avoir compris la signification qualitative des lois physiques au programme de CPGE. Cela permet de reconnaître « l'utilité » d'une loi dans le contexte du problème posé, c'est-à-dire les liens qu'elle permettra d'établir entre les différentes grandeurs préalablement identifiées (la grandeur à déterminer, entre autre).</li> <li>- Dans le contexte d'une résolution de problème, les résultats établis en cours n'ont pas à être redémontrés (équation de diffusion, de d'Alembert, expression d'une résistance thermique en fonction de la conductivité pour un conducteur rectiligne, etc.), sans pour autant occulter le domaine de validité requis pour leur utilisation.</li> <li>- Rechercher la stratégie de résolution la plus simple possible sans dénaturer le problème posé. Si le temps le permet, il sera toujours possible d'affiner le modèle choisi.</li> </ul>

	<p>- Extraire depuis les documents associés à l'énoncé (photos, courbes) des informations pertinentes, notamment les valeurs numériques parfois indispensables à la résolution.</p> <p>- Lorsqu'une donnée numérique semble manquer, il faut d'abord s'assurer qu'elle ne peut pas être mesurée/estimée à partir des documents. Si elle ne l'est pas, il est alors sans doute nécessaire de proposer un ordre de grandeur.</p> <p>NB : la possibilité d'estimer un ordre de grandeur ne doit pas occulter la possibilité d'extraire des valeurs numériques précises des documents proposés, surtout quand cela constitue le cœur du problème posé.</p> <p>NB : utiliser un résultat du cours hors de son domaine strict de validité est fréquent lorsqu'on cherche à modéliser simplement le problème posé. Mais toutes les hypothèses ne se valent pas. Souvent, les hypothèses nécessaires à la simplification du problème sont les mêmes que celles effectuées en cours pendant l'année (ex : écoulement parfait pour modéliser de l'eau s'écoulant dans des conduites, air supposé transparent d'indice égal à un, ferromagnétique linéaire de grande perméabilité dans les dispositifs de conversion de puissance, etc.). Il faut tout de même s'assurer que les hypothèses retenues ne soient pas en violente contradiction avec la situation étudiée.</p> <p><i>Devant l'examineur :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nommer les différentes grandeurs physiques qui permettent de résoudre le problème, ainsi que les expressions mathématiques des lois physiques associées.</li> <li>- Relier à l'oral les différentes grandeurs et les différentes lois, la stratégie de résolution se dessine alors !</li> <li>- Juste avant de se lancer dans la réalisation, résumer les grandes étapes de la résolution à venir.</li> </ul>
<p><b>Nécessairement :</b></p> <p><b>réaliser</b></p>	<p>Mettre en équations le problème. Trop souvent les candidats disent ce qu'ils pourraient faire mais ne le font pas. L'examineur note ce qui est fait et non ce qui aurait pu être fait.</p> <p>Utiliser les schémas faits pour représenter le système étudié, les forces appliquées, les échanges réalisés, faire des tableaux d'avancement en chimie etc...</p> <p>Appliquer les lois physiques dans le cadre des hypothèses.</p> <p>Faire des applications numériques pour quantifier le ou les résultats et ne pas hésiter à introduire les grandeurs numériques nécessaires à la résolution.</p> <p><u>Conseils</u></p> <p><i>Lors de la préparation :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- manipuler les expressions afin d'exprimer littéralement la grandeur recherchée en fonction des autres grandeurs connues (ou estimées).</li> <li>- Ne pas mélanger le calcul littéral et les applications numériques.</li> <li>- Déterminer numériquement la grandeur recherchée.</li> </ul> <p><i>Devant l'examineur :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- cette étape doit être exposée de manière structurée après avoir explicité la stratégie de résolution. Les lois utilisées doivent être nommées lors de la résolution.</li> </ul>

	NB : il est fréquent qu'un candidat n'ait pas abordé cette étape lors de la préparation : cela ne signifie pas qu'il va rater son passage devant l'examineur. De nombreux candidats se sont retrouvés dans cette situation, cela ne les a pas nécessairement empêché de bien réussir.
<b>Au moins une fois lors de la résolution :</b> <b>valider</b>	Etre critique vis-à-vis du résultat obtenu ; cela peut être : - comparer les résultats à des connaissances personnelles. - Faire une application numérique et discuter l'ordre de grandeur obtenu. - Vérifier l'homogénéité d'un résultat.
<b>Inévitablement :</b> <b>communiquer</b>	Sont évaluées : - aisance à l'oral - présentation du tableau - initiative/autonomie

### 3/ CONCLUSION

#### I. Conclusion et conseils aux candidats

Il est évident que la maîtrise des capacités exigibles, clairement identifiées dans le programme officiel de CPGE, est une condition nécessaire à la réussite de cette épreuve orale.

Néanmoins, l'esprit d'initiative sera au cœur de l'échange avec l'examineur. Certes, une valeur finale chiffrée est attendue, notamment dans l'exercice type résolution de problème, mais la démarche, les pistes de résolution envisagées par le candidat seront essentielles et très valorisées. Ainsi, l'examineur encourage les candidats à proposer des stratégies de résolution des exercices même si elles ne sont pas totalement abouties, sans pour autant croire qu'une analyse dimensionnelle ou une intuition peut remplacer un raisonnement construit.

Il est rare qu'un candidat présente à l'examineur une résolution complète, la plupart n'ayant pas terminé la résolution lors de la préparation, voire n'ont pas atteint l'étape « REALISER ». Lors du passage devant l'examineur, il s'agit alors dans un premier temps d'exposer ce que l'on a compris, les différentes pistes envisagées, les raisons pour lesquelles ces pistes n'ont pas abouti. La communication de ce travail de préparation doit être structurée, surtout si plusieurs pistes ont été étudiées. Il faut absolument éviter d'évoquer différentes pistes de manière désordonnée. La capacité du candidat à expliciter ce qui l'empêche de poursuivre est alors essentielle pour engager la discussion avec l'examineur. Tirer le meilleur profit de cette discussion nécessite d'être réactif et de bien connaître son cours.

#### II. Quelques remarques pratiques annexes

##### *Avis aux préparateurs*

Les examinateurs ayant pour consigne de ne demander ni le lycée d'origine du candidat ni son « statut de 3/2 ou 5/2 » il serait donc souhaitable que les candidats n'arborent pas ces informations sur leur tenue vestimentaire à l'effigie de leur CPGE. Certes nous comprenons l'attachement qu'ont les étudiants de CPGE vis-à-vis de « leur prépa » mais cette information, qui n'intéresse en rien les examinateurs, doit tout de même restée privée.

##### *Avis aux visiteurs*

Cette année encore, le nombre de visiteurs (étudiants en 1<sup>re</sup> année mais aussi enseignants) a été très important. Aussi nous tenons à rappeler que les candidats ont le droit de refuser la présence d'un auditeur et compte tenu de l'affluence, notamment lors de la première quinzaine, il n'est pas toujours possible d'être « reprogrammé » après un refus de présence de la part d'un candidat. Traditionnellement la deuxième quinzaine des oraux est moins fréquentée par les auditeurs ce qui implique une plus grande souplesse dans l'accueil.

### III. Quelques exemples de sujets

#### *Sujets avec questions détaillées :*

- Dimensionnement d'un puits canadien.
- Comment rejoindre l'ISS ?

#### *Sujet type résolution de problème :*

- Corde vibrante.
- Supraconducteur.
- Atmosphère de Titan.

## Dimensionnement d'un puits canadien

Lorsqu'un fluide de débit massique  $\dot{m}$  s'écoule en régime stationnaire au travers d'une machine thermique, on peut lui appliquer le 1<sup>er</sup> principe sous la forme ci-dessous (voir figure 1 en annexe) :

$$\dot{m} [(e_{c2} - e_{c1}) + (e_{p2} - e_{p1}) + (h_2 - h_1)] = P_{th} + P_m$$

où la puissance thermique  $P_{th}$  et la puissance mécanique  $P_m$  reçues par le fluide de la part de la machine s'expriment en fonction de sa variation d'énergie cinétique, d'énergie potentielle et d'enthalpie massiques.

- 1) Exprimer la variation d'enthalpie massique pour un gaz parfait.

Le puits canadien est un système de préchauffage passif de l'air utilisant l'inertie thermique du sol (voir figure 2 en annexe).

Sous nos latitudes, la température moyenne du sol vaut environ  $T_{sol} = 11^\circ\text{C}$  et on suppose que ses variations sont négligeables à la profondeur où est enterré le tuyau (2 m). On se place donc en régime stationnaire. On assimile l'air à un gaz parfait en écoulement incompressible.

L'air qui circule dans le tuyau horizontal reçoit de la chaleur de la part du sol sous forme conducto-convectif et on peut modéliser par  $dP_{th} = \alpha dx (T_{sol} - T(x))$  la puissance thermique reçue par un élément de longueur  $dx$  d'air.

- 2) Quelle est la dimension de  $\alpha$  ?

- 3) En effectuant un bilan d'énergie en régime stationnaire sur un système élémentaire qu'on précisera, montrer que la température de l'air à l'intérieur du tuyau horizontal est solution de l'équation différentielle :

$$\frac{dT}{dx} + \frac{T(x) - T_{sol}}{\ell_o} = 0$$

où  $\ell_o$  s'exprime en fonction de  $\dot{m}$ , débit massique de l'air,  $c_p$  capacité thermique massique de l'air et du coefficient  $\alpha$ .

- 4) Résoudre cette équation différentielle. On appelle  $T_{ext}$  la température de l'air extérieur. Quelle est la température maximale que peut atteindre l'air à l'intérieur du tuyau ?
- 5) En déduire la puissance thermique reçue par l'habitation lorsque l'air a parcouru une longueur  $L$  de tuyau.

Soit le réseau expérimental de courbes  $P_{th}(L)$  donné en annexe obtenu pour une température du sol  $T_{sol} = 11^\circ\text{C}$  et une température d'entrée de l'air  $T_{ext} = -5^\circ\text{C}$ .  $D$  est le diamètre de la gaine du tuyau.

- 6) Justifier que le palier atteint ne dépend que du débit massique  $\dot{m}$ .

Comment, à l'aide de ces courbes, accède-t-on à la valeur numérique de  $\ell_o$  ?

Comment justifier, pour un débit donné, l'existence d'un réseau de courbes, qui varie en fonction du diamètre  $D$  du tuyau ?

ANNEXE

figure 1

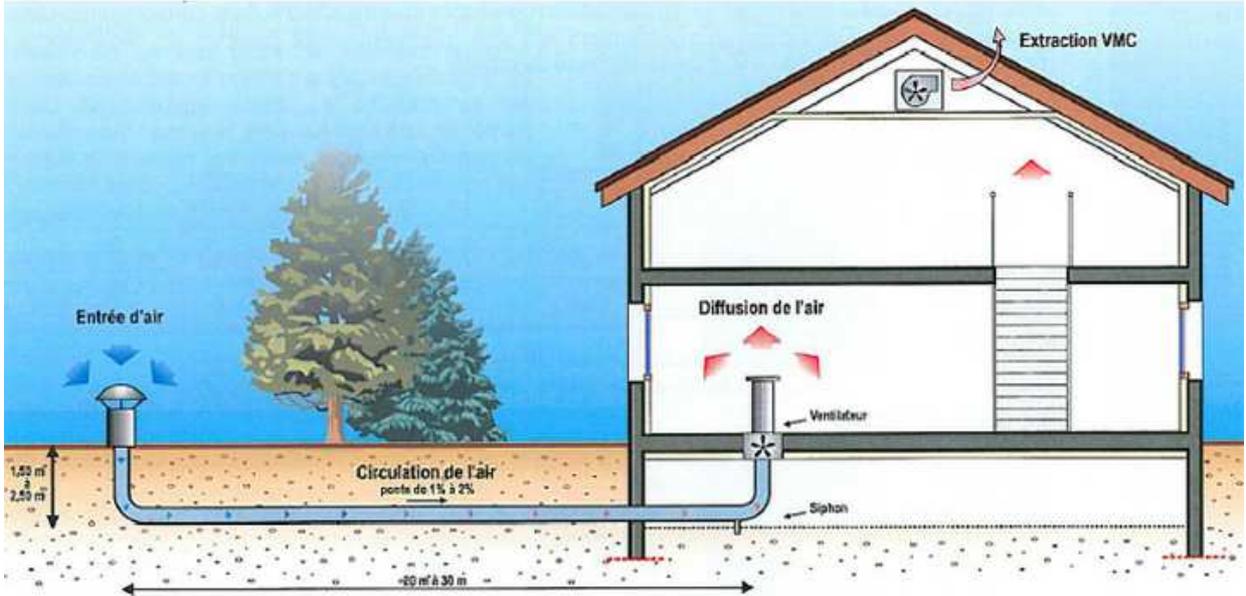
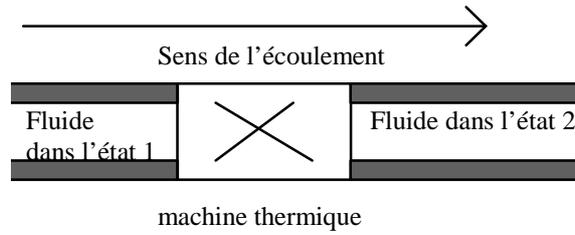
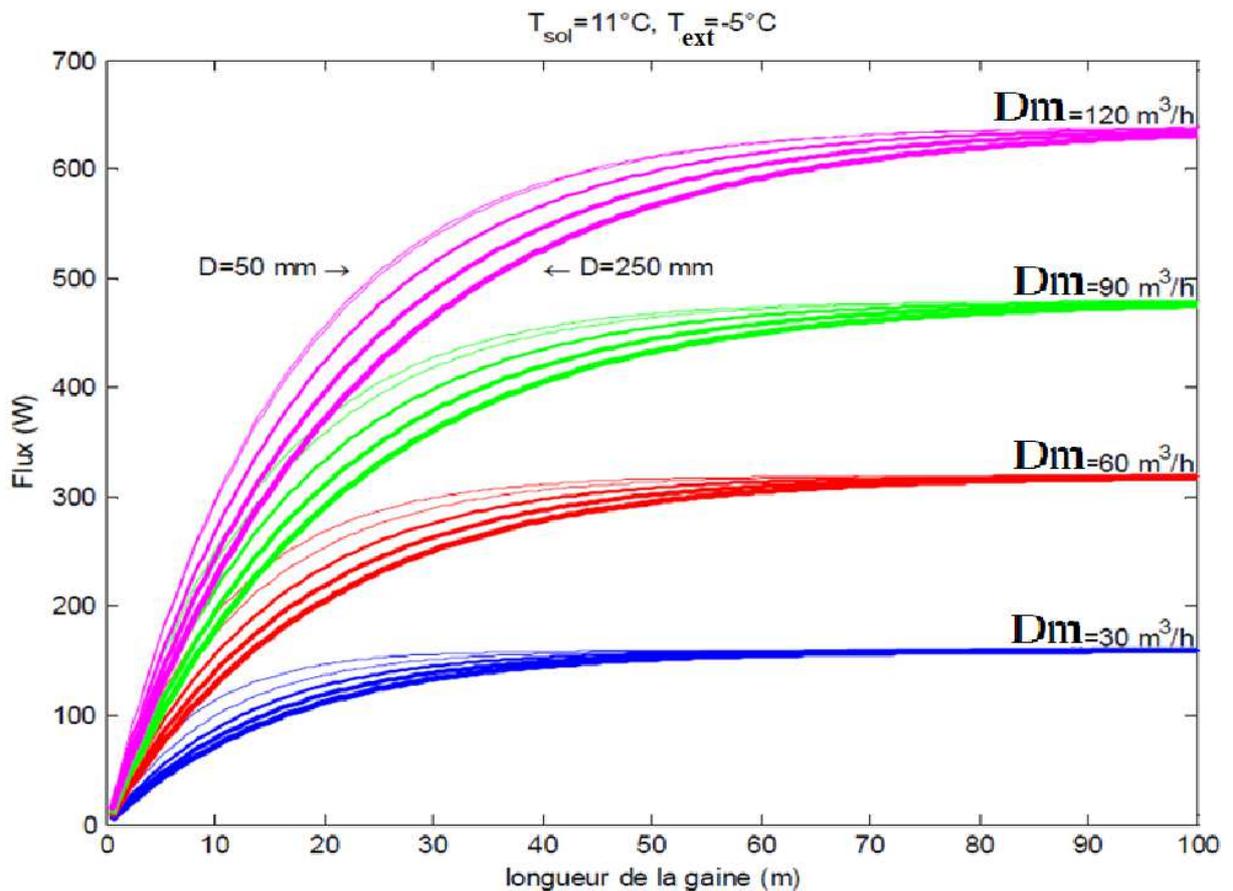


figure 2 : préchauffage à l'aide d'un puits canadien



## Comment rejoindre l'ISS ?

Dans le film « Gravity » des astronautes effectuent une mission de maintenance sur le télescope spatial Hubble, lorsque leur navette est mise hors d'état. Le seul espoir semble être de rejoindre la Station spatiale internationale, ISS.

Le but de cet exercice est de définir dans quelle condition ce voyage spatial est possible.

On suppose que le télescope Hubble et l'ISS sont en orbite circulaire basse autour de la terre, respectivement à 600 km et 400 km au-dessus de la Terre, dans le même plan.

Le rayon de la terre est  $R_T = 6400$  km ;  $G$  est la constante universelle de gravitation.

1. Exprimer la force de gravitation exercée par la Terre de masse  $M$  sur l'astronaute et son équipement de masse  $m$ , en train de réparer le télescope.

Donner l'expression de l'énergie potentielle de gravitation.

2. En exprimant le principe fondamental de la dynamique pour un système en rotation uniforme, établir la 3<sup>e</sup> loi de Képler.

Exprimer l'énergie de l'astronaute sur son orbite, en fonction de  $G$ ,  $m$ ,  $M$  et  $r$  rayon de l'orbite.

3. Déterminer numériquement la période  $T_S$  de l'ISS, sachant que la période du télescope est :  $T_H = 97$  min.

Déterminer numériquement la vitesse du télescope  $v_H$ , puis celle de la station spatiale  $v_S$  sur leur orbite respective.

Pour rejoindre la station spatiale, l'astronaute envisage une orbite de transfert elliptique, dont l'apogée de distance  $r_H$  par rapport au centre de la Terre est sur l'orbite du télescope et le périégée de distance  $r_S$  par rapport au centre de la terre est sur l'orbite de l'ISS.

4. Représenter la trajectoire suivie par l'astronaute.
5. Exprimer l'énergie de l'astronaute sur cette trajectoire en fonction de  $G$ ,  $M$ ,  $m$ ,  $r_H$  et  $r_S$ .
6. Exprimer la vitesse de l'astronaute à l'apogée, en fonction de  $r_H$ ,  $T_H$  et  $r_S$ . puis, par analogie, en déduire l'expression de la vitesse au périégée en fonction de  $r_H$ ,  $T_S$  et  $r_S$ .

Applications numériques. Techniquement comment l'astronaute peut-il gérer sa vitesse ?

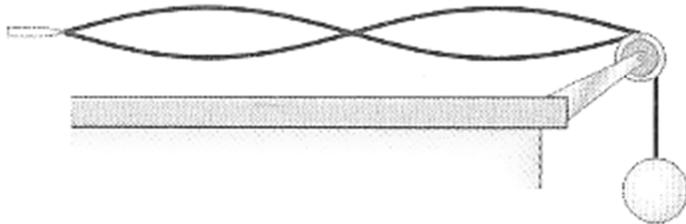
7. Quelle est la durée de ce voyage ?

## Corde vibrante

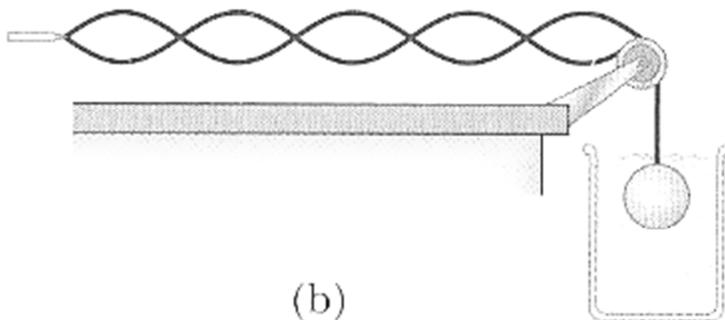
Une corde horizontale, sans raideur, est attachée à l'une de ses extrémités par une lame vibrante. A l'autre extrémité, la corde passe par une poulie et est reliée à une sphère de masse  $m = 2,00 \text{ kg}$ . La corde oscille et on observe la situation de la figure (a).

Ensuite la sphère est totalement immergée dans un récipient contenant de l'eau. Dans cette configuration, la corde oscille toujours mais désormais on observe la situation figure (b).

**Estimer la valeur du rayon de la sphère ?**



(a)



(b)

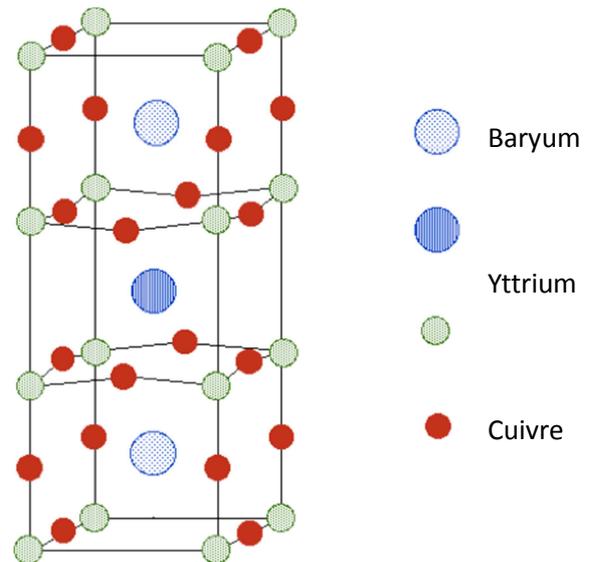
## Supraconducteur

### La structure

Les oxydes mixtes de baryum, de cuivre et d'yttrium sont des cristaux ioniques connus pour avoir été les premiers matériaux supraconducteurs à température supérieure à celle de l'azote liquide (77 K) et donc les premiers supraconducteurs dits « à haute température ». Ils ont été découverts en 1986.

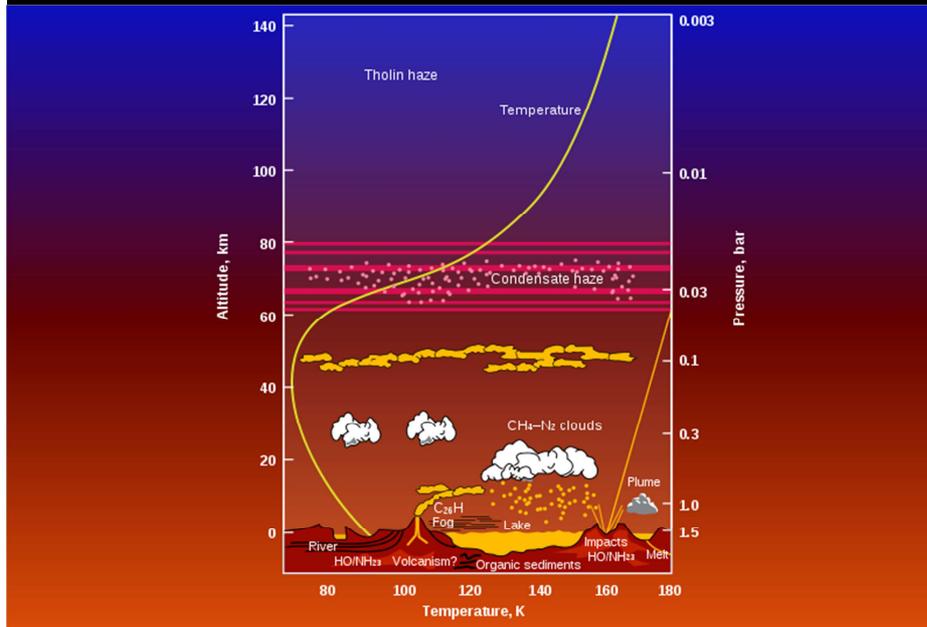
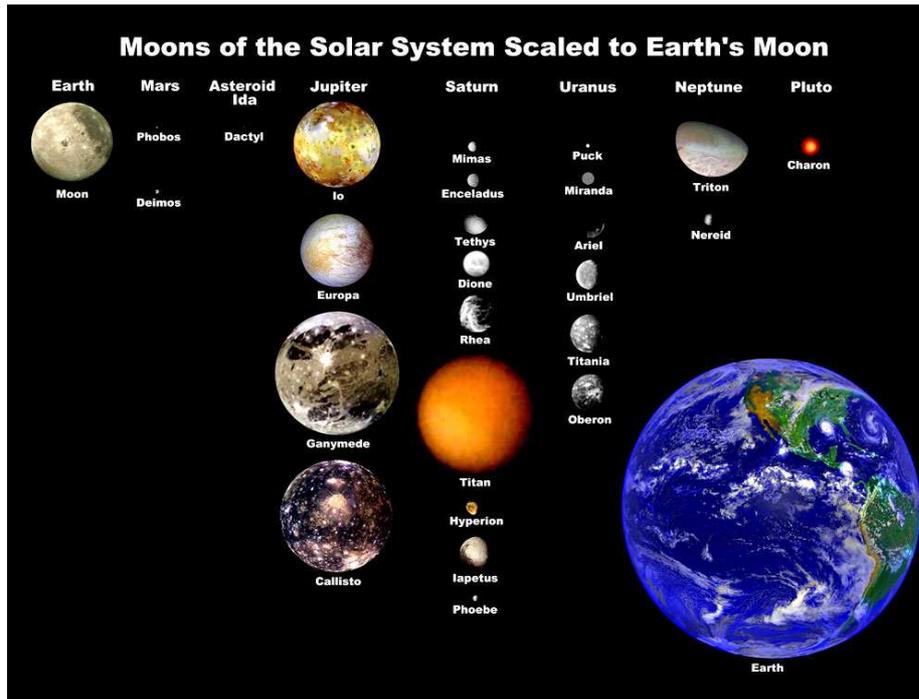
La structure d'un tel cristal est donnée ci-contre.

On précise que le baryum est un alcalino-terreux (2<sup>e</sup> colonne de la classification périodique des éléments) et que le numéro atomique de l'yttrium vaut 39.



Un modèle simple attribue la supraconductivité de ces structures à l'existence de cuivre au degré d'oxydation III.

**Mettre en évidence l'existence des tels ions dans la structure.**



Titan (satellite de Saturne) est constitué d'une atmosphère de  $N_2$  à la température  $T = 90 \text{ K}$ . La masse de Titan vaut  $M = 1,3 \cdot 10^{23} \text{ kg}$  et son rayon  $R = 2\,600 \text{ km}$ .

On donne :  
 la constante de gravitation  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$  ;  
 la constante des gaz parfaits  $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  
 la masse molaire du diazote :  $M_{N_2} = 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

**Trouver l'ordre de grandeur de l'épaisseur de l'atmosphère de Titan.**