

Nom :

11 mars 2017

T^{ale} S

DS n°3 DE PHYSIQUE-CHIMIE

Durée 3h – Aucun document – Calculatrices AUTORISEES
Tout sujet non rendu avec la copie sera pénalisé de 1 point - Le barème indiqué sur 20 points est approximatif
le sujet comporte 6 pages

CONSIGNES à RESPECTER

- les réponses doivent être justifiées.
- les expressions littérales doivent être encadrées
- les résultats numériques doivent être soulignés, les unités précisées et le nombre de chiffres significatifs cohérent.
- ne jamais rester bloqué plus de 5 minutes sur une question

Physique 1 : pour aller plus haut [/9]

L'ascenseur spatial a été envisagé dans les années 1970 comme alternative aux lanceurs classiques de satellites que sont les fusées et navettes spatiales.

Dans certains ouvrages, l'ascenseur culminerait à l'altitude de 36 000 kilomètres au-dessus du sol. Cette hauteur n'est pas due au hasard. En effet, un satellite en orbite équatoriale à cette altitude apparaît immobile au-dessus d'un point de l'équateur : c'est un satellite géostationnaire. La particularité de l'orbite géostationnaire suggère une façon de relier le sol et l'espace : il suffit de laisser pendre un câble d'un satellite géostationnaire. Ce dernier restera toujours à l'aplomb du même point de la surface terrestre d'où l'on pourra construire une base de départ de cabines qui escaladeront le câble, transportant des satellites directement jusqu'à l'orbite géostationnaire en quelques jours, environ cinq selon certaines hypothèses retenues. Et inversement les satellites en fin de vie pourraient être redescendus par l'ascenseur et récupérés sur Terre. Comment déployer le câble depuis l'espace ? La réponse semble simple : il suffit de dérouler une bobine de câbles préalablement mise en orbite géostationnaire.

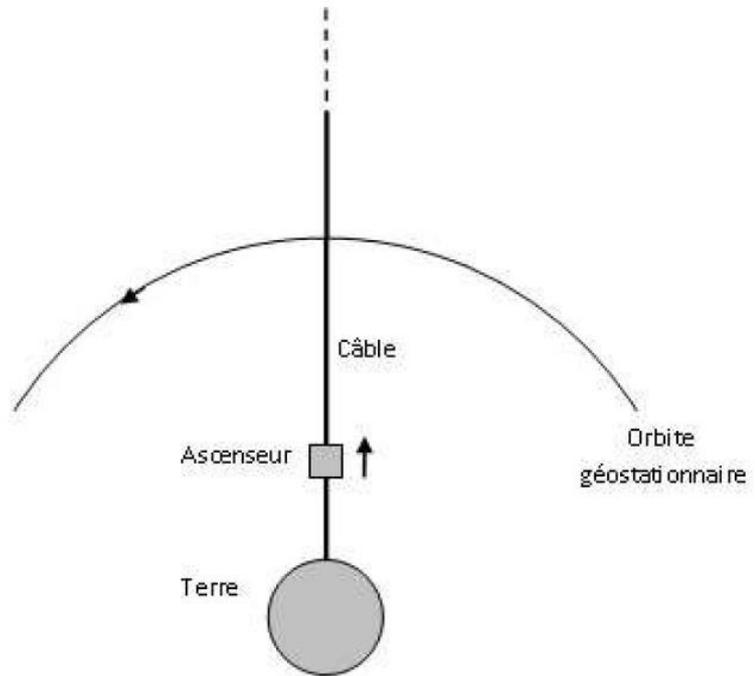


Dessin d'artiste représentant un ascenseur spatial

Mais il y a un problème. Sur la partie basse du câble l'attraction terrestre dépasse la force centrifuge due à son mouvement de rotation autour de la Terre. Conséquence : le câble est irrémédiablement tiré vers la Terre et ne peut maintenir sa position initiale. Pour pallier ce problème, il suffit de déployer le câble simultanément dans deux directions opposées, c'est-à-dire vers la Terre et vers l'espace. Dans ce cas, l'astuce consiste à ce que la partie supérieure du câble « retienne » la partie inférieure. L'ascenseur spatial permettrait aussi d'utiliser l'énergie de rotation de la Terre pour lancer des sondes depuis l'orbite géostationnaire vers des orbites plus hautes. La vitesse orbitale tout en haut de l'ascenseur serait si grande qu'un satellite qui y serait largué n'aurait pas besoin de moteur pour échapper à l'attraction terrestre. Vénus, Mars, Jupiter et même la sortie du système solaire seraient accessibles sans énergie supplémentaire que celle requise pour atteindre l'orbite géostationnaire.

D'après "The orbital tower : a spacecraft launcher using the Earth's rotational energy", article original de Jérôme PEARSON en 1975 et <http://blog.belial.fr/post/2010/04/18/Ascenseur-vers-l-espace>, article de R. LEHOUCQ

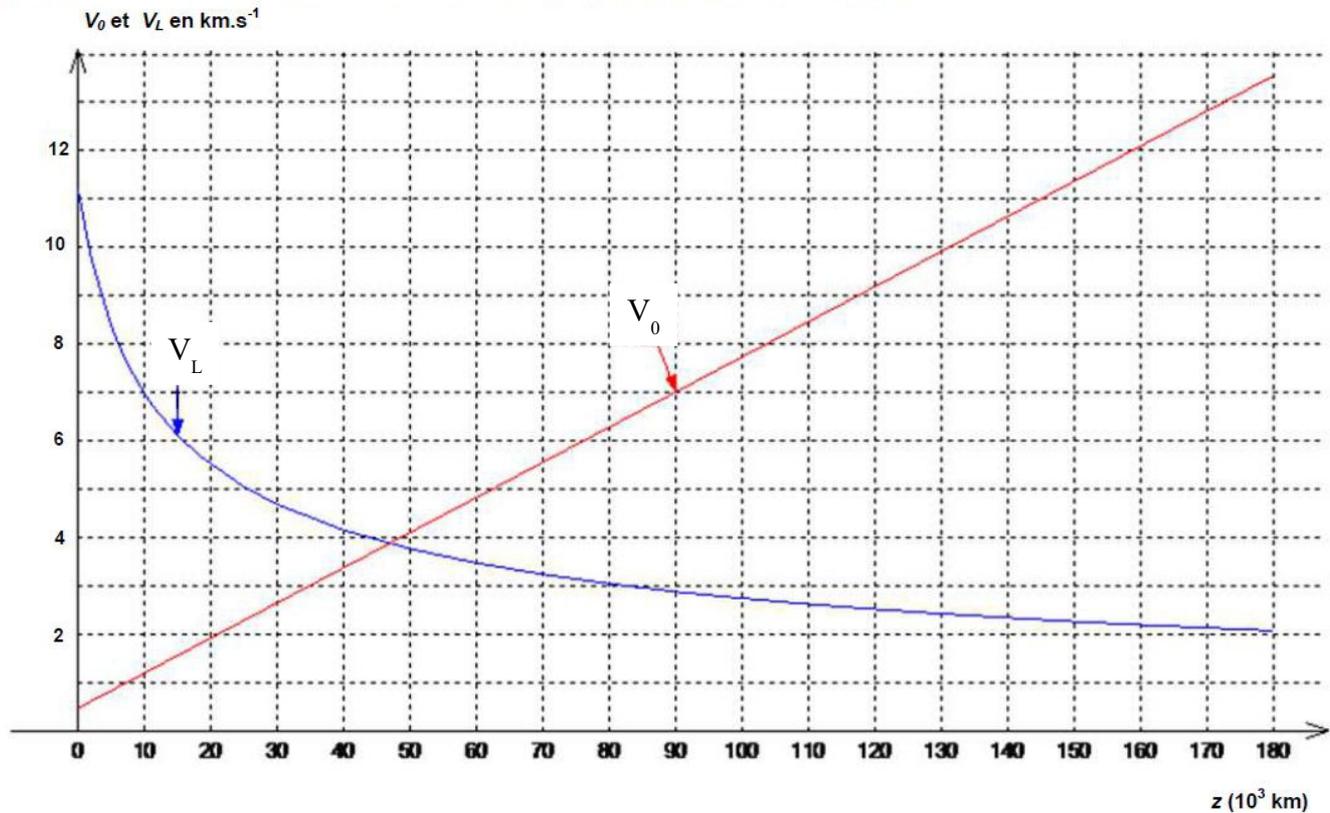
Schéma de principe de l'ascenseur spatial



Document 2. Vitesse de libération et vitesse orbitale

Vitesse de libération V_L : vitesse minimale à communiquer à un projectile non motorisé dans le référentiel géocentrique (référentiel lié au solide imaginaire contenant le centre de la Terre et 3 étoiles éloignées) pour qu'il puisse s'échapper de l'attraction terrestre. Elle dépend de son altitude initiale z .

Vitesse orbitale V_O d'un point de l'ascenseur spatial : vitesse, par rapport au référentiel géocentrique, qu'il possède sur son orbite dans une direction perpendiculaire au fil de l'ascenseur.



Graph representing the escape velocity V_L and the orbital velocity V_O of a point of the space elevator (in km.s^{-1}) as a function of the altitude z .

1- Pourquoi utiliser un satellite géostationnaire pour ce projet ?

1.1. À partir des documents et sans faire de calcul, définir un satellite géostationnaire puis donner les valeurs de sa vitesse et de sa période dans le référentiel terrestre et dans le référentiel géocentrique.

1.2. Dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, le satellite géostationnaire a une trajectoire circulaire. À partir de la deuxième loi de Kepler (ou des aires), montrer que le mouvement de ce satellite est uniforme.

1.3. En faisant référence à la question précédente, donner la direction et le sens du vecteur accélération du satellite géostationnaire dans le référentiel géocentrique. Montrer que ces résultats sont en conformité avec la deuxième loi de Newton.

1.4. Établir l'expression de la vitesse v du satellite géostationnaire dans le référentiel géocentrique en fonction de sa période $T_{Géo}$, du rayon de la Terre R_T ($R_T = 6,4 \times 10^3$ km) et de son altitude h puis calculer sa valeur.

1.5. D'après le texte, que faut-il « rajouter » à un satellite géostationnaire pour réaliser un ascenseur spatial ? Pour quelle raison est-il essentiel de placer un satellite à 36 000 km ?

2. L'ascenseur spatial

Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma :

- la Terre de rayon équatorial $R_T = 6,4 \times 10^3$ km ;
- le satellite géostationnaire en orbite à l'altitude h de « 36 000 km » ;
- le câble reliant le satellite géostationnaire à la Terre ;
- la cabine de l'ascenseur à une altitude $h' = 20 000$ km ;
- le vecteur vitesse ascensionnelle \vec{V}_a de la cabine le long du fil ainsi que son vecteur vitesse orbitale \vec{V}_o

2.2. Un point de l'ascenseur spatial situé à l'altitude z possède dans le référentiel géocentrique la vitesse orbitale :
$$V_o(z) = \frac{2\pi(R_T + z)}{T_{Géo}}$$
. Montrer que cette expression est cohérente avec l'allure de la courbe de la vitesse orbitale présentée dans le document 2.

2.3. En faisant référence au document 1, calculer la valeur de sa vitesse moyenne ascensionnelle.

2.4. Comparer la vitesse moyenne ascensionnelle à la vitesse orbitale à l'altitude h' .

2.5. « La vitesse tout en haut de l'ascenseur serait si grande qu'un satellite qui y serait largué n'aurait pas besoin de moteur pour échapper à l'attraction terrestre ».

2.5.1. Estimer l'altitude minimale de l'ascenseur spatial pour que le satellite s'échappe de l'attraction terrestre.

2.5.2. Estimer l'énergie cinétique à communiquer à un satellite de masse $m = 1,5 \times 10^3$ kg, en orbite géostationnaire, pour qu'il s'échappe de l'attraction terrestre. Comment cette énergie peut-elle lui être communiquée ?

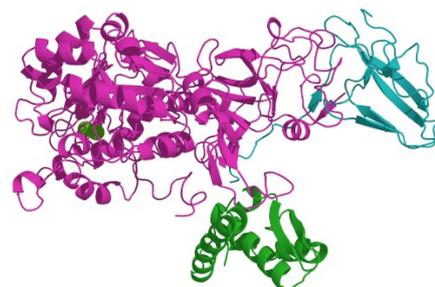
Chimie 1 : une enzyme particulière [/6]

L'uréase est une enzyme découverte par J-B Summer en 1926. Elle joue un rôle important au sein des organismes vivants dans la décomposition d'une molécule organique, l'urée. On trouve l'uréase dans des organismes végétaux (comme le haricot sabre) mais également dans des bactéries pathogènes (telles que *Helicobacter pylori*).



Haricot sabre

Une enzyme est une macromolécule. Les différentes parties de cette molécule sont liées entre elles notamment par des liaisons hydrogène qui se forment plus ou moins facilement suivant la température. Ces liaisons conduisent à la formation d'une structure tridimensionnelle présentant de nombreux replis (voir image ci-contre). La réaction, que catalyse l'enzyme, se produit au sein de l'un de ces replis appelé alors site actif.



Structure 3D de l'uréase

L'objectif de cet exercice est l'étude du rôle de l'uréase et de l'influence de certains paramètres sur son activité.

Données :

- couples acide/base : H_3O^+ (aq) / H_2O (l) ; NH_4^+ (aq) / NH_3 (aq)
- pK_a du couple NH_4^+ (aq) / NH_3 (aq) = 9,2

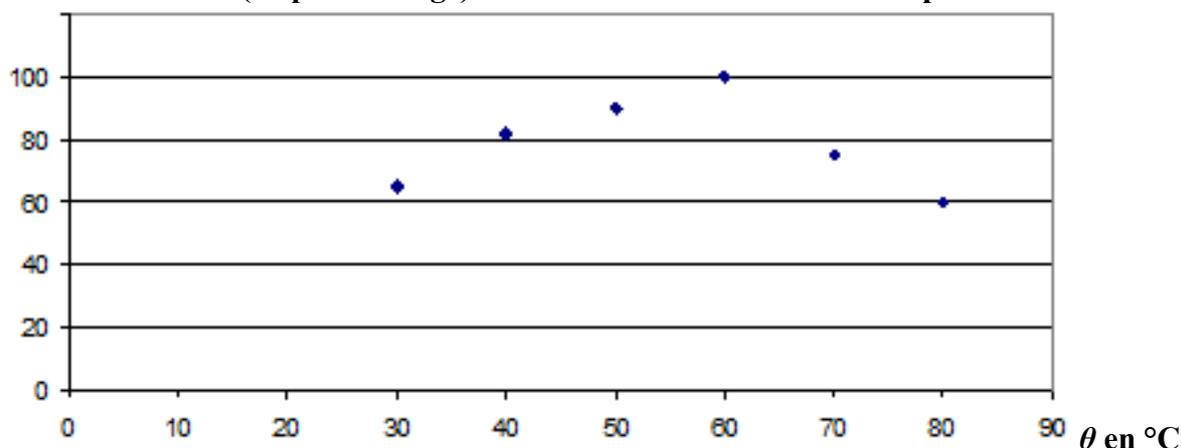
Document 1. Influence de la température sur l'activité enzymatique

La cinétique de la réaction catalysée est directement liée à l'activité de l'uréase : plus l'activité est grande, plus la réaction est rapide. L'activité relative, représentée sur le graphe ci-dessous, est le rapport de l'activité de l'enzyme sur son activité maximale, dans des conditions fixées de température, de pH et pour une quantité d'enzyme donnée.

Condition expérimentale :

pH = 7,0 (solution tampon au phosphate de concentration molaire 20 mmol.L^{-1})

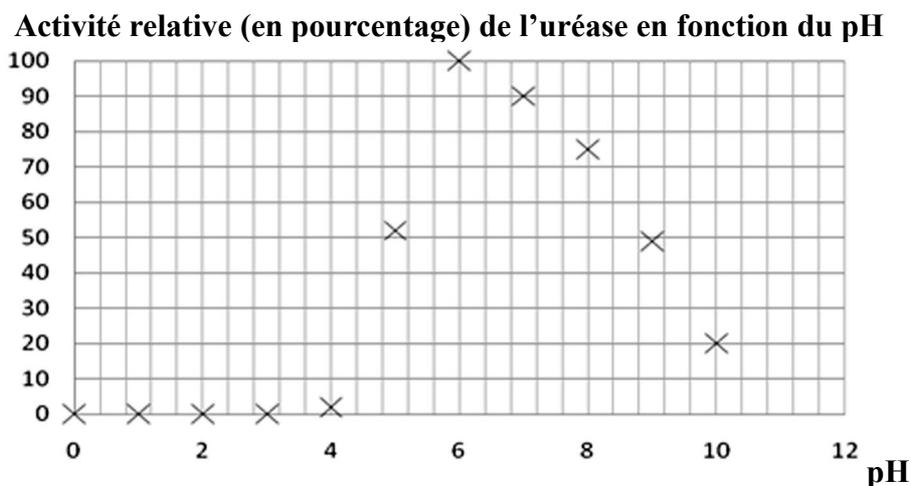
Activité relative (en pourcentage) de l'uréase en fonction de la température



D'après le site <http://www.toyobospusa.com/enzyme-URH-201.html>

Document 2. Influence du pH sur l'activité enzymatique

Condition expérimentale : température $\theta = 30^{\circ}\text{C}$



D'après le site <http://www.toyobospusa.com/enzyme-URH-201.html>

1. Activité enzymatique de l'uréase

L'urée ($\text{NH}_2 - \text{CO} - \text{NH}_2$) réagit avec l'eau pour former de l'ammoniac NH_3 et du dioxyde de carbone.

Au laboratoire, on réalise deux expériences :

- On dissout de l'urée dans de l'eau. Aucune réaction ne semble avoir lieu. Le temps de demi-réaction est estimé à 60 ans.
- On dissout de l'urée dans de l'eau en présence d'uréase. Il se forme quasi-immédiatement les produits attendus. Le temps de demi-réaction vaut 2×10^{-5} s.

1.1 L'uréase, un catalyseur

1.1.1. Écrire l'équation de la réaction chimique entre l'urée et l'eau.

1.1.2. Rappeler la définition du temps de demi-réaction.

1.1.3. En quoi les résultats des expériences permettent-ils de considérer l'uréase comme un catalyseur ?

1.2. Effet de la température sur l'activité enzymatique

1.2.1. Quelle est en général l'influence de la température sur la cinétique d'une réaction chimique ?

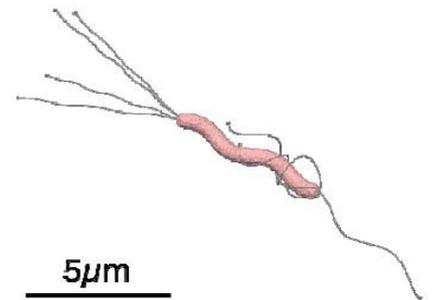
1.2.2. En utilisant le **document 1**, décrire l'influence de la température sur la cinétique de la réaction catalysée.

1.2.3. À l'aide du texte introductif, comment peut-on expliquer la différence entre le cas général (question 1.2.1) et celui décrit à la question 1.2.2. ?

2. L'uréase dans le milieu stomacal

La bactérie *Helicobacter pylori* (*H.pylori*) est responsable de la plupart des ulcères de l'estomac chez l'Homme. On souhaite savoir comment elle réussit à survivre dans un milieu très acide, comme l'estomac, en attendant de rejoindre la muqueuse stomacale où elle pourra se développer.

Dans la *H.pylori*, la réaction de production de l'ammoniac à partir de l'urée se fait selon le processus présenté dans la première partie « Activité enzymatique de l'uréase ».

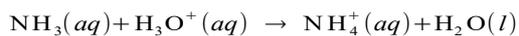


Helicobacter pylori

2.1. Le contenu de l'estomac est un milieu très acide qui peut être considéré comme une solution d'acide chlorhydrique de concentration $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Sachant que l'acide chlorhydrique est un acide fort, calculer le pH de ce milieu.

2.2 À ce pH, quelle espèce chimique du couple $\text{NH}_4^+(\text{aq}) / \text{NH}_3(\text{aq})$ prédomine ? Justifier la réponse.

2.3 La bactérie utilise son uréase pour catalyser la réaction de l'urée avec l'eau, ainsi elle sécrète de l'ammoniac dans son environnement proche. Dans l'estomac, l'ammoniac réagit avec les ions H_3O^+ selon l'équation chimique :



Quelle est la conséquence de la sécrétion d'ammoniac par la bactérie sur le pH de la solution autour d'elle ?

2.4 L'enzyme sécrétée par la bactérie *H.pylori* n'est pas l'uréase seule mais une association de l'uréase avec d'autres entités chimiques. En quoi le **document 2** illustre-t-il le fait que l'uréase seule ne peut pas agir dans l'estomac ?