



**LE RÉSEAU DE CRÉATION
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été numérisé par le Canopé de l'académie de Bordeaux
pour la Base nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BREVET TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CHIMISTE

PHYSIQUE

SESSION 2014

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

Matériel autorisé :

Sont autorisées toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante. (circulaire n° 99-186 du 16/11/99).

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet comporte 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE	Session 2014
PHYSIQUE	Code Sujet : 14-CHPHY-P Page 1 sur 7

EXERCICE 1 : ÉTUDE D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE

Données valables pour tout l'exercice :

Valeur de l'unité de masse atomique en kg : $1 \text{ u} = 1,661 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Masse molaire atomique de l'uranium 235 : $M = 235 \text{ g.mol}^{-1}$

Masses atomiques en unité de masse atomique :

${}_0^1n$	${}_{92}^{235}\text{U}$	${}_{93}^{93}\text{Kr}$	${}_{56}^{140}\text{Ba}$
1,0087	235,0439	92,9313	139,9106

Symboles et numéros atomiques de quelques noyaux :

Thorium : ${}_{90}\text{Th}$ Proactinium : ${}_{91}\text{Pa}$ Neptunium : ${}_{93}\text{Np}$ Plutonium : ${}_{94}\text{Pu}$

Énergie de masse de l'unité de masse atomique : $E(1 \text{ u}) = 931,5 \text{ MeV}$

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Correspondance entre l'électron-volt et le joule : $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

PARTIE 1 : Le minerai d'uranium.

L'uranium naturel, comme la plupart des métaux, se rencontre dans la nature sous forme de carbonate, d'oxyde, de phosphate ... d'uranium. Quels que soient le minerai et sa localisation géographique, les proportions d'uranium 238 et d'uranium 235 sont toujours les mêmes : 99,3 % ${}^{238}\text{U}$ et 0,7 % ${}^{235}\text{U}$.

L'uranium 235 est le seul qui soit fissile ; c'est celui qui est utilisé dans le réacteur d'une centrale nucléaire.

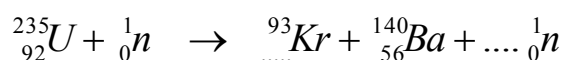
- 1.1. Indiquer, en le justifiant, la relation qui lie ${}^{235}\text{U}$ et ${}^{238}\text{U}$.
- 1.2. Expliquer pourquoi, bien que radioactifs, l'uranium 235 et l'uranium 238 existant sur Terre depuis sa formation il y a 4,5 milliards d'années sont toujours présents aujourd'hui. On attend un raisonnement précis utilisant les données suivantes :

	${}^{235}\text{U}$	${}^{238}\text{U}$
Période radioactive ou demi-vie (en années)	700×10^6	$4,5 \times 10^9$

- 1.3. Écrire l'équation de la réaction de désintégration d'un des noyaux de l'uranium sachant qu'ils sont tous les deux radioactifs alpha.

PARTIE 2 : Réaction de fission.

Dans le cœur du réacteur de la centrale, l'uranium 235 est bombardé par des neutrons lents ; une des réactions de fission qui s'ensuit peut être modélisée par l'équation suivante :



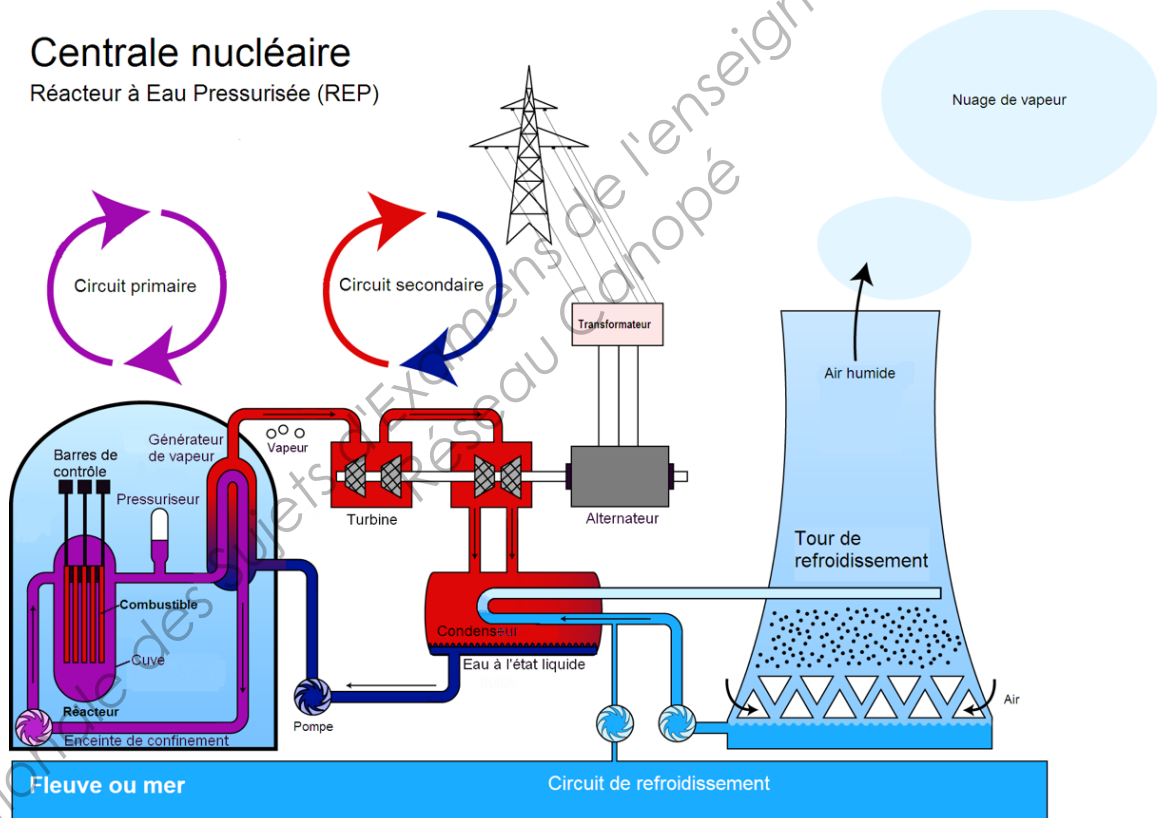
- 2.1. Déterminer les nombres à placer sur les pointillés en citant les lois utilisées.
- 2.2. Calculer l'énergie E libérée, en MeV et en joule, par la fission d'un noyau d'uranium 235.
- 2.3. Exprimer, en fonction de m , M , N_A et E , l'énergie E_m libérée par la fission d'une masse m d'uranium 235.
Montrer que sa valeur est de $7,06 \times 10^{10}$ J pour 1,00 gramme d'uranium 235.

La tonne d'équivalent pétrole (tep) est l'unité la plus utilisée en économie et dans le secteur de l'énergie industrielle ; elle correspond à l'énergie récupérée lors de la combustion d'une tonne de pétrole : $1 \text{ tep} = 42 \times 10^9 \text{ J}$.

- 2.4. À l'aide de la question précédente, dégager l'intérêt d'utiliser l'énergie nucléaire dans la production d'électricité.

PARTIE 3 : Bilan énergétique.

On donne ci-dessous le schéma de fonctionnement d'une centrale nucléaire à eau pressurisée :



Le fluide du circuit secondaire (eau pressurisée) décrit un cycle moteur au cours duquel il échange :

- la chaleur Q_C avec la source chaude constituée par le réacteur nucléaire dont la température est considérée constante et vaut $306 \text{ }^\circ\text{C}$;
- la chaleur Q_F avec la source froide constituée par un fleuve dont la température est considérée constante et vaut $10 \text{ }^\circ\text{C}$;
- le travail W avec la turbine.

La turbine fait tourner l'alternateur qui assure la conversion de l'énergie mécanique de la turbine en énergie électrique.

- 3.1. Quels sont les signes des grandeurs Q_F , Q_C et W ? Justifier.
- 3.2. En appliquant le premier principe de la thermodynamique à l'eau pressurisée au cours de son cycle, établir la relation entre Q_F , Q_C et W .
- 3.3. En appliquant le deuxième principe de la thermodynamique à l'eau pressurisée au cours de son cycle supposé effectué réversiblement, établir la relation entre Q_F , Q_C , T_F et T_C , respectivement les températures absolues de la source froide et de la source chaude exprimées en kelvin.
- 3.4. Définir et exprimer le rendement r de la transformation d'énergie thermique en travail mécanique.
- 3.5. Montrer que ce rendement peut s'écrire : $r = 1 - \frac{T_F}{T_C}$. Déterminer la valeur de ce rendement. Pourquoi la valeur réelle du rendement est-elle toujours inférieure à cette valeur théorique ?

PARTIE 4 : Consommation journalière.

Toute l'énergie libérée au cours des réactions de fission se retrouve finalement sous forme d'énergie thermique. La puissance thermique d'une tranche de centrale nucléaire vaut $P = 3000$ MW.

- 4.1 Exprimer la puissance thermique P en fonction de E_m (définie à la question 2.3) et Δt la durée correspondante.
- 4.2 Déterminer la masse d'uranium ^{235}U consommée en 24,0 heures dans une tranche de centrale nucléaire.

EXERCICE 2 : ÉTUDE D'UNE HUILE MOTEUR

L'huile moteur, généralement utilisée pour la lubrification des moteurs à explosion, est une huile minérale, semi-synthétique ou synthétique, dérivée du pétrole et enrichie en additifs techniques. Elle lubrifie, nettoie, inhibe la corrosion, améliore l'étanchéité et contribue à évacuer la chaleur de friction et de combustion (circulation dans les calottes de pistons) de façon à ce que les pièces du moteur restent dans les tolérances de fonctionnement.

L'un des paramètres importants pour une huile moteur est la variation de sa viscosité en fonction de sa température : la viscosité à froid ne doit pas être trop élevée pour assurer un bon démarrage (pompage facilité de l'huile) ; la viscosité à chaud (quelques minutes après le démarrage) ne doit pas être trop faible pour continuer à assurer une bonne lubrification du moteur, mais ne doit pas être non plus trop élevée car les frottements défavorisent les économies de carburant.

1. Mesure de la viscosité dynamique à l'aide d'un viscosimètre à chute de bille.

Un viscosimètre à chute de bille comporte un long tube, mobile autour d'un axe horizontal. Le tube comporte deux traits repères a et b. La distance entre ces deux repères est notée d .

On y introduit de l'huile de masse volumique ρ_h et une bille en acier de masse volumique ρ_b et de rayon calibré R tel que son diamètre soit inférieur au diamètre du tube. On rappelle que le volume V d'une sphère de rayon R s'exprime par la relation : $V = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$

Le tube est muni d'une double enveloppe transparente dans laquelle circule de l'eau provenant d'un bain thermostaté.



Viscosimètre à chute de bille HAAKE ®

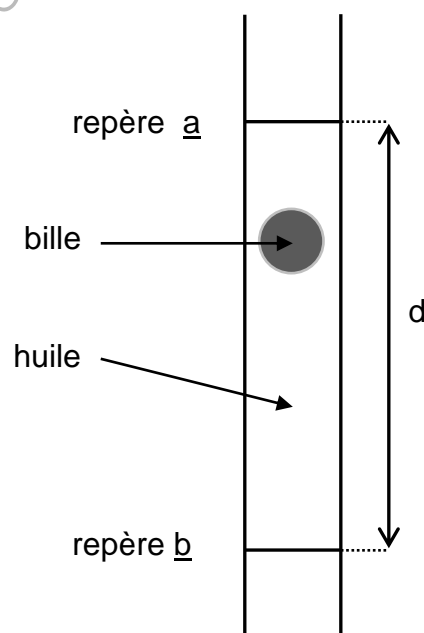


Schéma simplifié du tube central

On rappelle la loi de Stokes pour une bille de rayon R en mouvement à la vitesse v dans un fluide de viscosité dynamique η : la force de frottement est opposée à la vitesse et son expression est : $f = 6\pi\eta Rv$

- 1.1 Déterminer l'unité de la viscosité dynamique à l'aide de la loi de Stokes.
- 1.2 Reproduire le schéma simplifié du tube central sur la copie, représenter les forces qui s'exercent sur la bille et les nommer.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CHIMISTE	Session 2014
PHYSIQUE	Code Sujet : 14-CHPHY-P
	Page 5 sur 7

1.3 Expliquer qualitativement pourquoi la bille atteint une vitesse limite.

Vérifier que cette vitesse limite a pour expression : $v_l = (\rho_b - \rho_h) \times \frac{2gR^2}{9\eta}$.

1.4 Dans les conditions de l'expérience, la bille, lâchée au-dessus du repère, a atteint sa vitesse limite dès le début du mouvement, avant d'atteindre le repère a.

Exprimer la vitesse limite de la bille v_l en fonction de d et de Δt , durée de parcours entre les deux repères a et b.

1.5 Montrer alors que la viscosité dynamique peut s'écrire sous la forme :

$$\eta = (\rho_b - \rho_h) \times K \times \Delta t \text{ où l'on précisera l'expression littérale de } K.$$

1.6 A 20 °C, on a mesuré une durée de chute $\Delta t = 6,7$ s et une masse volumique pour l'huile $\rho_h = 875 \text{ kg.m}^{-3}$.

Calculer la viscosité dynamique de l'huile à cette température.

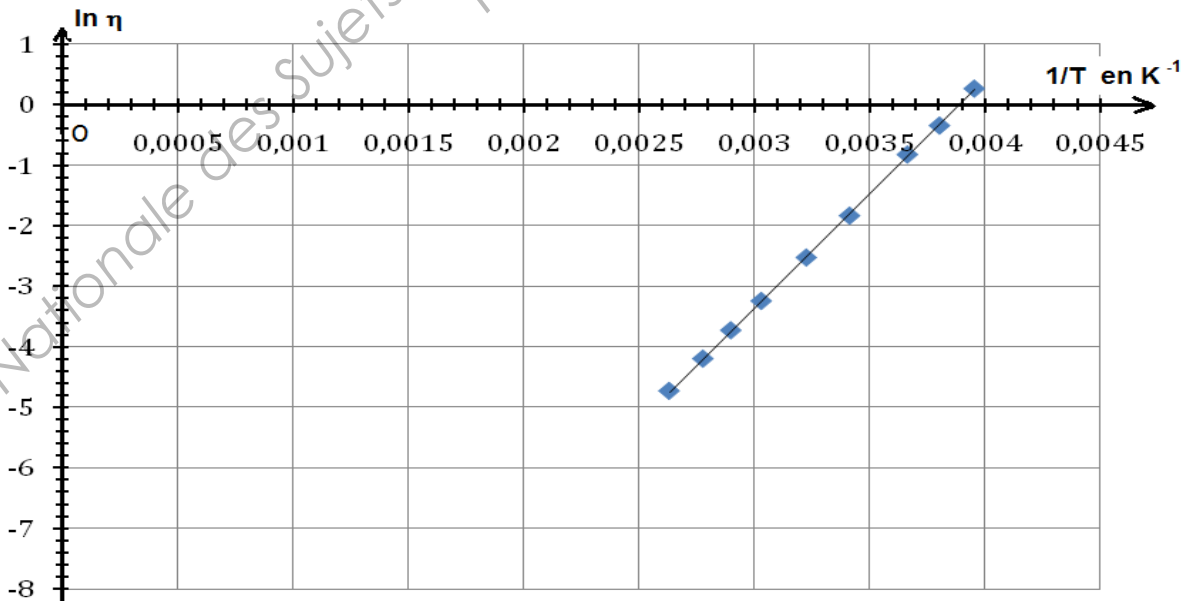
Données fournies par le constructeur de l'appareil : $K = 3,55 \times 10^{-6} \text{ Pa.m}^3.\text{kg}^{-1}$
 $\rho_b = 7,85 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

2. Étude de la viscosité dynamique en fonction de la température.

On répète la mesure de la durée de chute de la bille à différentes températures afin d'obtenir les valeurs des viscosités dynamiques correspondantes. Ces valeurs sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Viscosité dynamique η (SI)	1,31	0,71	0,44	0,17	$8,0 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$8,8 \times 10^{-3}$
Température absolue en K	253	263	273	293	310	330	345	360	380

2.1. On trace $\ln \eta$ en fonction de $1/T$; on obtient le graphe et la modélisation ci-dessous :



$$\ln \eta = -14,70 + 3782 \times \frac{1}{T} \quad ; \quad \text{coefficient de corrélation : } r = 0,99991$$

Montrer que cette modélisation vérifie la loi de variation : $\eta = A \times e^{\frac{B}{T}}$.

2.2. Quelles sont les valeurs numériques et les unités de A et de B ?

3. Étude rhéologique.

L'étude rhéologique de l'huile moteur a été réalisée à 20 °C grâce à un rhéomètre à cylindres coaxiaux. Elle révèle que cette huile a un comportement newtonien.

- 3.1. Représenter l'allure du rhéogramme de cette huile. On précisera les grandeurs en abscisse et en ordonnée ainsi que leurs unités.
- 3.2. Quelle est la particularité de la viscosité dynamique pour un fluide newtonien ? Comment déterminer la viscosité dynamique sur ce rhéogramme ? Aucune valeur n'est demandée.
- 3.3. Quelle allure le rhéogramme aurait-il pour un fluide rhéofluidifiant ? Même question pour un fluide rhéoépaississant. Comment varie la viscosité dynamique dans chacun de ces deux cas ?
- 3.4. Quel inconvénient pourrait présenter l'utilisation d'une huile rhéoépaississante pour lubrifier un moteur ?