

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Maintenance des Systèmes

Physique-Chimie

OPTION A

SESSION 2019

U32 Physique-Chimie

SUJET

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans le mode examen, est autorisé.

Le sujet comporte 6 pages numérotées de 1/6 à 6/6.
Dès qu'il vous sera remis, assurez-vous qu'il soit complet

CODE ÉPREUVE : MY3PHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES	
SESSION 2019	SUJET	Épreuve U32	<u>Calculatrice autorisée : oui</u>
Durée : 2h	Coefficient : 2	PHYSIQUE-CHIMIE	<i>Page 1 sur 6</i>

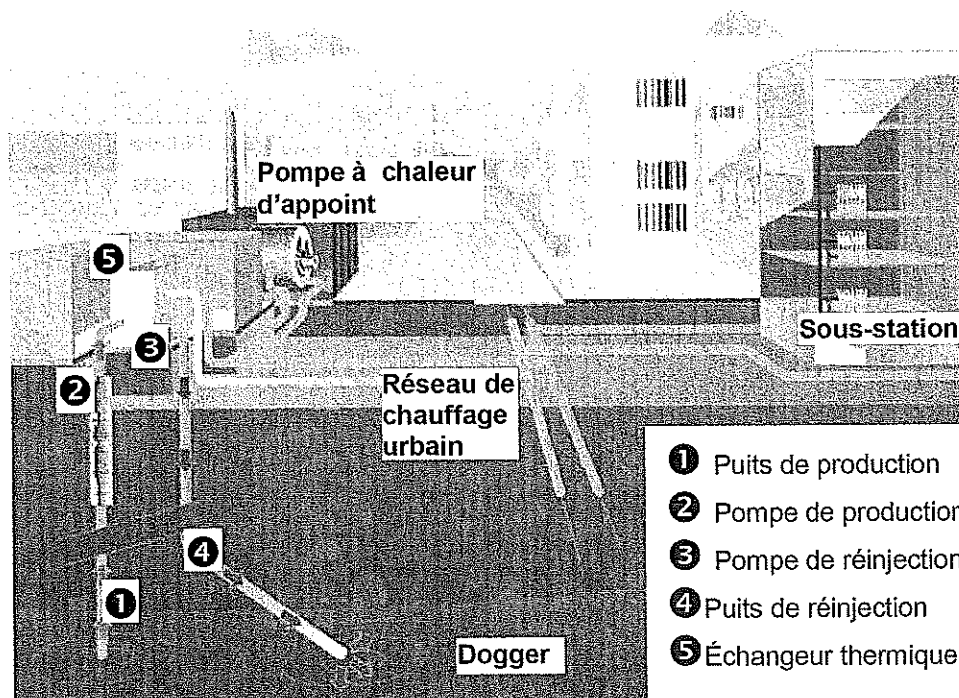
La géothermie : un moyen pour relever le défi énergétique

Pour atteindre l'objectif fixé lors de la COP 21 de contenir le réchauffement climatique en deçà de 2 °C à la fin de ce siècle, seuil considéré comme le maximum tolérable, plusieurs moyens sont mis en œuvre. L'un d'entre eux, la géothermie, consiste à extraire en profondeur la chaleur terrestre pour la production d'électricité par le biais d'un turboalternateur ou pour la production de chaleur par le biais d'une pompe à chaleur ou d'un échangeur.

La France, pionnière dans le développement de la géothermie du fait de la présence sous son sol de formations géologiques constituant des réservoirs d'eau chaude (bassins parisien, aquitain...), dispose d'une quarantaine d'installations dédiées au chauffage urbain permettant de chauffer près de 200 000 équivalent-logements (dont 150 000 en région parisienne).

Parmi les cinq grands réservoirs géothermaux recensés dans le bassin parisien, le plus exploité est celui du Dogger. Ce réservoir, qui s'étend sur 15 000 km², offre des températures variant entre 56°C et 85°C et assure le fonctionnement de 34 installations géothermales.

Schéma d'une installation géothermique pour le chauffage urbain :



Source : <http://www.arcueil-gentilly.reseau-chaleur.fr/>

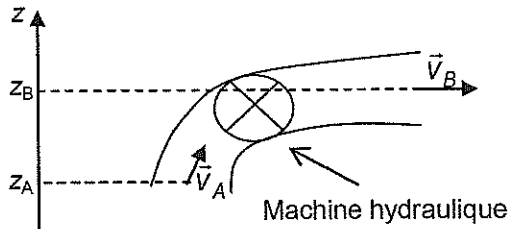
CODE ÉPREUVE : MY3PHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES	
SESSION 2019	SUJET	Épreuve U32	Calculatrice autorisée : oui
Durée : 2h	Coefficient : 2	PHYSIQUE-CHIMIE	<i>Page 2 sur 6</i>

Données :

- efficacité énergétique d'une installation (PAC ...) : rapport entre l'énergie fournie sous forme thermique et l'énergie absorbée sous forme électrique par l'installation.

- relation de Bernoulli :

Cas de l'écoulement permanent d'un fluide parfait entre deux sections A et B, échangeant de l'énergie avec une machine hydraulique :



- z_A : ordonnée du point A (en m)
- z_B : ordonnée du point B (en m)
- p_A : pression en A (en Pa)
- p_B : pression en B (en Pa)
- v_A : vitesse du fluide en A (en $m \cdot s^{-1}$)
- v_B : vitesse du fluide en B (en $m \cdot s^{-1}$)
- Dv : débit volumique du fluide (en $m^3 \cdot s^{-1}$)
- P : puissance correspondant à l'énergie échangée avec la machine hydraulique (en W)
- ρ : masse volumique du fluide (en $kg \cdot m^{-3}$)
- g : intensité de la pesanteur (en $m \cdot s^{-2}$)

Ces grandeurs sont liées par :
$$\frac{\rho v_B^2}{2} + p_B + \rho g z_B - \frac{\rho v_A^2}{2} - p_A - \rho g z_A = \frac{P}{Dv}$$

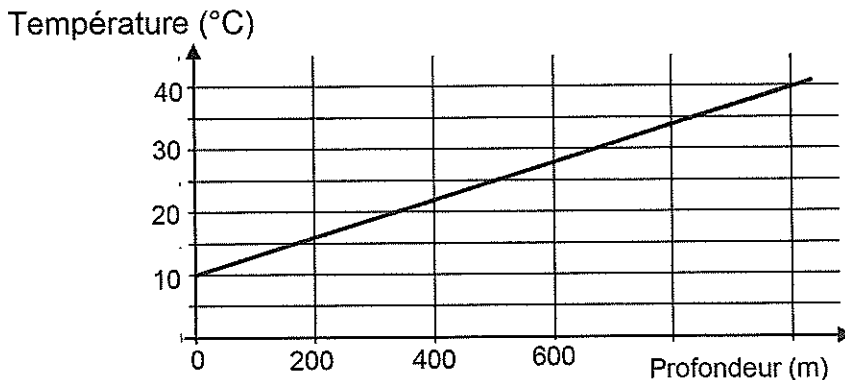
- intensité de la pesanteur : $g = 10 m \cdot s^{-2}$.

Partie A : production de chaleur / 6 points

Température dans le réseau du chauffage urbain

On utilise un échangeur (repéré par ⑤ sur le schéma de l'installation) et une pompe à chaleur aérienne (PAC) d'appoint pour assurer une température adéquate pour le chauffage urbain,

Une étude géologique a permis d'établir le graphe donnant la température du sol en fonction de la profondeur :



La température augmente de 30°C lorsque la profondeur augmente d'un kilomètre.

CODE ÉPREUVE : MY3PHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES
SESSION 2019	SUJET	Épreuve U32	Calculatrice autorisée : oui
Durée : 2h	Coefficient : 2	PHYSIQUE-CHIMIE	Page 3 sur 6

Données

- capacité thermique massique de l'eau $c = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$;
- masse volumique de l'eau $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$.

1. La vitesse v d'écoulement de l'eau dans la canalisation d'extraction (❶) de diamètre d égal à 150 mm a pour valeur $4,7 \text{ m.s}^{-1}$.

Vérifier que le débit volumique D_V d'eau est égal à $8,3 \times 10^{-2} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

2. Quelle est la valeur en °C de la température θ_1 de l'eau à 2000 m ?

3. Lors du pompage, la température de l'eau diminue dans la canalisation et n'est plus que de 65°C à l'entrée de l'échangeur. La pompe à chaleur d'appoint permet d'obtenir une température égale à 80 °C pour l'eau du réseau de chauffage urbain.

3.1. Calculer la quantité de chaleur Q fournie, à un kilogramme d'eau, pour élever sa température de 65 °C à 80 °C. On exprimera Q en J/kg.

3.2. En déduire la puissance thermique P_{thf} fournie par la PAC à l'eau circulant dans la canalisation.

3.3. En déduire la puissance électrique $P_{\text{élec}}$ absorbée par la PAC sachant que son coefficient de performance ou COP est égal à 3,5.

4. La puissance fournie par géothermie est estimée à 60% de la puissance totale fournie par le groupe {géothermie – PAC}, elle-même égale à 13 MW. Retrouver la puissance thermique fournie P_{thf} par la PAC.

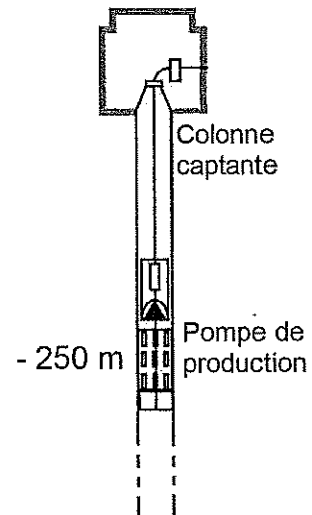
Partie B : circuit de pompage et de réinjection

15 points

Schéma du puits de production
Échelle non respectée

Les pompes immergées, sont largement utilisées dans le bassin parisien pour pomper l'eau de la nappe du Dogger. Elles permettent d'obtenir le débit souhaité d'environ $300 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. L'eau pompée est réinjectée pour assurer le maintien de la pression de la nappe. Pour la réinjection, on utilise des pompes de surface.

La pompe immergée étudiée (repérée par ❷ sur le schéma de l'installation) est située à 250 m de profondeur dans la colonne captante de forage. La colonne est constituée par des tubes en inox pleins et crépinés (cf schéma ci-contre).



CODE ÉPREUVE : MY3PHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES
SESSION 2019	SUJET	Épreuve U32	Calculatrice autorisée : oui
Durée : 2h	Coefficient : 2	PHYSIQUE-CHIMIE	Page 4 sur 6

1. En admettant que les termes liés à la vitesse et à la pression statique sont négligeables devant les autres termes de l'équation de Bernoulli, montrer que la puissance P_{pompe} de la pompe doit être égale à 208 kW.
2. Le rendement η_{groupe} du groupe moto-pompe est égal à 0,7.
 - 2.1. Calculer la puissance électrique P_{elec} absorbée par le moteur de la pompe.
 - 2.2. Est-il préférable de pomper l'eau d'une nappe telle que le Dogger plutôt que d'utiliser une pompe à chaleur ? Justifier.
3. Le moteur du groupe moto-pompe est un moteur asynchrone triphasé alimenté par un réseau 230 / 400 V - 50 Hz. Le facteur de puissance $\cos \varphi$ étant égal à 0,85, calculer la valeur efficace de l'intensité du courant de ligne absorbé par le moteur triphasé.
Donnée : la puissance utile nominale est donnée par : $P_{\text{utile}} = \sqrt{3} UI \cos \varphi$
4. Les canalisations de l'installation sont en acier, alliage fer-carbone que l'on assimilera à du fer. Au vu du coût de l'investissement lié à ces canalisations, leur protection s'impose.
Une des méthodes utilisée sur site est la protection par anode sacrificielle : des blocs de zinc (Zn) sont répartis à la surface des canalisations. En effet, le zinc, plus réducteur que le fer avec lequel il est en contact, sera corrodé à la place du fer.
 - 4.1. Écrire les demi-équations électroniques d'oxydoréduction du fer (Fe^{2+}/Fe) et du zinc (Zn^{2+}/Zn).
 - 4.2. Recopier en la complétant la demi-équation électronique du couple O_2/HO^- donnée ci-dessous :
$$\dots \text{H}_2\text{O} + \dots \text{O}_2 + \dots \text{e}^- = \dots \text{HO}^-$$
 - 4.3. Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction qui se produit quand la canalisation est protégée. Que faut-il faire régulièrement ? Justifier.

Partie C : impact sur l'environnement

(6 point)

On se propose de comparer l'impact sur l'environnement de la géothermie avec une installation équivalente alimentée au gaz de ville.

Données :

- masses molaires atomiques: $\text{H} = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $\text{C} = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $\text{O} = 16 \text{ g.mol}^{-1}$;
- pouvoir calorifique du méthane : 800 kJ.mol^{-1} ;
- puissance fournie par le groupe {géothermie – PAC} : 13 MW.

1. On admet que la production d'une énergie électrique de 1 kWh s'accompagne en moyenne de l'émission de 20 g de dioxyde de carbone, CO_2 .
 - 1.1. Montrer que l'énergie produite par le groupe {géothermie – PAC} par an est égale à 114 GWh soit $4,1 \times 10^{14} \text{ J}$.
 - 1.2. Calculer la masse de CO_2 émise par an par le groupe.

CODE ÉPREUVE : MY3PHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES
SESSION 2019	SUJET	Épreuve U32	Calculatrice autorisée : oui
Durée : 2h	Coefficient : 2	PHYSIQUE-CHIMIE	Page 5 sur 6

2. Le gaz de ville est essentiellement constitué de méthane de formule brute CH_4 .
 - 2.1. Ecrire l'équation bilan de la combustion complète du méthane si le comburant est du dioxygène et les produits du dioxyde de carbone et de l'eau.
 - 2.2. Déterminer la quantité de matière, puis la masse, de dioxyde de carbone produite lors de la combustion de 1 kg de méthane.
 - 2.3. Montrer que la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1 kg de méthane est égale à 50 MJ.

3. On souhaite comparer le groupe {géothermie – PAC} et une installation fournissant la même énergie alimentée en gaz de ville.
 - 3.1. Calculer la masse de méthane consommée par cette installation.
 - 3.2. En déduire la masse de dioxyde de carbone produite par une telle installation et conclure.

Partie D : amélioration du bilan énergétique (3 points)

Afin d'améliorer le bilan énergétique, l'état incite et impose des réglementations pour l'isolation et la construction d'habitations BBC (Bâtiments Basse Consommation) ou à énergie positive. Un des moyens consiste à accroître l'isolation thermique par l'utilisation d'un double, voire d'un triple vitrage.

Données :

- Résistance thermique R d'une paroi plane d'épaisseur e , de surface 1 m^2 , constituée d'un matériau de coefficient de conductivité thermique λ : $R = \frac{e}{\lambda}$

où R est exprimée en $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, e en m et λ en $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Lors de la superposition de matériaux, les résistances thermiques s'ajoutent.

- Flux thermique par unité de surface Φ ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) à travers une paroi de résistance thermique R ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$) :

$\Phi = \frac{\Delta T}{R}$ où ΔT est l'écart entre les températures des deux faces de la paroi exprimé en K.

- Simple vitrage :

vitre en verre d'épaisseur 4,0 mm ; résistance thermique $R_{\text{simple}} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

- Double vitrage :

deux vitres en verre d'épaisseur 4,0 mm séparées par 16,0 mm d'argon.

- Coefficient de conductivité thermique λ de l'argon : $\lambda = 0,018 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

1. Estimer, en pourcentage, le gain en termes d'énergie lié à l'utilisation d'un double vitrage plutôt qu'un simple vitrage.

On se placera dans les conditions suivantes :

température extérieure : 5°C

température intérieure : 19°C

Tout élément de réponse, même si celle-ci est incomplète, sera pris en compte.

CODE ÉPREUVE : MY3PHYA1	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES
SESSION 2019	SUJET	Épreuve U32	<u>Calculatrice autorisée : oui</u>
Durée : 2h	Coefficient : 2	PHYSIQUE-CHIMIE	Page 6 sur 6