

Brevet de technicien supérieur

Fluides Énergies Domotique **Option : Génie Climatique Fluidique**

Épreuve E32

Physique et Chimie

Session 2018

Durée : 2 heures

Coefficient : 1

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

Important

Ce sujet comporte, en plus de cette page de garde, 7 pages.
Le document réponse page 7 est à agraffer avec la copie.

Sous-marin « SAGA »



Passion-calypso.com

« SAGA », Sous-Marin d'Assistance à Grande Autonomie lancé en 1987 par COMEX et IFREMER, est le premier prototype d'une nouvelle génération de sous-marins industriels. Ce sous-marin d'une longueur de 28 mètres, avec un déplacement en plongée d'une masse de 550 tonnes, a un équipage de 6 personnes et peut intervenir jusqu'à la profondeur de 600 mètres. Son autonomie opérationnelle est d'environ deux semaines, sans faire surface.

Il peut ainsi parcourir en plongée une distance de 150 milles nautiques (environ 280 km)

Le sujet comporte quatre parties indépendantes qui peuvent être traitées séparément :

- A. Immersion du sous-marin
- B. Régulation de température
- C. Propulsion du sous-marin
- D. Protection de la coque

| | | |
|--|------------------|-----------------|
| BTS Fluide Énergies Domotique option GCF | sujet | session 2018 |
| épreuve E32 : physique et chimie | durée : 2 heures | coefficient : 1 |
| Code : 18FEPHGCF1 | | page 1/7 |

A. Immersion du sous-marin

On souhaite trouver l'épaisseur minimale de la vitre du hublot du sous-marin.

Données :

- Pression atmosphérique : $P_{\text{atm}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- Masse volumique de l'eau de mer à la surface : $\rho = 1,03 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Masse du sous-marin lors des déplacements en plongée : $M_T = 550 \text{ t}$
- Longueur du sous-marin : $L = 28 \text{ m}$
- Rayon du sous-marin : $R = 7,0 \text{ m}$
- Diamètre du hublot : $d = 50 \text{ cm}$

On suppose que l'eau de mer est incompressible et homogène, c'est-à-dire que sa masse volumique ρ est constante. On note P_0 la pression de l'eau de mer en surface, c'est-à-dire à la côte z égale à 0.

1. Donner l'expression de la pression $P(z)$ à la côte z en fonction de ρ , g , z et P_0 .
2. Vérifier que la pression P_{600} à la profondeur de 600m est égale à $6,2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$.
3. Calculer la valeur maximale F_{max} de la force que doit supporter le hublot du sous-marin.
4. À l'aide du document, indiquer l'épaisseur minimale e_{min} de la vitre du hublot.

Tableau de valeur pour un hublot cylindrique de diamètre 50 cm :

| Épaisseur e (cm) | Pression P ($10^5 \cdot \text{Pa}$) | Force F (kN) |
|--------------------|---|----------------|
| 2 | 4,0 | 78 |
| 4 | 15,9 | 312 |
| 6 | 35,8 | 702 |
| 8 | 63,7 | 1250 |
| 10 | 99,5 | 1950 |



| | | |
|--|------------------|-----------------|
| BTS Fluide Énergies Domotique option GCF | sujet | session 2018 |
| épreuve E32 : physique et chimie | durée : 2 heures | coefficient : 1 |
| Code : 18FEPHGCF1 | | page 2/7 |

B. Régulation de température

Afin de contrôler les températures dans les différents compartiments du sous-marin, des sondes de température d'ambiance sont installées. Le capteur de température de ces sondes est une Pt100, c'est une résistance dont la valeur varie avec la température.

Document technique de la sonde Pt 100 :

| Température θ (°C) | Résistance R (Ohm) | Gamme de mesure : - 50 à +300°C Précision : > 0,01 °C Résistance : $100\Omega \pm 0,1$ à 0°C Facteur de température : $0,385 \Omega \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ Classe : A Longueur : 50 mm (standard) Étanchéité : IP6 |
|---------------------------|----------------------|--|
| 0 | 100,00 | |
| 50 | 119,40 | |
| 100 | 138,51 | |
| 150 | 157,33 | |
| 200 | 175,86 | |
| 250 | 194,10 | |
| 300 | 212,05 | |

1. Indiquer les grandeurs d'entrée et de sortie de la sonde.
2. Décrire le protocole expérimental permettant de tracer la courbe caractéristique de ce capteur.
3. Tracer la courbe caractéristique de la sonde Pt100 dans le domaine de température 0 °C à 300 °C, sur le document réponse 1 : $R = f(\theta)$.
4. En déduire l'expression de la résistance R en fonction de la température θ .

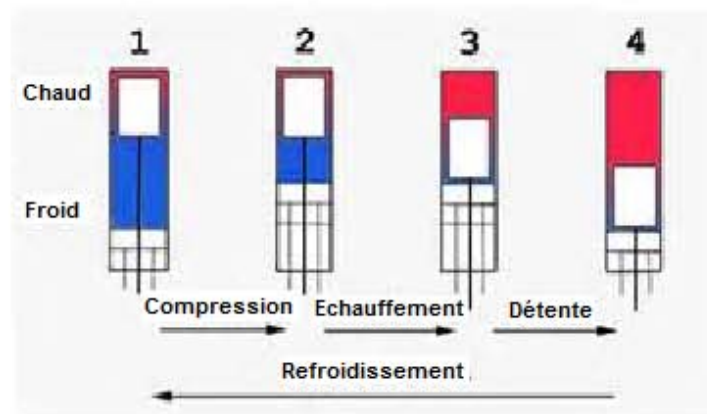
C. Propulsion du sous-marin

Les systèmes de propulsion doivent répondre à quelques grandes exigences, en particulier fonctionner de manière anaérobie, c'est-à-dire sans utiliser d'air, car en immersion totale le milieu extérieur est l'eau et non l'air.

SAGA est équipé de deux moteurs Stirling qui fournissent en plongée la puissance nécessaire à la propulsion et à l'alimentation électrique. Ils produisent également la chaleur utilisée pour le chauffage du compartiment hyperbare ainsi que la protection contre le froid des plongeurs pendant leurs sorties en scaphandre. Le développement, l'industrialisation et la commercialisation du moteur Stirling pour la propulsion marine, ont été entrepris depuis les années 1970 en Suède par la société United Stirling maintenant intégrée au chantier naval Kockums à Malmö.

| | | |
|--|------------------|-----------------|
| BTS Fluide Énergies Domotique option GCF | sujet | session 2018 |
| épreuve E32 : physique et chimie | durée : 2 heures | coefficient : 1 |
| Code : 18FEPHGCF1 | | page 3/7 |

Le fluide de travail décrit le cycle constitué des quatre phases suivantes :



On étudie le cycle de Stirling idéal au cours duquel n moles de gaz parfait de rapport γ subissent un cycle à quatre phases, dit aussi cycle à quatre temps. On rappelle : $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$.

1^{er} temps : compression isotherme de l'état 1 à l'état 2. $T_{froide} = T_1 = 300 \text{ K}$; $P_1 = 1,0 \text{ bar}$.

2^{ème} temps : échauffement isochore de l'état 2 à l'état 3.

3^{ème} temps : détente isotherme de l'état 3 à l'état 4. $T_{chaude} = T_3 = 600 \text{ K}$.

4^{ème} temps : refroidissement isochore de l'état 4 à l'état 1.

Il n'y a pas de travail autre que celui des forces de pression. On rappelle que $C_v = \frac{R}{\gamma - 1}$.
Lors d'une transformation :

- isotherme d'un état A à un état B, le transfert thermique est $Q_{AB} = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_B}{V_A}$.
- isochore d'un état A à un état B, le transfert thermique est $Q_{AB} = n \cdot C_v \cdot (T_B - T_A)$.

On souhaite calculer le rendement du moteur Stirling.

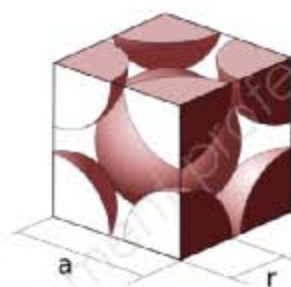
1. Représenter l'allure du cycle dans le diagramme (P, V) sur le document réponse 2 et orienter le cycle.
2. Exprimer les transferts thermiques Q_{12} , Q_{23} , Q_{34} et Q_{41} échangés par le fluide au cours du cycle.
3. À l'aide du premier principe de la thermodynamique, exprimer le travail du cycle W_{cycle} .
4. Pour un moteur, le rendement est défini par la valeur absolue du rapport du travail échangé au cours du cycle par la quantité de chaleur reçue au cours du cycle.
Donner l'expression du rendement η du moteur et vérifier qu'il peut s'exprimer en fonction des températures T_1 et T_3 selon la relation $\eta = \frac{T_3 - T_1}{T_3}$.
5. Calculer la valeur du rendement.

| | | |
|--|------------------|-----------------|
| BTS Fluide Énergies Domotique option GCF | sujet | session 2018 |
| épreuve E32 : physique et chimie | durée : 2 heures | coefficient : 1 |
| Code : 18FEPHGCF1 | | page 4/7 |

1. Vérifier que la population N d'une maille est égale à deux.
2. Montrer que la valeur de la masse volumique ρ_{Fe} du fer est égale à $7,89.10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
3. La coque du sous-marin, constituée uniquement de fer, peut être modélisée par un cylindre de volume V égal à $15,4 \text{ m}^3$.
Sa masse représente 22% de la masse totale du sous-marin.
Retrouver la masse M_T totale du sous-marin.

Données :

Masse du sous-marin lors des déplacements en plongée : $M_T = 550 \text{ t}$



Rappel de cours sur la cristallographie :

La population d'une maille notée N est le nombre de motifs contenus dans la maille.

La masse volumique ρ du composé étudié peut se calculer à partir de la maille :

$$\rho = \frac{\text{masse de la maille}}{\text{volume de la maille}} = \frac{N \times \text{masse}_{\text{atome de Fe}}}{a^3}$$

Rappel mathématique :

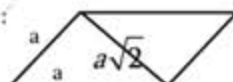
Contact au niveau de la grande diagonale :

$$a\sqrt{3} = 4R$$

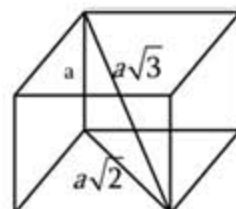
$$\Rightarrow a = \frac{4}{\sqrt{3}} R$$

Rappel mathématique :

Petite diagonale :

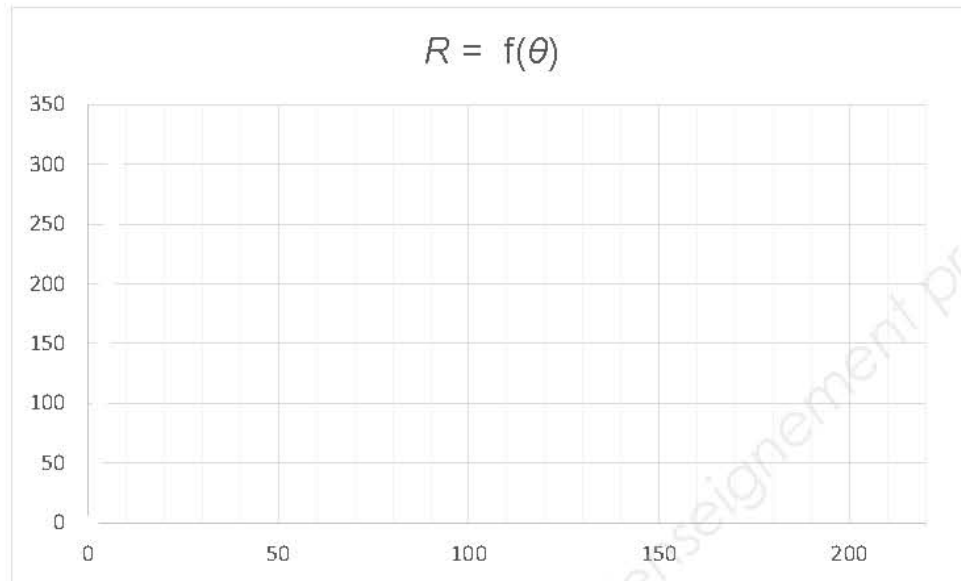


Grande diagonale :

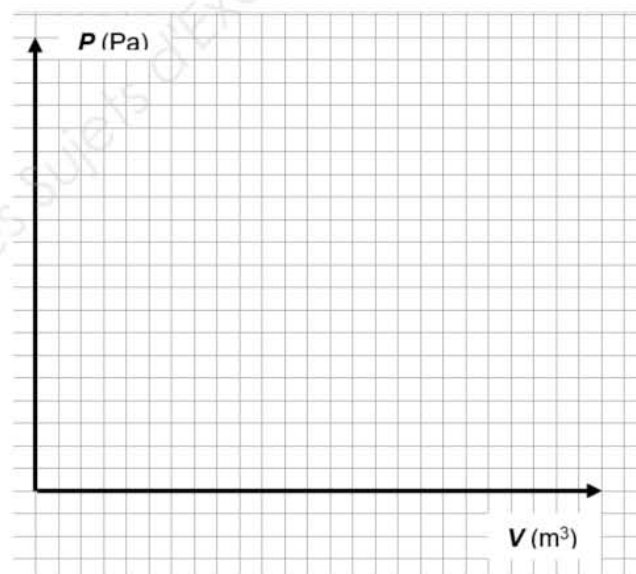


| | | |
|--|------------------|-----------------|
| BTS Fluide Énergies Domotique option GCF | sujet | session 2018 |
| épreuve E32 : physique et chimie | durée : 2 heures | coefficient : 1 |
| Code : 18FEPH GCF1 | | page 6/7 |

Question B.3 : Tracer la courbe caractéristique $R = f(\theta)$ de la sonde Pt100 dans le domaine de température $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $300\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Question C.1 : Représenter l'allure du cycle dans le diagramme (P, V) et orienter le cycle.



| | | |
|--|------------------|-----------------|
| BTS Fluide Énergies Domotique option GCF | sujet | session 2018 |
| épreuve E32 : physique et chimie | durée : 2 heures | coefficient : 1 |
| Code : 18FEPHGCF1 | | page 7/7 |