Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

BTS FLUIDES ÉNERGIES DOMOTIQUE • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Physique et Chimie

Session 2018 • Code sujet : **18FEPHGCF1** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **1**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Immersion du sous-marin et dimensionnement du hublot (4 questions) **Page 3**

2. Caractéristique d'une sonde de température Pt100 (4 questions) **Page 5**

3. Cycle thermodynamique et rendement du moteur Stirling (5 questions) **Page 8**

4. Protection cathodique et étude cristallographique du fer (5 questions) **Page 10**

5. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 12**

Sujet officiel (PDF) : https://bts-fed.fr/assets/annales/bts-fed/E3.2 - Physique-Chimie/2018/BTS FED - E3.2 - Physique-Chimie - Session 2018 - 1-Sujet.pdf

1. Immersion du sous-marin et dimensionnement du hublot

Le sous-marin SAGA intervient jusqu'à 600 m de profondeur et son hublot a un diamètre de 50 cm. Les données sur l'eau de mer et le tableau fourni servent à étudier la pression hydrostatique, la force exercée sur le hublot et l'épaisseur minimale de sa vitre.

Question 1. Donner l'expression de la pression P(z) à la cote z en fonction de la masse volumique de l'eau ρ, de g, de z et de la pression en surface P_0.

Dans l'eau homogène au repos, la pression augmente avec la profondeur. On choisit ici la cote z positive vers le bas, avec z = 0 à la surface où la pression vaut P_0. La relation hydrostatique s'écrit alors directement avec la masse volumique ρ, le champ de pesanteur g et la profondeur z. En unités SI, P est en Pa, ρ en kg·m⁻³, g en m·s⁻² et z en m.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La relation recherchée est $P(z) = P_0 + \rho g z$, avec la profondeur z positive vers le bas.

Question 2. Vérifier que la pression P_{600} à la profondeur de 600 m est égale à 6,2 × 10⁶ Pa.

À 600 m de profondeur, on prend $P_0 = P_{atm}$ = 1,0 × 10⁵ Pa. La pression absolue est donc $P_{600} = P_0 + \rho g z$. En remplaçant par les valeurs du sujet, $P_{600} = 1{,}0 \times 10^5 + (1{,}03 \times 10^3)(9{,}81)(600) = 6{,}16258 \times 10^6$ Pa. Avec deux chiffres significatifs, on obtient bien la valeur demandée.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La pression à 600 m est $P_{600} = 6{,}16 \times 10^6$ Pa, soit $6{,}2 \times 10^6$ Pa à deux chiffres significatifs.

Question 3. Calculer la valeur maximale Fmax de la force que doit supporter le hublot du sous-marin.

La force maximale est atteinte à 600 m, où la pression est la plus élevée. Pour une pression uniforme sur le hublot, $F_{max} = P_{600} S$, avec la surface circulaire $S = \pi d^2/4$. Le diamètre donné, 50 cm, vaut 0,50 m en unités SI. Ainsi, $F_{max} = 6{,}16258 \times 10^6 \times \pi (0{,}50)^2/4$, soit environ 1,21 × 10⁶ N.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La force maximale supportée par le hublot vaut environ $1{,}21 \times 10^6$ N, soit $1{,}21$ MN.

Question 4. À l'aide du tableau fourni pour un hublot cylindrique de diamètre 50 cm, indiquer l'épaisseur minimale emin de la vitre.

Épaisseur (cm)	Pression supportée (10^5 Pa)	Force supportée (kN)
6	35,8	702
8	63,7	1 250

La pression à 600 m est d'environ 61,6 × 10^5 Pa, et la force calculée est proche de 1 210 kN. Le tableau montre qu'une vitre de 6 cm ne résiste qu'à 702 kN, valeur insuffisante. À 8 cm, la pression et la force supportées dépassent les valeurs requises. C'est donc l'épaisseur minimale répondant aux conditions du sujet.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

L'épaisseur minimale de la vitre du hublot est $e_{\min} = 8\ \text{cm}$.

2. Caractéristique d’une sonde de température Pt100

Des sondes Pt100 contrôlent la température dans les compartiments du sous-marin en faisant varier leur résistance électrique selon la température. Le sujet fournit les caractéristiques techniques et un tableau de valeurs pour étudier la sonde et représenter sa caractéristique sur le document réponse.

Question 1. Indiquer les grandeurs d’entrée et de sortie de la sonde Pt100.

La Pt100 est un capteur résistif : la grandeur physique mesurée est la température ambiante, notée θ. Sous l’effet de cette température, la valeur de sa résistance électrique varie. Cette résistance, notée R, constitue la grandeur de sortie mesurable avec un appareil électrique. Le tableau technique confirme cette relation : de 100,00 Ω à 0 °C, elle augmente jusqu’à 212,05 Ω à 300 °C.

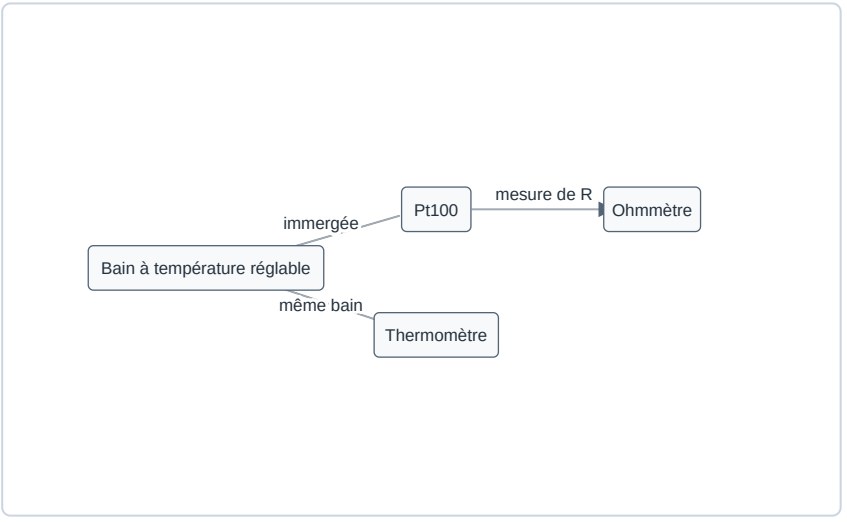
✓ RÉPONSE À RETENIR

Entrée : température θ, en °C. Sortie : résistance électrique R, en Ω.

Question 2. Décrire le protocole expérimental permettant de tracer la courbe caractéristique de ce capteur.

On place la sonde Pt100 et un thermomètre de référence dans un bain dont la température peut être réglée. La sonde est reliée à un ohmmètre. On modifie progressivement la température du bain et, à chaque palier, on attend l’équilibre thermique. On relève alors simultanément la température indiquée par le thermomètre et la résistance mesurée. Les couples $(\theta ; R)$ obtenus permettent de tracer la caractéristique.

Montage expérimental pour caractériser la Pt100



Relever simultanément la température du bain et la résistance de la sonde après stabilisation.

✓ RÉPONSE À RETENIR

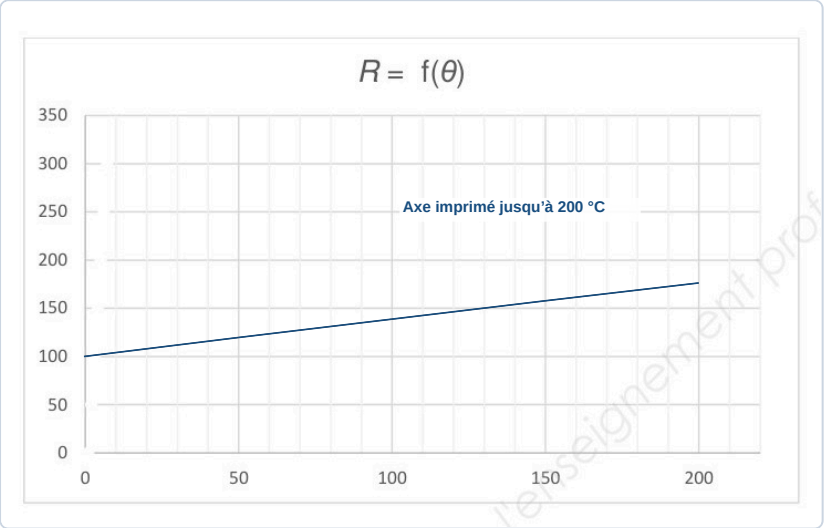
Mesurer R et θ à chaque palier stabilisé, puis tracer $R = f(\theta)$.

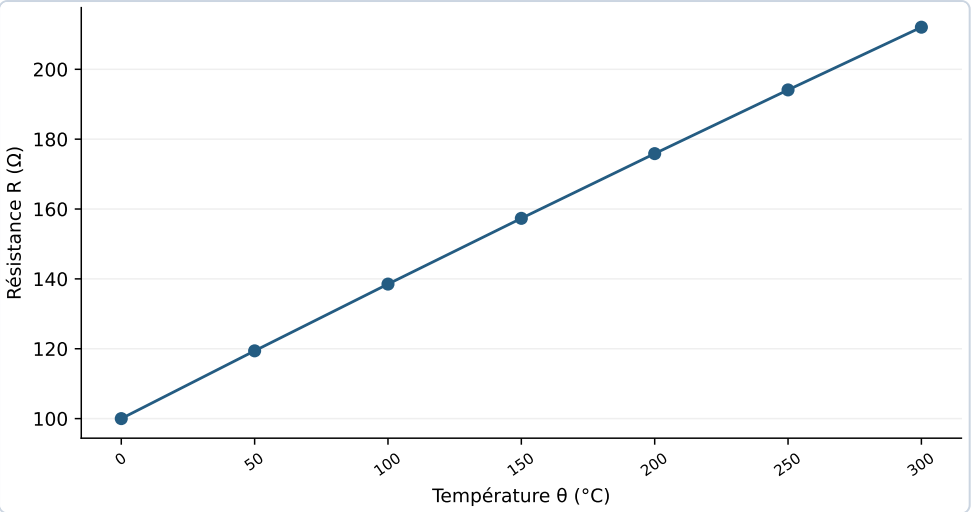
Question 3. Tracer, sur le document réponse 1, la courbe caractéristique R = f(θ) de la sonde Pt100 dans le domaine de température de 0 °C à 300 °C.

Placer les couples du tableau dans un repère où θ est en abscisse et R en ordonnée, puis les relier par une courbe croissante. Le document réponse fourni présente une abscisse graduée seulement jusqu'à 200 °C, alors que la question demande un tracé jusqu'à 300 °C. La courbe complète est donc également représentée ci-dessous avec les sept valeurs exactes du tableau.

θ (°C)	R (Ω)
0	100,00
50	119,40
100	138,51
150	157,33
200	175,86
250	194,10
300	212,05

Caractéristique Pt100 sur le document réponse





✓ RÉPONSE À RETENIR

Courbe croissante passant par les sept points du tableau, de $(0\,^\circ\mathrm{C}; 100{,}00\,\Omega)$ à $(300\,^\circ\mathrm{C}; 212{,}05\,\Omega)$.

Question 4. En déduire l'expression de la résistance R en fonction de la température θ.

La fiche technique donne une résistance de référence $R_0 = 100\,\Omega$ à $0\,^\circ\mathrm{C}$ et un facteur de température de $0{,}385\,\Omega\cdot{}^\circ\mathrm{C}^{-1}$. Avec le modèle affine associé à ce facteur, on ajoute à R_0 la variation proportionnelle à θ. Cette expression est une approximation : les valeurs tabulées ne suivent pas exactement une droite sur toute la gamme.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Modèle affine : $R(\theta) = 100 + 0{,}385\theta$, avec R en Ω et θ en °C.

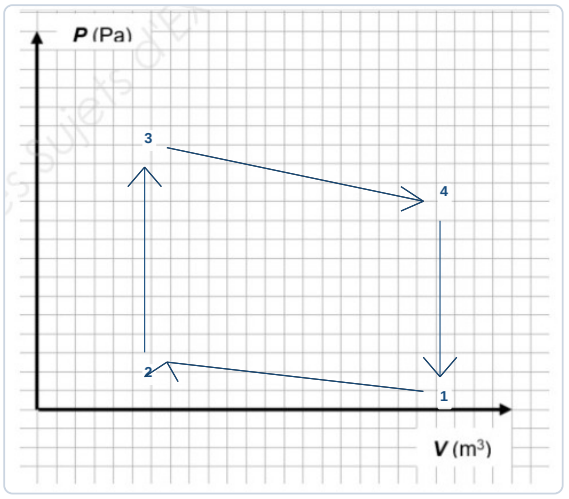
3. Cycle thermodynamique et rendement du moteur Stirling

Les moteurs Stirling du SAGA assurent la propulsion, l'alimentation électrique et le chauffage sans utiliser l'air extérieur. L'étude porte sur le cycle idéal d'un gaz parfait, constitué de deux transformations isothermes et de deux transformations isochores, afin d'établir les échanges thermiques et le rendement.

Question 1. Représenter l'allure du cycle de Stirling dans le diagramme (P,V) du document réponse 2 et orienter le cycle.

Dans le diagramme, le volume augmente vers la droite et la pression vers le haut. L'état 1 est en bas à droite, 2 en bas à gauche, 3 en haut à gauche et 4 en haut à droite. Les branches 1 → 2 et 3 → 4 sont des isothermes, donc courbes ; les branches 2 → 3 et 4 → 1 sont verticales, car le volume y reste constant. Relier les états dans l'ordre 1 → 2 → 3 → 4 → 1 : le parcours est horaire et correspond au fonctionnement moteur.

Cycle de Stirling orienté dans le diagramme (P,V)



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Cycle horaire : compression isotherme 1 → 2, chauffage isochore 2 → 3, détente isotherme 3 → 4, refroidissement isochore 4 → 1.

Question 2. Exprimer les transferts thermiques Q_{12}, Q_{23}, Q_{34} et Q_{41} échangés par le fluide au cours du cycle.

On applique les relations fournies pour chaque transformation. Les isochores imposent $V_2 = V_3$ et $V_4 = V_1$, tandis que les températures des états 2 et 1 sont égales, comme celles des états 4 et 3.

Transformation	Transfert thermique reçu par le fluide
1 → 2, isotherme froide	$Q_{12} = nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$
2 → 3, isochore	$Q_{23} = nC_v(T_3 - T_1)$
3 → 4, isotherme chaude	$Q_{34} = nRT_3 \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$
4 → 1, isochore	$Q_{41} = nC_v(T_1 - T_3)$

Les deux échanges isochores sont opposés et leur somme est nulle.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les échanges sont : $Q_{12} = nRT_1 \ln(V_2/V_1)$, $Q_{23} = nC_v(T_3 - T_1)$, $Q_{34} = nRT_3 \ln(V_1/V_2)$ et $Q_{41} = nC_v(T_1 - T_3)$.

Question 3. À l'aide du premier principe de la thermodynamique, exprimer le travail Wcycle du cycle.

Sur un cycle complet, l'énergie interne retrouve sa valeur initiale : $\Delta U_{\text{cycle}} = 0$. Avec la convention du travail reçu par le fluide, le premier principe s'écrit $\Delta U = Q + W$, donc $W_{\text{cycle}} = -(Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41})$. Les échanges isochores se compensent. En remplaçant les deux transferts isothermes et en utilisant $V_1 = V_4$, $V_2 = V_3$, on obtient le travail cyclique ci-dessous. Son signe négatif indique que le fluide fournit du travail.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Avec la convention du travail reçu par le fluide, $W_{\text{cycle}} = -nR(T_3 - T_1)\ln(V_1/V_2)$.

Question 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. Donner l'expression du rendement η et vérifier qu'il peut s'exprimer selon η = (T₃ - T₁) / T₃.

Pour un cycle idéal avec régénération parfaite, la chaleur isochore reçue est stockée puis restituée : l'apport thermique extérieur net est donc $Q_{\text{reçue}} = Q_{34}$. Le travail fourni a pour valeur absolue $|W_{\text{cycle}}| = nR(T_3 - T_1)\ln(V_1/V_2)$. Le rendement est le rapport de cette valeur à la chaleur reçue. En substituant $Q_{34} = nRT_3 \ln(V_1/V_2)$, les facteurs communs s'éliminent et on retrouve la relation demandée.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pour un cycle idéal avec régénération parfaite, $\eta = |W_{\text{cycle}}|/Q_{34} = (T_3 - T_1)/T_3$.

Question 5. Calculer la valeur du rendement du moteur Stirling.

Les températures sont fournies en kelvins : $T_1 = 300\,\text{K}$ et $T_3 = 600\,\text{K}$. Le rendement étant sans unité, on applique directement la relation établie : $\eta = (T_3 - T_1)/T_3 = (600 - 300)/600 = 0{,}50$. Le résultat peut aussi s'exprimer en pourcentage. Cette valeur est cohérente avec un moteur idéal fonctionnant entre les deux températures indiquées.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le rendement calculé du moteur Stirling est $\eta = 0{,}50$, soit $50\,\%$.

4. Protection cathodique et étude cristallographique du fer

La première partie porte sur la protection cathodique de l'acier par une anode sacrificielle en zinc, à partir d'un texte et d'un dispositif électrochimique. La seconde étudie le réseau cubique centré du fer pour déterminer la population d'une maille, la masse volumique du fer et la masse totale du sous-marin.

Protection cathodique

Question 1. Reformuler la phrase affirmant que le zinc est choisi pour son « électropositivité (Zn^{2+}) » dans la protection cathodique de l'acier ou des métaux ferreux, afin d'en corriger le manque de rigueur scientifique.

La formulation confond une propriété du métal avec l'ion qu'il peut former. Dans la protection sacrificielle, le zinc métallique est plus facilement oxydé que le fer : il cède des électrons et devient des ions Zn^{2+}. Le fer reçoit cette protection et reste la cathode. Il faut donc parler de la tendance du zinc à s'oxyder, et non de son « électropositivité (Zn^{2+}) ».

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le zinc est choisi car il s'oxyde préférentiellement en Zn^{2+} et protège ainsi le fer de la corrosion.

Question 2. À partir du dispositif expérimental et des couples rédox Fe^{2+}/Fe et Zn^{2+}/Zn, écrire les deux demi-équations électroniques observées à l'anode et à la cathode.

Le schéma montre le zinc comme électrode négative et le fer comme électrode positive. Le zinc cède des électrons : c'est l'oxydation à l'anode. Les ions Fe^{2+} captent ces électrons au niveau de l'électrode de fer : c'est la réduction à la cathode. Les demi-équations doivent conserver à la fois les atomes et la charge électrique.

- Anode : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\ e^-$
- Cathode : $Fe^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightarrow Fe(s)$

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Anode : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\ e^-$. Cathode : $Fe^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightarrow Fe(s)$.

II. Étude cristallographique du fer

Question 1. Pour le fer qui cristallise dans un réseau cubique centré, vérifier que la population N d'une maille est égale à deux.

Une maille cubique centrée comporte un atome à chacun de ses huit sommets et un atome au centre du cube. Chaque atome situé à un sommet est partagé entre huit mailles : sa contribution à une maille est donc de 1/8. L'atome central appartient entièrement à la maille. La population totale est ainsi la somme de ces contributions : $N = 8 \times 1/8 + 1 = 2$ atomes.

✓ RÉPONSE À RETENIR

N = 2 atomes de fer par maille.

Question 2. Montrer que la masse volumique ρFe du fer est égale à 7,89 × 10³ kg·m⁻³.

Dans une structure cubique centrée, les atomes sont en contact sur la grande diagonale : a√3 = 4R. Avec R = 124,0 pm = 124,0 × 10^{-12} m, on obtient a = 4R/√3 = 2,864 × 10^{-10} m. La masse volumique vaut ρFe = NM/(NAa³), avec N = 2 et M = 55,8 × 10^{-3} kg·mol^{-1}. Le résultat arrondi à trois chiffres significatifs confirme la valeur demandée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

ρFe = 7,89 × 10³ kg·m⁻³.

Question 3. La coque en fer est modélisée par un cylindre de volume 15,4 m³ et sa masse représente 22 % de la masse totale du sous-marin. Retrouver la masse totale MT du sous-marin.

La masse de fer de la coque est m = ρFeV = 7,89 × 10³ × 15,4 = 1,21506 × 10^5 kg. Cette masse représentant 22 % de la masse totale, MT = m/0,22 = 5,523 × 10^5 kg. En tonnes, cela donne environ 552 t. Le résultat est proche des 550 t indiquées dans le sujet, l'écart étant compatible avec les arrondis des données.

✓ RÉPONSE À RETENIR

MT ≈ 5,52 × 10^5 kg, soit environ 552 t.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2018)

Bilan de l'épreuve : Épreuve E32 de Physique et Chimie du BTS Fluides Énergies Domotique, option Génie Climatique Fluidique, session 2018, code 18FEPHGCF1 : durée de deux heures, coefficient 1. À partir du sous-marin SAGA, les quatre parties évaluent l'hydrostatique et le hublot, la sonde Pt100, le cycle Stirling et son rendement, puis la protection cathodique et la cristallographie du fer.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Dans l'eau homogène au repos, la pression augmente avec la profondeur selon $P = P_0 + \rho gh$, si h désigne la profondeur.
- La sonde Pt100 transforme une variation de température en variation de résistance électrique, décrite par sa caractéristique $R = f(\theta)$.
- Le cycle idéal de Stirling comprend deux transformations isothermes et deux transformations isochores.
- Dans une maille cubique centrée, $N = 2$ et $\rho = N \times$ masse d'un atome / a^3, avec $a\sqrt{3} = 4R$.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer la pression absolue de la pression relative et vérifier les unités avant de calculer la force sur le hublot.
- Pour la Pt100, placer θ en abscisse et R en ordonnée; vérifier que le graphique permet de couvrir la plage demandée jusqu'à 300 °C.
- Sur le diagramme de Stirling, distinguer les isothermes des isochores et orienter le cycle selon l'ordre des états 1, 2, 3 et 4.
- En électrochimie, identifier anode et cathode à partir du dispositif; en cristallographie, tenir compte du partage des atomes entre mailles.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment exploiter les valeurs du tableau pour tracer la caractéristique de la Pt100 ?

Placez θ en abscisse et R en ordonnée, puis reportez les couples du tableau et reliez-les par une courbe régulière. Le document réponse visible semble gradué jusqu'à environ 220 °C alors que l'énoncé demande 300 °C : vérifiez l'échelle à utiliser.

Q : Comment reconnaître les quatre transformations du cycle de Stirling dans le diagramme P,V ?

Une isotherme conserve la température et apparaît comme une courbe dans le plan P,V. Une isochore conserve le volume et se représente par un segment vertical. Le cycle enchaîne les états 1, 2, 3 et 4 dans l'ordre indiqué.

Q : Le sujet indique-t-il un barème par question ou une répartition du temps ?

Le sujet ne donne ni barème détaillé par question ni durée attribuée à chaque partie. Il précise une durée totale de deux heures et un coefficient de 1. Répartissez donc votre temps selon le nombre et la nature des tâches.

Q : Quels éléments de présentation sont importants dans les calculs et les schémas ?

Présentez les relations utilisées, les substitutions numériques et les résultats avec leurs unités. Sur les schémas, nommez les axes, les états ou les électrodes, puis indiquez le sens demandé. Assurez-vous que chaque réponse reste cohérente avec les données fournies.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bts-fed.fr/assets/annales/bts-fed/E3.2 - Physique-Chimie/2018/BTS FED - E3.2 - Physique-Chimie - Session 2018 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Fluides Énergies Domotique : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.