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 MEC

Sciences physiques

Session 2018 • Code sujet : **ECE3SC** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Chauffage de l'eau du ballon de stockage et matériaux à changement de phase** (9 questions) — **Page 3**
2. **Débit, puissance et coût de fonctionnement du circulateur** (5 questions) — **Page 9**
3. **Dépôt de calcaire dans le ballon et protection contre la corrosion** (8 questions) — **Page 11**
4. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 14**

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

1. Chauffage de l’eau du ballon de stockage et matériaux à changement de phase

L’étude porte sur un chauffe-eau solaire dont les capteurs transmettent l’énergie du rayonnement à un fluide caloporteur qui réchauffe l’eau stockée dans un ballon. Elle examine le bilan thermique quotidien, les pertes nocturnes et l’apport de matériaux à changement de phase pour limiter le refroidissement.

A.1. Température de l’eau dans le ballon

Question A.1.1. À partir de la surface du capteur et de l’énergie solaire reçue par mètre carré en une journée, déterminer l’énergie thermique apportée par le rayonnement solaire au fluide caloporteur.

L’énergie reçue par le capteur en une journée est égale à la surface du capteur multipliée par l’énergie solaire reçue par mètre carré. Avec les données du sujet : 3,50 m² × 4,80 kWh·m⁻²·jour⁻¹ = 16,8 kWh·jour⁻¹. Cette valeur correspond à l’énergie captée avant les pertes thermiques du dispositif.

Bilan de l’énergie solaire captée

Grandeur	Valeur
Surface du capteur	3,50 m²
Énergie reçue par m² et par jour	4,80 kWh·m⁻²·jour⁻¹
Énergie totale captée	16,8 kWh·jour⁻¹

Énergie avant les pertes du dispositif.

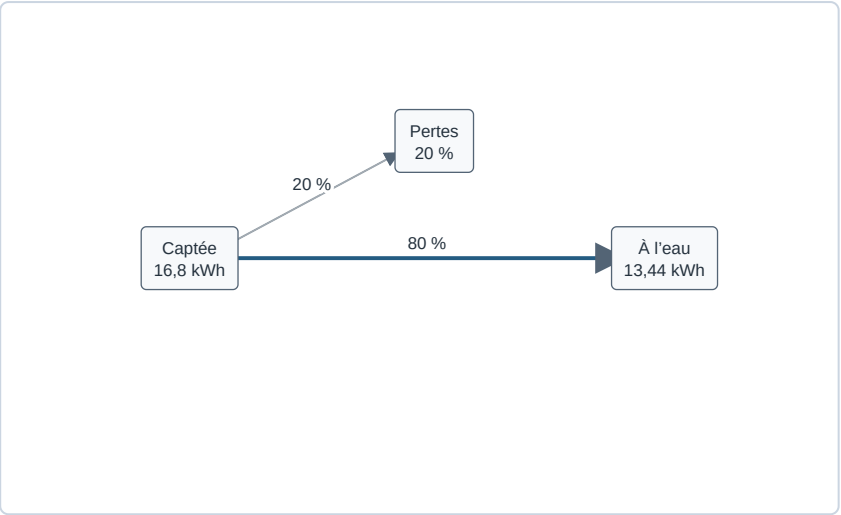
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Énergie solaire captée en une journée, avant les pertes du dispositif : 16,8 kWh.

Question A.1.2. En admettant que les pertes thermiques du dispositif sont de l’ordre de 20 %, déterminer l’énergie apportée sous forme de chaleur à l’eau en une journée par le fluide caloporteur.

Les pertes représentent 20 % de l’énergie captée : la part restante, transmise à l’eau, est donc de 80 %. L’énergie captée vaut 16,8 kWh par jour. L’énergie utile se calcule ainsi : 16,8 × 0,80 = 13,44 kWh. Cette quantité est la chaleur fournie à l’eau par le fluide caloporteur en une journée, selon l’hypothèse de pertes donnée.

Répartition de l’énergie solaire quotidienne



La chaleur transmise à l’eau correspond à 80 % de l’énergie captée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Chaleur transmise à l’eau par le fluide caloporteur en une journée : 13,44 kWh.

Question A.1.3. À l’aide des données fournies sur l’eau et de l’énergie thermique reçue, montrer que la température de l’eau en fin de journée atteint environ 73 °C.

Le volume d’eau est de 200 L, soit 0,200 m³. Sa masse vaut donc ρV = 1,00 × 10³ × 0,200 = 200 kg. L’énergie reçue, 13,44 kWh, correspond à 48 384 kJ. Avec la relation Q = mCΔT, on obtient ΔT = 48 384 ÷ (200 × 4,18) = 57,9 °C. En ajoutant cette élévation à la température initiale de 15,0 °C, la température finale est d’environ 72,9 °C.

Calcul de la température finale de l’eau

Donnée	Valeur
Volume d’eau	200 L = 0,200 m³
Masse d’eau	200 kg
Énergie reçue	13,44 kWh = 48 384 kJ
Élévation de température	57,9 °C
Température initiale	15,0 °C

La température finale est la température initiale augmentée de l’élévation calculée.

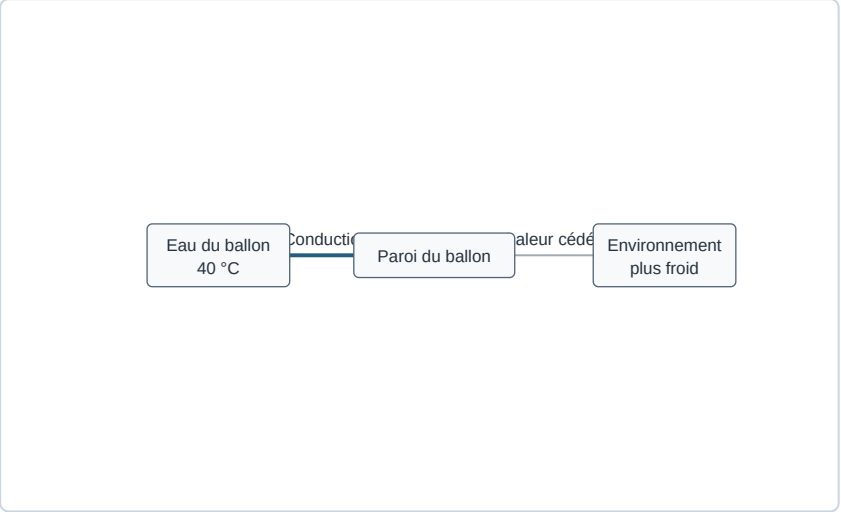
✓ RÉPONSE À RETENIR

Température de l’eau en fin de journée : environ 73 °C.

Question A.1.4. Après une nuit, la température de l'eau dans le ballon est d'environ 40 °C, ce qui correspond à des pertes thermiques de l'ordre de 7,7 kWh. Citer le mode principal de transfert thermique à l'origine de ces pertes.

Pendant la nuit, l'eau du ballon cède de l'énergie à l'environnement plus froid. Le transfert à travers la paroi du ballon et son isolation se fait principalement par conduction. La chaleur peut ensuite être transmise à l'air extérieur, notamment par convection. Les pertes thermiques indiquées dans le sujet sont d'environ 7,7 kWh. Le mode principal demandé concerne donc le passage de la chaleur à travers les parois.

Transfert thermique nocturne du ballon



Le ballon perd environ 7,7 kWh pendant la nuit.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

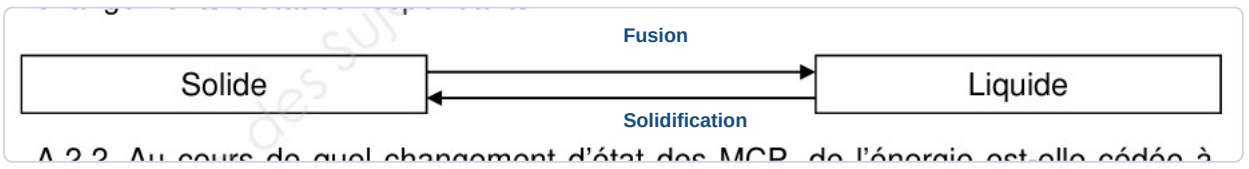
Mode principal de transfert à travers les parois du ballon : conduction thermique.

A.2. Matériaux à changement de phase

Question A.2.1. Recopier et compléter le schéma reliant l'état solide à l'état liquide en indiquant le nom des changements d'état correspondants.

Le changement d'état du solide vers le liquide se nomme fusion. Le changement inverse, du liquide vers le solide, se nomme solidification. Sur le schéma de la page 3/6, la flèche dirigée vers la droite correspond donc à la fusion, et celle dirigée vers la gauche à la solidification. Ces changements sont associés à la température de fusion du matériau, donnée ici à 50 °C.

Schéma des changements d'état complété



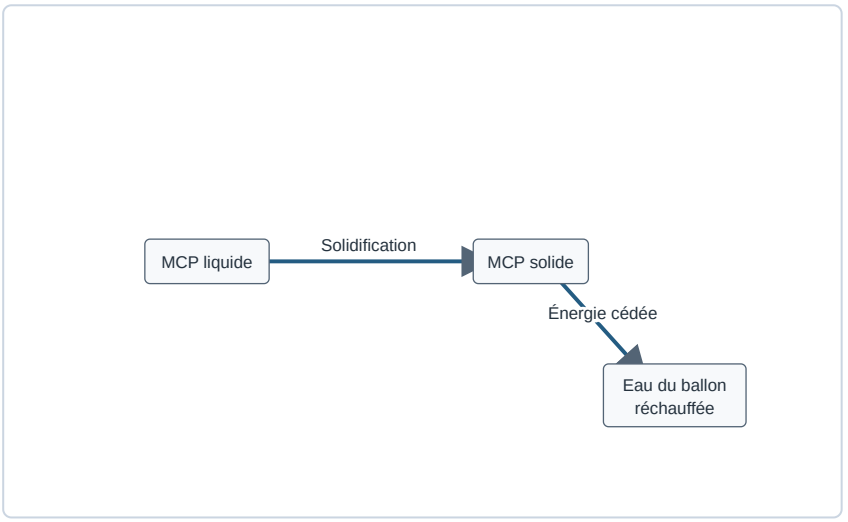
✓ RÉPONSE À RETENIR

Solide vers liquide : fusion. Liquide vers solide : solidification. Les deux flèches du schéma sont ainsi légendées.

Question A.2.2. Indiquer au cours de quel changement d'état des matériaux à changement de phase l'énergie est cédée à l'eau du ballon.

Le MCP libère de l'énergie lors du passage de l'état liquide à l'état solide : c'est la solidification. Cette énergie, cédée au cours du refroidissement, est transmise à l'eau puisque les billes de MCP sont en contact direct avec elle. À l'inverse, le passage du solide au liquide est la fusion : il nécessite un apport d'énergie et ne correspond donc pas à la restitution de chaleur recherchée.

Libération de chaleur par le MCP



Le MCP libère de l'énergie pendant sa solidification.

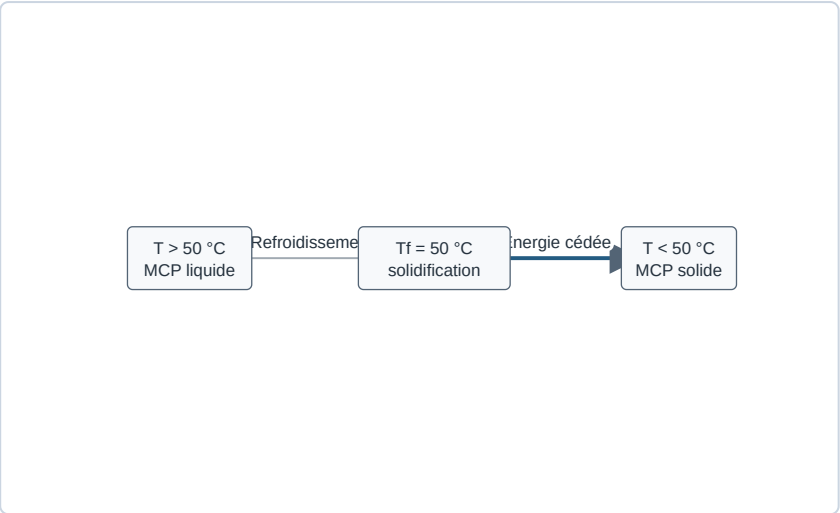
✓ RÉPONSE À RETENIR

Le MCP cède son énergie à l'eau du ballon lors de sa solidification.

Question A.2.3. Préciser à quelle température les matériaux à changement de phase deviennent efficaces et justifier la réponse.

La température de fusion du MCP est Tf = 50 °C. Lorsque l'eau du ballon refroidit jusqu'à cette température, le MCP liquide commence à se solidifier et libère de l'énergie. C'est à ce seuil qu'il devient efficace pour ralentir le refroidissement de l'eau. Une fois solidifié, il ne peut plus restituer d'énergie par ce changement d'état tant qu'il n'a pas fondu de nouveau.

Seuil d’efficacité thermique du MCP



Le MCP restitue de la chaleur lors de sa solidification à 50 °C.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Les MCP deviennent efficaces au seuil de 50 °C, lorsque leur solidification commence.

Question A.2.4. Pour 50 kg de matériaux à changement de phase, calculer la quantité d’énergie fournie lors de leur changement d’état et donner le résultat en kWh.

Lors du changement d’état, l’énergie libérée est donnée par Q = mLf. Avec une masse de 50 kg et une chaleur latente de fusion de 189 kJ·kg⁻¹, on obtient Q = 50 × 189 = 9 450 kJ. Comme 1 kWh = 3 600 kJ, la conversion donne 9 450 ÷ 3 600 = 2,625 kWh. Cette énergie est restituée lorsque le MCP se solidifie.

Énergie restituée par les MCP

Grandeur	Valeur
Masse de MCP	50 kg
Chaleur latente	189 kJ·kg⁻¹
Énergie libérée	9 450 kJ
Énergie en kWh	2,625 kWh

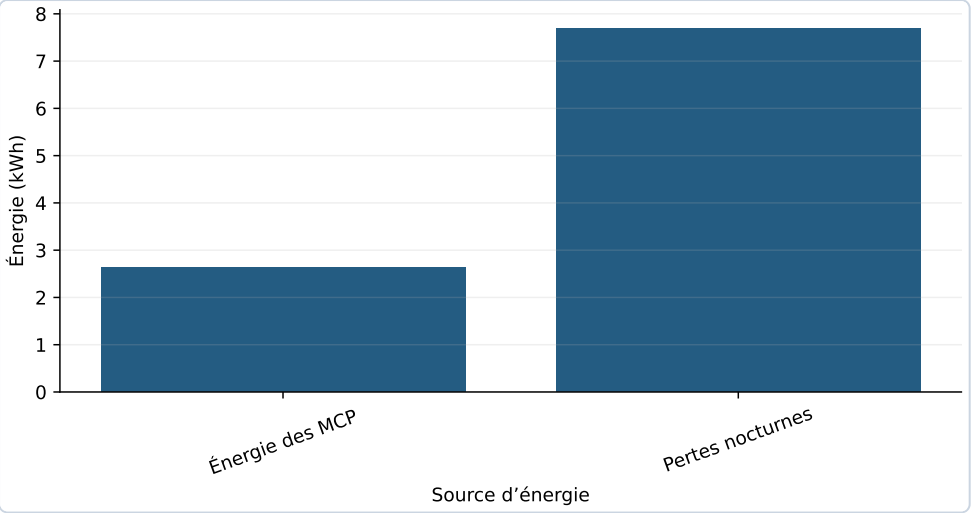
Énergie libérée lors de la solidification.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Énergie fournie lors de la solidification des 50 kg de MCP : 2,625 kWh.

Question A.2.5. Comparer l’énergie fournie par les matériaux à changement de phase aux pertes thermiques indiquées en A.1.4, puis conclure sur leur utilité pour le ballon.

Les MCP fournissent 2,625 kWh, alors que les pertes nocturnes sont d’environ 7,7 kWh. La part compensée vaut 2,625 ÷ 7,7 × 100, soit environ 34 %. Leur apport est donc inférieur aux pertes et ne suffit pas à les compenser entièrement. Il reste utile, car il réduit la baisse de température du ballon pendant la nuit.



✓ RÉPONSE À RETENIR

Les MCP compensent environ 34 % des pertes nocturnes : ils limitent le refroidissement sans supprimer toutes les pertes.

2. Débit, puissance et coût de fonctionnement du circulateur

Cette partie étudie le circulateur qui fait circuler le fluide caloporteur entre les panneaux solaires et le ballon. Les caractéristiques de la station, les données du circuit et le schéma de l'installation servent à déterminer le débit, la puissance nécessaire et le coût annuel d'électricité.

B.1. Étude du débit du fluide caloporteur

Question B.1.1. À partir du débit massique préconisé et de la masse volumique du fluide caloporteur, montrer que son débit volumique est d'environ 1,9 × 10⁻⁵ m³·s⁻¹.

Le débit massique vaut $72,4/3600 = 0,0201\ \text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$. Avec $q_v = \dot{m}/\rho$, on obtient $q_v = 0,0201/(1,035 \times 10^3) = 1,94 \times 10^{-5}\ \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, soit environ $1,9 \times 10^{-5}\ \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $q_v \approx 1,9 \times 10^{-5}\ \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$

Question B.1.2. Calculer, en m·s⁻¹, la vitesse du fluide caloporteur dans les tuyaux à partir du débit volumique et du diamètre des tuyaux.

Grandeur	Valeur
Débit volumique	$1,94 \times 10^{-5}\ \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
Diamètre	$18,0\ \text{mm} = 0,0180\ \text{m}$
Section du tuyau	$S = \pi d^2/4$

La vitesse moyenne est $v = q_v/S$, soit $0,0764\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $v \approx 0,076\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

B.2. Détermination de la puissance utile du circulateur

Question B.2.1. En utilisant l'équation de Bernoulli, l'écart de pression entre M et N et leur différence de hauteur indiqués par le schéma, montrer que la puissance utile de la pompe est de 6,3 W.

Le schéma place N à $8,0\ \text{m}$ au-dessus de M. Les tuyaux ayant le même diamètre, $v_N = v_M$ et le terme cinétique de Bernoulli s'annule. Avec $P_N - P_M = 2,5 \times 10^5\ \text{Pa}$, l'équation donne $P_u = q_v[(P_N - P_M) + \rho g(z_N - z_M)]$. Ainsi, $P_u = 1,9 \times 10^{-5}[2,5 \times 10^5 + (1,035 \times 10^3)(9,81)(8,0)] = 6,29\ \text{W}$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Puissance utile : $P_u \approx 6,3\ \text{W}$.

Question B.2.2. **Sachant que le rendement de la pompe est de 93 %, déterminer la puissance électrique consommée par celle-ci.**

1. Le rendement vérifie $\eta = P_u / P_{\text{élec}}$.
2. Donc $P_{\text{élec}} = P_u / \eta = 6,3 / 0,93 = 6,77\ \text{W}$, soit $6,8\ \text{W}$ à deux chiffres significatifs.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $P_{\text{élec}} \approx 6,8\ \text{W}$

B.2. Détermination du coût de fonctionnement du circulateur

Question B.2.3. **Sachant que le kilowattheure coûte 0,1449 € et que la pompe fonctionne 10 heures par jour, calculer son coût de fonctionnement sur une année, puis commenter la valeur obtenue.**

La pompe fonctionne $10 \times 365 = 3650\ \text{h}$ par an. Avec $P_{\text{élec}} = 6,3 / 0,93 = 6,77\ \text{W} = 0,00677\ \text{kW}$, l'énergie annuelle consommée est $0,00677 \times 3650 \approx 24,8\ \text{kWh}$. Au tarif indiqué, le coût est $24,766 \times 0,1449 \approx 3,59\ €$. Cette dépense annuelle est faible.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Coût annuel : environ $3,6\ €$, une dépense faible.

3. Dépôt de calcaire dans le ballon et protection contre la corrosion

La partie étudie le dépôt de carbonate de calcium dans un chauffe-eau à partir de la dureté de l'eau et des données de solubilité à différentes températures. Elle traite également de la protection de la carcasse en fer par émaillage et par anode sacrificielle, puis du dimensionnement d'une électrode de zinc.

C.1. Élimination du calcaire

Question C.1.1. Expliquer pourquoi le calcaire, initialement dissous dans l'eau potable, peut se déposer dans le chauffe-eau.

Quand l'eau chauffe, la solubilité du $CaCO_3$ diminue. Si la concentration dissoute dépasse alors la solubilité, l'excès précipite. La stagnation favorise ensuite son dépôt sur les parois.

- À 25 °C : solubilité de $3{,}1 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}.
- À 50 °C : solubilité de $2{,}0 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}.

✓ RÉPONSE À RETENIR

En chauffant, l'eau dissout moins de $CaCO_3$: l'excès précipite et se dépose.

Question C.1.2. Pour une eau de dureté 25,0 °f, calculer la concentration molaire de calcaire dissous dans l'eau de la commune.

La dureté de 25,0 °f correspond à $25{,}0 \times 10 = 250$ mg·L^{-1}, soit 0,250 g·L^{-1} de $CaCO_3$. Sa masse molaire vaut $40{,}1 + 12{,}0 + 3 \times 16{,}0 = 100{,}1$ g·mol^{-1}. Donc **$c = 0{,}250 / 100{,}1 = 2{,}50 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}**.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$c(CaCO_3) = 2{,}50 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}.

Question C.1.3. À l'aide des informations du document 1 sur la solubilité et de la concentration trouvée à la question précédente, montrer que le calcaire peut se déposer dans le chauffe-eau.

À 50 °C, le document donne une solubilité de $2{,}0 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}. La concentration trouvée, $2{,}50 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}, la dépasse.

Une partie du $CaCO_3$ ne peut donc plus rester dissoute et peut précipiter.

✓ RÉPONSE À RETENIR

À 50 °C, la concentration dépasse la solubilité : le calcaire peut se déposer.

Question C.1.4. **Sachant que la solubilité correspond à la quantité de matière restant dissoute dans l'eau, montrer que 3,5 kg de calcaire peuvent se déposer en un an pour une consommation annuelle de 70 m³ d'eau chaude à 50 °C.**

À 50 °C, l'excès qui précipite vaut c − s. Pour 70 m^3 = 70 000 L, la masse déposée est **$m = (2{,}50 \times 10^{-3} - 2{,}0 \times 10^{-3}) \times 70\,000 \times 100{,}1 \approx 3\,486$ g**, soit environ 3,5 kg de $CaCO_3$.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> **Environ 3,5 kg de $CaCO_3$ peuvent se déposer en un an.**

C.2. Protection contre la corrosion

Question C.2.1. **Nommer les deux types de protection contre la corrosion utilisés : l'émaillage du fer constituant la carcasse et le contact avec une anode en zinc.**

Les deux protections sont :

- Émaillage : protection par revêtement, qui isole le fer du milieu corrosif.
- Anode de zinc : protection cathodique par anode sacrificielle, le zinc s'oxydant à la place du fer.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> Émaillage : protection par revêtement. Zinc : protection cathodique sacrificielle.

Question C.2.2. **Citer un métal qui pourrait remplacer le zinc pour protéger le ballon de la corrosion et justifier la réponse.**

Le magnésium peut remplacer le zinc : son potentiel standard Mg^{2+}/Mg est de -2,37 V, plus négatif que celui du fer, Fe^{2+}/Fe à -0,44 V. Il s'oxyde donc préférentiellement et protège la carcasse en fer.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> **Le magnésium** convient : il s'oxyde à la place du fer.

Question C.2.3. **Écrire la demi-équation d'oxydation du zinc.**

L'oxydation du zinc libère deux électrons afin d'équilibrer la charge :

$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\,e^-$

✓ RÉPONSE À RETENIR

$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\ e^-$

Question C.2.4. **Pour une intensité de 2,50 mA pendant 10 ans, déterminer la masse minimale de l'électrode de zinc, sachant qu'elle doit être remplacée dès que 80 % de sa masse est consommée.**

1. En prenant 365 jours par an, $t = 10 \times 365 \times 24 \times 3\,600 = 315\,360\,000$ s, donc $q = It = 788\,400$ C.
2. La réaction $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\ e^-$ donne une masse consommée de $(q / 96\,500) \times 65{,}4 / 2 \approx 267$ g.
3. Ces 267 g représentant 80 % de l'électrode, sa masse minimale est $267 / 0{,}80 \approx 334$ g.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Masse minimale de l'électrode de zinc : 334 g.

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

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de sciences physiques du BTS Études et Économie de la Construction, session 2018, porte le code ECE3SC et dure 2 heures, coefficient 2. Organisée en trois parties indépendantes sur un chauffe-eau solaire, elle évalue les bilans thermiques, les changements d'état, les débits et puissances, le coût énergétique, la solubilité du calcaire et la protection électrochimique contre la corrosion.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- L'énergie solaire reçue par un capteur est le produit de l'énergie par unité de surface et de la surface du capteur.
- Pour chauffer une masse d'eau, l'énergie thermique échangée s'écrit $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$.
- Lors d'un changement d'état, l'énergie échangée en valeur absolue est $Q = m \cdot L$.
- Le débit volumique vérifie $Q_v = v \cdot S$; la puissance électrique consommée est la puissance utile divisée par le rendement.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les volumes, durées, puissances et énergies dans des unités cohérentes avant tout calcul.
- Appliquer les pertes thermiques au bon moment et distinguer l'énergie solaire reçue de celle transmise à l'eau.
- Dans l'équation de Bernoulli, respecter les points M et N, le signe de l'écart de pression et la différence d'altitude du schéma.
- Pour le dépôt de calcaire, comparer la concentration à la solubilité à la température considérée, puis calculer l'excès précipitable.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer l'élévation de température de l'eau du ballon ?

Déterminez d'abord la masse d'eau à partir du volume et de la masse volumique. Utilisez ensuite $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ avec l'énergie réellement reçue par l'eau, puis ajoutez l'élévation de température obtenue à la température initiale.

Q : Comment savoir si le carbonate de calcium va précipiter à 50 °C ?

Calculez la concentration molaire de calcaire dans l'eau, puis comparez-la à la solubilité fournie pour 50 °C. Si la concentration dépasse cette solubilité, l'excès ne peut rester dissous et peut précipiter.

Q : Comment organiser le temps pour cette épreuve de deux heures ?

Le sujet comporte trois parties indépendantes, notées sur 7, 6 et 7 points. Parcourez les questions, répartissez le temps selon le barème et gardez quelques minutes pour vérifier les unités, les calculs et les réponses.

Q : Quels éléments de démarche faut-il montrer dans les calculs ?

Présentez les données utiles, la relation choisie, les conversions d'unités, le calcul et une réponse avec son unité. Le sujet invite explicitement à présenter la stratégie de résolution, même si elle n'aboutit pas entièrement.

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

Ressources BTS Management Économique de la Construction : 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.