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 consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BTS TP, veuillez visiter :
btstp.fr/annales-sujets-et-corriges

BTS TRAVAUX PUBLICS • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

E3. Mathématiques et sciences physiques - Sciences physiques appliquées

Session 2013 • Code sujet : **13TVE3SC1** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Étude des déperditions thermiques dans le ballon** (7 questions) — **Page 3**
2. **Étude de la station solaire et du circulateur** (4 questions) — **Page 6**
3. **Protection du ballon contre la corrosion** (6 questions) — **Page 8**
4. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 10**

Sujet officiel (PDF) : https://btstp.fr/assets/annales/bts-tp/E3.2 - Physique chimie/2013/BTS TP - E3.2 - Physique chimie - Session 2013 - 1-Sujet.pdf

1. Étude des déperditions thermiques dans le ballon

Le ballon solaire de 300 litres, isolé par une enveloppe de mousse de 100 mm, stocke l'eau chaude sanitaire d'une famille. L'étude porte sur les pertes par conduction pendant une nuit, la surface d'échange et la baisse de température de l'eau.

A.1

Question A.1.1. En choisissant le matériel adapté parmi celui proposé, décrire une expérience permettant de mettre en évidence l'influence d'une augmentation de l'épaisseur de la mousse sur la diminution des pertes thermiques par conduction.

Comparer les refroidissements pour différentes épaisseurs en ne faisant varier que l'épaisseur de mousse. Utiliser le vase en aluminium fermé par son couvercle, l'eau, le thermomètre à sonde, le chronomètre et les mousses.

1. Remplir le vase avec la même masse d'eau et la chauffer à la même température pour chaque essai.
2. Isoler successivement avec 0,5 cm, 1,0 cm puis 1,5 cm de mousse, dans les mêmes conditions ambiantes.
3. Relever la température à intervalles réguliers et comparer les baisses de température sur une même durée.

Une baisse plus faible avec une mousse plus épaisse met en évidence la diminution des pertes thermiques.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Une mousse plus épaisse ralentit le refroidissement de l'eau.

Question A.1.2. Rappeler l'expression de la loi reliant la densité de flux thermique par mètre carré φ, la différence de température Δθ et la résistance thermique R.

La densité de flux thermique surfacique est proportionnelle à l'écart de température et inversement proportionnelle à la résistance thermique surfacique. En valeur absolue, la loi de conduction s'écrit $\varphi = \frac{\Delta\theta}{R}$. Ici, φ s'exprime en $\mathrm{W\,m^{-2}}$, $\Delta\theta$ en K et R en $\mathrm{m^2\,K\,W^{-1}}$. Pour une couche homogène, $R = \frac{e}{\lambda}$, avec l'épaisseur e et la conductivité thermique λ.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\varphi = \frac{\Delta\theta}{R}$, avec $R = \frac{e}{\lambda}$.

Question A.1.3. Montrer que la densité de flux thermique par mètre carré φ a pour valeur 4,6 × 10¹ W·m⁻².

La différence de température vaut $\Delta\theta = 75 - 18 = 57\ ^\circ\mathrm{C}$, soit 57 K. L'épaisseur est $e = 100\ \mathrm{mm} = 0{,}100\ \mathrm{m}$, donc la résistance thermique surfacique de la mousse vaut $R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0{,}100}{8{,}0\times10^{-2}} = 1{,}25\ \mathrm{m^2\,K\,W^{-1}}$. Ainsi, $\varphi = \frac{57}{1{,}25} = 45{,}6\ \mathrm{W\,m^{-2}}$, soit $4{,}6\times10^{1}\ \mathrm{W\,m^{-2}}$ à deux chiffres significatifs.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\varphi \approx 4{,}6\times10^{1}\ \mathrm{W\,m^{-2}}$.

Question A.1.4. **Vérifier que la surface de contact entre le chauffe-eau et l'air est S = 4,0 m², sachant que la base du ballon ne participe pas aux échanges thermiques.**

Partie échangeante	Calcul	Surface (m²)
Paroi latérale	πDH	3,63
Face supérieure	πD²/4	0,385
Base posée au sol	Exclue des échanges	0

Le ballon est assimilé à un cylindre. La surface exposée à l'air est donc $S = \pi D H + \frac{\pi D^2}{4} = \pi \times 0{,}70 \times 1{,}65 + \frac{\pi \times 0{,}70^2}{4} \approx 4{,}0\ \mathrm{m}^2$.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$S \approx 4{,}0\ \mathrm{m}^2$.

Question A.1.5. **Calculer le flux thermique Φ.**

Le flux thermique total traversant l'enveloppe est le produit de la densité de flux par la surface d'échange : $\Phi = \varphi S$. Avec $\varphi = 45{,}6\ \mathrm{W\,m^{-2}}$ et $S = 4{,}0\ \mathrm{m}^2$, on obtient $\Phi = 45{,}6 \times 4{,}0 = 182{,}4\ \mathrm{W}$. À deux chiffres significatifs, cette valeur s'arrondit à $1{,}8 \times 10^2\ \mathrm{W}$. Le transfert thermique se fait de l'eau chaude vers l'air extérieur.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$\Phi \approx 1{,}8 \times 10^2\ \mathrm{W}$.

A.2

Question A.2.1. **En supposant que le flux thermique reste égal à Φ, valeur calculée en A.1.5, montrer que la quantité de chaleur Q perdue par l'eau chaude en une nuit de 12 heures vaut 7,8 × 10⁶ J.**

La durée de la nuit est $\Delta t = 12 \times 3600 = 43\,200\ \mathrm{s}$. La chaleur perdue est donnée par $Q = \Phi \Delta t$. En reprenant le flux de A.1.5 arrondi à deux chiffres significatifs, $\Phi \approx 1{,}8 \times 10^2\ \mathrm{W}$, on trouve $Q = 180 \times 43\,200 = 7{,}776 \times 10^6\ \mathrm{J}$. À deux chiffres significatifs, cela donne la valeur demandée. Le calcul avec la valeur non arrondie du flux donnerait environ $7{,}9 \times 10^6\ \mathrm{J}$.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$Q \approx 7{,}8 \times 10^6\ \mathrm{J}$.

Question A.2.2. Déduire la chute de température ΔT de l'eau dans le ballon.

Le volume d'eau est $V = 300\ \text{L} = 0{,}300\ \text{m}^3$. Sa masse vaut $m = \rho V = 1{,}0 \times 10^3 \times 0{,}300 = 300\ \text{kg}$. La chaleur perdue vérifie $Q = mc\Delta T$, d'où $\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{7{,}8 \times 10^6}{300 \times 4{,}18 \times 10^3} \approx 6{,}2\ ^\circ\text{C}$. La température de l'eau baisse donc d'environ 6,2 °C pendant la nuit.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Delta T \approx 6{,}2\ ^\circ\text{C}$.

2. Étude de la station solaire et du circulateur

Le circulateur fait circuler le fluide caloporteur entre les panneaux solaires et le ballon. Les données de débit, de diamètre des canalisations, de hauteur et de pression permettent d'étudier l'écoulement et de déterminer la puissance utile de la pompe.

B.1

Question B.1.1. Calculer le débit massique Qm du fluide caloporteur.

Le débit massique est le produit de la masse volumique par le débit volumique : $\mathbf{Q_m = \rho Q_v}$. On convertit d'abord le débit en unités SI : $\mathbf{Q_v = 20 \times 10^{-3} / 60 = 3{,}33 \times 10^{-4}\ m^3 \cdot s^{-1}}$. Avec $\mathbf{\rho = 1{,}0 \times 10^3\ kg \cdot m^{-3}}$, on obtient $\mathbf{Q_m = 1{,}0 \times 10^3 \times 3{,}33 \times 10^{-4}\ kg \cdot s^{-1}}$.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $\mathbf{Q_m = 0{,}33\ kg \cdot s^{-1}}$

Question B.1.2. Calculer la vitesse moyenne du fluide caloporteur en régime permanent.

1. Le débit volumique vaut $\mathbf{Q_v = 20 \times 10^{-3}/60 = 3{,}33 \times 10^{-4}\ m^3 \cdot s^{-1}}$.
2. Pour un diamètre **d = 15 mm = 0,015 m**, la section du conduit est $\mathbf{S = \pi d^2/4}$. En régime permanent, $\mathbf{v = Q_v/S = 4Q_v/(\pi d^2)}$, soit environ $\mathbf{1{,}9\ m \cdot s^{-1}}$.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $\mathbf{v \approx 1{,}9\ m \cdot s^{-1}}$

Question B.1.3. Si la pompe ne fonctionne pas, déterminer la différence de pression du fluide entre la pompe et les panneaux, en utilisant la hauteur moyenne estimée à 7,0 m.

Pompe arrêtée, le fluide est au repos. La différence de pression est donc hydrostatique. Pour une dénivellation de **7,0 m**, on applique $\mathbf{|\Delta p| = \rho g h}$, avec la masse volumique et la pesanteur données dans le sujet.

- $\mathbf{|\Delta p| = 1{,}0 \times 10^3 \times 9{,}8 \times 7{,}0 = 6{,}86 \times 10^4\ Pa}$.
- La pompe étant plus basse que les panneaux, la pression y est plus élevée.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $\mathbf{p_{pompe} - p_{panneaux} = 6{,}9 \times 10^4\ Pa = 0{,}69\ bar}$

B.2

Question B.2. Lorsque la pompe fonctionne et que le manomètre indique un écart de pression de 2,0 bars entre la pompe et les panneaux solaires, calculer la puissance utile de la pompe.

Dans la relation énergétique fournie, les vitesses aux deux points sont supposées égales, donc le terme cinétique s'annule. La pompe compense l'écart de pression mesuré et la différence d'altitude : $P_u = Q_v(\Delta p + \rho g \Delta z)$. Avec $\Delta p = 2{,}0 \times 10^5$ Pa, $\Delta z = 7{,}0$ m et $Q_v = 20 \times 10^{-3}/60$ m³·s^{-1}, le calcul donne environ **90 W**.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $P_u \approx 90$ W

3. Protection du ballon contre la corrosion

La carcasse en fer du ballon est protégée par un double émaillage et par une anode en magnésium. Les questions portent sur la protection sacrificielle, les potentiels d'oxydoréduction, la durée de vie de l'anode et la formation d'un dépôt de carbonate de calcium.

C

Question C.1. À partir des observations réalisées avec un clou en fer seul puis avec ce clou relié à une plaque de zinc, expliquer en quoi les expériences mettent en évidence le principe de la protection par anode sacrificielle.

Seul, le clou se corrode : le fer forme des ions Fe^{2+}, révélés par le précipité bleu avec les ions ferricyanure. Relié au zinc, cette coloration disparaît : le fer ne libère donc plus d'ions Fe^{2+}. Le courant conventionnel mesuré de fer vers zinc correspond à un déplacement des électrons du zinc vers le fer. Le zinc s'oxyde préférentiellement et protège ainsi le fer, qui reste la cathode. Le zinc joue le rôle d'anode sacrificielle.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le zinc s'oxyde à la place du fer et le protège de la corrosion en jouant le rôle d'anode sacrificielle.

Question C.2. Parmi le plomb, l'aluminium et le cuivre, indiquer quel métal pourrait remplacer le magnésium pour protéger un ballon dont la carcasse est entièrement en fer, puis justifier la réponse à l'aide des potentiels standard fournis.

Pour protéger le fer par anode sacrificielle, le métal choisi doit s'oxyder plus facilement que lui. Son potentiel standard doit donc être inférieur à celui du couple Fe^{2+}/Fe, soit −0,44 V. L'aluminium convient, car son potentiel est −1,66 V. Le plomb, à −0,13 V, et le cuivre, à +0,34 V, ont des potentiels supérieurs à celui du fer : ils ne s'oxyderaient pas préférentiellement et ne le protégeraient pas.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'aluminium convient : son potentiel standard, −1,66 V, est inférieur à celui du fer, −0,44 V.

Question C.3. Écrire la demi-équation d'oxydation du magnésium.

Une oxydation correspond à une perte d'électrons. Le magnésium métallique devient l'ion magnésium Mg^{2+} : chaque atome cède donc deux électrons. La demi-équation conserve les atomes et la charge électrique en faisant apparaître ces deux électrons du côté des produits. Les états physiques indiquent que le magnésium est solide et que l'ion est en solution aqueuse.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Demi-équation d'oxydation : $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + 2\ e^-$.

Question C.4. À partir de la demi-équation du couple O_2/H_2O fournie, écrire l'équation-bilan modélisant l'oxydation du magnésium par le dioxygène dissous dans l'eau.

La demi-équation d'oxydation est $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2\ e^-$. On la multiplie par deux pour libérer quatre électrons, puis on l'additionne à la réduction fournie : $O_2 + 4\ H^+ + 4\ e^- \rightarrow 2\ H_2O$. Les électrons s'éliminent. L'équation-bilan conserve les atomes et les charges, et représente l'oxydation par le dioxygène dissous.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Équation-bilan : $2\ Mg(s) + O_2(aq) + 4\ H^+(aq) \rightarrow 2\ Mg^{2+}(aq) + 2\ H_2O(l)$.

Question C.5. Pour une intensité du courant de corrosion estimée à 25 mA et une électrode de magnésium de masse 800 g, calculer la durée d'utilisation de l'électrode en secondes puis en années, en utilisant les données fournies.

Chaque mole de magnésium libère deux moles d'électrons. La quantité de magnésium vaut $800/24{,}0 = 33{,}3$ mol, donc la charge disponible est $Q = 2 \times 33{,}3 \times 96\,500 = 6{,}43 \times 10^6$ C. Avec $I = Q/\Delta t$ et $I = 25$ mA, soit 0,025 A, on obtient $\Delta t = Q/I = 2{,}57 \times 10^8$ s. En prenant 365 jours par année, cela correspond à environ 8,16 ans.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Durée d'utilisation : $2{,}57 \times 10^8$ s, soit environ 8,16 ans.

Question C.6. À partir de l'équation de précipitation du carbonate de calcium, du graphique de solubilité et de la composition de l'eau du robinet, proposer une explication à la présence d'un dépôt solide de calcaire sur l'électrode usagée.

L'eau contient les ions nécessaires au dépôt : Ca^{2+} à 38 mg/L et HCO_3^- à 163 mg/L. Lors du chauffage, les ions hydrogénocarbonate peuvent former du carbonate de calcium solide selon l'équation équilibrée $Ca^{2+} + 2\ HCO_3^- \rightarrow CaCO_3(s) + CO_2(g) + H_2O$. Le graphique montre que la solubilité du $CaCO_3$ diminue lorsque la température augmente : le solide précipite et s'accumule sur l'électrode.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le chauffage diminue la solubilité du carbonate de calcium : le $CaCO_3$ précipite et forme le dépôt calcaire.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2013)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de sciences physiques appliquées du BTS Travaux publics, unité U3.2, est celle de la session 2013, code 13TVE3SC1. D'une durée de deux heures et de coefficient 2, elle étudie une installation de chauffe-eau solaire. Les compétences évaluées concernent les transferts thermiques, l'écoulement hydraulique, la puissance d'un circulateur et la protection anticorrosion par anode sacrificielle.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour une paroi isolante, la densité de flux thermique s'écrit $\varphi = \Delta\theta/R$ et le flux total $\Phi = \varphi S$.
- La chaleur perdue lors d'une variation de température s'écrit $Q = mc\Delta T$.
- En écoulement, $Qm = \rho Qv$ et la vitesse moyenne vaut $v = Qv/S$, où S est la section de la canalisation.
- Un métal d'anode sacrificielle s'oxyde plus facilement que le fer; la charge électrique vérifie $Q = n(e^-)F$.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les litres en mètres cubes, les minutes en secondes et les bars en pascals avant les calculs.
- Distinguer la densité de flux φ, en $W \cdot m^{-2}$, du flux total Φ, en W.
- Pour la surface du ballon, ne pas compter la base posée au sol et inclure les surfaces en contact avec l'air.
- Dans les réactions d'oxydoréduction, contrôler la conservation des atomes et des charges, puis vérifier les unités des résultats.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment passer du débit volumique au débit massique et à la vitesse du fluide ?

Convertissez d'abord le débit volumique en $m^3 \cdot s^{-1}$. Le débit massique est $Qm = \rho Qv$. Pour obtenir la vitesse moyenne, divisez le débit volumique par la section intérieure de la canalisation.

Q : Comment savoir si un métal peut protéger le fer comme anode sacrificielle ?

Comparez les potentiels standard des couples métal/ion et Fe^{2+}/Fe. Le métal protecteur doit s'oxyder plus facilement que le fer; son potentiel standard de réduction doit donc être plus faible.

Q : Comment répartir le temps dans cette épreuve de deux heures ?

Le sujet comporte trois parties notées respectivement sur 7, 4,5 et 8,5 points. Répartissez le temps en tenant compte de ces pondérations et gardez quelques minutes pour vérifier les conversions, les unités et les résultats.

Q : Quelles vérifications sont importantes pour la notation des calculs et des réactions ?

Présentez la relation utilisée, les conversions, le remplacement numérique et le résultat avec son unité. Pour les réactions, vérifiez la conservation des atomes et des charges; justifiez le choix d'un métal avec les potentiels fournis.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstp.fr/assets/annales/bts-tp/E3.2 - Physique chimie/2013/BTS TP - E3.2 - Physique chimie - Session 2013 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Travaux Publics : 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.