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 A.E.A. - U32 Sciences physiques

Session 2008 • Code sujet : **24EM08** • Durée : **Non indiquée sur les pages fournies**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Thermodynamique : capteur-échangeur et ballon de stockage** (11 questions) — **Page 3**
2. **Rayonnement et loi de Wien** (2 questions) — **Page 7**
3. **Chimie : corrosion et protection de la cuve** (4 questions) — **Page 8**
4. **Électricité : photocomposant et commande du moteur** (8 questions) — **Page 10**
5. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 13**

Sujet officiel (PDF) : https://btsera.fr/assets/annales/bts-era/E3.2 - Physique-Chimie/2008/BTS ERA - E3.2 - Physique-Chimie - Session 2008 - 1-Sujet.pdf

1. Thermodynamique : capteur-échangeur et ballon de stockage

L'étude porte sur une installation solaire thermique composée d'un capteur, de circuits primaire et secondaire, d'un échangeur et d'un ballon de stockage. Les questions traitent des transferts de chaleur, de la dilatation de l'eau et des déperditions thermiques du ballon.

Étude du dispositif capteur-échangeur

Question 1.1.1. Donner l'expression littérale de la quantité de chaleur Q_1 reçue par une masse m de fluide primaire lors de sa circulation dans le capteur, en utilisant les températures θ_1 et θ_2 et la capacité thermique massique c_1 définies dans l'énoncé.

Pour le fluide primaire, la chaleur reçue lors du passage dans le capteur s'écrit $\mathbf{Q_1 = mc_1(\theta_1 - \theta_2)}$. D'après l'énoncé, θ_1 est la température à la sortie du capteur et θ_2 celle à son entrée. L'écart $\theta_1 - \theta_2$ est donc positif si le fluide est réchauffé. Avec m en kg et c_1 en $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$, Q_1 est en joules.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Q_1 = mc_1(\theta_1 - \theta_2)$

Question 1.1.2. Exprimer Q_1 en fonction de la masse volumique ρ_1, du débit volumique qv_1, de la durée de circulation Δt, des températures θ_1 et θ_2 et de la capacité thermique massique c_1.

Le volume qui circule pendant Δt vaut $V = qv_1 \Delta t$. Comme la masse volumique vérifie $\rho_1 = m/V$, la masse ayant traversé le capteur vaut $m = \rho_1 qv_1 \Delta t$. En la remplaçant dans l'expression de la question précédente, on obtient $\mathbf{Q_1 = \rho_1 qv_1 \Delta t\, c_1(\theta_1 - \theta_2)}$. Les grandeurs doivent être exprimées en unités SI pour obtenir Q_1 en joules.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Q_1 = \rho_1 qv_1 \Delta t\, c_1(\theta_1 - \theta_2)$

Question 1.1.3. À partir du tableau de données, calculer la quantité de chaleur Q_1 reçue par le fluide primaire pour une heure de fonctionnement.

Donnée	Valeur convertie
Volume écoulé en 1 h	150 L = 0,150 m^3
Masse de fluide primaire	1100 × 0,150 = 165 kg
Écart de température	85,0 − 55,0 = 30,0 °C

Le fluide reçoit $Q_1 = mc_1(\theta_1 - \theta_2)$. Avec $c_1 = 2400\ J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$, $Q_1 = 165 \times 2400 \times 30{,}0 = 1{,}188 \times 10^7$ J. L'écart en degrés Celsius est numériquement égal à l'écart en kelvins.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$Q_1 = 1{,}19 \times 10^7$ J pour une heure de fonctionnement.

Question 1.2.1. **En suivant la démarche de la question 1.1, exprimer la quantité de chaleur Q_2 reçue par le fluide secondaire en fonction de ρ_2, qv_2, Δt, des températures θ_3 et θ_4 et de la capacité thermique massique c_2.**

Pour le fluide secondaire, le volume écoulé durant Δt est $qv_2\Delta t$. Sa masse est donc $m = \rho_2 qv_2 \Delta t$. Le fluide se réchauffe de θ_3 à θ_4, d'où un écart de température $\theta_4 - \theta_3$. En appliquant $Q = mc\Delta\theta$ à ce fluide, on obtient **$Q_2 = \rho_2 qv_2 \Delta t\, c_2(\theta_4 - \theta_3)$**. En unités SI, la quantité de chaleur est en joules.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$Q_2 = \rho_2 qv_2 \Delta t\, c_2(\theta_4 - \theta_3)$

Question 1.2.2. **Calculer la quantité de chaleur reçue par le fluide secondaire pour une heure de fonctionnement à partir des données du tableau.**

En une heure, le volume secondaire écoulé est de 150 L, soit 0,150 m³. Avec $\rho_2 = 1000$ kg·m^{-3}, la masse correspondante est 150 kg. Le fluide passe de 45,0 °C à 60,0 °C, donc son élévation de température est de 15,0 °C. Ainsi, $Q_2 = mc_2(\theta_4 - \theta_3) = 150 \times 4180 \times 15{,}0 = 9{,}405 \times 10^6$ J.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$Q_2 = 9{,}41 \times 10^6$ J pour une heure de fonctionnement.

Bilan énergétique

Question 1.3. **Calculer l'ensemble des pertes thermiques Qp du dispositif capteur-échangeur.**

Sur une même durée, l'énergie reçue par le fluide primaire se répartit entre l'énergie transférée au secondaire et les pertes. Le bilan est donc $Q_1 = Q_2 + Qp$, soit **$Qp = Q_1 - Q_2$**. Les deux quantités calculées précédemment correspondent à une heure de fonctionnement et sont exprimées en joules : leur différence donne directement l'énergie perdue pendant cette heure.

$Qp = 11\,880\,000 - 9\,405\,000$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$Qp = 2{,}475 \times 10^6$ J en une heure.

Étude du ballon de stockage - Dilatation

Question 2.1.1. Indiquer le rôle du vase d'expansion prévu dans certaines installations.

En chauffant, l'eau se dilate alors que le volume du ballon varie peu. Le vase d'expansion accueille ce volume supplémentaire et limite ainsi l'augmentation de pression dans le circuit. Il protège les canalisations et les équipements contre les contraintes dues à la dilatation, et contribue au fonctionnement sûr de l'installation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le vase d'expansion absorbe la dilatation de l'eau et limite la surpression du circuit.

Question 2.1.2. Exprimer l'augmentation du volume d'eau ΔV lors du passage de la température θ_5 à θ_6 en fonction du coefficient de dilatation volumique α_v, du volume initial V_0 et des températures, puis calculer numériquement ΔV avec les données fournies.

La relation fournie donne $V\theta = V_0(1 + \alpha v\theta)$, où V_0 est le volume à 0 °C. Ainsi, $\Delta V = V_0 \alpha v(\theta_6 - \theta_5)$, avec $V_0 = 200/(1 + 3{,}7 \times 10^{-4} \times 12{,}0)$ L puisque le volume à θ_5 vaut 200 L. On obtient $\Delta V = 3{,}168$ L, soit environ 3,2 L. La variation de température vaut 43,0 °C.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Delta V \approx 3{,}2$ L.

Étude du ballon de stockage - Déperdition thermique

Question 2.2.1. Vérifier que la surface moyenne de déperdition thermique du ballon cylindrique est S = 2,7 m² à partir de sa hauteur moyenne et de son rayon moyen.

Partie du cylindre	Calcul de la surface
Paroi latérale	$2\pi \times 0{,}28 \times 1{,}25$ m²
Deux bases	$2\pi \times 0{,}28^2$ m²
Surface totale	$2\pi Rh + 2\pi R^2 \approx 2{,}69$ m²

Le rayon doit d'abord être converti : 28 cm = 0,28 m. En additionnant la surface latérale et les deux bases, on vérifie que la surface moyenne de déperdition est bien $S \approx 2{,}7$ m².

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $S \approx 2{,}7$ m².

Question 2.2.2. Donner l'expression littérale du flux thermique perdu Φ à travers les parois du ballon en fonction de U, S, θL et θ_6.

Le flux thermique perdu est proportionnel à la surface de paroi S et à l'écart de température entre l'eau et le local. L'eau étant à θ_6 et le local à θL, cet écart vaut $\theta_6 - \theta L$. Avec U le coefficient de transmission thermique global, l'expression cherchée est **$\Phi = US(\theta_6 - \theta L)$**. U en $W \cdot m^{-2} \cdot °C^{-1}$ et S en m^2 donnent Φ en watts.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Phi = US(\theta_6 - \theta L)$

Question 2.2.3. Calculer le flux thermique perdu Φ à travers les parois du ballon à partir des données fournies.

On utilise $\Phi = US(\theta_6 - \theta L)$, avec $U = 0{,}40\ W \cdot m^{-2} \cdot °C^{-1}$, $S = 2{,}7\ m^2$ et $\theta_6 - \theta L = 55 - 18 = 37\ °C$. Le calcul donne $\Phi = 0{,}40 \times 2{,}7 \times 37 = 39{,}96\ W$. La surface étant donnée à deux chiffres significatifs, le résultat s'arrondit à environ 40 W.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Phi \approx 40\ W$.

2. Rayonnement et loi de Wien

Le capteur solaire est assimilé à un corps noir et sa température moyenne est donnée. Il faut appliquer la loi de Wien pour déterminer la longueur d'onde du rayonnement principal, puis en identifier le type.

Question 1. Calculer la longueur d'onde λ du rayonnement principal émis par le capteur en appliquant la loi de Wien, avec une température moyenne du fluide primaire de 85 °C.

Pour appliquer la loi de Wien, on convertit d'abord la température en kelvins : $T = 85 + 273{,}15 = 358{,}15\ \mathrm{K}$. Avec $\lambda T = A$, on obtient $\lambda = A/T$. En utilisant la constante fournie, $\lambda = 2{,}9 \times 10^{-3} / 358{,}15$, soit environ $8{,}1 \times 10^{-6}\ \mathrm{m}$. Cette longueur d'onde correspond à quelques micromètres.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\lambda \approx 8{,}1 \times 10^{-6}\ \mathrm{m} = 8{,}1\ \mu\mathrm{m}$

Question 2. Indiquer s'il s'agit d'un rayonnement ultraviolet, visible ou infrarouge et justifier la réponse.

Le domaine visible s'étend approximativement de 400 à $800\ \mathrm{nm}$. La longueur d'onde obtenue vaut $8{,}1\ \mu\mathrm{m}$, soit $8100\ \mathrm{nm}$, bien au-delà du visible. Elle ne relève donc ni de l'ultraviolet ni du visible : le rayonnement principal est infrarouge.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rayonnement infrarouge : $8100\ \mathrm{nm} > 800\ \mathrm{nm}$.

3. Chimie : corrosion et protection de la cuve

La cuve du ballon de stockage est en acier émaillé, considéré comme un alliage fer-carbone, et sa corrosion est étudiée à partir d'une classification de couples rédox. Les questions portent aussi sur la protection par générateur de courant continu et sur une autre méthode de protection.

Question 1. Donner la demi-équation associée au couple rédox qui intervient lors de la corrosion de la cuve.

Le couple rédox du fer est $\mathrm{Fe^{2+}/Fe}$. Pendant la corrosion, le fer métallique perd deux électrons et forme des ions fer(II) : $\mathrm{Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\mathrm{Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-}$

Question 2. Définir les termes oxydation et réduction, puis préciser le type de réaction subie par le fer lors de la corrosion.

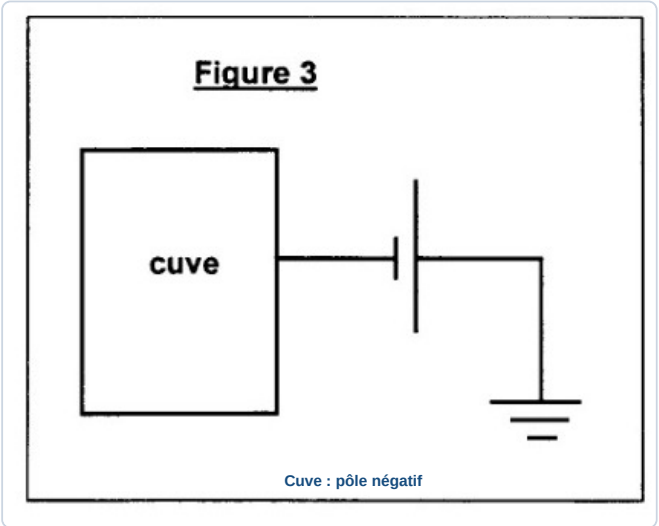
Une oxydation est une perte d'électrons ; une réduction est un gain d'électrons. Le fer se transforme en ions fer(II) selon $\mathrm{Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-}$: il subit donc une oxydation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le fer est oxydé : il perd des électrons et forme des ions $\mathrm{Fe^{2+}}$.

Question 3. Choisir, parmi les branchements des figures 2 et 3, celui qui protège correctement la cuve avec le générateur auxiliaire de courant continu, puis justifier ce choix.

La cuve doit être reliée au pôle négatif pour recevoir des électrons et rester la cathode, où le fer ne s'oxyde pas. Sur la figure 3, la borne négative est reliée à la cuve ; la figure 2 la relie au pôle positif.

Figure 3 : cuve au pôle négatif



✓ RÉPONSE À RETENIR

Figure 3 : la cuve est reliée au pôle négatif et protégée cathodiquement.

Question 4. Proposer une autre méthode pour protéger la cuve contre la corrosion.

Une autre méthode est la protection par anode sacrificielle. On relie la cuve à un métal plus réducteur que le fer, comme le zinc ou le magnésium, qui s'oxyde à sa place. L'anode doit être remplacée lorsqu'elle est consommée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Relier la cuve à une anode sacrificielle en zinc ou en magnésium.

4. Électricité : photocomposant et commande du moteur

Un circuit électronique à amplificateur linéaire intégré contribue à orienter les capteurs solaires selon la direction des rayons du soleil. L'étude utilise la courbe résistance-éclairement du photocomposant et les règles de fonctionnement de l'amplificateur en saturation.

Mesure d'éclairement

Question 1. Nommer l'appareil qui permet de mesurer l'éclairement reçu par le photocomposant K.

L'éclairement, exprimé en lux, se mesure avec un luxmètre. On place sa cellule de mesure au niveau du photocomposant K pour relever l'éclairement qu'il reçoit.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'éclairement se mesure avec un luxmètre.

Photocomposant

Question 2.1. Indiquer le nom du photocomposant noté K.

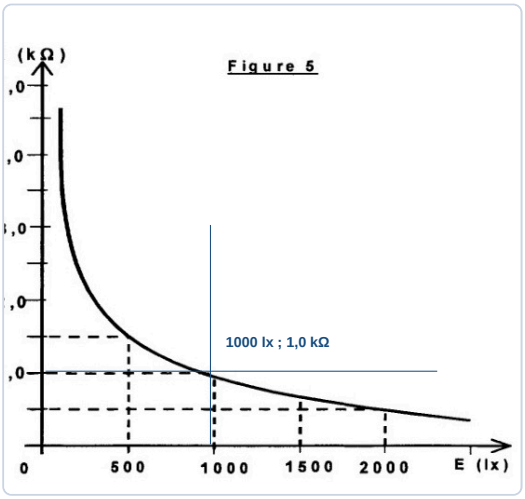
La résistance de K varie avec l'éclairement et diminue quand celui-ci augmente. K est donc une photorésistance, également appelée LDR.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> K est une photorésistance (LDR).

Question 2.2. À l'aide de la figure 5, déterminer la résistance R du photocomposant pour un éclairement E = 1000 lx.

Sur la figure 5, à l'abscisse **E = 1000 lx**, la courbe correspond à une résistance d'environ **1,0 kΩ**. Il s'agit d'une lecture graphique, donnée avec une précision cohérente avec le tracé.

Lecture de R à 1000 lx



✓ RÉPONSE À RETENIR

Pour E = 1000 lx, R ≈ 1,0 kΩ.

Étude du circuit

Question 3.1. Déterminer l'expression de la tension V^+ aux bornes du photocomposant en fonction de R, R_1 et Vcc.

Dans la figure 4, R_1 et le photocomposant R forment un diviseur de tension alimenté par V_{cc}. L'entrée de l'amplificateur idéal ne prélève aucun courant. La tension V^+, prise aux bornes de R, est donc la fraction de V_{cc} correspondant à la résistance R dans l'ensemble $R_1 + R$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$V^+ = V_{cc} \times R / (R_1 + R)$.

Question 3.2. Calculer V^+ pour un éclairement E = 1000 lx.

À 1000 lx, la figure 5 donne R ≈ 1,0 kΩ. Le diviseur de tension, avec V_{cc} = 15 V et R_1 = 1,0 kΩ, donne $V^+ = 15 \times 1,0 / (1,0 + 1,0) = 7,5$ V. Les résistances étant égales, la tension au point milieu vaut la moitié de la tension d'alimentation.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$V^+ = 7,5$ V.

Question 3.3. Déduire la valeur et le signe de la tension différentielle VD.

La tension différentielle est définie par $V_D = V^+ - V^-$. Ici, $V^+ = 7,5$ V et la tension de référence $V^- = 9,0$ V. La différence est négative : l'entrée non-inverseuse est à un potentiel inférieur à l'entrée inverseuse.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$V_D = -1,5$ V, de signe négatif.

Question 3.4. Déterminer la valeur de la tension Vs délivrée à la sortie du montage.

Comme V_D est négative, l'amplificateur en saturation délivre la tension $-V_{sat}$. Avec V_{sat} = 14 V, la sortie est donc à −14 V.

✓ RÉPONSE À RETENIR

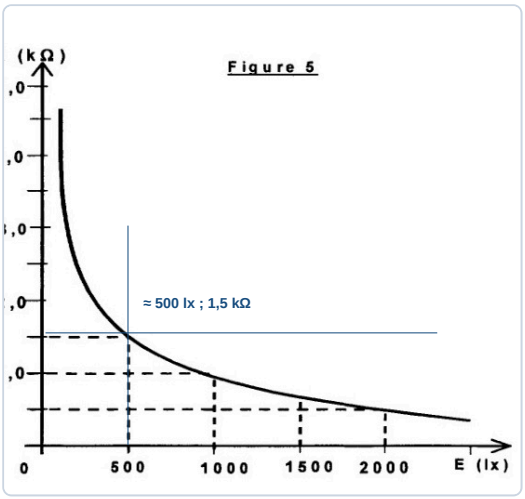
$V_S = -14$ V.

Intérêt du circuit

Question 4. Déterminer la valeur de l'éclairement pour laquelle la tension Vs change de signe.

La sortie change de signe lorsque V_D s'annule, soit lorsque $V^+ = V^- = 9{,}0$ V. Avec le diviseur, $15R/(1{,}0 + R) = 9{,}0$, d'où R = 1,5 kΩ. La lecture de cette résistance sur la figure 5 donne un éclairement d'environ 500 lx.

Seuil de changement de signe



✓ RÉPONSE À RETENIR

La tension V_S change de signe pour E ≈ 500 lx.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2008)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de BTS A.E.A. U32, session 2024, code 24EM08, porte sur une installation solaire de production d'eau chaude. La durée et le coefficient ne sont pas indiqués sur les pages fournies. Ses quatre parties évaluent les bilans thermiques, la dilatation et les déperditions du ballon, la loi de Wien, la corrosion du fer et l'analyse d'un circuit de commande utilisant un photocomposant.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour un fluide chauffé, $Q = mc\Delta\theta$ et $m = \rho q_v \Delta t$, donc $Q = \rho q_v \Delta t\, c(\theta_{sortie} - \theta_{entrée})$.
- La dilatation volumique entre deux températures suit $\Delta V = \alpha_v V_0(\theta_6 - \theta_5)$.
- Le flux thermique traversant les parois du ballon s'écrit $\Phi = US(\theta_6 - \theta L)$.
- La loi de Wien s'écrit $\lambda T = 2{,}9 \times 10^{-3}$ m·K ; convertir la température en kelvins avant le calcul.

Points de vigilance & attentes du jury

- Pour une chaleur reçue, vérifier le sens de variation et utiliser la température de sortie moins celle d'entrée.
- Convertir le débit volumique et la durée dans des unités cohérentes avec la masse volumique utilisée.
- Pour le flux du ballon, employer la surface totale de déperdition et l'écart entre l'eau et le local.
- Lire la courbe à l'éclairement demandé, puis déterminer le signe de VD avant de conclure sur la saturation.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la chaleur reçue par un fluide à partir du débit volumique ?

On utilise $Q = mc\Delta\theta$ et $m = \rho q_v \Delta t$, donc $Q = \rho q_v \Delta t\, c(\theta_{sortie} - \theta_{entrée})$. Il faut exprimer le débit et la durée dans des unités cohérentes avec la masse volumique.

Q : Comment déterminer le signe de la sortie de l'amplificateur en saturation ?

Calculer VD selon la convention du schéma, puis comparer son signe à zéro. Si VD est positive, Vs vaut +Vsat ; si VD est négative, Vs vaut -Vsat, conformément aux rappels du sujet.

Q : Quels sont les points attribués et la durée de l'épreuve ?

Le sujet attribue 9 points à la partie A, 2 à la partie B, 3,5 à la partie C et 5,5 à la partie D. La durée n'est pas indiquée sur les pages fournies.

Q : Que faut-il justifier pour le branchement de protection anticorrosion ?

Il faut sélectionner le branchement qui protège la cuve, justifier la polarité du générateur de courant continu et relier le raisonnement à la corrosion du fer et à la classification des couples rédox fournie.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsera.fr/assets/annales/bts-era/E3.2 - Physique-Chimie/2008/BTS ERA - E3.2 - Physique-Chimie - Session 2008 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Étude et Réalisation d\ : 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.