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 2016 • Code sujet : **ECE3SC** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. L’isolation d’une maison (9 questions) **Page 3**

2. La production d’eau chaude par un panneau solaire (9 questions) **Page 6**

3. L’utilisation de biogaz dans les transports (7 questions) **Page 10**

4. Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 13**

Sujet officiel (PDF) : https://btsmec.fr/assets/annales/bts-mec/E3.2 - Physique-Chimie/2016/BTS MEC - E3.2 - Physique-Chimie - Session 2016 - 1-Sujet.pdf

1. L’isolation d’une maison

Un architecte compare l’isolation d’une maison traditionnelle et d’une maison à ossature bois, en s’appuyant sur les matériaux des murs, les vitrages et les dimensions du bâtiment. Il faut calculer des déperditions thermiques, comparer les performances et estimer les économies annuelles d’énergie et de coût.

Déperditions à travers les murs

Question 1.1.1. Donner la relation littérale exprimant la résistance thermique surfacique r_m du mur traditionnel en fonction des grandeurs données.

Les résistances thermiques surfaciques des couches et des échanges superficiels s’additionnent. Pour chaque matériau, la résistance est égale à son épaisseur divisée par sa conductivité thermique.

$$r_m = r_{se} + r_{si} + \sum_{i=1}^{4} \frac{e_i}{\lambda_i}$$

✓ RÉPONSE À RETENIR

$r_m = r_{se} + r_{si} + \sum_{i=1}^{4} \frac{e_i}{\lambda_i}$

Question 1.1.2. Calculer la résistance thermique surfacique r_m du mur traditionnel.

Couche	Épaisseur (m)	Résistance surfacique (m²·K·W⁻¹)
Enduit	0,020	0,020/1,15
Parpaing	0,220	0,220/1,05
Polystyrène expansé	0,040	0,040/0,039
Carreaux de plâtre	0,050	0,050/0,46

En ajoutant les résistances superficielles, on obtient $r_m = 0{,}060 + 0{,}11 + \sum e_i/\lambda_i$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$r_m \approx 1{,}53\ \mathrm{m^2\,K\,W^{-1}}$

Question 1.1.3. Donner la relation littérale exprimant le flux thermique surfacique φ_m à travers les murs.

En régime stationnaire, le flux thermique surfacique est l’écart de température entre l’intérieur et l’extérieur divisé par la résistance thermique surfacique du mur.

$\varphi_m = \dfrac{\theta_1 - \theta_2}{r_m}$, en $\mathrm{W\,m^{-2}}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$$\varphi_m = \frac{\theta_1 - \theta_2}{r_m}$$

Question 1.1.4. Calculer le flux thermique surfacique φ_m à travers les murs.

L'écart de température vaut $18{,}0 - 1{,}0 = 17{,}0\ \mathrm{K}$. Avec la résistance calculée pour le mur traditionnel :

$$\varphi_m = \frac{17{,}0}{1{,}531}$$

Le transfert de chaleur va de l'intérieur, plus chaud, vers l'extérieur.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\varphi_m \approx 11{,}1\ \mathrm{W\,m^{-2}}$

Question 1.1.5. Calculer le flux thermique Φ_m à travers les murs de la maison traditionnelle.

Étape	Calcul	Résultat
Surface totale des murs	2×(7,55+4,05)×2,75	63,8 m²
Surface nette des murs	63,8−2,25−10,0	51,55 m²

Le flux thermique total traversant les murs est $\Phi_m = \varphi_m S_m$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\Phi_m \approx 572\ \mathrm{W}$

Déperditions totales

Question 1.2. En utilisant le flux de déperdition donné pour la porte et les surfaces vitrées, montrer que le flux thermique total Φ_1 représentant les déperditions vers l'extérieur de la maison traditionnelle est d'environ 1,1 kW.

Le flux total additionne les pertes à travers les murs et celles données pour la porte et les vitrages : $\Phi_1 = \Phi_m + \Phi_p$. Avec la valeur non arrondie des pertes murales, $\Phi_1 = 572{,}34 + 579 = 1151{,}34\ \mathrm{W}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\Phi_1 \approx 1{,}1\ \mathrm{kW}$

Comparaison avec une maison à ossature bois

Question 2.1. À partir des informations propres aux deux architectures, donner deux raisons qualitatives, sans effectuer de calcul, expliquant que la maison à ossature bois constitue une meilleure isolation.

Deux caractéristiques réduisent les déperditions de la maison à ossature bois :

- Ses murs comportent 15,0 cm de liège isolant et une lame d'air, contre seulement 4,0 cm de polystyrène dans le mur traditionnel.
- Ses vitrages ont un coefficient de transmission surfacique plus faible, $1{,}2$ contre $3{,}3\ \mathrm{W\,m^{-2}\,K^{-1}}$. La lame d'argon contribue également à limiter les transferts thermiques.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Murs et vitrages moins déperditifs pour la maison à ossature bois.

Question 2.2.1. À partir des flux thermiques totaux des deux maisons, calculer l'énergie économisée sur une année en choisissant la construction à ossature bois plutôt que la construction traditionnelle.

Sur une année de $365 \times 24 = 8760$ heures, l'énergie économisée est la différence des puissances de déperdition multipliée par la durée. Avec $\Phi_1 = 1{,}15134\ \mathrm{kW}$ et $\Phi_2 = 0{,}37\ \mathrm{kW}$, $E = (1{,}15134 - 0{,}37) \times 365 \times 24$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $E \approx 6{,}8 \times 10^3\ \mathrm{kWh/an}$

Question 2.2.2. Sachant qu'un kWh est facturé en moyenne 0,146 euros TTC, déterminer à l'euro près l'économie annuelle réalisée en choisissant la maison à ossature bois.

L'économie annuelle vaut $6844{,}5384 \times 0{,}146 = 999{,}30\ €$. Arrondie à l'euro près, elle est de 999 € TTC.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Économie annuelle : **999 € TTC.**

2. La production d’eau chaude par un panneau solaire

Une résidence pour personnes âgées consomme chaque jour de l’eau chaude sanitaire chauffée par des panneaux solaires thermiques. L’étude porte sur l’énergie nécessaire, le rendement et les pertes du panneau, la surface de capteurs à prévoir et l’intérêt économique de l’installation.

Énergie consommée pour le chauffage de l’eau

Question 1.1. Vérifier par le calcul que l’énergie Q nécessaire au chauffage de l’eau pendant une journée est de 139 kWh.

La masse d’eau chauffée chaque jour est m = ρV = 1 000 × 2,00 = 2 000 kg. Dans le panneau, sa température passe de 10,0 °C à 70,0 °C, donc ΔT = 60,0 K. En appliquant Q = mCΔT, on obtient Q = 2 000 × 4 180 × 60,0 = 5,016 × 10^8 J. La conversion en kilowattheures donne Q = 5,016 × 10^8 / 3,6 × 10^6 = 139,3 kWh, soit 139 kWh à l’unité près.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L’énergie nécessaire au chauffage de l’eau est d’environ 139 kWh par jour, après arrondi à l’unité près.

Question 1.2. En déduire l’énergie Q_eau, exprimée en kWh, nécessaire au chauffage de l’eau pendant une année.

1. La consommation quotidienne calculée à la question précédente se répète chaque jour de l’année, soit 365 jours.
2. L’énergie annuelle vaut donc Q_{eau} = 139 × 365 = 50 735 kWh. Cette valeur utilise l’énergie journalière arrondie à 139 kWh, conformément au résultat demandé à la question 1.1.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L’énergie nécessaire au chauffage de l’eau est de 50 735 kWh par an, en utilisant 139 kWh par jour.

Rendement du panneau solaire

Question 2.1. Exprimer le rendement η du panneau solaire en fonction de la puissance surfacique moyenne reçue du Soleil P_r et de la puissance utile reçue par l’eau P_u.

Le rendement η compare la puissance effectivement transmise à l’eau à la puissance solaire reçue par le capteur. Ici, P_u désigne la puissance utile reçue par l’eau et P_r la puissance surfacique moyenne reçue du Soleil. Ces deux puissances surfaciques s’expriment dans la même unité, W·m^{-2} ; leur quotient est donc sans unité. Le rendement peut aussi s’exprimer en pourcentage en multipliant ce quotient par 100.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le rendement, sans unité, est le rapport de la puissance utile à la puissance solaire reçue : η = P_u / P_r.

Question 2.2. **Sachant que le rendement η est égal à 31,3 %, en déduire la valeur de P_u.**

Le rendement exprimé en pourcentage doit d'abord être converti en nombre décimal : 31,3 % = 0,313. La relation $\eta = P_u/P_r$ donne directement $P_u = \eta P_r$. En remplaçant par les données de l'énoncé, $P_u = 0{,}313 \times 144 = 45{,}072$ $W{\cdot}m^{-2}$. À trois chiffres significatifs, la puissance utile surfacique vaut 45,1 $W{\cdot}m^{-2}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La puissance surfacique utile reçue par l'eau est $P_u = 45{,}1$ $W{\cdot}m^{-2}$, à trois chiffres significatifs.

Question 2.3. **Montrer que l'énergie utile E fournie pendant une année par un mètre carré de panneau solaire est de 395 kWh·m⁻².**

La puissance utile moyenne par mètre carré est $P_u = 45{,}072$ $W{\cdot}m^{-2}$. Pour une année, la durée est $t = 365 \times 24 = 8\,760$ h. L'énergie annuelle par unité de surface est $E = P_u t = 45{,}072 \times 8\,760 = 394\,830{,}72$ $Wh{\cdot}m^{-2}$. Comme 1 kWh = 1 000 Wh, on obtient $E = 394{,}8$ $kWh{\cdot}m^{-2}$, soit 395 $kWh{\cdot}m^{-2}$ à l'unité près.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'énergie utile annuelle fournie par un mètre carré de panneau est d'environ 395 $kWh{\cdot}m^{-2}$.

Question 2.4. **En consultant le schéma du panneau solaire, identifier les causes de déperditions d'énergie et proposer des moyens d'améliorer le rendement.**

Le schéma indique que le rayonnement solaire est en partie réfléchi. Il montre aussi des pertes thermiques par convection et conduction sur les faces avant et arrière du capteur. Pour limiter ces pertes, il faut réduire la réflexion et mieux conserver la chaleur dans l'absorbeur.

- Choisir un vitrage antireflet et un absorbeur qui capte efficacement le rayonnement.
- Renforcer l'isolation arrière et limiter les échanges thermiques à l'avant.
- Isoler les canalisations, où l'eau perd aussi de la chaleur pendant son acheminement.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les pertes viennent de la réflexion, de la convection et de la conduction ; un vitrage antireflet et une meilleure isolation les réduisent.

Dimension des panneaux solaires

Question 3. Dans les conditions de fonctionnement proposées, déterminer la surface minimale de capteur à prévoir et exprimer le résultat au mètre carré près.

Grandeur	Valeur
Besoin annuel en eau chaude	50 735 kWh
Énergie utile annuelle par mètre carré	395 kWh·m^{-2}
Surface calculée	50 735 / 395 = 128,4 m²

La surface doit couvrir au moins le besoin annuel. Comme 128,4 m² ne suffit pas si la surface est exprimée en mètres carrés entiers, on arrondit à l'entier supérieur. La surface minimale à prévoir est donc de 129 m².

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> La surface minimale de capteurs à prévoir est de 129 m², arrondie à l'entier supérieur pour couvrir le besoin.

Analyse économique de l'installation

Question 4.1. En supposant qu'un chauffage électrique classique fournisse l'énergie Q_eau nécessaire et en utilisant le tarif moyen indiqué, déterminer à l'euro près l'économie annuelle réalisée en choisissant l'installation de panneaux solaires.

Sans panneaux solaires, le chauffage électrique devrait fournir les 50 735 kWh annuels calculés pour l'eau chaude. Au tarif indiqué, la dépense correspondante est 50 735 × 0,146 = 7 407,31 € TTC. En supposant que l'installation solaire couvre ce besoin, cette dépense est l'économie annuelle réalisée. L'arrondi demandé à l'euro près conduit à 7 407 € par an.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> L'économie annuelle estimée sur la facture d'électricité est de 7 407 € TTC, à l'euro près.

Question 4.2. En tenant compte du coût de pose de 49 000 euros TTC, hors entretien, et d'une durée de vie moyenne de 25 ans, déterminer si l'installation est une bonne opération.

1. Sur 25 ans, les économies estimées, hors entretien et sans tenir compte de l'évolution des prix, sont 7 407,31 × 25 = 185 182,75 €.
2. Après déduction du coût de pose, le gain est 185 182,75 − 49 000 = 136 182,75 €. Le coût initial est compensé en environ 49 000 / 7 407,31 = 6,6 ans, durée inférieure à la durée de vie moyenne annoncée.

Selon ces hypothèses simplifiées, l'installation constitue donc une bonne opération.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Oui : le gain cumulé estimé atteint environ 136 183 € sur 25 ans, hors entretien et sans actualisation.

3. L’utilisation de biogaz dans les transports

L’étude porte sur un autocar scolaire alimenté par du biogaz purifié contenant 99 % de méthane, ainsi que sur ses réservoirs et sa consommation. Les questions mobilisent les lois des gaz, la combustion du méthane et le calcul des émissions de CO_2 par personne et par kilomètre au regard de la limite indiquée.

Réservoirs de l’autocar

Question 1.1. Vérifier l’affirmation du document selon laquelle 882 litres de biogaz comprimé à 200 bars correspondent à 174 m³ de gaz à la pression atmosphérique, en considérant que la détente est isotherme.

La détente étant isotherme, la loi de Boyle-Mariotte s’applique : $\mathbf{p_1V_1 = p_2V_2}$. La pression initiale est 200 bar et le volume des réservoirs 882 L. La pression finale est la pression atmosphérique, soit 1,013 × 10^5 Pa = 1,013 bar. Donc V_2 = (200 × 882) / 1,013 = 174 136 L, soit 174,136 m³. Arrondi à trois chiffres significatifs, le volume obtenu est 174 m³ : l’affirmation du document est vérifiée.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_2 \approx 174$ m³ : l’affirmation est vérifiée.

Question 1.2. Déterminer le volume de méthane V_méthane contenu dans le volume de biogaz après purification.

Le biogaz purifié contient 99 % de méthane. En assimilant ce pourcentage à la proportion volumique, on applique cette fraction au volume détendu de 174 m³ obtenu à la question précédente : $V_{méthane}$ = 0,99 × 174. Le volume restant correspond aux autres constituants du gaz. Cette proportion s’applique aux volumes mesurés à la même pression et à la même température. Le résultat, cohérent avec la précision des données, est exprimé en mètres cubes.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_{méthane}$ = 172 m³ (soit 172,26 m³ avant arrondi).

Question 1.3. Calculer la quantité de matière n_méthane correspondant au volume de méthane.

1. Convertir le volume de méthane : 172,26 m³ = 172 260 L.
2. À la pression atmosphérique et à température ambiante, le volume molaire fourni est V_m = 25,0 L·mol^{-1}. On utilise donc $n_{méthane} = V_{méthane}/V_m$ = 172 260/25,0.

La quantité de matière obtenue est arrondie à trois chiffres significatifs, conformément aux données de l’énoncé.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $n_{méthane}$ = 6,89 × 10^3 mol.

Combustion du méthane

Question 2.1. Donner la formule brute du méthane.

Le méthane est un hydrocarbure : sa molécule est constituée uniquement d'atomes de carbone et d'hydrogène. La formule brute précise le nombre de chaque type d'atome dans une molécule. D'après les masses molaires atomiques fournies et la composition du méthane, elle comporte un atome de carbone et quatre atomes d'hydrogène. Cette formule permet ensuite d'écrire la combustion en respectant la conservation des atomes de chaque élément.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La formule brute du méthane est CH_4.

Question 2.2. Écrire l'équation ajustée de la réaction de combustion complète du méthane dans le dioxygène de l'air.

1. La combustion complète du méthane dans le dioxygène produit du dioxyde de carbone et de l'eau.
2. Une molécule de méthane contient un atome de carbone et quatre atomes d'hydrogène : on place donc CO_2 et 2 H_2O parmi les produits.
3. Ces produits comptent quatre atomes d'oxygène ; il faut alors 2 O_2 parmi les réactifs.

Le nombre d'atomes de chaque élément est ainsi identique des deux côtés de l'équation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$

Question 2.3. Calculer la masse molaire moléculaire M_CO_2 du dioxyde de carbone produit lors de la combustion du méthane.

Une molécule de dioxyde de carbone contient un atome de carbone et deux atomes d'oxygène. Sa masse molaire moléculaire est donc la somme des masses molaires atomiques correspondantes : $M(CO_2) = M(C) + 2M(O)$. En utilisant les valeurs fournies, $M(CO_2) = 12{,}0 + 2 \times 16{,}0 = 44{,}0$ g·mol^{-1}. L'unité indique la masse d'une mole de molécules de dioxyde de carbone.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $M(CO_2) = 44{,}0$ g·mol^{-1}.

Émission de dioxyde de carbone

Question 3. À partir de la consommation de méthane de l'autocar, du nombre d'élèves transportés et de la limite réglementaire indiquée, vérifier si l'autocar respecte la norme d'émission de CO_2 par personne et par kilomètre. Présenter la stratégie de résolution et la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti.

Pour 100 km, 30,0 m³ de méthane correspondent à 30 000 L. Avec V_m = 25,0 L·mol^{-1}, cela représente 1 200 mol. L'équation de combustion indique un rapport molaire 1:1 entre CH_4 et CO_2 ; la masse de CO_2 produite est donc 1 200 × 44,0 = 52 800 g. Répartie entre 45 élèves et 100 km, l'émission vaut 52 800/(45 × 100) = 11,7 g par personne et par kilomètre.

- Limite réglementaire : 144 g par personne et par kilomètre.
- 11,7 g est inférieur à 144 g.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> 11,7 g de CO_2 par personne et par km : l'autocar respecte la limite de 144 g.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2016)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de Sciences physiques du BTS Études et économie de la construction, session 2016, code ECE3SC, d'une durée de 2 heures et de coefficient 2. Elle étudie trois thèmes de gestion écologique de l'énergie : l'isolation d'une maison, le chauffage solaire de l'eau et l'utilisation du biogaz dans les transports. Les compétences évaluées concernent les transferts thermiques, les bilans énergétiques et économiques, les gaz et la combustion.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour des couches en série, la résistance surfacique totale comprend les résistances e_i/λ_i et les résistances superficielles intérieure et extérieure.
- En régime stationnaire, le flux surfacique est φ = Δθ/r et le flux thermique total à travers une surface S est Φ = φS.
- L'énergie nécessaire pour chauffer l'eau est Q = mcΔT ; le rendement du panneau solaire est η = P_u/P_r.
- Pour une détente isotherme, pV reste constant ; la combustion complète du méthane produit du dioxyde de carbone et de l'eau.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les épaisseurs en mètres avant de calculer les résistances thermiques.
- Distinguer flux surfacique, flux total, puissance et énergie, et vérifier les unités à chaque étape.
- Pour les calculs annuels, tenir compte de la consommation quotidienne toute l'année et convertir les joules en kWh.
- Ajuster l'équation de combustion et comparer les émissions dans la même unité, par personne et par kilomètre.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la résistance thermique d'un mur constitué de plusieurs couches ?

Convertissez les épaisseurs en mètres. Calculez la résistance de chaque couche par e/λ, puis additionnez ces valeurs et les résistances superficielles intérieure et extérieure pour obtenir la résistance surfacique totale du mur.

Q : Comment déterminer l'énergie quotidienne nécessaire pour chauffer l'eau ?

Déterminez la masse d'eau à partir du volume et de la masse volumique, puis appliquez Q = mcΔT. La variation de température peut être exprimée en kelvins ou en degrés Celsius. Convertissez ensuite l'énergie obtenue en joules vers les kWh.

Q : Comment passer d'une énergie quotidienne à une économie annuelle ?

Multipliez l'énergie journalière par le nombre de jours de consommation, soit 365 pour une consommation toute l'année. Pour obtenir le coût évité, multipliez l'énergie annuelle en kWh par le prix unitaire du kWh indiqué dans le sujet.

Q : Comment vérifier les émissions de CO_2 de l'autocar par passager et par kilomètre ?

Convertissez le volume de méthane en quantité de matière avec le volume molaire, puis déduisez la quantité de CO_2 grâce à l'équation ajustée. Calculez sa masse et rapportez-la aux 45 élèves et aux 100 km parcourus.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsmec.fr/assets/annales/bts-mec/E3.2 - Physique-Chimie/2016/BTS MEC - E3.2 - Physique-Chimie - Session 2016 - 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.