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

Sciences physiques appliquées

Session 2019 • Code sujet : **19-BTE3SC** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude thermique du restaurant (7 questions) **Page 3**

2. Apport de puissance supplémentaire par une pico-centrale hydroélectrique (7 questions) **Page 6**

3. Analyse de l'eau du circuit hydraulique (7 questions) **Page 9**

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

Sujet officiel (PDF) : https://btsbatiment.fr/assets/annales/bts-batiment/E3.2 - Sciences physiques appliquées/2019/BTS Bâtiment - E3.2 - Sciences physiques appliquées - Session 2019 - 1-Sujet.pdf

1. Étude thermique du restaurant

Un refuge situé à 2 350 m d'altitude est agrandi en restaurant panoramique utilisable en hiver. Les données des parois, la figure de l'extension et les conditions de ventilation servent à évaluer les pertes thermiques et la puissance de chauffage nécessaire.

I. Résistances thermiques des parois

Question 1. Exprimer littéralement la résistance thermique pour 1 m² de la porte reliée à l'extérieur, puis calculer sa valeur à partir des données fournies.

Pour une porte plane, les résistances thermiques des deux échanges avec l'air et celle du bois s'additionnent. Pour une surface de 1 m², on écrit donc $r_p = r_{si} + e_p/\lambda_p + r_{se}$. On convertit l'épaisseur en mètres : $e_p = 8{,}0\ \text{cm} = 0{,}080\ \text{m}$. Ainsi, $r_p = 0{,}11 + 0{,}080/0{,}20 + 0{,}060 = 0{,}57\ \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La résistance thermique surfacique de la porte vaut $r_p = 0{,}57\ \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

Question 2. Exprimer littéralement la résistance thermique pour 1 m² d'un mur multicouche, puis calculer sa valeur.

Dans un mur multicouche, les résistances des couches traversées successivement s'ajoutent aux résistances superficielles intérieure et extérieure. Pour 1 m², $r_m = r_{si} + e_b/\lambda_b + e_{ldv}/\lambda_{ldv} + e_{pl}/\lambda_{pl} + r_{se}$. Les épaisseurs sont converties en mètres : 20 cm vaut 0,20 m et 1,3 cm vaut 0,013 m. Le calcul donne $r_m = 0{,}11 + 0{,}20/1{,}4 + 0{,}20/0{,}040 + 0{,}013/0{,}40 + 0{,}060 \approx 5{,}3\ \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La résistance thermique surfacique du mur multicouche vaut $r_m \approx 5{,}3\ \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

II. Transferts thermiques à travers les portes et les murs latéraux

Question 1. Déterminer ce que l'on peut dire du flux thermique à travers la paroi séparant le refuge existant du restaurant et justifier la réponse à partir des températures indiquées.

Le transfert thermique à travers une paroi dépend de la différence de température entre ses deux côtés : $\Phi = S(\theta_1 - \theta_2)/r$. D'après la figure, la pièce principale et le restaurant sont tous deux maintenus à $21\ ^\circ\text{C}$. L'écart de température est donc nul, $21 - 21 = 0\ ^\circ\text{C}$. Il n'y a ainsi aucun flux thermique net à travers la paroi qui sépare ces deux locaux, même si la paroi possède une résistance thermique finie.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le flux thermique net à travers la paroi séparative est nul, car les deux locaux sont à la même température.

Question 2. Exprimer littéralement les flux thermiques à travers la porte extérieure (1) et à travers l'ensemble des murs du restaurant, puis calculer leurs valeurs avec les résistances thermiques données.

Paroi extérieure	Surface	Expression du flux
Porte (1)	$0{,}95 \times 2{,}00 = 1{,}90\ \mathrm{m^2}$	$\Phi_p = S_p \Delta\theta / r_p$
Murs extérieurs, hors ouvertures	$(2 \times 15{,}0 + 10{,}0) \times 2{,}50 - 4 \times 2{,}15 \times 1{,}80 - 1{,}90 = 82{,}62\ \mathrm{m^2}$	$\Phi_m = S_m \Delta\theta / r_m$

La paroi commune avec le refuge n'est pas comptée, car elle ne sépare pas le restaurant de l'extérieur. L'écart avec l'extérieur vaut $21 - (-10) = 31\ ^\circ\mathrm{C}$. En utilisant les résistances données pour la suite, on obtient les deux flux par application de leurs expressions respectives.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les pertes thermiques sont $\Phi_p \approx 103\ \mathrm{W}$ par la porte et $\Phi_m \approx 483\ \mathrm{W}$ par les murs extérieurs.

III. Pertes thermiques par la ventilation

Question 1. À partir du renouvellement horaire de l'air et de sa capacité thermique volumique, montrer que l'énergie nécessaire pour réchauffer l'air renouvelé vaut 2,1 × 10⁶ J par heure de fonctionnement.

Le volume du local est $15{,}0 \times 10{,}0 \times 2{,}50 = 375\ \mathrm{m^3}$. Chaque heure, 15 % de ce volume est renouvelé, soit $56{,}25\ \mathrm{m^3}$. L'air est réchauffé de $31\ \mathrm{K}$, de $-10\ ^\circ\mathrm{C}$ à $21\ ^\circ\mathrm{C}$. Avec la capacité thermique volumique donnée, $Q = c_{air} V_{ren} \Delta\theta = 1{,}22 \times 10^3 \times 56{,}25 \times 31 = 2{,}13 \times 10^6\ \mathrm{J}$. À deux chiffres significatifs, cela vaut bien $2{,}1 \times 10^6\ \mathrm{J}$ par heure.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'énergie nécessaire pour réchauffer l'air renouvelé est $Q \approx 2{,}1 \times 10^6\ \mathrm{J}$ par heure de ventilation.

Question 2. Calculer la puissance thermique associée au réchauffement de l'air renouvelé par la ventilation.

La puissance thermique correspond à l'énergie transférée par unité de temps : $\Phi_{ven} = Q / \Delta t$. Le renouvellement indiqué est horaire, donc la durée à prendre est $1\ \mathrm{h} = 3600\ \mathrm{s}$. En reprenant l'énergie calculée avec les données, $\Phi_{ven} = 2{,}127375 \times 10^6 / 3600 \approx 591\ \mathrm{W}$. Le résultat, arrondi à deux chiffres significatifs, est d'environ 590 W.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La puissance thermique de chauffage associée à la ventilation vaut environ $590\ \mathrm{W}$, soit $0{,}59\ \mathrm{kW}$.

Bilan thermique du restaurant

Question IV. En tenant compte des flux perdus par le sol, le plafond et les baies vitrées, montrer que le système de chauffage doit apporter une puissance thermique de 1,5 kW pour maintenir constante la température intérieure.

À température intérieure constante, le chauffage doit compenser toutes les pertes thermiques. Les pertes par le sol, le plafond et les baies vitrées totalisent 340 W. On ajoute celles calculées pour la porte, les murs extérieurs et la ventilation : $P_{th} = \Phi_p + \Phi_m + \Phi_{ven} + 340$. Numériquement, $P_{th} \approx 103 + 483 + 591 + 340 = 1517\ \mathrm{W}$. À deux chiffres significatifs, la puissance nécessaire est $1{,}5\ \mathrm{kW}$, comme demandé.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le système de chauffage doit fournir environ $1{,}5\ \mathrm{kW}$ pour maintenir la température intérieure constante.

2. Apport de puissance supplémentaire par une pico-centrale hydroélectrique

Le refuge envisage une pico-centrale alimentée par une retenue d'eau, dont la conduite, la vanne et l'injecteur alimentent une turbine Pelton. Le schéma de l'installation et les données hydrauliques permettent d'étudier la pression, les vitesses et le débit, puis d'évaluer la puissance électrique produite.

I. La vanne est fermée

Question 1. Exprimer littéralement puis calculer la pression relative exercée par l'eau au point B sur la paroi gauche de la vanne.

Vanne fermée, l'eau est immobile. Entre la surface libre A, à la pression atmosphérique, et B, la relation hydrostatique donne la pression relative : la pression atmosphérique s'élimine. La différence d'altitude vaut $z_A - z_B = 2368 - 2353 = 15$ m. Ainsi, $P_r(B) = \rho_e g (z_A - z_B) = 1000 \times 9,8 \times 15$. La pression relative est positive, car B se trouve sous la surface libre.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $P_r(B) = 1,47 \times 10^5$ Pa, soit 147 kPa.

Question 2. Déduire la force exercée par l'eau sur le clapet de la vanne, sachant que sa surface plane vaut 0,25 cm².

La force pressante sur le clapet vaut le produit de la pression relative par la surface : $F = P_r S$. Convertissons la surface en unités SI : $0,25\ \text{cm}^2 = 0,25/10000 = 2,5 \times 10^{-5}\ \text{m}^2$. Avec la pression calculée à la question précédente, $F = 147000 \times 2,5 \times 10^{-5}$. La force de l'eau est dirigée vers le clapet.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $F(B) \approx 3,7$ N.

II.1 Vitesses de l'eau et débit

Question 1.1. En appliquant l'équation de Bernoulli entre deux points à préciser, montrer que la vitesse d'écoulement de l'eau au point C, à la sortie de l'injecteur, vaut 17 m·s⁻¹.

1. Appliquons Bernoulli entre A, surface libre amont, et C, sortie de l'injecteur. Les deux points sont à la pression atmosphérique, la vitesse en A est négligeable et la figure indique $z_C = z_B$.
2. Les pressions s'annulent, d'où $v_C = \sqrt{2g(z_A - z_C)}$. Avec $z_A - z_C = 2368 - 2353 = 15$ m, on obtient $v_C = \sqrt{2 \times 9,8 \times 15} = 17,1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, soit 17 m·s⁻¹ à l'arrondi demandé.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $v_C \approx 17\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Question 1.2. **Exprimer littéralement puis calculer, en m³·s⁻¹, le débit volumique de l'eau dans la conduite d'alimentation.**

Grandeur	Valeur
Diamètre de sortie d_2	0,040 m
Vitesse en C v_C	17 m·s⁻¹
Section de sortie S_2	$\pi d_2^2/4$

En régime permanent, l'eau incompressible conserve le même débit dans la conduite et à la sortie de l'injecteur. Le débit volumique est donc $q_v = S_2 v_C = (3,14 \times 0,040^2/4) \times 17$. L'unité obtenue est le mètre cube par seconde.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$q_v \approx 2,1 \times 10^{-2}\ \mathrm{m^3\cdot s^{-1}}$.

Question 1.3. **Exprimer littéralement puis calculer la vitesse de l'eau dans la conduite d'alimentation.**

Pour un fluide incompressible en régime permanent, le débit se conserve : $S_1 v_B = S_2 v_C$. Les deux sections étant circulaires, $S = \pi d^2/4$, donc $v_B = v_C (d_2/d_1)^2$. Avec les diamètres du sujet, $d_2 = 0,040$ m et $d_1 = 0,10$ m, et la valeur arrondie $v_C = 17\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, on obtient $v_B = 17(0,040/0,10)^2$.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$v_B \approx 2,7\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

II.2 Puissance de la pico-centrale

Question 2.1. **À partir de la puissance maximale récupérable de 3,0 kW et du rendement de la turbine de 60 %, calculer la puissance électrique produite par l'alternateur supposé sans perte.**

Le rendement de la turbine est le rapport entre la puissance transmise à l'alternateur et la puissance récupérable : $\eta = P_{\text{élec}}/P_{\text{ext}}$. L'alternateur étant supposé sans perte, $P_{\text{élec}} = \eta P_{\text{ext}}$. En utilisant les valeurs données, $P_{\text{élec}} = 0,60 \times 3,0 = 1,8$ kW. Cela correspond à $1,8 \times 10^3$ W.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$P_{\text{élec}} = 1,8$ kW.

Question 2.2. Déterminer si la pico-centrale apporte une puissance suffisante au refuge après transformation et justifier la réponse.

La centrale produit une puissance électrique de 1,8 kW. Le bilan thermique de la partie A établit que le chauffage du restaurant nécessite 1,5 kW. En supposant que cette puissance électrique soit utilisée pour alimenter le chauffage, on compare les valeurs : $1,8 > 1,5$. La puissance produite suffit donc à couvrir le besoin thermique indiqué, avec une marge de $1,8 - 1,5 = 0,3$ kW.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Oui : 1,8 kW produits couvrent le besoin de 1,5 kW, avec une marge de 0,3 kW.

3. Analyse de l’eau du circuit hydraulique

L’eau qui circule dans la pico-centrale doit être contrôlée pour limiter les risques d’entartrage et de corrosion. Le sujet mobilise la mesure du pH, le dosage du TAC avec l’hélianthine et le calcul du titre hydrotimétrique à partir des concentrations en ions calcium et magnésium.

I. Nature acido-basique de cette eau

Question 1. À partir de la concentration mesurée en ions oxonium, calculer le pH de l’eau.

La concentration mesurée vaut $[H_3O^+] = 1{,}6 \times 10^{-8}$ mol·L^{-1}. Par définition, $pH = -\log_{10}([H_3O^+])$, avec la concentration en mol·L^{-1}. Ainsi, $pH = -\log_{10}(1{,}6 \times 10^{-8}) = 7{,}7959$. Le pH est sans unité. En tenant compte des chiffres significatifs de la mesure, on retient pH = 7,8.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> pH = 7,8

Question 2. Préciser la nature acido-basique de l’eau et justifier la réponse.

À 25 °C, une solution neutre a un pH égal à 7 : un pH inférieur à 7 indique une solution acide, et un pH supérieur à 7 une solution basique. Ici, le calcul donne pH ≈ 7,8, donc pH > 7. La concentration en ions oxonium est ainsi inférieure à celle d’une solution neutre. L’eau analysée est légèrement basique.

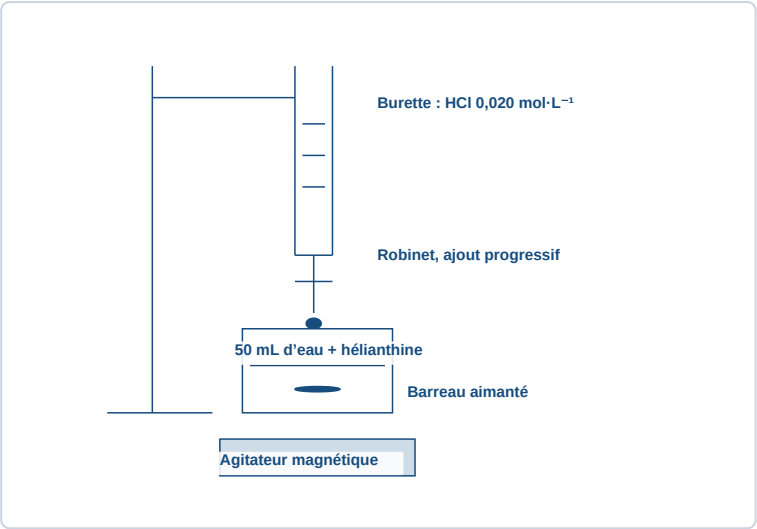
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L’eau est légèrement basique : son pH de 7,8 est supérieur à 7.

II. Mesure du TAC

Question 1. Réaliser un schéma en coupe annoté du dispositif expérimental de dosage du TAC, en représentant le prélèvement de 50 mL d’eau avec l’hélianthine, l’acide chlorhydrique versé progressivement et l’agitation magnétique.

Le montage comprend une burette graduée contenant l’acide chlorhydrique à 0,020 mol·L^{-1}, placée au-dessus d’un récipient contenant le prélèvement de 50 mL d’eau et trois gouttes d’hélianthine. Le robinet permet l’ajout progressif de l’acide. Un barreau aimanté dans le récipient est entraîné par l’agitateur magnétique placé dessous, afin d’homogénéiser la solution pendant le dosage.

Montage du dosage du TAC



✓ RÉPONSE À RETENIR

Burette d'acide au-dessus du prélèvement, agité par un barreau aimanté.

Question 2. Indiquer la couleur de l'hélianthine au début du dosage et justifier la réponse à l'aide du diagramme de prédominance.

Au début du dosage, aucun acide n'a encore été ajouté : le pH de l'échantillon est donc celui mesuré, environ 7,8. D'après le diagramme, l'hélianthine est rouge en dessous de pH 2,4, change de couleur entre 2,4 et 4,4, puis est jaune au-dessus de 4,4. Comme 7,8 dépasse 4,4, elle est jaune au départ.

✓ RÉPONSE À RETENIR

L'hélianthine est jaune au début du dosage.

Question 3. Indiquer le changement observable qui permet de reconnaître que l'équivalence du dosage est atteinte.

L'ajout d'acide fait diminuer le pH de l'échantillon. L'hélianthine, jaune au départ, change de couleur lorsqu'elle atteint sa zone de virage, comprise entre pH 2,4 et 4,4. L'équivalence est donc repérée par le virage global de la solution vers l'orangé. Il faut retenir une coloration qui persiste après agitation, et non une teinte locale passagère au point d'ajout de l'acide.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Virage persistant du jaune à l'orangé.

Question 4. À partir du volume équivalent de 7,1 mL mesuré pour l'eau alimentant la pico-centrale, déduire le TAC et conclure en le comparant à l'intervalle optimal fourni.

Le TAC correspond au volume d'acide nécessaire pour doser 100 mL d'eau, alors que le prélèvement est de 50 mL. On ramène donc le volume équivalent à 100 mL : 7,1 × 100 / 50 = 14,2 mL. Selon la définition du document, la valeur numérique correspond au TAC en degrés français. Cette valeur est comprise dans l'intervalle optimal de 10 à 25 °f.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> TAC = 14,2 °f : il est dans l'intervalle optimal.

Dureté de l'eau

Question III. À partir des concentrations massiques en ions calcium et magnésium et de leurs masses molaires, calculer le titre hydrotimétrique TH de l'eau, puis conclure en utilisant le tableau de classification fourni.

Les concentrations molaires en $mmol \cdot L^{-1}$ se calculent en divisant les concentrations massiques en $mg \cdot L^{-1}$ par les masses molaires en $g \cdot mol^{-1}$: $[Ca^{2+}] = 55 / 40,1 = 1,37$ et $[Mg^{2+}] = 13 / 24,3 = 0,535$. Donc TH = 10 × (1,37 + 0,535) ≈ 19,1 °f. Le tableau classe une valeur entre 15 et 40 °f comme moyennement dure.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> TH = 19,1 °f : l'eau est moyennement dure.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2019)

Bilan de l'épreuve : Épreuve BTS Bâtiment E32 Sciences physiques appliquées, session 2019, code 19-BTE3SC, durée de 2 heures et coefficient 2. Le sujet porte sur la transformation d'un refuge en restaurant panoramique : bilan thermique, étude d'une pico-centrale hydroélectrique et contrôle de la qualité de l'eau. Il évalue les calculs thermiques, hydrauliques et chimiques, ainsi que l'exploitation de schémas et de documents.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour des couches en série, la résistance thermique par m² vaut r = rsi + Σ(e/λ) + rse.
- Le flux thermique transmis vaut Φ = SΔθ/r ; la puissance de chauffage compense la somme des pertes.
- En régime permanent incompressible, le débit volumique vérifie qv = vS et se conserve dans la conduite.
- Le pH vaut $-\log_{10}[H_3O^+]$ et TH = 10([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]), avec les concentrations en mmol·L^{-1}.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les épaisseurs, diamètres, surfaces et concentrations dans des unités cohérentes avant les calculs.
- Pour chaque flux thermique, vérifier la surface considérée, l'écart de température et la résistance de la paroi.
- Avec Bernoulli, préciser les points choisis et tenir compte des pressions et des différences d'altitude.
- Pour le dosage, distinguer le volume de prélèvement du volume équivalent et respecter les unités des titres TAC et TH.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la résistance thermique du mur multicouche ?

On additionne les résistances de surface intérieure et extérieure et celles de chaque couche : r = rsi + eb/λb + eldv/λldv + epl/λpl + rse. Les épaisseurs sont exprimées en mètres et le résultat en m²·K·W^{-1}.

Q : Comment choisir les points pour appliquer Bernoulli à la sortie de l'injecteur ?

On choisit deux points dont les conditions sont connues, notamment la surface de la retenue amont et le point C à la sortie. On exploite les pressions atmosphériques, la différence d'altitude et la vitesse négligeable à la surface.

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

Le sujet répartit 7 points en thermique, 7 en hydraulique et 6 en analyse de l'eau. Répartissez votre temps entre les trois parties, posez les unités à chaque étape et gardez quelques minutes pour vérifier les résultats.

Q : Qu'attend-on dans les réponses avec calculs et schémas ?

Présentez une relation littérale adaptée, remplacez les grandeurs par leurs valeurs avec unités et donnez un résultat cohérent. Le schéma de dosage doit identifier le matériel et les solutions, et les conclusions doivent s'appuyer sur les données du sujet.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsbatiment.fr/assets/annales/bts-batiment/E3.2 - Sciences physiques appliquées/2019/BTS Bâtiment - E3.2 - Sciences physiques appliquées - Session 2019 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Bâtiment : 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.