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 :
www.formav.co/explorer

Brevet de technicien supérieur

Bâtiment

Épreuve E32

Sciences physiques appliquées

Session 2019

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen est autorisé.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Important
Ce sujet comporte 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7.

Transformation d'un refuge

Les propriétaires d'un refuge désirent l'agrandir en restaurant panoramique utilisable en saison hivernale. Le refuge n'étant pas relié au réseau électrique et disposant déjà d'un parc de panneaux solaires, l'installation d'une pico-centrale hydroélectrique est donc envisagée.

A. Étude thermique du restaurant (7 points).

Le refuge de montagne est situé à 2 350 m d'altitude. L'extension en restaurant est décrite sur la figure 1 (page 3/7).

Données relatives à l'extension en restaurant panoramique

La hauteur sous plafond est $H = 2{,}50$ m.

Les murs du restaurant sont des murs multicouches composés de :

- épaisseur $e_b = 20$ cm de béton, conductivité thermique $\lambda_b = 1{,}4$ W·m^{-1}·K^{-1} ;
- épaisseur $e_{ldv} = 20$ cm de laine de verre, conductivité thermique $\lambda_{ldv} = 0{,}040$ W·m^{-1}·K^{-1} ;
- épaisseur $e_{pl} = 1{,}3$ cm de plâtre, conductivité thermique $\lambda_{pl} = 0{,}40$ W·m^{-1}·K^{-1} ;

Le restaurant dispose de deux portes en bois et de quatre baies vitrées.

Les portes en bois ont une épaisseur $e_p = 8{,}0$ cm, une largeur $L_p = 0{,}95$ m et une hauteur $h_p = 2{,}00$ m. La conductivité thermique du bois est $\lambda_p = 0{,}20$ W·m^{-1}·K^{-1}.

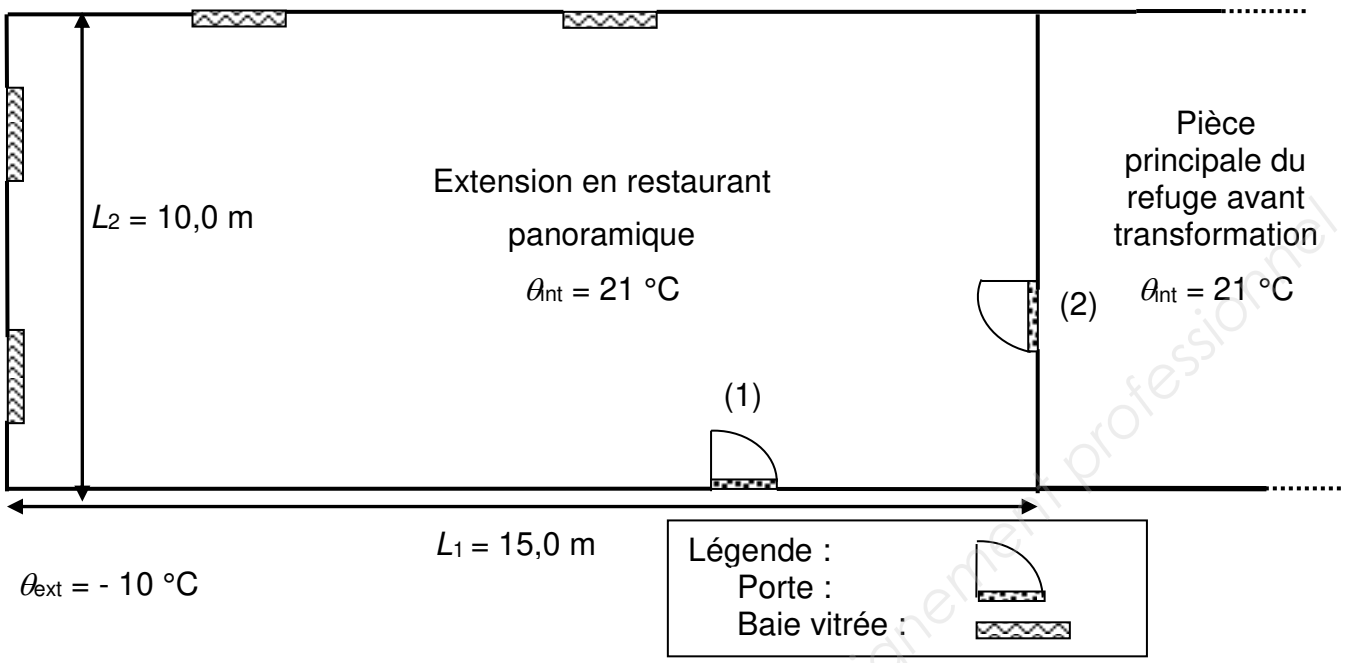
Les quatre baies vitrées ont chacune pour hauteur $h_{bv} = 215$ cm et largeur $L_{bv} = 180$ cm.

Pour toutes les parois, les résistances thermiques interne et externe pour 1 m² valent respectivement : $r_{si} = 0{,}11$ m^2·K·W^{-1} et $r_{se} = 0{,}060$ m^2·K·W^{-1}.

En hiver, la température intérieure du refuge est $\theta_{int} = 21$ °C et la température extérieure moyenne est $\theta_{ext} = -10$ °C.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Figure 1 : pièce principale du refuge et son extension en restaurant



I. Résistances thermiques des parois

1. Exprimer littéralement la résistance thermique pour 1 m² r_p de la porte reliée à l'extérieur. Calculer sa valeur.
2. Exprimer littéralement la résistance thermique pour 1 m² r_m d'un mur. Calculer sa valeur.

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

On prendra comme valeurs pour la suite du problème :

$r_p = 0{,}57\ m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ et $r_m = 5{,}3\ m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$.

1. Que peut-on dire du flux thermique pour la paroi séparant le refuge et le restaurant ? Justifier.
2. Exprimer littéralement les flux thermiques Φ_p à travers la porte (1) et Φ_m à travers l'ensemble des murs du restaurant. Calculer les valeurs de Φ_p et Φ_m.

III. Pertes thermiques par la ventilation

Pour renouveler l'air et éviter les problèmes de condensation, une ventilation est installée dans le restaurant. Elle prélève l'air extérieur à la température θ_{ext} = -10 °C pour l'injecter à l'intérieur du local. Chaque heure, 15 % du volume d'air du restaurant est renouvelé.

1. La capacité thermique par unité de volume de l'air étant $c_{air} = 1{,}22 \cdot 10^3\ J \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$, montrer que l'énergie Q nécessaire pour réchauffer cet air vaut $2{,}1 \cdot 10^6$ J par heure de fonctionnement de la ventilation.
2. Calculer la puissance thermique Φ_{ven} associée à ce chauffage.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

IV. Bilan thermique du restaurant.

Les flux thermiques perdus par le sol Φ_s, le plafond Φ_{pl} et les baies vitrées Φ_{bv} du restaurant s'élèvent au total à 340 W.

Montrer que la puissance thermique P_{th} que devra apporter le système de chauffage pour maintenir constante la température à l'intérieur du restaurant est de 1,5 kW.

B. Apport de la puissance supplémentaire par une pico-centrale hydroélectrique (7 points).

Une pico-centrale est une installation transformant l'énergie hydraulique d'un cours d'eau en énergie électrique, d'une puissance inférieure à 20 kW.
La puissance de la centrale est directement proportionnelle à son débit d'équipement et à sa hauteur de chute.
Une turbine reliée à un alternateur (non représenté) est alimentée par une retenue d'eau (voir figure 2 ci-dessous). Les conduites sont enterrées dans le sol pour éviter le gel.

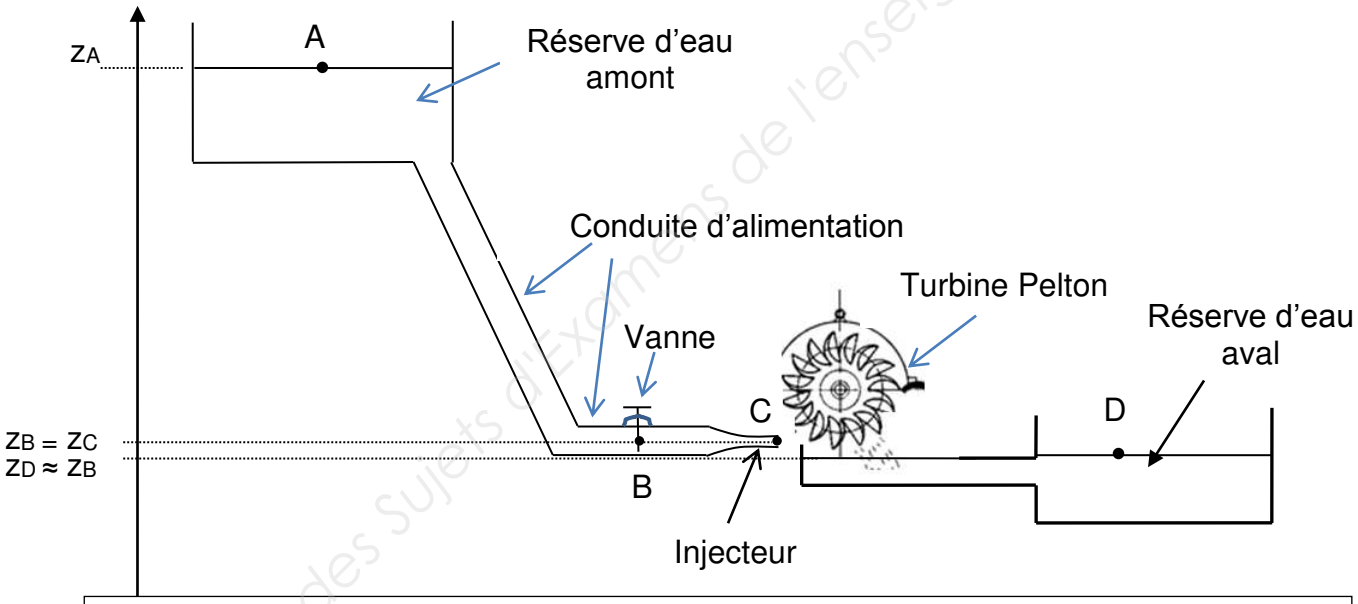


Figure 2 : Schéma simplifié de l'installation hydraulique (échelle non respectée)

Données :

- diamètre d_1 de la conduite cylindrique d'alimentation : d_1 = 10 cm ;
- diamètre d_2 à la sortie de l'injecteur : d_2 = 4,0 cm ;
- pression aux points A, C, D : $P_A = P_C = P_D = P_{atm}$ (indépendant de l'état de la vanne) ;
- cotes respectives des points A et B : z_A = 2 368 m et z_B = 2 353 m ;
- masse volumique de l'eau : ρ_e = 1 000 kg.m^{-3} ;
- intensité de la pesanteur : g = 9,8 m·s^{-2}.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

On rappelle l'équation de Bernoulli :

$\frac{1}{2} \times \rho \times (v_2^2 - v_1^2) + \rho \times g \times (z_2 - z_1) + (P_2 - P_1) = 0$

I. La vanne est fermée

1. Exprimer littéralement puis calculer la pression relative P_r (B) exercée sur la paroi gauche de la vanne.
2. En déduire la valeur de la force F(B) exercée par l'eau sur le clapet de la vanne sachant que sa surface plane est s = 0,25 cm^2.

II. La vanne est ouverte

L'eau circule dans l'installation et sort de l'injecteur vers la turbine Pelton qui se met en rotation. Au bout de quelques secondes, on suppose que le régime permanent est atteint.

L'eau est considérée comme un fluide parfait incompressible et on suppose que les niveaux de l'eau dans les retenues amont et aval restent constants.

1. Vitesses de l'eau et débit

1.1 En appliquant l'équation de Bernoulli entre deux points à préciser, montrer que la vitesse d'écoulement v_C du fluide au point C (sortie de l'injecteur) vaut 17 m·s^{-1}.

1.2. Exprimer littéralement puis calculer, en m^3·s^{-1}, le débit volumique q_v de l'eau dans la conduite d'alimentation.

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

2. Puissance de la pico-centrale

2.1. La puissance maximale P_{ext} récupérable est égale à 3,0 kW. Le rendement de la turbine est η = 60 %. Calculer la puissance électrique $P_{élec}$ produite par l'alternateur, supposé sans perte.

2.2. La pico-centrale permettra-t-elle un apport de puissance suffisant pour le refuge après transformation ? Justifier.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

C. Analyse de l'eau du circuit hydraulique (6 points).

L'eau circulant dans la pico-centrale doit être contrôlée pour assurer le bon fonctionnement de l'installation : une eau trop « dure » favorise l'entartrage des canalisations et de l'injecteur, alors qu'une eau trop « douce » favorise la corrosion de la turbine en acier ; de même, une eau trop alcaline ou trop basique est « agressive » vis à vis des canalisations et favorise également le dépôt de tartre.

I. Nature acido-basique de cette eau

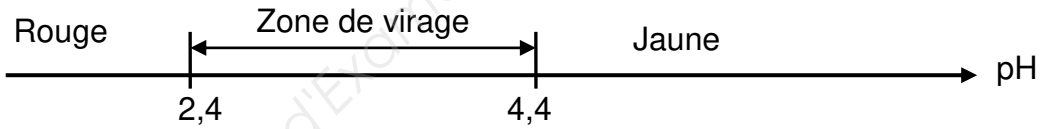
Un laboratoire a mesuré une concentration en ions oxonium (H_3O^+) dans cette eau égale à $1{,}6\times10^{-8}$ mol·L^{-1}.

1. Calculer le pH de cette eau.
2. Préciser la nature acido-basique de cette eau, en justifiant.

II. Mesure du TAC (titre alcalimétrique complet)

Document 1 : Le TAC est égal au volume (en mL) d'acide chlorhydrique à 0,020 mol·L^{-1} nécessaire pour doser 100 mL d'eau en présence d'un indicateur coloré, l'hélianthine. Il s'exprime en degrés français et ses valeurs optimales sont comprises entre 10 °f et 25 °f.

Document 2 : Diagramme de prédominance de l'hélianthine



En pratique, pour déterminer le TAC, on prélève 50 mL d'eau auquel on rajoute 3 gouttes d'hélianthine. Le dosage est réalisé sous agitation magnétique en rajoutant progressivement de l'acide chlorhydrique à 0,020 mol·L^{-1}, jusqu'au volume équivalent $V_{É.}$

1. Faire un schéma en coupe et annoté du dispositif expérimental de dosage.
2. Quelle est la couleur de l'indicateur coloré au début du dosage ? Justifier.
3. Comment voit-on que l'équivalence est atteinte ?
4. Pour l'eau alimentant la pico-centrale, on trouve $V_{É.}$ = 7,1 mL. En déduire son TAC et conclure.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

III. Dureté de l'eau

Document 3 : La dureté de l'eau est mesurée par son titre hydrotimétrique (TH), exprimé en °f, donné par la formule $TH = 10\times([Ca^{2+}]+[Mg^{2+}])$, où les concentrations sont exprimées en $mmol\cdot L^{-1}$.

TH (°f)	< 6	6 à 15	15 à 40	30 à 40	> 40
eau	très douce	douce	moyennement dure	dure	très dure

L'eau alimentant la pico-centrale possède une concentration massique de 55 $mg\cdot L^{-1}$ en ions calcium et 13 $mg\cdot L^{-1}$ en ions magnésium.

Calculer le titre hydrotimétrique TH de cette eau et conclure.

Données : Masses molaires atomiques : $M(Ca) = 40{,}1\ g\cdot mol^{-1}$; $M(Mg) = 24{,}3\ g\cdot mol^{-1}$.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.