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

BTS ÉTUDES ET ÉCONOMIE DE LA CONSTRUCTION

SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2018

_____

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

_____

Matériel autorisé :

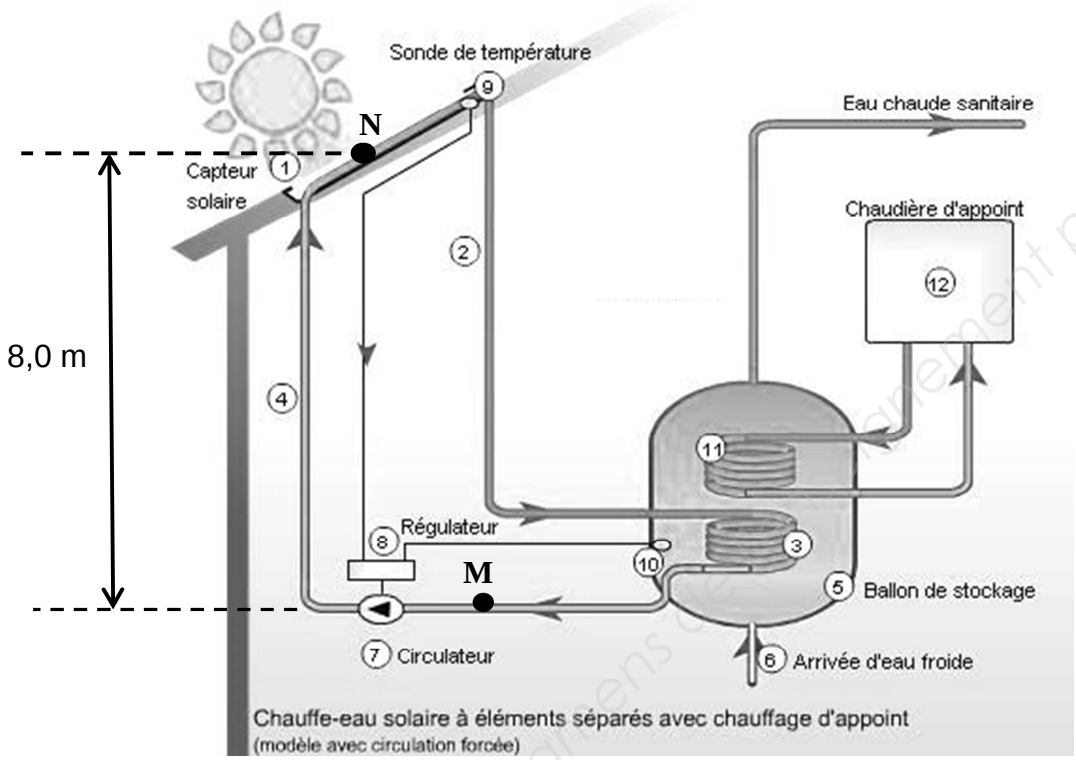
L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 6 pages, numérotées de 1/6 à 6/6.

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

Afin de minimiser le coût énergétique de production d'eau chaude sanitaire, de nombreuses constructions optent pour l'installation d'un chauffe-eau solaire.
Les capteurs solaires, installés sur le toit d'une maison, recueillent l'énergie transmise par les rayonnements provenant du soleil et la communiquent à un fluide caloporteur. Le circuit du fluide caloporteur traverse un ballon de stockage d'eau et permet l'échauffement de cette eau.

Schéma d'une installation de chauffe-eau solaire :



http://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/chauffe-eau-solaire/fonctionnement-chauffe-eau-solaire/

Ce sujet est constitué de 3 parties indépendantes :

Partie A : chauffage de l'eau du ballon de stockage.
Partie B : coût de fonctionnement de la pompe.
Partie C : dépôt de calcaire et protection contre la corrosion.

A. Chauffage de l'eau du ballon de stockage (7 points)

Données :

- capacité de remplissage en eau du ballon : 200 L ;
- masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1{,}00\times10^{3}$ kg·m^{-3} ;
- capacité thermique massique de l'eau : $C_{eau} = 4{,}18$ kJ·kg^{-1}·°C^{-1} ;
- 1 kWh = $3{,}6\times10^{6}$ J.

A.1. Température de l'eau dans le ballon

On installe, sur le toit d'une maison située dans une ville du sud de la France, un capteur solaire de surface 3,50 m^2. Pour cette installation, l'énergie apportée par le

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

rayonnement solaire est de 4,80 kWh·m^{-2} par jour. L'eau initialement présente dans le ballon, avant d'être réchauffée, est à une température de 15,0 °C.

A.1.1. Quelle est l'énergie thermique apportée par le rayonnement solaire au fluide caloporteur en une journée ?

A.1.2. En admettant que les pertes thermiques, pour ce dispositif, sont de l'ordre de 20 %, quelle est l'énergie apportée sous forme de chaleur à l'eau, en une journée, par le fluide caloporteur ?

A.1.3. Montrer que la valeur de la température de l'eau, en fin de journée, atteint environ 73 °C.

A.1.4. Après une nuit, la température de l'eau dans le ballon est d'environ 40 °C ; ce qui correspond à des pertes thermiques de l'ordre de 7,7 kWh. Citer le mode principal de transfert thermique à l'origine de ces pertes thermiques.

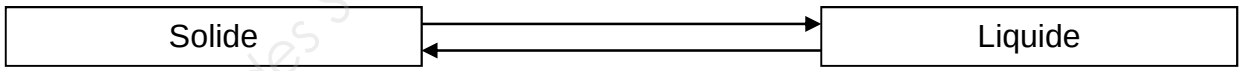
A.2. Amélioration énergétique du ballon avec l'utilisation de matériaux à changement de phase (MCP)

L'ajout de matériaux à changement de phase (MCP) à l'intérieur du ballon est un procédé très efficace pour limiter la baisse de température nocturne. Ces matériaux sont contenus dans des petites billes en plastique, directement au contact de l'eau du ballon.
L'utilisation des MCP est fondée sur un principe physique simple : lorsqu'un corps passe de l'état solide à l'état liquide, il absorbe une certaine quantité d'énergie et inversement lorsqu'il passe de l'état liquide à l'état solide, il libère de l'énergie.

Caractéristiques du MCP utilisé :

- température de fusion : T_f = 50 °C ;
- chaleur latente de fusion : L_f = 189 kJ·kg^{-1} .

A.2.1. Recopier et compléter le schéma suivant en indiquant le nom des changements d'état correspondants.



A.2.2. Au cours de quel changement d'état des MCP, de l'énergie est-elle cédée à l'eau du ballon ?

A.2.3. À quelle température les MCP deviennent-ils efficaces ? Justifier.

A.2.4. Pour une efficacité optimale, on utilise 50 kg de MCP dans le ballon. Quelle quantité d'énergie fournissent les MCP lors de leur changement d'état ? Donner cette valeur en kWh.

A.2.5. En comparant cette valeur à celle des pertes thermiques indiquée dans la question A.1.4, conclure quant à l'utilité des MCP pour le ballon.

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

B. Coût de fonctionnement de la pompe du circuit de fluide caloporteur (6 points)

L'installation de chauffe-eau solaire nécessite une pompe, appelée circulateur, chargée de faire circuler le fluide caloporteur entre les panneaux solaires et le ballon d'eau chaude. Dans cette partie, on cherche à évaluer le coût de fonctionnement de cette pompe.

Caractéristiques techniques de la station solaire De Dietrich® PRO D230 :

Pression de service : 2,50 bar	Température de service maximale : 120 °C
Pression de service maximale : 10 bar	
Contenance en fluide : 2,1 L	Diamètre des tuyaux de liaison, sur la totalité du circuit : 18,0 mm
Débit préconisé : 72,4 kg·h^{-1}	Poids à vide : 37 kg

Notice technique Detrisol.

Données :

- masse volumique du fluide caloporteur : ρ_{cal} = 1,035×10^3 kg·m^{-3} ;
- accélération de la pesanteur : g = 9,81 m·s^{-2} ;
- 1,0 bar = 1,0×10^5 Pa ;
- pour un fluide en écoulement permanent, d'un point A vers un point B, avec un débit volumique Q_v, échangeant avec une machine une puissance P_u, l'équation de Bernoulli s'écrit :

$$\frac{1}{2}\rho(v_B^2 - v_A^2) + (P_B - P_A) + \rho g(z_B - z_A) = \frac{P_u}{Q_v}$$

B.1. Étude du débit du fluide caloporteur

B.1.1. Montrer que le débit volumique du fluide est d'environ 1,9×10^{-5} m^3·s^{-1}.

B.1.2. Calculer, en m·s^{-1}, la vitesse v du fluide caloporteur dans les tuyaux.

B.2. Détermination de la puissance utile du circulateur

Sur le circuit du fluide caloporteur, un manomètre indique l'écart de pression entre les points M et N du circuit (cf. schéma de l'installation, page 2/6) :
$P_N - P_M$ = 2,5 bar.
La différence de hauteur entre les points M et N est de 8,0 m.

B.2.1. Montrer que la puissance utile de la pompe est de 6,3 W.

B.2.2. Sachant que le rendement de cette pompe est de 93 %, quelle est la puissance électrique consommée par cette pompe ?

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

B.2.3. Sachant que le coût du kilowattheure est de 0,1449 €, quel est le prix de fonctionnement de la pompe, sur une année, sachant qu'elle fonctionne 10 h par jour ? Commenter la valeur obtenue.

C. Dépôt de calcaire dans le ballon et protection contre la corrosion (7 points)

Quand l'eau stagne ou que sa température augmente, le calcaire, solide de formule $CaCO_3$ initialement dissout dans l'eau, précipite et se dépose sur les parois des canalisations et réservoirs. Le calcaire apparait le plus souvent là où il y a des matières métalliques ou plastiques.

La quantité de dépôt du calcaire dépend de la dureté de l'eau, mais aussi de son volume, de sa température, de son pH et de sa durée de stagnation.

Afin d'augmenter la durée de vie du chauffe-eau, il est nécessaire d'enlever régulièrement le calcaire formé et renouveler si nécessaire les anodes qui protègent contre la corrosion.

C.1. Élimination du calcaire

Données :

- masses molaires atomiques :

$M(C) = 12{,}0\ g\cdot mol^{-1}$; $M(O) = 16{,}0\ g\cdot mol^{-1}$; $M(Ca) = 40{,}1\ g\cdot mol^{-1}$

La dureté de l'eau

Plus une eau est calcaire, plus elle est dite "dure". La dureté de l'eau varie en fonction des régions. Ainsi, un sol calcaire ou crayeux donnera une eau à forte teneur en calcaire, tandis qu'une eau traversant un sol cristallin, comme du sable ou du granite, sera "douce". À titre d'exemple, le sol du bassin parisien est très calcaire alors que celui de la Bretagne ou des Vosges l'est moins.

La dureté de l'eau s'exprime en degrés français (°f) : 1 °f équivaut à 10 mg de calcaire dissout par litre. Jusqu'à 15 °f, l'eau est dite douce, au-delà de 30 °f, l'eau est dure ou très dure.

https://www.toutsurmoneau.fr/fiche/111485/eau-et-calcaire

Document 1 : solubilité du calcaire dans l'eau pure à pression atmosphérique normale

La solubilité est la quantité maximale de soluté (en mol ou en g) dissout dans un litre de solution saturée. Elle dépend du pH, de la pression et de la température.

Solubilité du calcaire à différentes températures à pH = 7 :

Température (°C)	0	25	50
Solubilité ($mol\cdot L^{-1}$)	$6{,}3\times10^{-3}$	$3{,}1\times10^{-3}$	$2{,}0\times10^{-3}$

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

C.1.1. Expliquer pourquoi le calcaire, initialement dissout dans l'eau potable, peut se déposer dans le chauffe-eau.

C.1.2. L'eau potable, distribuée dans la commune où est installé le chauffe-eau solaire, a une dureté de 25,0 °f. Calculer la concentration molaire de calcaire dissout dans l'eau de cette commune.

C.1.3. À l'aide des informations données par le document 1 et de la valeur trouvée précédemment, montrer que le calcaire peut se déposer dans le chauffe-eau.

C.1.4. Sachant que la solubilité est la quantité de matière restant dissoute dans l'eau, montrer que la masse de calcaire pouvant se déposer dans le chauffe-eau, en un an, est de 3,5 kg, pour une consommation annuelle d'eau chaude, à 50 °C, de 70 m^3.

C.2. Protection contre la corrosion

Cette protection est assurée par un émaillage du fer constituant la carcasse du ballon et par le contact de cette carcasse avec une anode en zinc.

Données :

- masse molaire du zinc : $M(Zn) = 65{,}4\ g \cdot mol^{-1}$;
- une mole d'électron transporte une charge de 1 F = 96500 C ;
- la charge électrique q transportée par un courant électrique d'intensité I circulant pendant une durée t est donnée par : $q = I \cdot t$;
- potentiels standards de couples redox :

Cu^{2+}/Cu :	0,34 V	Pb^{2+}/Pb :	– 0,13 V	Fe^{2+}/Fe :	– 0,44 V
Zn^{2+}/Zn :	– 0,76 V	Al^{3+}/Al :	– 1,66 V	Mg^{2+}/Mg :	– 2,37 V

C.2.1. Comment se nomment ces deux types de protection ?

C.2.2. Citer un métal qui pourrait remplacer le zinc pour protéger le ballon de la corrosion. Justifier votre réponse.

C.2.3. Écrire la demi-équation d'oxydation du zinc.

C.2.4. L'intensité du courant est estimée à 2,50 mA, et on souhaite placer une électrode de zinc protégeant la carcasse du ballon pendant 10 ans. Sachant qu'il faut remplacer l'électrode dès que 80 % de sa masse est consommée, quelle est la masse minimale de l'électrode en zinc à utiliser ?

Le candidat est invité à présenter sa stratégie de résolution même si elle n'a pas abouti entièrement.

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.