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 consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BTS TP, veuillez visiter :
btstp.fr/annales-sujets-et-corriges

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

TRAVAUX PUBLICS

E3 – U3.2

Sciences physiques appliquées

SESSION 2016

_____

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

_____

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).
- Tout autre matériel est interdit.

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 9 pages, numérotées de 1 à 9/9.

Les matériaux à changement de phase, des matériaux intelligents

Les matériaux à changement de phase (MCP) ont la capacité de stocker de la chaleur avant de la restituer. À l'heure où les questions énergétiques sont de plus en plus sensibles ces matériaux suscitent l'intérêt croissant des professionnels du bâtiment. Des études sont également en cours dans le cadre du réchauffement des chaussées routières pour éviter la formation de verglas dans certaines zones dangereuses.

L'objectif de ce problème est d'étudier les avantages d'une association de matériaux à changement de phase avec les matériaux usuels utilisés en BTP.

Le problème est composé de 2 parties indépendantes.

- Partie A : propriétés thermiques du béton et d'un MCP
- Partie B : les MCP et leurs encapsulants

Des données utiles pour la résolution du problème figurent page 3/9.

Le document 1 utilisé dans les deux parties du problème figure en annexe page 9/9. Cette annexe n'a pas à être rendue avec la copie.

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

Données relatives à tout le problème

- **Capacité thermique massiques :**

béton : $c_{béton}$ = 980 J.kg^{-1} k^{-1} paraffine : $c_{paraffine}$ = 2200 J.kg^{-1} k^{-1}

- **Chaleur latente (enthalpie) de fusion de la paraffine** : L_f = 166 kJ.kg^{-1}

- **Conductivité thermique du béton pour différentes masses volumiques** :

Masse volumique	$2100 < \rho_b \leq 2200$	$2200 < \rho_b \leq 2300$	$2300 < \rho_b \leq 2400$
λ (W.K^{-1}.m^{-1})	1,73	1,90	2,09

- **Relation entre résistance thermique R et conductivité thermique λ :**

Pour une paroi plane de surface S et d'épaisseur e on a la relation $R = \frac{e}{\lambda S}$

- **Effet Joule :**

Une résistance électrique soumise à la tension électrique U et traversée par le courant d'intensité I transfère intégralement sous forme thermique la puissance électrique P = UI qu'elle reçoit.

- **Inertie thermique**

L'inertie thermique d'un matériau représente sa capacité à résister au changement de température lorsque son équilibre thermique est perturbé. Le nouvel équilibre thermique est atteint après un temps caractéristique τ qui est proportionnel à $\frac{e^2}{D}$ où e est l'épaisseur du matériau et D une grandeur appelée diffusitivité thermique. La diffusitivité thermique dépend de la conductivité thermique λ, de la capacité thermique massique c et de la masse volumique ρ du matériau et s'exprime par $D = \frac{\lambda}{\rho c}$ (en m^2.s^{-1}).

- **Equivalence Wh et J :** 1 Wh = 3600 J

- **Noms des premiers alcanes linéaires :**

Un alcane est un hydrocarbure de formule chimique C_nH_{2n+2} où n représente le nombre d'atomes de carbone de la molécule.

Nombre de carbone (n)	**Nom**	**Nombre de carbone (n) de**	**Nom**
1	Méthane	11	Undécane
2	Ethane	12	Dodécane
3	Propane	13	Tridécane
4	Butane	14	Tétradécane
5	Pentane	15	Pentadécane
6	Hexane	16	Hexadécane
7	Heptane	17	Heptadécane
8	Octane	18	Octadécane
9	Nonane	19	Nonadécane
10	Décane	20	Eicosane

- **Masses molaires atomiques** : M(C) = 12,0 g.mol^{-1} M(H) = 1,0 g.mol^{-1}

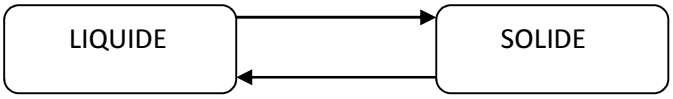
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Partie A : propriétés thermiques d'un béton et d'un MCP (14 points)

A1. Les matériaux à changement de phase

Cette partie s'appuie sur le document 1 en annexe page 9/9

Q1- Recopier sur votre copie le schéma ci-dessous en faisant figurer au-dessus de chaque flèche le nom des changements d'état qui sont décrits dans le document. Indiquer lequel correspond à un changement d'état exothermique et lequel correspond à un changement d'état endothermique.



Q2- Pourquoi l'eau à la pression atmosphérique ne peut-elle pas être utilisée comme MCP pour la régulation thermique des bâtiments ?

A.2. Détermination de caractéristiques thermiques d'un béton.

2.1 Détermination de la capacité thermique

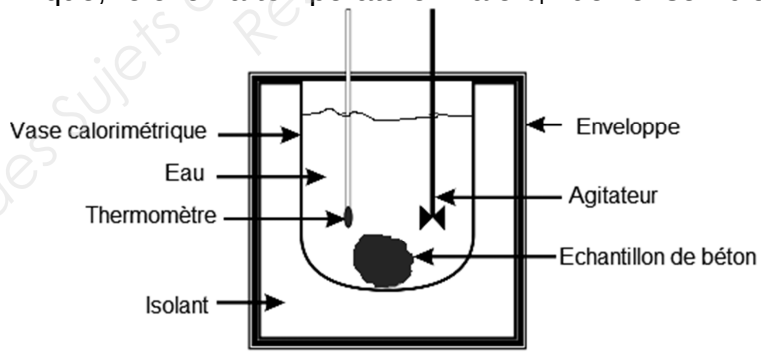
On suit le protocole suivant avec un béton de masse volumique $\rho_b = 2400\ kg.m^{-3}$.

Introduire une masse m_e d'eau dans un calorimètre.

Mesurer la température θ_i de l'ensemble.

Introduire dans le calorimètre un morceau de béton de masse m préalablement placé dans un bain marie à la température θ ;

A l'équilibre thermique, relever la température finale θ_F de l'ensemble.



Dans des ouvrages spécialisés, on trouve que pour cette formulation du béton, la valeur de la capacité thermique massique du béton attendue se situe autour de $c = 980\ J.kg^{-1}.K^{-1}$. L'exploitation des mesures expérimentales obtenues avec le protocole précédent conduit à une valeur assez différente.

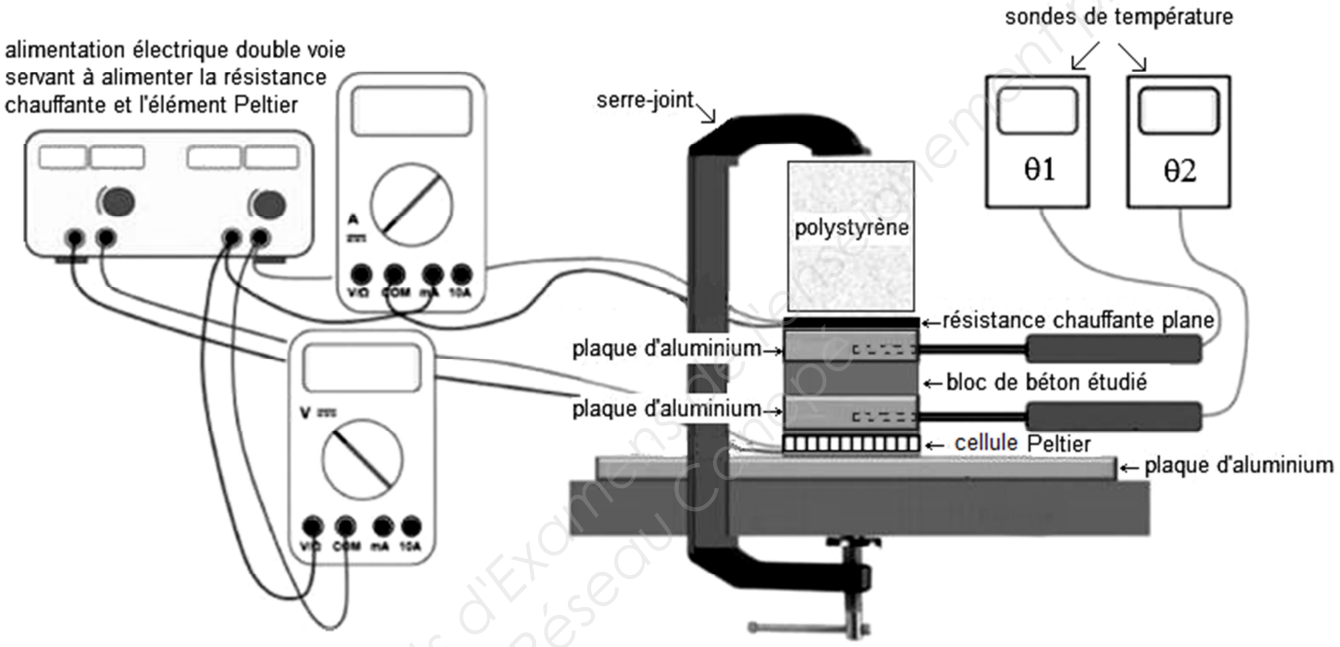
Q3- Expliquer <u>sans calcul</u> d'où peut provenir cet écart.

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

2.2 Détermination de la conductivité thermique.

On suit maintenant le protocole expérimental suivant pour déterminer la conductivité thermique d'un bloc de béton de masse volumique ρ_b = 2400 kg.m^{-3}, de surface S et d'épaisseur e.

L'échantillon de béton est placé entre deux plaques d'aluminium dans une enceinte isolée partiellement de l'extérieur. Une face de ce matériau est chauffée par effet Joule à l'aide d'une résistance chauffante. Cette énergie électrique est transférée à l'échantillon de béton. L'autre face est refroidie grâce à une cellule Peltier. Deux sondes thermométriques repèrent la température de chaque face du béton. Le ventilateur permet d'évacuer la chaleur dissipée par la cellule Peltier. Une fois le régime stationnaire établi les températures θ_1 de la face chaude et θ_2 de la face froide du bloc de béton sont relevées. On note R la résistance thermique de cet échantillon de béton.



Q4- Quel mode de transfert thermique est mis en jeu dans le bloc de béton ?

Q5- Rappeler la relation liant le flux thermique Φ et la différence de température $\Delta\theta$ dans le cas d'une paroi plane, en précisant les unités des grandeurs utilisées.

Q6- Expliquer soigneusement pourquoi ce dispositif expérimental permet d'accéder à la mesure de la résistance thermique du béton.

A partir des données expérimentales suivantes :

U (V)	I (A)	S (cm²)	θ_1 (°C)	θ_2 (°C)	e (mm)
12,00	0,500	64,0	29,7	27,5	5,00

Q7- Justifier que le flux thermique a pour valeur Φ = 6,00 W.

Q8- Montrer que les mesures expérimentales précédentes permettent de retrouver une valeur de la conductivité thermique, λ, du béton, proche de celle proposée dans les données.

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

A.3 Etude d'associations MCP-béton

3.1 Ajout d'un panneau de MCP sur un mur

On s'intéresse à un mur composé pour grande partie de béton et de coefficient de transmission thermique U= 0,660 W.m^{-2}.K^{-1}

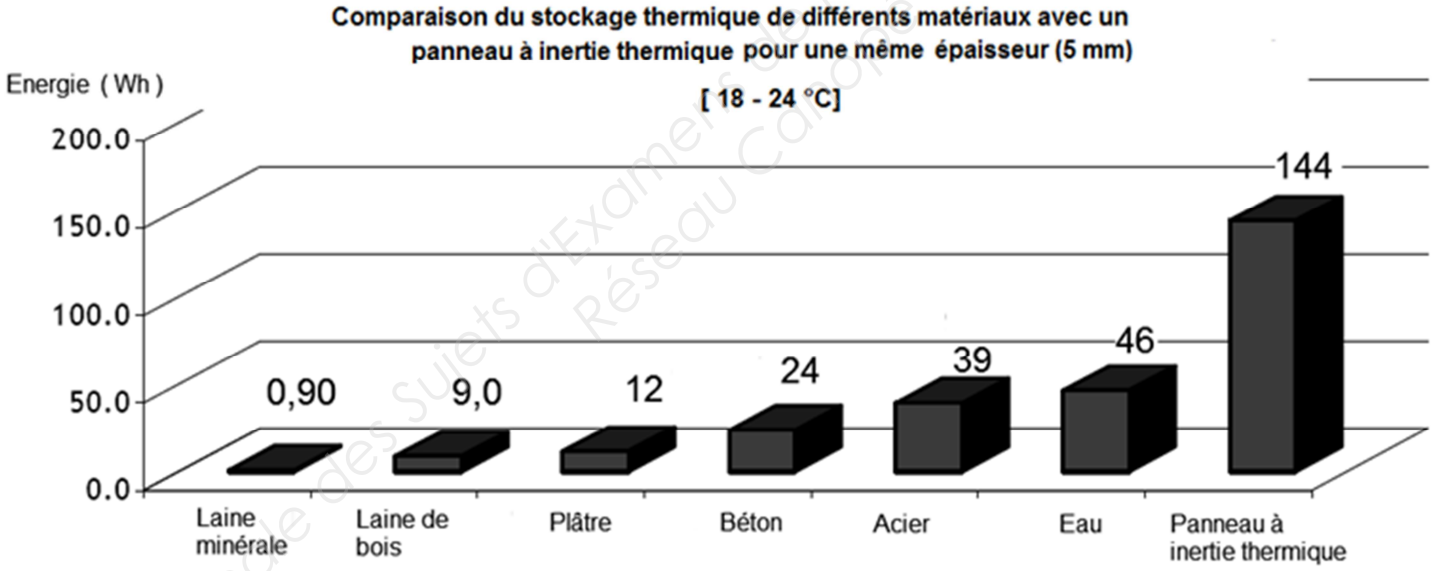
Q9- Rappeler la relation liant la résistance surfacique r_{mur} et le coefficient de transmission thermique.

Q10- Calculer numériquement la résistance surfacique du mur r_{mur}.

On plaque sur toute la surface du mur un panneau à inertie thermique (épaisseur e' = 5 mm) contenant un MCP. La conductivité thermique du panneau est estimée à λ' = 0,180 W.m^{-1}.K^{-1}. Ce panneau contient 2,70 kg de paraffine.

Q11- Calculer numériquement la résistance surfacique globale r_g et en déduire le nouveau coefficient de transmission surfacique U_g de l'association ainsi constituée.

Lors d'un essai en laboratoire, le panneau à inertie thermique de surface S = 1 m^2 est soumis à une variation de température de 18°C à 24° C. Sur le site constructeur, on peut voir le diagramme ci-dessous.



Q12- A l'aide du diagramme précédent, montrer que pour cette variation de température, l'énergie stockée dans le panneau est due pour plus de 85% à l'énergie mise en jeu par la fusion de la paraffine que le panneau contient (on rappelle que le panneau contient m = 2,70 kg de paraffine).

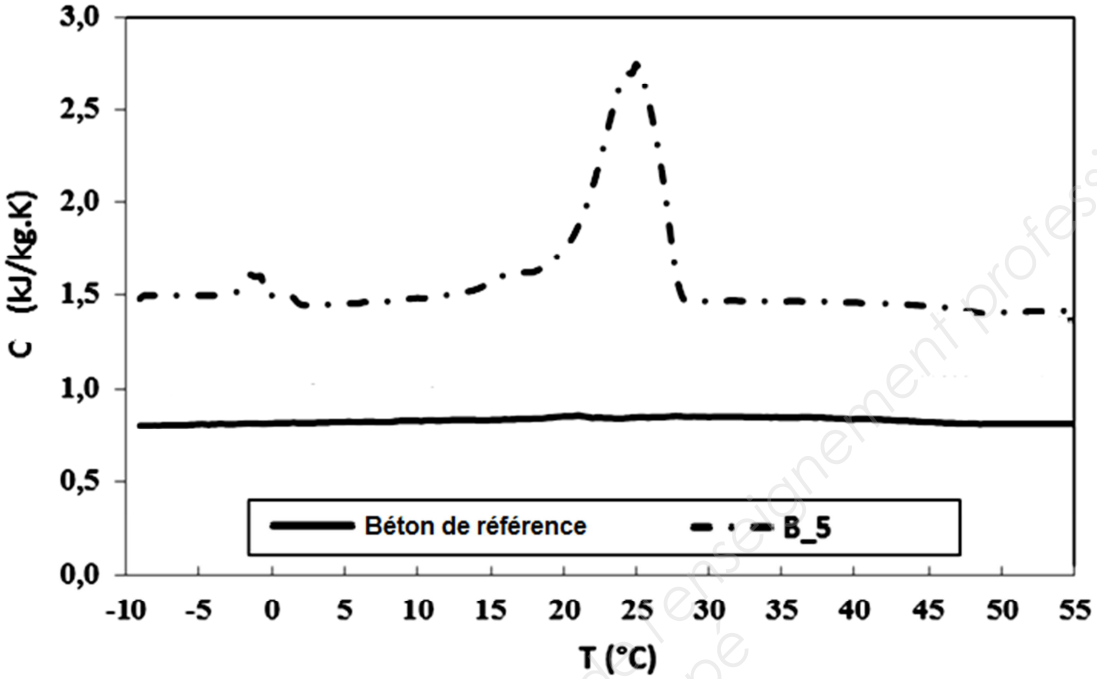
Q13- Montrer que l'épaisseur de béton qui, à surface égale, permettrait un stockage d'énergie équivalent à celui d'un panneau à inertie thermique est d'environ 3 cm.

Q14- Conclure quant à l'intérêt de l'ajout d'un panneau à inertie thermique sur le mur (on s'intéressera aux aspects d'isolation et de stockage thermiques).

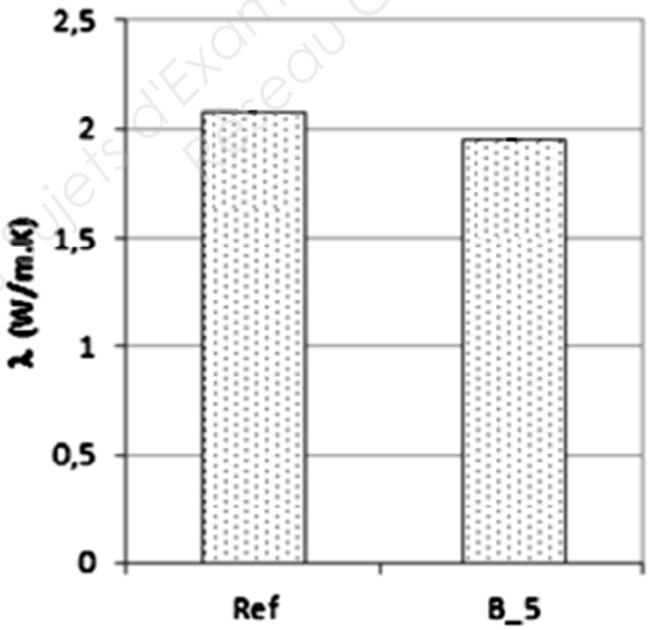
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

3.2 Incorporation d'un MCP lors de la formulation d'un béton

Une étude expérimentale en comparant un béton de référence (de masse volumique $\rho_b = 2400\ kg.m^{-3}$) avec un béton contenant 5% en volume de MPC (masse volumique $\rho_{MCP} = 770\ kg.m^{-3}$) a conduit aux graphes 1 et 2 suivants.



Graphe 1 : évolution de la capacité thermique massique en fonction de la température
Lecture : B_5 signifie que 5% du volume total est constitué de MCP



Graphe 2 : évolution de la conductivité thermique en fonction de la composition du béton
Lecture : B_5 signifie que 5% du volume total est constitué de MCP

Q15- Justifier que l'incorporation d'un MCP dans le béton, permet d'augmenter son inertie thermique par rapport au béton de référence. Tout raisonnement même incomplet sera pris en compte.

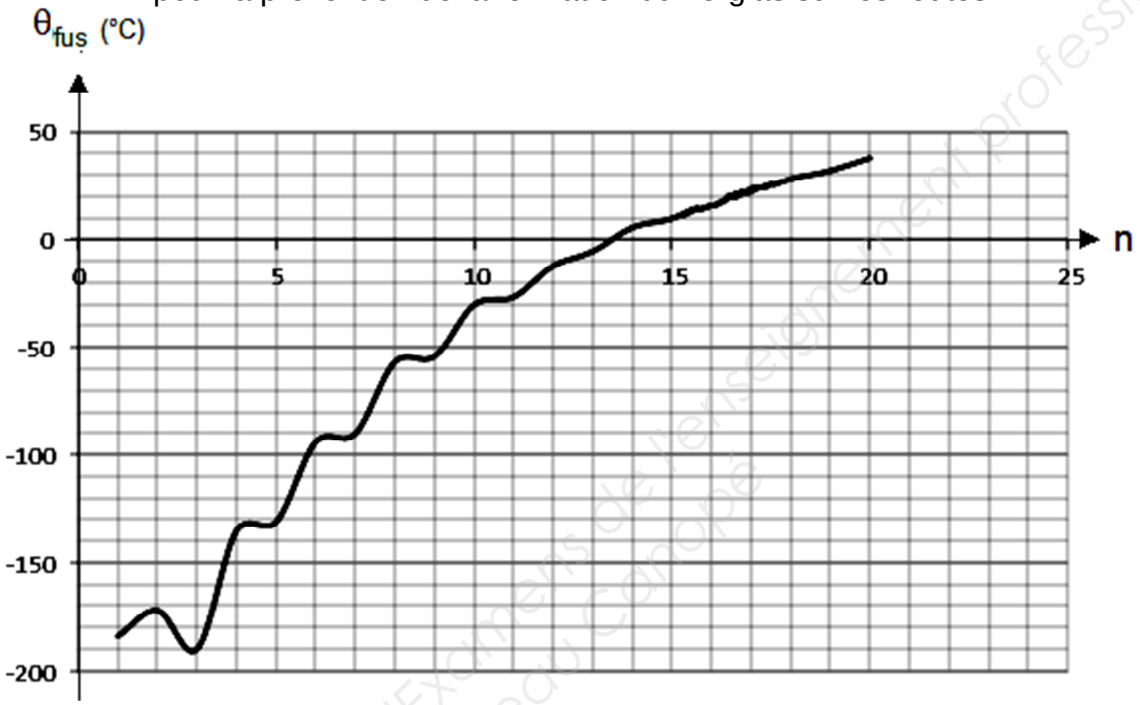
Base Nationale des sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Partie B : les MCP et leurs encapsulants (6 points)

B.1. Identification des paraffines utilisables comme MCP

Q16- Le graphe suivant donne les variations des températures de fusion des alcanes linéaires en fonction du nombre, n, d'atomes de carbone qui les constituent. En s'aidant de ce graphe, proposer, en justifiant le choix, un nom et une formule chimique pour chacune des paraffines constituant les MCP mentionnés dans le document 1 page 9/9, respectivement :

- pour le confort thermique des bâtiments
- pour la prévention de la formation du verglas sur les routes.



B.2. Etude de l'encapsulant du MCP d'un panneau à inertie thermique

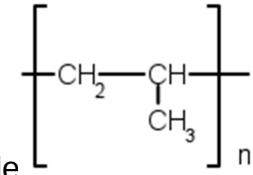
Il est possible de déterminer la masse molaire moléculaire d'un polymère à partir de de différentes techniques (diffusion de la lumière, mesure de viscosité, fractionnement par dissolutions sélectives…). On a déterminé une masse molaire moyenne M(polyéthylène) = 56,0 kg.mol^{-1} pour le polyéthylène, polymère obtenu à partir de l'éthylène de formule semi-développée $CH_2 = CH_2$

Q17- L'éthylène fait-il partie de la famille des alcanes ? Justifier.

Q18 Expliquer pourquoi l'éthène (éthylène) est polymérisable.

Q19 Ecrire l'équation de la réaction traduisant la synthèse du polyéthylène à partir d'éthylène.

Q20- Montrer que le degré de polymérisation du polyéthylène étudié vaut 2000.

Q21 Le polypropylène a pour formule 

. Donner la formule brute et la formule semi-développée du monomère correspondant.

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

ANNEXE

Document 1. Liquides ou solides - Les matériaux à changement de phase

Le centre scientifique et technique du bâtiment cherche à mettre en évidence l'intérêt des matériaux à changement de phase (MCP) dans la rénovation des bâtiments. En renforçant l'inertie thermique de ces derniers, ils en améliorent le confort. Leurs caractéristiques : ils changent d'état en fonction des variations de la température du milieu ambiant, comme la glace qui se transforme en eau lorsque la barre du zéro degré est franchie. Ils se présentent sous forme de microbilles de paraffine encapsulées dans des polymères. Celles-ci sont incorporées dans des matériaux, tels que plaque de plâtre, béton, panneau sandwich.... Seule différence avec l'eau : la température de changement d'état se situe entre 19 °C et 27°C, températures respectivement fixées pour le co nfort d'hiver et d'été. « *Dès que l'air ambiant atteint cette température critique, la cire fond et absorbe une partie de la chaleur de la pièce*, explique Laurence Le Stum, Account. *Lorsque la température redescend, la cire redevient solide et "relargue" l'énergie accumulée dans le milieu ambiant* ». Le caractère isotherme de la charge et de la décharge énergétique d'un MCP permet son utilisation en tant que régulateur de température.

Source : www.CSTB.com

En situation hivernale, certaines zones routières sont plus sensibles à la formation de verglas. La méthode habituelle consiste à épandre, des fondants chimiques. L'alternative étudiée consiste à intégrer des MCP dans la couche supérieure du revêtement routier de type enrobé percolé ou béton routier bicouche. Evidemment, la forme physique, ou le conditionnement des MCP doit satisfaire aux contraintes de fabrication, de mise en œuvre et de durabilité des structures routières. Les MCP envisagés sont des paraffines à savoir des alcanes linéaires de type C_nH_{2n+2}. Celui retenu pour la prévention du verglas devient solide aux alentours de 5°C. Différents encapsulants du MC P ont été étudiées. Les recherches actuelles s'orientent vers le test des résines thermodurcissables de type résine époxyde avec durcisseur de type amine.

D'après Belgian Road Research Centre

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

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.