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

BTS TRAVAUX PUBLICS • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Sciences physiques appliquées

Session 2016 • Code sujet : **16TVE3SC1** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Propriétés thermiques du béton et d'un MCP (15 questions) **Page 3**

2. Les MCP et leurs encapsulants (6 questions) **Page 9**

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

Sujet officiel (PDF) : https://btstp.fr/assets/annales/bts-tp/E3.2 - Physique chimie/2016/BTS TP - E3.2 - Physique chimie - Session 2016 - 1-Sujet.pdf

1. Propriétés thermiques du béton et d'un MCP

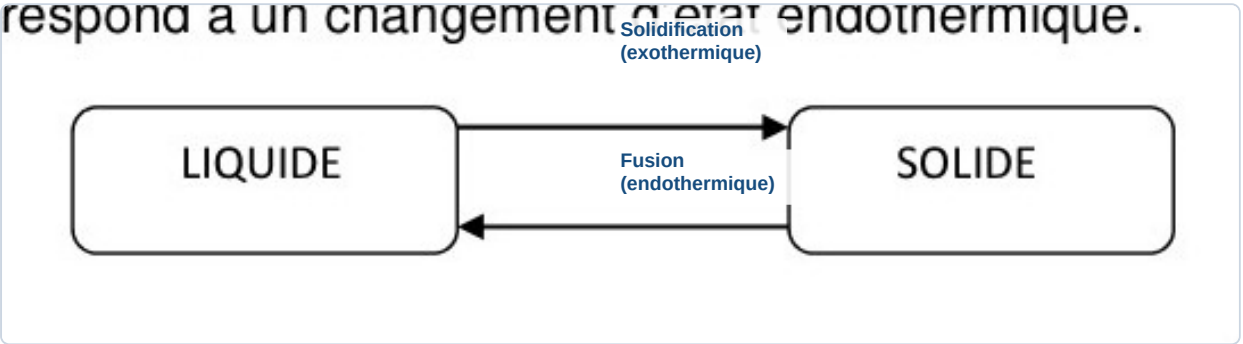
Cette partie étudie l'association des matériaux à changement de phase (MCP) avec des matériaux usuels du BTP, notamment le béton. Elle aborde les changements d'état, les mesures de caractéristiques thermiques, le stockage de chaleur et l'inertie thermique dans les bâtiments et les chaussées.

A1. Les matériaux à changement de phase

Question Q1. À partir du document 1, recopier le schéma liquide-solide, nommer au-dessus de chaque flèche les changements d'état décrits et indiquer lequel est exothermique et lequel est endothermique.

La flèche supérieure va du liquide vers le solide : c'est la **solidification**, exothermique car elle libère de la chaleur. La flèche inférieure va du solide vers le liquide : c'est la **fusion**, endothermique car elle absorbe de la chaleur.

Changements d'état annotés



✓ RÉPONSE À RETENIR

Liquide vers solide : solidification exothermique. Solide vers liquide : fusion endothermique.

Question Q2. Expliquer pourquoi l'eau à la pression atmosphérique ne peut pas être utilisée comme matériau à changement de phase pour réguler la température des bâtiments.

L'eau change d'état à 0 °C sous pression atmosphérique, alors que les MCP du document sont adaptés aux températures de confort des bâtiments.

- En hiver, la température de changement d'état visée est de 19 °C.
- En été, elle atteint 27 °C.

L'eau ne changerait donc pas d'état dans la plage thermique recherchée pour réguler la température intérieure.

✓ RÉPONSE À RETENIR

L'eau change d'état à 0 °C, loin de la plage de confort de 19 °C à 27 °C.

A2.1 Détermination de la capacité thermique

Question Q3. À partir du protocole calorimétrique décrit et sans effectuer de calcul, expliquer d'où peut provenir l'écart entre la capacité thermique massique expérimentale du béton et la valeur attendue.

L'écart peut provenir d'échanges thermiques avec l'extérieur, car l'isolation du calorimètre n'est pas parfaite. Le calorimètre, son enveloppe et ses accessoires peuvent aussi absorber ou céder de la chaleur. Enfin, le morceau de béton peut ne pas être exactement à la température du bain-marie lors de son introduction. La chaleur attribuée au béton ne correspond alors pas exactement à celle qu'il a échangée, ce qui fausse la capacité thermique massique mesurée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'écart peut venir des pertes thermiques et de la chaleur absorbée par le calorimètre et ses accessoires.

A2.2 Détermination de la conductivité thermique

Question Q4. Identifier le mode de transfert thermique mis en jeu dans le bloc de béton du dispositif expérimental.

Dans le bloc de béton, la chaleur se propage de la face chaude vers la face froide, de proche en proche, sans déplacement global de matière : c'est la **conduction**.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le transfert thermique dans le béton se fait par conduction.

Question Q5. Rappeler la relation liant le flux thermique Φ à la différence de température Δθ dans le cas d'une paroi plane, en précisant les unités des grandeurs utilisées.

Pour une paroi plane, le flux thermique est relié à la différence de température par $\Phi = \Delta\theta / R$, avec $R = e/(\lambda S)$. On peut donc aussi écrire $\Phi = \lambda S \Delta\theta / e$.

Grandeur	Unité SI
Φ	W
$\Delta\theta$	K
R	K·W^{-1}
λ, S, e	W·m^{-1}·K^{-1}, m^2, m

Une différence de température a la même valeur numérique en °C et en K.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\Phi = \Delta\theta / R = \lambda S \Delta\theta / e$, avec Φ en W et $\Delta\theta$ en K.

Question Q6. Expliquer soigneusement pourquoi le dispositif expérimental décrit permet d'accéder à la mesure de la résistance thermique du béton.

1. La résistance chauffante fournit une puissance électrique connue, transformée en chaleur par effet Joule.
2. Au régime stationnaire, les températures ne varient plus. En limitant les pertes latérales grâce à l'enceinte, la puissance transmise au béton est assimilée au flux qui le traverse.
3. Les sondes mesurent l'écart de température entre les faces. On détermine alors la résistance thermique par $R = \Delta\theta / \Phi$, en K·W⁻¹.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La mesure de $\Delta\theta$ et la connaissance de Φ donnent $R = \Delta\theta / \Phi$.

Question Q7. À partir des données expérimentales du tableau, justifier que le flux thermique vaut Φ = 6,00 W.

La résistance chauffante convertit intégralement sa puissance électrique en chaleur. Le flux vaut donc $\Phi = P = UI$. Avec les valeurs du tableau, le produit tension-intensité s'exprime en watts puisque $\mathrm{V} \times \mathrm{A} = \mathrm{W}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\Phi = 12,00 \times 0,500 = 6,00\ \mathrm{W}$.

Question Q8. Montrer que les mesures expérimentales permettent de retrouver pour le béton une conductivité thermique proche de la valeur proposée dans les données.

À partir de $R = \Delta\theta / \Phi = e / (\lambda S)$, on obtient $\lambda = \Phi e / (S \Delta\theta)$. Les données converties en unités SI sont :

Donnée	Conversion ou calcul	Valeur
Écart thermique	29,7 − 27,5	2,2 K
Surface	64,0 cm²	0,00640 m²
Épaisseur	5,00 mm	0,00500 m

En utilisant le flux de 6,00 W, la conductivité est proche de celle du béton de masse volumique 2400 kg·m⁻³.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\lambda \approx 2,13\ \mathrm{W\,m^{-1}\,K^{-1}}$, proche de la valeur tabulée de 2,09 $\mathrm{W\,m^{-1}\,K^{-1}}$.

A3.1 Ajout d'un panneau de MCP sur un mur

Question Q9. Rappeler la relation liant la résistance thermique surfacique r_mur du mur et son coefficient de transmission thermique.

> Le coefficient de transmission thermique et la résistance thermique surfacique sont inverses : $r_{\text{mur}} = 1/U$, ou $U = 1/r_{\text{mur}}$. La résistance surfacique s'exprime en m²·K·W⁻¹ et le coefficient en W·m⁻²·K⁻¹. Une résistance plus élevée signifie une transmission thermique plus faible.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$r_{\text{mur}} = 1/U$, en m²·K·W⁻¹.

Question Q10. Calculer numériquement la résistance thermique surfacique du mur à partir de son coefficient de transmission thermique.

Le coefficient fourni est $U = 0,660\ \text{W m}^{-2}\,\text{K}^{-1}$. On applique la relation inverse $r_{\text{mur}} = 1/U$. Le résultat, exprimé en m²·K·W⁻¹, est arrondi à trois chiffres significatifs.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$r_{\text{mur}} = 1/0,660 \approx 1,52\ \text{m}^2\,\text{K W}^{-1}$.

Question Q11. Calculer la résistance thermique surfacique globale r_g de l'association mur-panneau, puis en déduire son nouveau coefficient de transmission surfacique U_g.

Les résistances des deux couches s'ajoutent puisqu'elles sont traversées successivement par le flux. Pour le panneau, $r' = e'/\lambda'$, avec $e' = 0,005\ \text{m}$.

Grandeur	Calcul	Valeur
Résistance du panneau	0,005 / 0,180	0,0278 m²·K·W⁻¹
Résistance globale	1 / 0,660 + 0,0278	1,54 m²·K·W⁻¹
Coefficient global	1 / 1,54	0,648 W·m⁻²·K⁻¹

Le panneau augmente légèrement la résistance thermique de l'association.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$r_g \approx 1,54\ \text{m}^2\,\text{K W}^{-1}$ et $U_g \approx 0,648\ \text{W m}^{-2}\,\text{K}^{-1}$.

Question Q12. À l'aide du diagramme et de la masse de paraffine contenue dans le panneau, montrer que, pour une variation de température de 18 °C à 24 °C, plus de 85 % de l'énergie stockée est due à la fusion de la paraffine.

Le diagramme donne 144 Wh stockés par le panneau entre 18 °C et 24 °C. L'énergie de fusion de la paraffine vaut $E_f = mL_f = 2,70 \times 166\ \text{kJ} = 448\,200\ \text{J}$. Comme $1\ \text{Wh} = 3600\ \text{J}$, cela représente 124,5 Wh. Cette part de l'énergie totale dépasse 85 %.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La fusion stocke 124,5 Wh, soit environ 86,5 % des 144 Wh du panneau.

Question Q13. Montrer qu'à surface égale, une épaisseur de béton d'environ 3 cm permettrait de stocker une énergie équivalente à celle du panneau à inertie thermique.

Le diagramme compare des matériaux de même épaisseur, 5 mm : le béton stocke 24 Wh et le panneau 144 Wh. À surface égale et dans les mêmes conditions, l'énergie stockée par le béton est proportionnelle à son épaisseur.

1. Le rapport des énergies vaut $144/24 = 6$.
2. L'épaisseur équivalente est donc $6 \times 5 = 30$ mm.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Il faut environ 30 mm, soit 3 cm, de béton.

Question Q14. Conclure sur l'intérêt de l'ajout d'un panneau à inertie thermique sur le mur, en considérant les aspects d'isolation thermique et de stockage de chaleur.

L'ajout du panneau agit sur deux aspects :

- **Isolation :** il ajoute une résistance thermique en série, mais le gain est faible.
- **Stockage :** la paraffine absorbe de la chaleur en fondant et la restitue en se solidifiant, ce qui limite les variations de température intérieure.

Son intérêt principal est donc le stockage thermique et l'amélioration du confort, avec un gain d'isolation modeste.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le panneau améliore légèrement l'isolation et augmente le stockage thermique, favorisant le confort intérieur.

A3.2 Incorporation d'un MCP dans le béton

Question Q15. À partir des graphes de capacité thermique massique et de conductivité thermique, justifier que l'incorporation d'un MCP augmente l'inertie thermique du béton par rapport au béton de référence. Tout raisonnement, même incomplet, est pris en compte.

Le graphe 1 montre que la capacité thermique massique de B_5 dépasse celle du béton de référence, avec un pic marqué lors du changement d'état du MCP. Le graphe 2 indique une conductivité thermique plus faible pour B_5. Or $D = \lambda/(\rho c)$: la hausse de c et la baisse de λ réduisent la diffusivité. La masse volumique du béton avec MCP est également plus faible, mais les graphes montrent que les variations de capacité thermique et de conductivité renforcent l'inertie, associée à un temps caractéristique proportionnel à e^2/D.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'incorporation de MCP renforce l'inertie thermique : la capacité thermique augmente et la diffusivité diminue.

2. Les MCP et leurs encapsulants

Cette partie porte sur l'identification de paraffines adaptées au confort thermique des bâtiments et à la prévention du verglas, à partir d'un graphe de températures de fusion et du document annexe. Elle étudie ensuite les alcanes, la polymérisation de l'éthylène et le monomère du polypropylène.

B.1 Identification des paraffines utilisables comme MCP

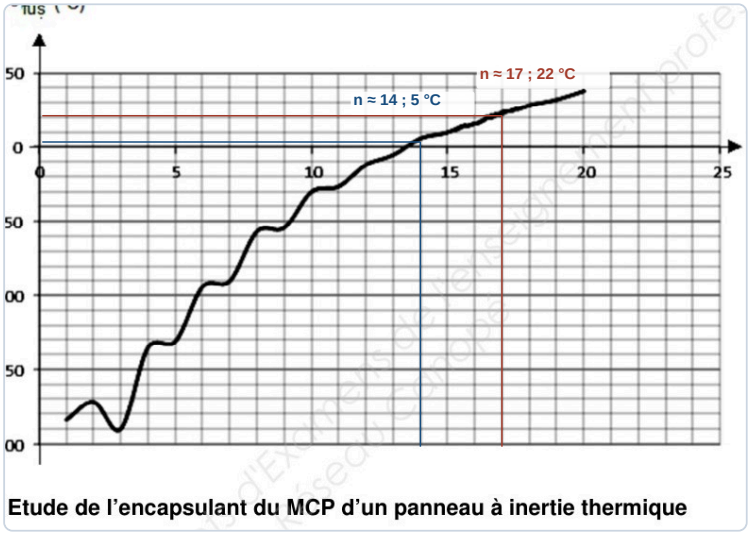
Question Q16. À l'aide du graphe des températures de fusion des alcanes linéaires et du document 1, proposer en justifiant le choix un nom et une formule chimique pour chacune des paraffines adaptées respectivement au confort thermique des bâtiments et à la prévention du verglas sur les routes.

Le document 1 donne les températures de changement d'état visées : 19 à 27 °C pour le bâtiment et environ 5 °C pour les routes. Sur le graphe, on choisit l'alcane dont la température de fusion correspond à chacune de ces valeurs. La formule générale est C_nH_{2n+2} ; les lectures sont cohérentes avec les noms du tableau des alcanes fourni.

Usage	Lecture du graphe	Alcane	Formule
Bâtiment	n ≈ 17, fusion vers 22 °C	Heptadécane	$C_{17}H_{36}$
Routes	n ≈ 14, fusion vers 5 °C	Tétradécane	$C_{14}H_{30}$

Ces deux alcanes répondent aux températures de changement d'état recherchées.

Lectures du graphe de fusion



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

✓ RÉPONSE À RETENIR

Bâtiment : heptadécane $C_{17}H_{36}$. Routes : tétradécane $C_{14}H_{30}$.

B.2 Étude de l'encapsulant

Question Q17. Indiquer si l'éthylène appartient à la famille des alcanes et justifier la réponse.

Un alcane est un hydrocarbure saturé de formule générale C_nH_{2n+2}. Pour deux atomes de carbone, cette formule donne C_2H_6. Or l'éthylène, de formule semi-développée $CH_2{=}CH_2$, a pour formule brute C_2H_4 et possède une double liaison. Il ne répond donc pas à la formule des alcanes : c'est un alcène.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Non : l'éthylène C_2H_4 est un alcène, pas un alcane.

Question Q18. Expliquer pourquoi l'éthène, ou éthylène, est polymérisable.

1. La molécule d'éthène possède une double liaison entre ses deux atomes de carbone.
2. Lors de la réaction, cette liaison s'ouvre et les carbones peuvent former de nouvelles liaisons simples avec d'autres molécules.
3. La répétition de cette addition relie un grand nombre de molécules identiques en une chaîne : le polymère.

L'éthène est donc polymérisable par addition, sans élimination d'une petite molécule.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La double liaison C=C s'ouvre et permet l'addition successive des molécules d'éthène en chaîne.

Question Q19. Écrire l'équation de la réaction traduisant la synthèse du polyéthylène à partir de l'éthylène.

La polymérisation transforme la double liaison de chaque molécule d'éthène en liaison simple. Le motif qui se répète dans le polyéthylène est donc $–CH_2–CH_2–$. L'équation ci-contre représente l'addition de n molécules de monomère ; elle conserve le nombre d'atomes de carbone et d'hydrogène.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $n\ CH_2{=}CH_2 \rightarrow [–CH_2–CH_2–]_n$

Question Q20. À partir de la masse molaire moyenne donnée pour le polyéthylène, montrer que son degré de polymérisation vaut 2000.

Le motif répété du polyéthylène est C_2H_4, de masse molaire $2 \times 12{,}0 + 4 \times 1{,}0 = 28{,}0\ g{\cdot}mol^{-1}$. La masse molaire du polymère vaut $56{,}0\ kg{\cdot}mol^{-1}$, soit $56\,000\ g{\cdot}mol^{-1}$. Le degré de polymérisation est le rapport entre la masse molaire du polymère et celle du motif répété.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Degré de polymérisation : 56 000 / 28,0 = 2 000.

Question Q21. À partir de la formule représentée du polypropylène, donner la formule brute et la formule semi-développée du monomère correspondant.

Le motif du polypropylène représenté est $–CH_2–CH(CH_3)–$. Pour retrouver son monomère, on rétablit la double liaison entre les deux carbones de la chaîne principale. On obtient un alcène à trois atomes de carbone. Le comptage des atomes donne la formule brute C_3H_6.

- Nom : propène.
- Formule semi-développée : $CH_2=CH–CH_3$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Propène : C_3H_6 ; $CH_2=CH–CH_3$.

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

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de sciences physiques appliquées du BTS Travaux publics, session 2016, porte le code 16TVE3SC1. Elle dure 2 heures, coefficient 2, et comporte deux parties notées respectivement sur 14 et 6 points. Le sujet étudie les matériaux à changement de phase, le béton et leurs associations, puis les paraffines et les polymères. Il évalue calculs thermiques, analyse de données et notions de chimie.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour une paroi plane, la résistance thermique vaut R = e/(λS), avec e en mètres, λ en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ et S en mètres carrés.
- La résistance thermique surfacique et le coefficient de transmission thermique sont liés par r = 1/U.
- La diffusivité thermique vaut D = λ/(ρc) et le temps caractéristique varie comme e^2/D.
- L'énergie associée à un changement d'état se calcule avec la chaleur latente : Q = mLf.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les surfaces en mètres carrés et les épaisseurs en mètres avant les calculs thermiques.
- Distinguer le flux thermique, exprimé en watts, de l'énergie thermique, exprimée en joules ou en wattheures.
- Pour discuter l'inertie, tenir compte de la capacité thermique, de la conductivité et de la masse volumique.
- Justifier les choix faits à partir des graphes en reliant les températures lues à l'usage recherché.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la résistance thermique de l'échantillon de béton ?

Pour une paroi plane, utilisez R = e/(λS). Exprimez l'épaisseur en mètres, la surface en mètres carrés et la conductivité en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. La résistance s'exprime en $K \cdot W^{-1}$.

Q : Comment relier les propriétés du béton à son inertie thermique ?

La diffusivité thermique vaut D = λ/(ρc). Une diffusivité plus faible signifie une évolution thermique plus lente. Le temps caractéristique augmente aussi avec le carré de l'épaisseur du matériau.

Q : Quelle est la durée de l'épreuve et comment les points sont-ils répartis ?

L'épreuve dure 2 heures et son coefficient est 2. La partie A vaut 14 points et la partie B 6 points, soit 20 points au total. Le sujet ne précise pas de répartition du temps entre les parties.

Q : Que présenter pour justifier un calcul thermique dans cette épreuve ?

Indiquez la relation utilisée, convertissez les données dans des unités cohérentes, puis présentez le calcul et le résultat avec son unité. Pour une lecture graphique, précisez la valeur lue et reliez-la explicitement à votre conclusion.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstp.fr/assets/annales/bts-tp/E3.2 - Physique chimie/2016/BTS TP - E3.2 - Physique chimie - Session 2016 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Travaux Publics : 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.