CORRIGÉ NON OFFICIEL

BTS Conception et Industrialisation en Construction Navale

E5 - Conception et industrialisation

Session 2009

Proposition de corrigé rédigée par FormaV pour s'entraîner. Ce n'est pas le corrigé officiel de l'examen et elle ne remplace pas les éléments de correction officiels.

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 CICN, veuillez visiter :
btscicn.fr/annales-sujets-et-corriges

BTS Conception et Industrialisation en Construction Navale

Session 2009

E5 – Conception et industrialisation – Épreuve U52, partie 2 : Définition de processus (optimisation d'un procédé)

PROPOSITION DE CORRIGÉ

Proposition de corrigé établie par FormaV à partir du sujet, non officielle. Elle ne préjuge pas des consignes nationales de correction données aux jurys.

PARTIE 1 – COMPARAISON DE LA MASSE DE DEUX COQUES

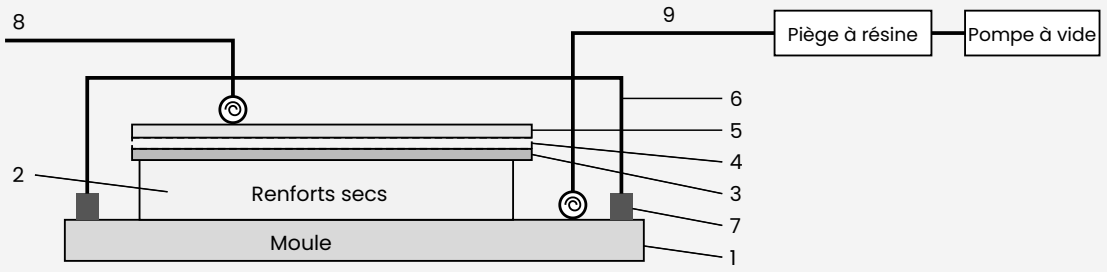
Question 1.1

Décrire en quelques lignes le procédé d'infusion et faire un schéma de principe explicite sur le document réponse fourni.

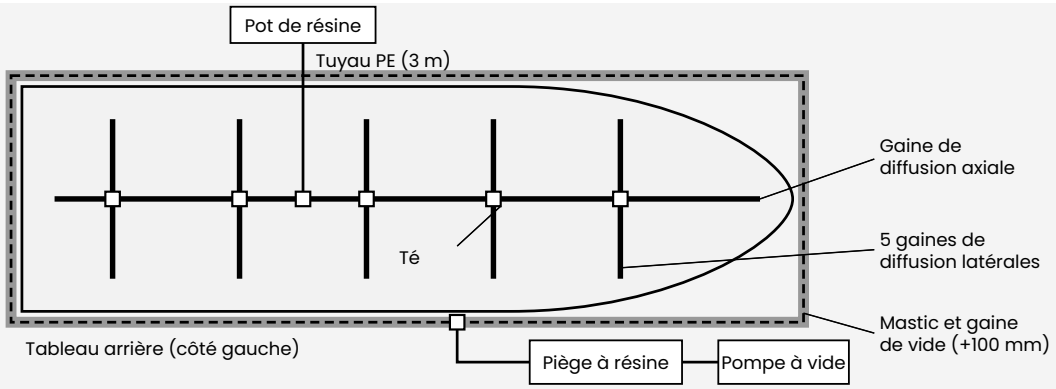
Le procédé d'infusion est un moulage sous vide. Les renforts fibreux secs (mat, tissu quadriaxial, feutre) sont disposés dans le moule, puis recouverts successivement d'un tissu d'arrachage, d'un film séparateur perforé et d'un filet de drainage. L'ensemble est recouvert d'une bâche de mise sous vide, dont le pourtour est étanchéifié au mastic sur le moule. Une gaine spiralée permet de réaliser le vide, une autre gaine spiralée assure la diffusion de la résine, et un tuyau relie la source de résine à l'entrée du dispositif.

Le vide est établi par aspiration. La dépression entraîne la résine à travers l'épaisseur et dans toute la surface des renforts, qui sont ainsi imprégnés en une seule opération. Après polymérisation, la coque est démoulée. Un piège à résine, placé entre la bâche et la pompe, protège celle-ci.

Sur le document réponse, la gaine de diffusion est implantée en une arête axiale et 5 arêtes latérales, raccordées par des tés au tuyau d'arrivée de résine ; la gaine de vide et le mastic suivent le pourtour de la coque décalé de 100 mm. Le schéma de principe est donné ci-dessous, en coupe puis en vue de dessus.



Coupe transversale de principe de l'infusion. Légende : 1 moule ; 2 renforts secs (mat, tissu quadriaxial, feutre) ; 3 tissu d'arrachage ; 4 film séparateur perforé ; 5 filet de drainage ; 6 bâche de mise sous vide ; 7 mastic d'étanchéité ; 8 arrivée de résine (tuyau et gaine spiralée de diffusion sur le filet) ; 9 gaine spiralée de vide, piège à résine et pompe à vide.



Vue de dessus (contour du document réponse, échelle non respectée) : gaine de diffusion axiale et 5 latérales (300 mm en retrait de chaque bord), tuyau d'arrivée de résine (3 m) ; mastic et gaine de vide sur le rectangle décalé de 100 mm, reliés à la pompe par le piège à résine ; 7 raccords en té pour les réseaux de résine et de vide (6 sur le réseau de résine, 1 au raccordement de la gaine de vide vers le piège à résine).

Question 1.2

Décrire les avantages et les inconvénients du procédé d'infusion par rapport au contact.

Avantages. Le taux massique de fibres est plus élevé en infusion (60 % pour le mat et 70 % pour le tissu quadriaxial, contre 40 % et 50 % au contact). Le stratifié contient donc moins de résine, il est plus léger et plus régulier. Le procédé est réalisé sous bâche, en circuit fermé : les émissions de styrène sont limitées, ce qui améliore les conditions de travail. L'épaisseur et le taux de fibres sont réguliers sur toute la pièce, et la face côté bâche présente un état de surface homogène grâce au tissu d'arrachage, prête au collage ou au stratifié suivant.

Inconvénients. Le procédé exige de nombreux consommables (tissu d'arrachage, film séparateur, filet de drainage, bâche, mastic, gaines), dont le coût s'ajoute à celui de la matière. Une partie de la résine est perdue dans les drains. La mise en œuvre est plus longue et plus délicate : l'étanchéité du vide, la maîtrise de l'écoulement de la résine et l'absence de zones sèches doivent être contrôlées. Il requiert enfin un moule étanche et un équipement de mise sous vide, donc un investissement initial.

Question 1.3

Calcul de la masse de la coque au contact.

Surface de la coque : S = 16,69 + 2,02 = 18,71 m². Le feutre Coremat n'est présent que dans la carène ($S_{carène}$ = 16,69 m²). La séquence de drapage (annexe 1) comporte, pour la carène comme pour le tableau, un gel coat, un mat de 300 g, quatre mats de 450 g et quatre tissus quadriaxiaux de 850 g ; la carène reçoit en plus le feutre Coremat de 4 mm. Les grammages sont exprimés en masse de fibres par m². Le gel coat, dont le grammage n'est pas fourni, est identique pour les deux procédés et n'est pas pris en compte.

Question 1.3.1

Calculer l'épaisseur des plis de mat : epm300c et epm450c.

Épaisseur d'un pli : $e = m_{fibres} / (M_f \times \rho_{stratifié})$, avec $M_f = 0{,}40$ et $\rho = 1530$ kg/m³.

epm300c = 0,300 / (0,40 × 1530) = 0,300 / 612 = $4{,}90 \times 10^{-4}$ m

epm450c = 0,450 / (0,40 × 1530) = 0,450 / 612 = $7{,}35 \times 10^{-4}$ m

epm300c ≈ 0,49 mm ; epm450c ≈ 0,74 mm

Question 1.3.2

Calculer la masse de mat.

Masse de fibres de mat par m² : 300 + 4 × 450 = 2 100 g/m² = 2,1 kg/m².

Masse de stratifié de mat par m² : 2,1 / 0,40 = 5,25 kg/m² (contrôle : 1530 × (0,490 + 4 × 0,735) × 10^{-3} = 1530 × 3,430 × 10^{-3} ≈ 5,25 kg/m²).

Masse de mat : m_{mat} = 5,25 × 18,71 = **98,23 kg**

Question 1.3.3

Calculer l'épaisseur des plis de tissus quadriaxiaux : ept850c.

ept850c = 0,850 / (0,50 × 1642) = 0,850 / 821 = 1,035 × 10^{-3} m

ept850c ≈ 1,04 mm

Question 1.3.4

Calculer la masse de tissus quadriaxiaux.

Masse de fibres de quadriaxial par m² : 4 × 850 = 3 400 g/m² = 3,4 kg/m².

Masse de stratifié par m² : 3,4 / 0,50 = 6,8 kg/m².

Masse de tissus quadriaxiaux : m_{quad} = 6,8 × 18,71 = **127,23 kg**

Question 1.3.5

Calculer la masse de feutre polyester Coremat.

Masse volumique du feutre imprégné : d_c = 0,63 g/cm³ = 630 kg/m³ ; épaisseur e = 4 mm = 0,004 m.

Masse surfacique : 630 × 0,004 = 2,52 kg/m².

Masse de feutre : m_{feutre} = 2,52 × 16,69 = **42,06 kg** (surface de la carène uniquement).

Question 1.3.6

Calculer la masse de la coque au contact.

$m_{coque\ contact} = m_{mat} + m_{quad} + m_{feutre}$ = 98,23 + 127,23 + 42,06 = **267,52 kg**

Question 1.3.7

Calculer la masse de résine à préparer.

Résine contenue dans le mat : (5,25 − 2,1) × 18,71 = 3,15 × 18,71 = 58,94 kg.

Résine contenue dans le quadriaxial : (6,8 − 3,4) × 18,71 = 3,4 × 18,71 = 63,61 kg.

Résine consommée par le feutre : 2,4 kg/m² × 16,69 m² = 40,06 kg.

$m_{résine\ contact}$ = 58,94 + 63,61 + 40,06 = **162,61 kg**

Question 1.4

Calcul de la masse de la coque en infusion.

La coque infusée a la même surface (S = 18,71 m²) et la même séquence de drapage ; le feutre Coremat de la carène est conservé, avec la même masse imprégnée (42,06 kg) et la même consommation de résine (40,06 kg).

Question 1.4.1

Calculer la masse volumique du stratifié constitué de mat.

$1 / \rho = M_f / \rho_f + (1 - M_f) / \rho_m = 0,60 / 2600 + 0,40 / 1200 = 5,641 \times 10^{-4}$ m³/kg

$\rho_{mat\ infusé} \approx 1773$ kg/m³

Question 1.4.2

Calculer l'épaisseur des plis de mat : epm300i et epm450i.

epm300i = 0,300 / (0,60 × 1773) = 0,300 / 1064 = $2,82 \times 10^{-4}$ m ≈ **0,28 mm**

epm450i = 0,450 / (0,60 × 1773) = 0,450 / 1064 = $4,23 \times 10^{-4}$ m ≈ **0,42 mm**

Question 1.4.3

Calculer la masse de mat.

Masse de stratifié de mat par m² : 2,1 / 0,60 = 3,5 kg/m².

$m_{mat\ infusé}$ = 3,5 × 18,71 = **65,49 kg**

Question 1.4.4

Calculer la masse volumique du stratifié constitué de tissus quadriaxiaux.

$1 / \rho = 0,70 / 2600 + 0,30 / 1200 = 5,192 \times 10^{-4}$ m³/kg

$\rho_{quad\ infusé} \approx 1926$ kg/m³

Question 1.4.5

Calculer l'épaisseur des plis tissus quadriaxiaux : ept850i.

ept850i = 0,850 / (0,70 × 1926) = 0,850 / 1348 = $6,30 \times 10^{-4}$ m

ept850i ≈ 0,63 mm

Question 1.4.6

Calculer la masse de tissus quadriaxiaux.

Masse de stratifié par m² : 3,4 / 0,70 = 4,857 kg/m².

$m_{quad\ infusé}$ = (3,4 / 0,70) × 18,71 = **90,88 kg**

Question 1.4.7

Calculer la masse de la coque infusée.

$m_{coque\ infusée} = m_{mat} + m_{quad} + m_{feutre} = 65{,}49 + 90{,}88 + 42{,}06 =$ **198,43 kg**

Question 1.4.8

Calculer la masse de résine à préparer.

Résine contenue dans le mat : (3,5 − 2,1) × 18,71 = 1,4 × 18,71 = 26,19 kg.

Résine contenue dans le quadriaxial : (4,857 − 3,4) × 18,71 = 1,457 × 18,71 = 27,26 kg.

Résine consommée par le feutre : 2,4 × 16,69 = 40,06 kg.

Pertes dans le filet de drainage : surface = 1,1 × 18,71 = 20,58 m² ; 0,6 kg/m² × 20,58 = 12,35 kg.

Pertes dans la gaine spiralée de diffusion : longueur = arête axiale 7,09 − 0,60 = 6,49 m ; arêtes latérales 5 × (2,07 − 0,60) = 7,35 m ; total 13,84 m ; 0,08 kg/m × 13,84 m = 1,11 kg.

$m_{résine\ infusion} = 26{,}19 + 27{,}26 + 40{,}06 + 12{,}35 + 1{,}11 =$ **106,97 kg**

Question 1.5

Comparaison.

Question 1.5.1

Donner la différence de masse entre la coque infusée et la coque au contact.

Différence : 267,52 − 198,43 = **69,09 kg** en faveur de la coque infusée.

Question 1.5.2

Donner le gain de résine.

Gain de résine : 162,61 − 106,97 = **55,64 kg**, soit environ 34 % de la résine nécessaire au contact.

Question 1.5.3

Quels sont les avantages et les inconvénients de la coque infusée par rapport à la coque au contact ?

Avantages. La coque infusée est plus légère (environ 69 kg de moins). Elle nécessite environ 56 kg de résine de moins, grâce à un taux massique de fibres plus élevé (60 % et 70 % contre 40 % et 50 %). Le stratifié est plus régulier, et les émissions de styrène sont réduites par le circuit fermé.

Inconvénients. Le procédé exige de nombreux consommables et génère des pertes de résine dans les drains (environ 13,5 kg au total). La mise en œuvre sous vide est plus longue et exige une étanchéité parfaite et un moule adapté.

PARTIE 2 – COÛT SUPPLÉMENTAIRE INDUIT PAR L'INFUSION POUR UNE COQUE

Question 2.1

Calcul des coûts dus aux différents consommables utilisés en infusion.

Surfaces de référence : S = 18,71 m² ; tissu d'arrachage, film séparateur et filet de drainage : 1,10 × 18,71 = 20,58 m² ; film de mise sous vide : 1,20 × 18,71 = 22,45 m² ; longueur de mastic : périmètre

du rectangle décalé de 100 mm = 2 × (7,29 + 2,27) = 19,12 m ; longueur de gaine spiralée : 19,12 m (vide) + 13,84 m (diffusion) = 32,96 m.

Question 2.1.1

Calculer le coût des différents matériaux consommables utilisés.

Matériau	Conditionnement et prix	Quantité utilisée	Coût HT (€)
Tissu d'arrachage	100 m² pour 231,14 €, soit 2,3114 €/m²	20,58 m²	47,57
Film de mise sous vide	200 m² pour 210,44 €, soit 1,0522 €/m²	22,45 m²	23,62
Film séparateur perforé	500 m² pour 250 €, soit 0,50 €/m²	20,58 m²	10,29
Filet de drainage	100 m² pour 149,40 €, soit 1,494 €/m²	20,58 m²	30,75
Mastic d'étanchéité	330 m pour 133,92 €, soit 0,4058 €/m	19,12 m	7,76
Gaine spiralée (vide et résine)	100 m pour 81 €, soit 0,81 €/m	32,96 m	26,70
Tuyau polyéthylène	100 m pour 108 €, soit 1,08 €/m	3 m	3,24
Raccords en té	0,72 € la pièce	7 pièces	5,04

Question 2.1.2

Calculer le coût total des consommables.

Coût total des consommables : 47,57 + 23,62 + 10,29 + 30,75 + 7,76 + 26,70 + 3,24 + 5,04 = **154,97 €**

Question 2.1.3

Calculer le coût de résine gagnée.

Prix de la résine : 748 € / 220 kg = 3,40 €/kg.

Coût de la résine gagnée : 55,64 kg × 3,40 €/kg = **189,18 €**

Question 2.1.4

Est-ce rentable pour l'entreprise de passer à l'infusion ?

Économie nette sur les matières : 189,18 − 154,97 = **34,21 € par coque**. Le gain sur les matières est faible : il peut être absorbé par une main-d'œuvre plus longue (consommables, mise sous vide, contrôle de l'étanchéité) ou par l'investissement en moule étanche et en équipement de vide, que le sujet ne chiffre pas. La rentabilité n'est donc pas démontrée par ce seul calcul.

Question 2.1.5

Quelles sont les raisons pour lesquelles une entreprise fera le choix de passer au procédé d'infusion ?

Une entreprise peut choisir l'infusion pour réduire la consommation de résine, donc le coût matière et la masse de la pièce, grâce à un taux massique de fibres plus élevé. Le procédé en circuit fermé limite les émissions de styrène et améliore les conditions de travail. Il garantit un stratifié plus régulier, au meilleur rapport résistance/masse, et une fabrication plus reproductible, moins dépendante du savoir-faire de l'opérateur.

Continue à t'entraîner

Retrouve tous les sujets et corrigés du BTS CICN, classés par épreuve et par année :
btscicn.fr/annales-sujets-et-corriges

Pour réviser tout le programme avant l'examen, les Fiches de Révision du BTS CICN reprennent l'essentiel de chaque épreuve :
btscicn.fr/fiches-de-revision

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.