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 :
formav.co/explorer

Connaissance du navire

Session 2007 • Code sujet : **CNE4EN** • Durée : **Non indiquée**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude du dock seul (6 questions) **Page 3**

2. Étude du navire mis au sec (1 question) **Page 5**

3. Étude de l'ensemble navire et dock ballasté (8 questions) **Page 6**

4. Équilibrage du dock (3 questions) **Page 8**

5. Échantillonnage du dock (1 question) **Page 9**

6. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 10**

Sujet officiel (PDF) : https://btscicn.fr/assets/annales/bts-cicn/E4 - Théorie du bateau/2007/BTS CICN - E4 - Théorie du bateau - Session 2007 - 1-Sujet.pdf

1. Étude du dock seul

Le dock flottant, ses caractéristiques et ses données hydrostatiques sont étudiés avant l'arrivée d'un navire. Les documents 1 et 2 présentent sa géométrie et son plan de capacités, utiles pour déterminer les navires admissibles et les paramètres de stabilité.

Question 1. Définir, dans le contexte du dock, les termes « œuvres vives », « table des capacités » et « stabilité transversale ».

Les **œuvres vives** sont les parties du dock immergées sous la ligne de flottaison. La **table des capacités** associe, pour chaque capacité de ballast, le niveau de liquide à son volume ou à sa masse. La **stabilité transversale** est l'aptitude du dock à résister à une inclinaison autour de son axe longitudinal et à revenir à l'équilibre après une petite gîte. Elle dépend notamment de la position du centre de gravité par rapport au métacentre transversal.

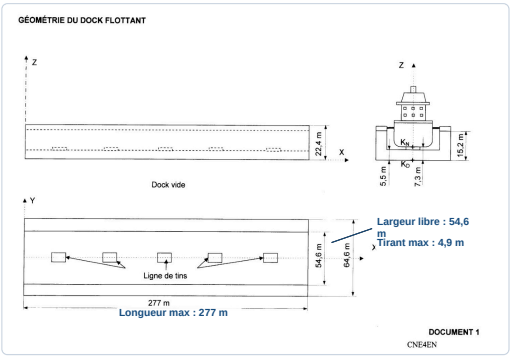
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Œuvres vives : parties immergées. Table des capacités : niveau et volume ou masse des ballasts. Stabilité transversale : aptitude à résister à une gîte et à retrouver l'équilibre.

Question 2. À partir des caractéristiques du dock et des documents 1 et 2, déterminer les caractéristiques dimensionnelles et le déplacement maximum des navires pouvant être mis au sec.

Caractéristique maximale du navire	Valeur
Longueur	277 m
Largeur	54,6 m
Tirant d'eau au sec	4,9 m
Déplacement	66 872,6 t

Le document 1 donne 277 m de longueur et 54,6 m de largeur libre entre les parois. Le tirant d'eau admissible du dock avec le navire échoué est de 4,9 m. À ce tirant, le volume du dock vaut 17 894 × 4,9. La masse d'eau déplacée correspond à ce volume multiplié par 1,025 t/m³ ; on retranche ensuite les 23 000 t du dock lège pour obtenir le déplacement maximal du navire.

Dimensions utiles à l'admissibilité du navire



> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Navire maximal : 277 m × 54,6 m, tirant d'eau 4,9 m, déplacement 66 872,6 t.

Question 3. Démontrer que, pour un tirant d'eau du dock TD supérieur à 5,5 m, l'inertie de sa surface de flottaison vaut Ix(ΣD) = 2 465 642 m⁴.

Pour le tirant d'eau supérieur à 5,5 m, la flottaison est constituée de deux bandes latérales. Leur largeur est $(64,6-54,6)/2=5$ m et le centre de chacune se trouve à $(64,6+54,6)/4=29,8$ m de l'axe longitudinal. Par le théorème des axes parallèles, l'inertie totale est deux fois la somme de l'inertie propre d'une bande et de son terme de transport :

$$I_x = 2 \, left(\, frac 277 times 5^3 12 + 277 \, times 5 \, times 29,8^2 \, right) = 2 \, ,465 \, ,641,6 \, \mathrm{m}^4.$$

À l'unité près, on retrouve la valeur demandée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Pour $T_D > 5,5$ m, $I_x($ $Sigma_D) = 2$ $,465$ $,642$ m^4.

Question 4. Calculer le tirant d'eau du dock seul lorsque ses ballasts sont vides.

Ballasts vides, le dock porte son déplacement lège de 23 000 t. Avec une masse volumique d'eau de mer de 1,025 t/m³, le volume déplacé vaut 23 $,000/1,025$ m³. Le résultat est inférieur à 98 418 m³, volume correspondant à 5,5 m : on utilise donc la relation valable pour $T_D < 5,5$ m, soit $V_D = 17$ $,894T_D$. En égalant les deux expressions du volume et en isolant le tirant d'eau, on obtient :

$$T_D = frac23,0001,025times17,894 = 1,254 \text{ m}.$$

✓ RÉPONSE À RETENIR

Ballasts vides : T_D $approx1,254$ m.

Pour TD < 5,5 m

Question 5-1. Donner l'expression numérique de K_D M_D en fonction du seul tirant d'eau TD lorsque TD est inférieur à 5,5 m.

Pour $T_D < 5,5$ m, le centre de carène se trouve à $K_DB_D = T_D/2$. La hauteur métacentrique au-dessus de la ligne de base est $K_DM_D = K_DB_D + B_DM_D$, avec $B_DM_D = I_x/V_D$. En remplaçant par les données de cette branche hydrostatique, $I_x = 6$ $,222$ $,947$ m⁴ et $V_D = 17$ $,894T_D$, puis en simplifiant le quotient, on obtient l'expression numérique suivante, en mètres :

$$K_DM_D = fracT_D2 + frac347,767T_D.$$

✓ RÉPONSE À RETENIR

Pour $T_D < 5,5$ m : $K_DM_D = T_D/2 + 347,767/T_D$, en mètres.

Pour TD > 5,5 m

Question 5-2. Donner l'expression numérique de K_D M_D en fonction du seul tirant d'eau TD lorsque TD est supérieur à 5,5 m.

Pour $T_D > 5,5$ m, on utilise $K_DM_D = K_DB_D + I_x/V_D$, avec $V_D = 2$ $,770T_D + 83$ $,183$, $I_x = 2$ $,465$ $,642$ m⁴ et $K_DB_D =$ $fracT_D2(1 - 98$ $,418/V_D) + 5,5/2$. En réunissant les termes sur le dénominateur commun V_D, on obtient directement l'expression numérique en fonction du seul tirant d'eau :

$$K_DM_D = 2,75 + fracT_D(2,770T_D - 15,235)/2 + 2,465,6422,770T_D + 83,183 \; quad(mathrmm).$$

✓ RÉPONSE À RETENIR

Pour $T_D > 5,5$ m : $K_DM_D = 2,75 + [T_D(2$ $,770T_D - 15$ $,235)/2 + 2$ $,465$ $,642]/(2$ $,770T_D + 83$ $,183)$, en mètres.

2. Étude du navire mis au sec

Le navire est décrit par son déplacement, son tirant d'eau, la hauteur de son centre de gravité et l'inertie de sa surface de flottaison. Les relations hydrostatiques fournies permettent d'évaluer son module de stabilité transversale initial pour un tirant d'eau de 5 m.

Question 6. Pour un tirant d'eau du navire TN = 5 m, déterminer son module de stabilité transversale initial P_N · G_N M_N, en MN·m.

À **T_N = 5 m**, le volume déplacé vaut **V_N = 10 000 × 5 = 50 000 m³**. Le centre de carène est à mi-tirant d'eau : **KB = 2,50 m**. Le rayon métacentrique vaut **BM = I_x/V_N = 1 333 000/50 000 = 26,66 m**. Ainsi, **GM = KB + BM − KG = 2,50 + 26,66 − 17 = 12,16 m**. Avec **P_N = 512,5 MN**, le module recherché est le produit P_N × GM.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$P_N \cdot G_N M_N$ = 6 232 MN·m

3. Étude de l’ensemble navire et dock ballasté

Cette partie étudie l’ensemble formé par le navire, le dock et le ballast pendant l’échouage. Les données hydrostatiques et le document 3 servent à établir les caractéristiques de stabilité de l’ensemble à deux tirants d’eau.

Question 7. Calculer le tirant d’eau minimum du dock T_DE permettant l’échouage du navire.

À l’échouage, le tirant d’eau du navire atteint le tirant d’eau maximal admissible du dock, soit 4,9 m. Le navire ayant un tirant d’eau relatif au dock de $T_N = T_D$ - 7,3 m, le tirant du dock requis est T_{DE} = 7,3 + 4,9.

✓ RÉPONSE À RETENIR

T_{DE} = 12,2 m

Volume de carène

Question 8-1. Pour 7,3 m < TD < T_DE et avec TN = TD - 7,3, établir l’expression du volume de carène de l’ensemble V_T en fonction des volumes du navire V_N et du dock V_D.

Les deux volumes immergés s’additionnent : $V_T = V_N + V_D$. Pour T_D > 5,5 m, $V_D = 2770T_D + 83183$, et $V_N = 10000(T_D - 7{,}3)$. Donc $V_T = 12770T_D + 10183$ m³ sur l’intervalle demandé.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$V_T = V_N + V_D = 12770T_D + 10183$ m³

Poids de l’ensemble

Question 8-2. Établir l’expression du poids de l’ensemble P_T en fonction du poids du navire P_N, du volume déplacé par le dock V_D et du poids du ballast P_B.

Le poids total est la somme du navire, du dock lège et du ballast. Le dock lège pèse 230 MN : 23 000 t × 10 m/s². Ainsi $P_T = P_N + 230 + P_B$. À l’équilibre, cette somme est égale au poids de l’eau déplacée, soit $0{,}01025(V_D + V_N)$ en MN.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$P_T = P_N + 230 + P_B = 0{,}01025(V_D + V_N)$

Inertie de la surface de flottaison

Question 8-3. Établir l’expression de l’inertie de la surface de flottaison de l’ensemble Ix(ΣT) en fonction des inerties du navire Ix(ΣN) et du dock Ix(ΣD).

En négligeant les tins, les surfaces de flottaison du navire et du dock contribuent séparément à l’inertie de l’ensemble. Les inerties s’additionnent. Pour T_D > 5,5 m, l’inertie du dock est 2 465 642 m⁴ et celle du navire est constante, égale à 1 333 000 m⁴.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$I_x(\Sigma_T) = I_x(\Sigma_N) + I_x(\Sigma_D)$

Centre de carène

Question 8-4. Établir l’expression de la hauteur du centre de carène de l’ensemble K_D B_T en fonction des centres de carène du navire et du dock, ainsi que des volumes V_T, V_D et V_N.

Le centre de carène de l’ensemble est le barycentre des centres de carène du navire et du dock, pondérés par leurs volumes déplacés. Les hauteurs sont mesurées depuis la ligne de base du dock et $V_T = V_N + V_D$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$K_DB_T = (V_NK_DB_N + V_DK_DB_D)/V_T$

Centre de gravité

Question 8-5. Établir l'expression de la hauteur du centre de gravité de l'ensemble K_D G_T en fonction de K_D G*, P*, V_T, V_N et K_D G_N, en utilisant les définitions de G* et de P* fournies.

Le centre de gravité de l'ensemble est le barycentre du sous-ensemble dock-ballast et du navire. Avec $P^* = 230 + P_B$ et $P_T = P^* + P_N$, la relation pondérée s'écrit directement avec les hauteurs mesurées depuis la ligne de base du dock.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $K_DG_T = (P^*K_DG^* + P_NK_DG_N)/(P^* + P_N)$

Module de stabilité à l'échouage

Question 8-6. Établir l'expression du module de stabilité de l'ensemble lorsque le navire échoue, en fonction de P_N, G_N M_N et P* G*_CL M, puis justifier la relation obtenue.

Lorsque le navire échoue, le module de stabilité total est la somme des moments de stabilité du navire et du sous-ensemble dock-ballast, tous deux rapportés à leur poids. La correction de carènes liquides est incluse dans le terme du dock-ballast. En divisant le module total par P_T, on obtient la distance métacentrique corrigée de l'ensemble.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $P_TG_{CLT}M = P_NG_NM_N + P^*G^*_{CL}M$

Calculs et tableau récapitulatif

Question 8-7. Pour TD = 7,30 m et pour TD = T_DE, effectuer les calculs, reporter les résultats dans le tableau du document 3 et présenter sur la copie la manière dont ils sont obtenus.

Pour chaque ligne, $V_T = V_D + V_N$ et $P_B = 0{,}01025V_T - 512{,}5 - 230$. Les hauteurs de carène et de gravité sont calculées par barycentre. Comme les deux sondes sont inférieures à 5,5 m, la loi de ballastage donne $h = P_B/183{,}416$ et la correction de carènes liquides vaut $388934/V_D$. Le tableau reprend les résultats arrondis au millième, sauf le module, arrondi au dixième.

T_D (m)	V_D (m³)	V_N (m³)	V_T (m³)	K_DB_D (m)	K_DB_N (m)	K_DB_T (m)	$I_x(\Sigma_T)$ (m⁴)	K_DM_T (m)	P_B (MN)	h (m)	K_DG_B (m)	K_DG_T (m)	G_TG_{CLT} (m)	K_DG_{CLT} (m
7,30	103 404	0	103 404	2,926	7,300	2,926	3 798 642	39,662	317,391	1,730	0,865	14,071	3,761	17,832
12,20	116 977	49 000	165 977	3,718	9,750	5,499	3 798 642	28,385	958,764	5,227	2,614	10,078	3,325	13,403

La hauteur K_DG_{CLT} inclut la correction de carènes liquides, ajoutée à K_DG_T.

Document 3 complété : résultats des deux lignes

Question 8-7 Tableau récapitulatif des résultats pour l'ensemble navire + dock au tirant d'eau du dock de 7,5 m

T_D	∇_D	∇_N	∇_T	K_DB_D	K_DB_N	K_DB_T	$I_x(\Sigma_T)$	K_DM_T	P_B	h	K_DG_B	K_DG_T	G_TG_{CLT}	K_DG_{CLT}	$G_{CLT}M$	$P_T.G_{CLT}M$ (MN.m)
7,30	103404	0	103404	2,926	7,300	2,926	3798642	39,662	317,391	1,730	0,865					
12,20	116977	49000	165977	3,718	9,750	5,499	3798642	28,385	958,764	5,227	2,614					

7,30	103404	0	103404	2,926	7,300	2,926	3798642	39,662	317,391	1,730	0,865					
12,20	116977	49000	165977	3,718	9,750	5,499	3798642	28,385	958,764	5,227	2,614	10,078	3,325	13,403	14,983	25489,2

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> **T_{DE} = 12,20 m**. Modules de stabilité : **23 137,4** et **25 489,2 MN·m** pour T_D = 7,30 m et 12,20 m.

4. Équilibrage du dock

Le navire arrive avec une assiette de 2,80 m, navire sur cul, et une gîte de 3° sur tribord. Il faut régler l'assiette et la gîte du dock pour obtenir les conditions relatives demandées, puis calculer la distance métacentrique longitudinale et les moments inclinants.

Question 9. Déduire l'assiette et la gîte à donner au dock pour que le navire ait une assiette relative de 0,30 m par rapport au dock et une gîte relative nulle.

On prend une assiette positive lorsque l'arrière est plus enfoncé. L'assiette relative vaut l'assiette du navire moins celle du dock : pour obtenir 0,30 m sur cul, le dock doit donc prendre 2,80 - 0,30 = 2,50 m sur cul. Une gîte relative nulle signifie que le navire et le dock ont la même gîte, dans le même sens. Le dock doit ainsi gîter de 3° sur tribord.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Dock : assiette de 2,50 m sur cul et gîte de 3° sur tribord.

Question 10. À partir des données fournies, calculer la distance métacentrique longitudinale correspondant à un tirant d'eau du dock TD = 12,3 m.

Grandeur	Calcul	Résultat
Inertie longitudinale	$64,6 \times 277^3/12$	$114\,417\,006\ \mathrm{m}^4$
Rayon métacentrique longitudinal	I_L/V_D	$975,805\ \mathrm{m}$
Rayon métacentrique transversal	$2\,465\,642/117\,254$	$21,028\ \mathrm{m}$

La distance longitudinale se déduit de la distance métacentrique transversale fournie : $GM_L = GM_T + (I_L - I_T)/V_D$. Avec $GM_T = 17,49\ \mathrm{m}$, on obtient $17,49 + (975,805 - 21,028) = 972,27\ \mathrm{m}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pour $T_D = 12,3\ \mathrm{m}$, la distance métacentrique longitudinale vaut environ $972,27\ \mathrm{m}$.

Question 11. Calculer le moment inclinant longitudinal et le moment inclinant transversal à appliquer pour réaliser les conditions d'assiette et de gîte indiquées.

Le déplacement du dock ballasté est $230 + 971,85 = 1\,201,85\ \mathrm{MN}$. Pour imposer l'assiette de 2,50 m sur la longueur de 277 m, le moment longitudinal vaut $\Delta GM_L(2,50/277)$, soit environ $10\,546\ \mathrm{MN \cdot m}$, à appliquer dans le sens sur cul. Pour la gîte de 3° sur tribord, le moment transversal est le module fourni, $2,102 \times 10^4\ \mathrm{MN \cdot m}$, multiplié par $\sin 3^\circ$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Moment longitudinal : $10\,546\ \mathrm{MN \cdot m}$, sens sur cul. Moment transversal : $1\,100\ \mathrm{MN \cdot m}$, sens tribord.

5. Échantillonnage du dock

La dernière partie porte sur la validation de l'échantillonnage de la coupe au maître du dock. La méthode doit s'appuyer sur le déplacement, la répartition longitudinale des poids de l'ensemble navire-dock et les éléments de Bonjean du dock.

Question 12. Donner la méthode de calcul permettant de valider l'échantillonnage de la coupe au maître du dock, à partir du déplacement, de la répartition des poids par mètre de longueur de l'ensemble navire-dock et des éléments de Bonjean du dock.

Pour le déplacement considéré, établir l'assiette et le tirant d'eau le long du dock. À chaque section longitudinale, lire dans les éléments de Bonjean l'aire immergée correspondante, puis calculer la poussée linéique par $q_B = \rho g A$. La comparer au poids par mètre de l'ensemble navire-dock pour obtenir la charge nette.

1. Intégrer cette charge pour déterminer l'effort tranchant et le moment fléchissant le long du dock.
2. Vérifier l'équilibre global des poussées et des poids, ainsi que leurs moments longitudinaux.
3. À la coupe au maître, calculer les caractéristiques de la section échantillonnée et vérifier les contraintes de flexion et de cisaillement, ainsi que la résistance locale, selon les critères de classification.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Échantillonnage validé si la coupe au maître résiste aux efforts calculés et respecte les critères de classification.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2007)

Bilan de l'épreuve : L'épreuve de connaissance du navire CNE4EN, sans session, durée ni coefficient indiqués, étudie la stabilité d'un dock flottant accueillant un navire à mettre au sec. Elle mobilise les données hydrostatiques et les plans du dock pour calculer les caractéristiques du dock, du navire et de leur ensemble, analyser le ballastage et l'équilibrage, puis proposer une méthode de validation de l'échantillonnage.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le volume déplacé du dock dépend du tirant d'eau et change de relation au seuil de 5,5 m.
- Le centre de carène d'un ensemble se calcule par la moyenne pondérée des centres de carène selon les volumes déplacés.
- La hauteur métacentrique vaut $K_M = K_B + I/\nabla$; le module de stabilité initial est le déplacement multiplié par cette hauteur.
- Le ballast modifie le déplacement et la position du centre de gravité; les carènes liquides peuvent réduire la stabilité transversale.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer les indices du dock, du navire, du ballast et de l'ensemble, et conserver des références verticales cohérentes.
- Choisir la relation hydrostatique adaptée selon que le tirant d'eau ou la hauteur de ballast est inférieur ou supérieur à 5,5 m.
- Vérifier les unités et la cohérence des volumes, des poids et des hauteurs utilisées dans les calculs de l'ensemble.
- Compléter le document 3 pour les deux tirants d'eau et présenter les calculs, en traitant les carènes liquides selon les données.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la hauteur métacentrique transversale du dock ou de l'ensemble ?

Déterminez d'abord la hauteur du centre de carène K_B, puis le rayon métacentrique $BM = I/\nabla$ à partir de l'inertie de flottaison et du volume déplacé correspondants. La hauteur métacentrique est $K_M = K_B + BM$.

Q : Comment déterminer le centre de carène de l'ensemble navire et dock ?

Exprimez les hauteurs des centres de carène depuis une même référence. Multipliez chacune par le volume déplacé correspondant, additionnez les moments volumétriques, puis divisez par le volume total déplacé de l'ensemble.

Q : Le sujet indique-t-il une durée, un coefficient ou un barème à respecter ?

Aucune durée, aucun coefficient et aucun barème de points ne sont imprimés dans le sujet fourni. Le document 3 doit être complété pour deux tirants d'eau, et la méthode de calcul doit être présentée sur la copie.

Q : Quels critères techniques faut-il surtout vérifier dans les calculs ?

Il faut choisir les relations adaptées au domaine de tirant d'eau, conserver des références cohérentes et indiquer les unités. Les expressions de stabilité doivent être justifiées et les moments d'équilibrage calculés selon les conditions demandées.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btscicn.fr/assets/annales/bts-cicn/E4 - Théorie du bateau/2007/BTS CICN - E4 - Théorie du bateau - Session 2007 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Conception et Industrialisation en Construction Navale : 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.