

GROUPE DE TRAVAIL DU CONSEIL
SUR LA CONSTRUCTION NAVALE

SYSTEME D'ÉVALUATION DU TONNAGE BRUT
COMPENSE (SYSTEME TBC)

2007

Contact :

M. Danny Scorpecci, Division de la politique structurelle, Direction de la science, de la technologie et de l'industrie, OCDE

Tel : +33 1 45 24 94 33 – Fax : +33 1 44 30 62 57 - E- mail : danny.scorpecci@oecd.org

NOUVEAU SYSTEME D'EVALUATION DU TONNAGE BRUT COMPENSE (SYSTEME TBC)

CONTEXTE

1. Le concept de tonne brute compensée (tbc) avait été initialement mis au point pour la première fois par des associations de constructeurs navals, et adopté par le Groupe de travail du Conseil de l'OCDE sur la construction navale (GT6) dans les années 70, en vue de fournir une mesure plus précise de l'activité des chantiers navals que celle que l'on pouvait obtenir avec les mesures habituelles : tonnes brutes (tb) et tonnes de port en lourd (tpl).

2. Ce concept a été révisé plusieurs fois et le système actuel, qui date de 1984, l'a été pour la dernière fois en 1994. Depuis lors, les associations de constructeurs navals ont travaillé sur une révision de l'ensemble du concept afin d'en améliorer la précision et de mieux refléter les changements intervenus au niveau de la conception des navires et des méthodes de travail des chantiers navals.

3. Le nouveau système tbc a été proposé conjointement par la Communauté des Associations des chantiers navals européens (CESA), l'Association des constructeurs navals japonais (SAJ) et l'Association des constructeurs navals coréens (KSA), qui représentent à eux tous environ 75 % de la production mondiale de construction navale. Le système tbc est largement utilisé dans ce secteur et la révision du système actuel est attendue depuis un certain temps.

4. Comme précédemment, ce nouveau système tbc a été adopté et instauré par le Groupe de travail du Conseil de l'OCDE sur la construction navale afin de le doter d'une base solide pour en étendre l'utilisation à l'ensemble de l'industrie. Le Groupe de travail a décidé que le nouveau système entrerait en vigueur au 1^{er} janvier 2007.

5. Le présent document est un guide de l'utilisateur et donne des informations détaillées au sujet des concepts sur lesquels est fondé le nouveau système tbc ainsi que de la formule (au lieu des coefficients qui étaient utilisés dans le système précédent) utilisée pour convertir les tonnes brutes (tb), mesure utilisée pour évaluer le tonnage des navires en équivalents tonnes brutes compensées (tbc).

LE NOUVEAU SYSTEME TBC

Le présent document, qui décrit les résultats du nouveau système, rappelle aussi les idées, les concepts et certains faits à l'intention de ceux qui souhaiteraient avoir des explications plus approfondies sur le système d'évaluation en tbc.

Finalité du système tbc

6. La question de l'adoption d'une unité cohérente de mesure pour évaluer la production de navires neufs construits par les chantiers navals avait été examinée, lors de réunions tenues en 1966 et en 1967, par la Communauté des Associations des chantiers navals européens – CESA (à l'époque : l'Association des constructeurs navals d'Europe de l'Ouest – AWES) et l'Association des constructeurs navals du Japon – la SAJ. Un système commun d'évaluation du tonnage brut compensé (tbc) avait été introduit par les

associations de constructeurs navals en 1968 et c'est ce système qui avait ensuite été adopté et instauré par l'OCDE.

7. Depuis lors, il a été révisé plusieurs fois pour tenir compte de l'évolution de la technologie de construction de navires et des nouveaux types de navires, mais la portée et la définition du tonnage compensé n'a pas été modifiée.

« Le tonnage brut compensé (tbc) est une unité de mesure destinée à offrir un étalon de mesure commun permettant de refléter la production relative de l'industrie de construction navale marchande, pour de grands agrégats : « Monde » « Régions » ou « Groupement de nombreux chantiers ».

8. Le système tbc est un outil statistique conçu pour permettre une évaluation macroéconomique plus précise de l'activité (charge de travail) de construction navale, que celle que l'on pourrait obtenir par la seule évaluation en tonnes de port en lourd (tpl) ou en tonnes brutes (tb).

9. Les informations statistiques sur les nouveaux navires terminés sont disponibles par pays, ou à un niveau plus global, en tonnes brutes, et aussi, en partie, en tonnes de port en lourd. Les chiffres exprimés en tonnes brutes sont disponibles pour tous les types de navires, mais non le nombre d'heures de travail, l'utilisation des matériaux, et le volume d'installations de construction navale utilisées pour leur construction. Les ressources affectées à la construction d'une tonne brute varient fortement en fonction du type et la taille des navires considérés. La multiplication des chiffres exprimés en tonnes brutes par des coefficients tbc, qui permettent de mesurer le contenu en travail de chaque type de navire en fonction de sa capacité, permet de convertir une gamme de produits qui ne cesse d'évoluer en tbc, qui reflètent, avec une certaine précision, l'activité mondiale de construction navale.

10. Toutefois, ce système possède certaines limitations dans la mesure où l'approche macro-économique propre à ce système exige de procéder à certaines simplifications, de sorte que si on l'applique à des évaluations micro-économiques, le système d'évaluation des tonnes compensées peut donner des résultats trompeurs.

Introduction

11. Le système actuel des coefficients de conversion utilisés pour évaluer le tonnage en tonnes brutes compensées a été élaboré par la CESA et la SAJ en 1982/83 et mis en œuvre par l'OCDE en 1984. Il a depuis été reconnu comme une meilleure mesure pour évaluer la charge de travail et la production des chantiers navals que les tonnes brutes.

12. A l'époque, il avait été prévu par ailleurs que la mise au point de nouveaux types de navires et l'emploi d'une nouvelle technologie de construction navale contraindrait à réviser le système de temps à autre. Cette révision était devenue nécessaire pour tenir compte des développements intervenus dans l'activité de la construction navale durant les années 80 et, en 1993, la CESA et la SAJ ont révisé le système en apportant une série de modifications partielles et intermédiaires à certains coefficients tbc. Ces modifications ont été approuvées et promulguées par l'OCDE en 1994.

13. Des travaux complémentaires ont été entrepris par la suite en vue d'améliorer encore et de simplifier le système tbc, tout en cherchant à préserver la continuité du système à des fins d'évaluation macro-économique.

14. L'Association des constructeurs navals coréens – la KSA, a participé à ces travaux complémentaires.

Difficultés soulevées par l'évaluation des facteurs tbc

15. A première vue, le calcul des facteurs tbc semble être une tâche simple ; il suffit de recueillir pour les différents types et tailles de navires, des informations sur la charge de travail nécessaire pour construire une tonne brute, de relier ces données à un type de navire de base, et le facteur tbc correspondra aux résultats obtenus.
16. Toutefois, lorsque l'on passe à un certain niveau de détail, on constate que pratiquement tous les chantiers navals ont leurs propres méthodes de construction différentes de celles de leurs concurrents. L'une des principales différences tient au caractère plus ou moins intégré de la production, c'est-à-dire à la quantité de pièces détachées et de blocs qui sont produits sur place, par rapport au volume de la production sous-traitée à des fournisseurs extérieurs.
17. Traditionnellement, les chantiers navals achetaient uniquement les matières premières brutes et la totalité du travail de construction, jusqu'à la fabrication des clous utilisés pour les ouvrages en bois, était effectuée sur le chantier, alors qu'une bonne part de l'activité des chantiers navals modernes peut consister à assembler de vastes blocs d'acier produits par des fournisseurs extérieurs. Dans certains cas, la fabrication de coques entières peut être sous-traitée. De ce fait, le nombre d'heures de travail peut varier très fortement d'un chantier à l'autre.
18. De même, le degré de rationalisation des tâches et la gamme des équipements de construction navale, comme les grues et les machines outils, sont très variables d'un chantier à l'autre et influent de ce fait aussi sur le nombre d'heures de travail requises pour la construction d'un navire donné.
19. Dans le cas de navires de taille et de type identiques, les différences au niveau de la forme de la coque, de la vitesse maximale, des moyens de propulsion, des équipements installés et de la qualité, se répercuteront toutes sur la charge de travail requise pour la production d'une tonne brute.
20. Compte tenu du fait que la finalité de l'évaluation en tbc est de permettre de dégager certaines conclusions au niveau macroéconomique, les associations de constructeurs navals ont décidé de limiter les types de navires et les facteurs de conversion à un nombre gérable, et admis que même si les résultats obtenus seront suffisamment exacts pour servir l'objectif visé, ils ne seront pas parfaits.
21. Il conviendrait aussi de se souvenir que la plupart des sources de données utilisées pour le calcul du tbc n'incluent qu'une partie des informations détaillées qui pourraient être nécessaires pour procéder à des évaluations plus approfondies.
22. L'un des moyens de surmonter les problèmes posés par les écarts observés au niveau de la part de production en interne des chantiers consisterait à définir un certain seuil de production en interne et de partir de là pour calculer les facteurs tbc en termes de charge de travail (exprimée en heures de travail) par tonne brute.
23. Une méthodologie différente avait été utilisée pour calculer initialement les coefficients tbc. Un certain type de navire avait été défini pour servir de base aux calculs et s'était vu attribuer un facteur de compensation égal à 1. On avait ensuite utilisé la charge de travail relative par tb pour calculer les indices correspondants pour d'autres types et tailles de navires, par rapport à ce navire de base.
24. On peut supposer, dans tous les cas, que la production en interne d'un chantier donné est plus ou moins indépendante du type et de la taille des navires construits.
25. Il a été démontré, sur une base expérimentale, que les actuels coefficients tbc permettent de tirer certaines conclusions au sujet du nombre d'heures de travail requis pour la construction de navires par des

chantiers ou groupes de chantiers donnés dont la part de production interne est similaire. En s'appuyant sur l'évaluation du tbc, il a été possible de mettre en lumière un lien entre le nombre d'heures de travail et le tbc produit par le chantier considéré. Ce qui prouve l'intérêt du système actuel.

26. Toutefois, on a aussi montré que l'un des principaux problèmes auxquels on s'est heurté pour tirer ces conclusions tient au mode de présentation des éléments des calculs. En raison de plusieurs difficultés rencontrées au stade de la formulation des actuels coefficients tbc, ils n'avaient pu être présentés que sous la forme d'un simple tableau ventilé par types de navires, dans lequel l'effet de la taille des navires était pris en compte par tranche, (fonction en escalier), ce qui donnait des coefficients tbc différents. Ces tranches tenaient compte des tailles de navires qui prévalaient à l'époque (en 1994), et les coefficients tbc correspondants avaient été calculés pour les tailles de navires les plus caractéristiques de chaque groupe.

27. Cette fonction en escalier avait notamment pour inconvénient, inévitable, d'être source d'erreurs pour les navires – en particulier les petits navires – dont le tonnage était proche des limites indiquées. C'est ainsi que le tbc calculé pour un navire à passagers d'un tonnage prévu de 3 950 tb, et dont le tonnage livré s'élevait à 4 030 tb, aurait été ramené de 23 700 tbc à 16 120 tbc, du seul fait de cette augmentation, pourtant relativement faible, du tonnage brut.

28. Par ailleurs, l'utilisation de coefficients tbc pour la comparaison de l'efficacité de la production exprimée en termes de production annuelle en tbc et de nombre de travailleurs pour différents chantiers (mesure que l'on trouve souvent dans les publications même les plus sérieuses), est trompeuse aussi longtemps que l'on ne tient pas compte de la part de production interne des chantiers comparés. Un chantier, ou un groupe de chantiers, dans lequel cette part serait peu élevée, apparaîtrait, à tort, comme très efficace par rapport à un chantier dans lequel cette part serait plus élevée, si la comparaison ne tenait compte que du tbc annuel livré, divisé par le nombre de travailleurs employés directement dans ces chantiers.

29. Il semblait souhaitable qu'une révision tienne compte non seulement de l'impact des nouvelles technologies, c'est-à-dire les doubles coques ou d'autres caractéristiques de conception respectueuses de l'environnement ou de la conception de cuves de GNL différentes, mais introduise aussi un système qui reposerait sur une courbe au lieu du système actuel fondé sur une fonction en escalier. Un système fondé sur une courbe permettrait non seulement d'améliorer la précision, mais réduirait aussi la nécessité de procéder à des révisions périodiques pour compenser l'effet des modifications des tailles des navires caractéristiques rangés dans les différents groupes de navires.

30. Le nouveau système reposant sur une courbe proposé dans le présent document adopte aussi la tonne brute (tb) comme unité de mesure pour l'ensemble des calculs du tbc, au lieu de grouper les navires en fonction de leur tonnage de port en lourd (tpl), comme dans le système actuel. Et cela parce que bien souvent, les chiffres exprimés en tpl ne sont pas exactement comparables, car les tonnages déclarés peuvent l'être en fonction de conditions différentes : tirant d'eau d'été ou d'hiver, ou de spécifications propres de conception, autant d'éléments qui ne sont pas faciles à vérifier. Par ailleurs, pour certains navires (navires à passagers et navires autres que des navires de charge), les mesures en tpl ne sont pas disponibles, ce qui a créé quelques problèmes avec le système actuel.

31. C'est pourquoi les associations de constructeurs navals ont décidé que l'unité de mesure à retenir pour le nouveau système d'évaluation du tbc devrait être la tonne brute (tb) car elle est disponible pour tous les types de navires. Il est admis que certaines exceptions continueront de s'appliquer pour l'évaluation du tbc de certains navires naviguant dans les eaux côtières ou nationales, mais n'auront guère d'effet sur le système tbc révisé.

32. La définition des types de navires constitue un autre point faible de l'actuel système tbc. C'est ainsi qu'un grand nombre de transporteurs actuels de marchandises diverses sont très différents des anciens navires de ligne, voire des navires de type Liberty qui les ont remplacés, et ressemblent maintenant davantage aux transporteurs de vrac. Là encore, un grand nombre de navires citernes transporteurs de produits peuvent avoir plus en commun avec de simples navires citernes qu'avec des chimiquiers avec lesquels ils étaient rangé dans le système actuel.

33. Il a donc été procédé à un examen attentif de la classification des types de navires, afin de réduire le plus possible ces difficultés, dans le système révisé proposé.

4. *Le nouveau système*

34. Deux modifications principales ont été apportées à la méthode actuelle :

- Au lieu d'un tableau de coefficients tbc, variables en fonction du type de navires et de leur tonnage en tpl, le nouveau mode de calcul est fondé sur une formule.
- Au lieu de retenir la tpl comme unité de base pour l'application des coefficients, l'ensemble du système est désormais fondé sur la tb.

35. La nouvelle formule est la suivante :

$$tbc = A * gt^B$$

dans laquelle A représente principalement l'impact du type de navire et B l'impact de la taille du navire et tb correspond au tonnage brut du navire¹. On trouvera en annexe au présent document un Guide succinct de l'utilisateur

36. Les facteurs A et B proposés sont indiqués au tableau ci-dessous :

Type de navires	A	B
Pétroliers (à double coque)	48	0.57
Chimiquiers	84	0.55
Vraquiers	29	0.61
Transporteurs mixtes	33	0.62
Transporteurs de marchandises diverses	27	0.64
Reefers	27	0.68
Porte-conteneurs	19	0.68
Navires rouliers	32	0.63
Transporteurs de voitures	15	0.70
Transporteurs de GPL	62	0.57
Transporteurs de GNL	32	0.68
Ferries	20	0.71
Navires à passagers	49	0.67
Navires de pêche	24	0.71
Autres navires (NCCV)	46	0.62

1. B est lui-même défini par l'équation suivante : $B=b+1$ dans laquelle « b » représente l'impact, qui tend à diminuer, de la taille du navire sur l'ensemble du facteur travail requis pour construire une tonne brute ; ce facteur a été calculé à partir d'un échantillon représentatif de la production de construction navale.

37. Outre le passage d'un système fondé sur un tableau à un système fondé sur une formule, signalons que, dans le nouveau système, les navires citernes transporteurs de produits sont maintenant rangés avec les pétroliers, alors que dans l'ancien système, ils étaient rangés avec les chimiques.

38. Par ailleurs, les auteurs du nouveau système tbc proposé, se sont efforcés de préserver un certain degré de continuité statistique entre les deux systèmes.

Nombre de types de navires

39. La mise au point du nouveau système tbc a aussi offert la possibilité de réviser les spécifications des types de navires et d'inclure de nouvelles catégories. Par exemple, il aurait été possible de classer les transporteurs GNL en fonction du type de cuves transportées (à membrane ou sphérique) ou d'inclure de nouvelles catégories de navires autres que navires de charge, dans les cas où l'on observait des écarts très marqués en termes de tbc entre les nombreux types de navires rangés dans ce groupe. Toutefois, la pénurie de données nécessaires pour mettre au point une base solide, a empêché de procéder à une telle évaluation, de sorte que même s'il avait été possible d'inclure de nouveaux types de navires, les Associations avaient pour principe d'éviter de modifier autant que possible la liste afin de préserver la simplicité du système.

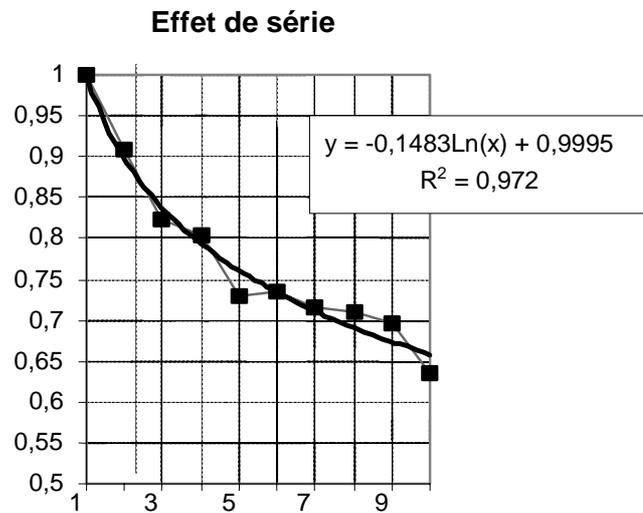
40. Le système révisé proposé est fondé sur la classification-type des navires mise au point par la Lloyd au début des années 1990. La diffusion, au milieu de 2006, par le Lloyd's Register-Fairplay d'un système de codage² révisé pour les navires n'a pas eu d'effet sur le système tbc révisé.

Effets de série

41. Les données recueillies par chantier ont servi de base pour recalculer le tbc. A cet égard, il faut signaler que certains chantiers ont notifié des informations permettant de procéder à une évaluation de l'effet de série (ou courbe d'apprentissage) concernant le nombre d'heures de travail requis pour la construction de navires d'une même série. Comme on peut le voir au graphique 1, cet effet se traduit par une forte baisse du nombre d'heures nécessaires à la construction de ces navires. Dans la définition du facteur tbc, on a supposé qu'il reflète la charge de travail requis pour la construction du premier navire d'une série, sans prévoir d'ajustements pour refléter les améliorations successives de la productivité dues à l'expérience croissante acquise par les travailleurs.

42. Un effet analogue, bien que moindre, peut aussi se produire si un chantier naval construit plusieurs unités d'un certain type de navire qui ne diffèrent que par la taille, car les travailleurs en viennent à se familiariser avec un grand nombre de détails.

2. Lloyd's Register-Fairplay, Statcode 5 – New Improved Vessel Type Coding System. (Nouveau système amélioré de codage des types de navires.)



Graphique 1. Réduction de l'importance du facteur travail (effet de série) entre la construction du 1^{er} et du 10^{ème} navire de la série.

43. Les effets de série devraient être pris en compte pour procéder à l'évaluation des capacités d'un chantier donné, autrement on pourrait conclure, dans le cas d'un chantier qui construirait une longue série d'un type de navire donné, que sa capacité physique a augmenté, alors qu'en fait, le nombre d'heures travaillées est resté constant mais la productivité des travailleurs a augmenté.

Examen critique de certains résultats

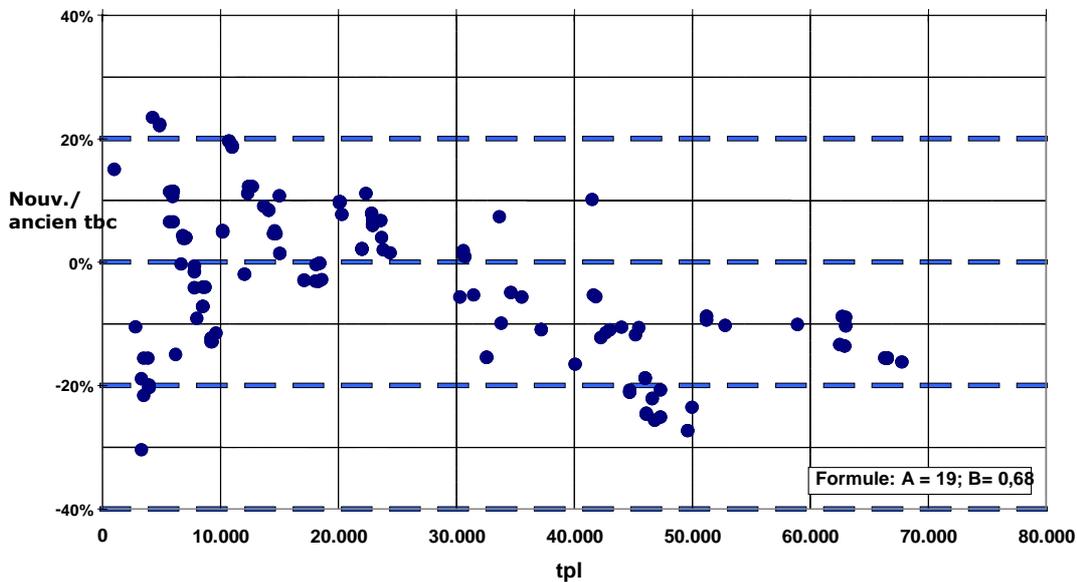
44. Les commentaires critiques suivants sur les résultats obtenus sont présentés pour expliquer les possibilités et les limites du système macro-économique d'évaluation du tbc.

45. Le groupe des navires porte-conteneurs intégraux a été utilisé comme exemple, car c'est ce type de navires qui a posé de graves problèmes lorsque les données pertinentes ont été évaluées pour calculer les facteurs tbc. On peut aussi rencontrer des problèmes analogues, quoique moins graves, dans le cas de plusieurs autres types de navires.

Navires porte-conteneurs intégraux (FCV)

46. L'échantillon de données pour le groupe des navires porte-conteneurs est très large et couvre une large gamme de tailles différentes. On peut donc supposer que ces données permettront d'obtenir des résultats représentatifs.

Écarts observés pour les porte-conteneurs intégraux avec le nouveau système d'évaluation du tbc par rapport à l'ancien



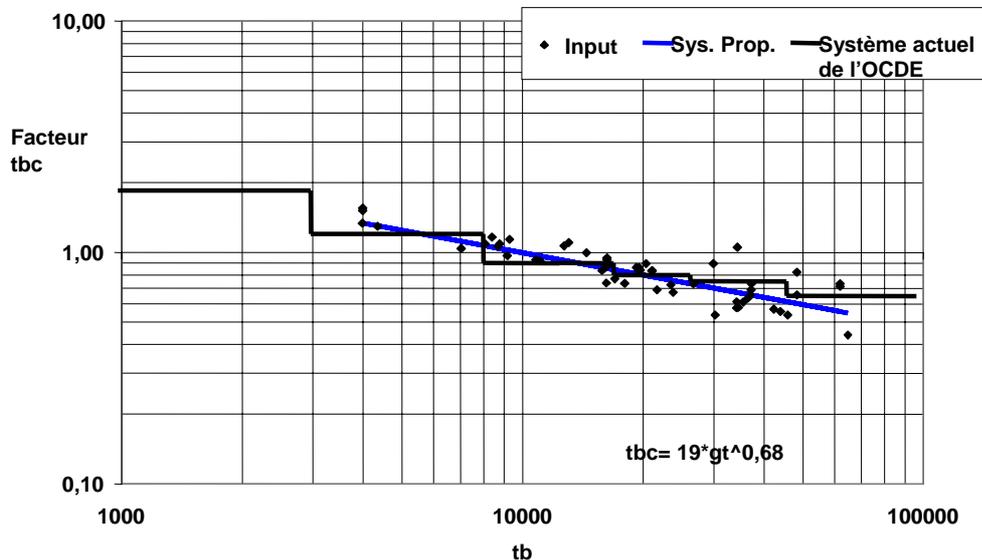
Graphique 2 : Écarts observés entre le nouveau et l'ancien système d'évaluation du tbc.

47. Les graphiques 2 (ci-dessus) et 3 (ci-dessous) montrent pour un échantillon de données (correspondant à un vrai chantier naval) les écarts observés entre le système actuel et le système proposé d'évaluation du tbc dans le cas de navires porte-conteneurs.

48. Outre l'effet de taille, plusieurs autres facteurs influent sur la charge de travail requise pour la construction de navires porte-conteneurs :

- Plusieurs grands navires sont équipés de système de glissières cellulaires complexes pour permettre le transport de tous les conteneurs de différentes dimensions.
- Les navires post-panamax sont plus larges mais ont plus ou moins la même hauteur que les navires panamax. Les largeurs/hauteurs maximales peuvent exiger des structures en acier complètement différentes pour permettre d'assurer la rigidité requise de la coque, de sorte que le nombre d'heures de travail consacrées à leur construction est plus élevé.
- Le pont principal de tous les porte-conteneurs (en particulier les plus petits) n'est pas nécessairement équipé de glissières cellulaires, ce qui influe sur le facteur travail.

Comparaison entre les résultats obtenus avec l'ancien et le nouveau système d'évaluation du tbc, pour un porte-conteneur intégral



Graphique 3 : Ecarts entre les évaluations du tbc obtenues à partir de l'échantillon et de la formule.

49. Les différents calculs montrent que l'on peut s'attendre à ce que les facteurs proposés d'évaluation du tbc donnent pour les différents navires, des résultats « corrects » pour la charge de travail c'est-à-dire affectés d'une marge d'erreur de +/-15%. Toutefois, on a supposé que dans des calculs portant sur un grand nombre de navires, les écarts que l'on pourra trouver pour certains navires se compenseront et donneront des résultats suffisamment fiables pour permettre de procéder à des évaluations macroéconomiques.

RESUME

50. Le Groupe de travail du Conseil de l'OCDE sur la construction navale (GT6) a accepté la nouvelle formule fondée sur un système d'évaluation du tonnage en tonnes brutes compensées (tbc), proposée par les associations de constructeurs navals, pour remplacer l'ancien système fondé sur les coefficients qu'il avait entériné en 1994.

51. Les utilisateurs des tbc sont encouragés à commencer à utiliser, pour leur travaux de collecte de statistiques et d'analyse, le nouveau système tbc à compter du 1^{er} janvier 2007, qui a été adoptée par le GT6 comme date officielle d'entrée en vigueur.

ANNEXE

GROUPE DE TRAVAIL DU CONSEIL DE L'OCDE SUR LA CONSTRUCTION NAVALE

SYSTEME D'EVALUATION DU TONNAGE BRUT COMPENSE – REVISE AU 1^{ER} JANVIER 2007

GUIDE DE L'UTILISATEUR

i) La formule à utiliser pour l'évaluation du tbc est la suivante : $cgt = A * gt^B$

où : gt correspond au tonnage brut déclaré du navire ;

A est le facteur indiqué au tableau 1 qui correspond à l'impact de type de navire, et

B est le facteur indiqué au tableau 1 correspond à l'impact de la taille du navire.³

TABLEAU 1: Facteurs A et B pour l'évaluation du tbc

Type de navires	A	B
Pétroliers (à double coque)	48	0.57
Chimiquiers	84	0.55
Vraquiers	29	0.61
Transporteurs mixtes	33	0.62
Transporteurs de marchandises diverses	27	0.64
Reefers	27	0.68
Porte-conteneurs	19	0.68
Navires rouliers	32	0.63
Transporteurs de voitures	15	0.70
Transporteurs de GPL	62	0.57
Transporteurs de GNL	32	0.68
Ferries	20	0.71
Navires à passagers	49	0.67
Navires de pêche	24	0.71
Autres navires (NCCV)	46	0.62

³ B est lui-même défini par l'équation suivante : $B=b+1$ dans laquelle « b » représente l'impact, qui tend à diminuer, de la taille du navire sur l'ensemble du facteur travail requis pour construire une tonne brute ; ce facteur a été calculé à partir d'un échantillon représentatif de la production des chantiers navals.

Evaluation du tbc à l'aide de Microsoft Excel

Les utilisateurs de Microsoft Excel peuvent calculer le tbc à l'aide de la formule suivante :

$=A*(gt^B)$ dans laquelle le symbole $^$ correspond à la fonction POWER dans Excel.

Celle-ci peut aussi être écrite en Excel comme suit :

$=A*(POWER(gt,B))$

A titre d'exemple, un navire à passagers de 3 950 tb (dans laquelle le facteur $A=49$ et le facteur $B=0.67$) donne un résultat de 12 587 tbc.