

# LE CONFORT À BORD DES NAVIRES À PASSAGERS

## 1. Le confort

Le contrôle des niveaux sonores et des niveaux vibratoires a toujours eu une part importante dans la conception du navire.

Si le transport par mer des passagers a eu une longue histoire, l'industrie de la croisière a pris son essor dans les années 70-80 et les paquebots construits dans ces années disposaient de technologies beaucoup moins poussées que les paquebots d'aujourd'hui qui rivalisent pour proposer à leurs clients des activités de loisirs de plus en plus sophistiquées et dont l'impact sur le confort acoustique et vibratoire n'est pas négligeable.

Le confort à bord d'un navire à passagers est de première importance, il dépend de plusieurs facteurs dont le bruit et les vibrations. Il se caractérise, entre autres, par de faibles niveaux de

pression sonore et de faibles niveaux vibratoires qui aboutissent souvent à une marque de confort délivrée par les sociétés de classification.

Les développements des technologies dans la construction navale ont permis de réduire les niveaux de bruit et de vibration à des seuils comparables à ceux des grands hôtels de luxe, et ceci malgré une augmentation significative de la taille et de la puissance propulsive des navires.

La demande de la marque confort, émise par les sociétés de classification, ces 10 dernières années a été également moteur dans le développement et l'évolution des moyens de contrôle et de validation.

Vitesse vibratoire pour chaque fréquence exprimée en mm/s pic  
(1-100 Hz) pour DNV 1994, 1995, 2003

Niveau global pondéré de la vitesse vibratoire  
(1-80 Hz) exprimé en mm/s rms pour DNV 2006

Navires à passagers (> 65 m)

|  | Ng = 1   |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|
|  | DNV 1994 | DNV 1995 | DNV 2003 | DNV 2006 |
| Cabines suite passagers                                | 1,5      | 1,5      | 1,5      | 1,5*     |
| Cabines standards passagers                            | 1,5      | 1,5      | 1,5      | 1,5      |
| Restaurants, cafétéria, bars, cinémas, casinos, salons | 1,5      | 1,5      | 1,5      | 1,5      |
| Ponts extérieurs (piscine, sport, etc.)                | 2        | 2,5      | 2,5      | 2        |
| Boutiques, coursives, hall, escaliers, salles de sport | 1,5      | 1,5      | 1,5      | 1,5      |
| Discothèque ou équivalent                              | 1,5      | 1,5      | 1,5      | 1,5      |
| Librairie, salle de lecture, théâtre                   | 1,5      | 1,5      | 1,5      | 1,5      |

Vitesse vibratoire pour chaque fréquence exprimée en mm/s pic  
(1-100 Hz) pour RINA 2005 et ETC

Niveau global pondéré de la vitesse vibratoire  
(1-80 Hz) exprimé en mm/s rms pour BV 2005, DNV 2006 et LRS 2005

Navires à passagers (> 65 m)

|  | Ng = 1    |            |          |         |     |
|--|-----------|------------|----------|---------|-----|
|  | RINA 2005 | DNV 2006   | LRS 2005 | BV 2005 | ETC |
| Cabines suite passagers                                | 1         | 1,5 (1,1)* | 1,5      | 1,7     | 1,5 |
| Cabines standards passagers                            | 1,5       | 1,5        | 1,8      | 2       | 1,5 |
| Restaurants, cafétéria, bars, cinémas, casinos, salons | 2         | 1,5        | 2        | 2,2     | 2   |
| Ponts extérieurs (piscine, sport, etc.)                | 3         | 2          | 2,5      | 3       | 3   |
| Boutiques, coursives, hall, escaliers, salles de sport | 2         | 1,5        | 2        | 4       | 2   |
| Discothèque ou équivalent                              | 2         | 1,5        | 2        | 4       | 2   |
| Librairie, salle de lecture, théâtre                   | 1,5       | 1,5        | 2        | 2       | 2   |

\* De plus, aucun pic ne doit dépasser une vitesse de 1.1 mm/s rms.

[ **NOTA** ] DNV : Det Norske Veritas (société de classification norvégienne)  
RINA : Registro Italiano Navale (société de classification italienne)  
BV : Bureau Veritas (société de classification française)  
LRS : Llyod's Register (société de classification anglaise)  
ETC : Euroyards Technical Committee

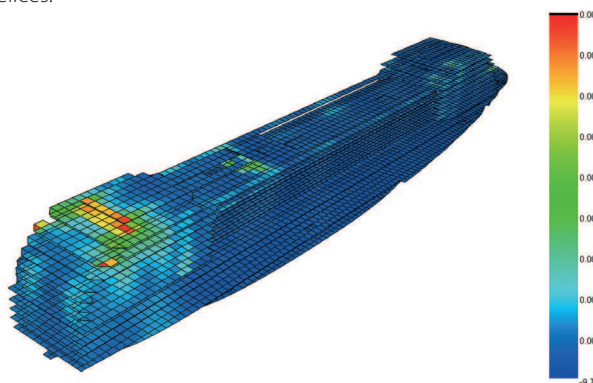
Ces classes de confort sont de nos jours incontournables et font partie intégrante des cahiers des charges des navires à passagers.

## 2. Contrôle et validation des niveaux vibratoires

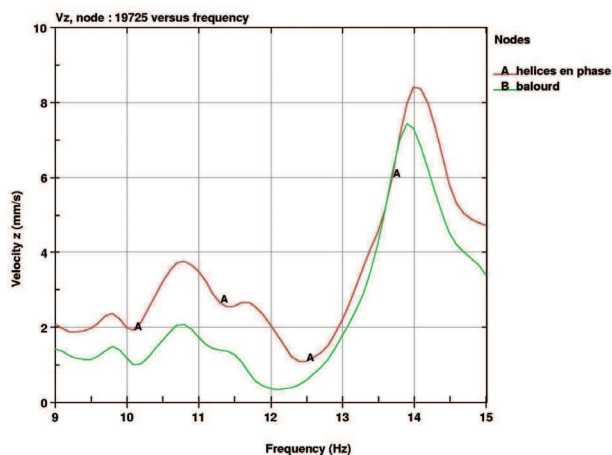
Le contrôle des niveaux vibratoires se fait par le biais des calculs par éléments finis qui permet de calculer la réponse vibratoire aux excitations hélices et diesels jusqu'à 40 Hz, par superposition modale. Pour prendre en compte les aspects « large bande », fréquences comprises entre 40 Hz et 80 Hz, provenant de la cavitation des hélices, il a été nécessaire de développer une méthodologie utilisant les éléments finis en y associant une réponse fréquentielle directe. Les excitations des hélices sont exprimées en terme de fluctuations de pression sur la coque du navire et sont mesurées dans des bassins disposant de tunnel de cavitation. Les réponses vibratoires sont réalisées hélices en phase et hélices en opposition de phases.

Les excitations des diesels sont mesurées lors des recettes en usine des diesels.

L'analyse des réponses vibratoires, exprimées en vitesse vibratoire, permet de valider la conception de la structure et le dessin des hélices.



[ FIGURE 1 ] Exemple de modélisation par éléments finis de l'ensemble d'un navire à passagers.



[ FIGURE 2 ] Calcul en réponse forcée en un point du navire exprimé en vitesse vibratoire en fonction de la fréquence.

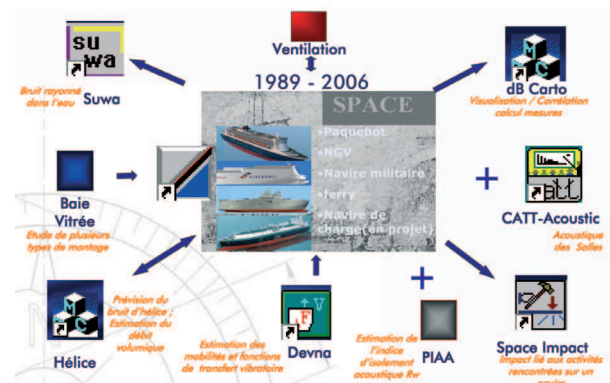
## 3. Le confort acoustique à bord des navires

En acoustique, le cahier des charges se décline en plusieurs types d'objectifs, qui vont du niveau de bruit de fond dans les différents locaux du navire, aux indices d'isolement entre locaux et niveaux

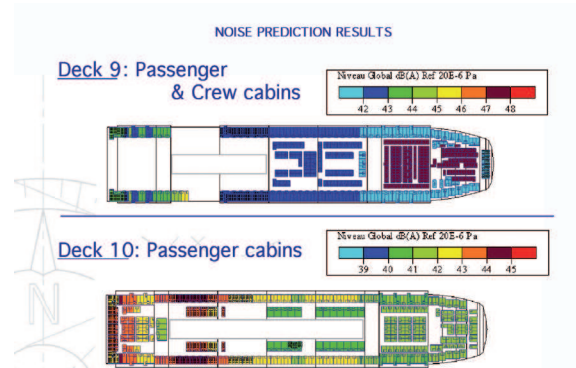
de bruit d'impact normalisés pour tenir compte de la gêne créée par les différentes activités humaines sur le navire (sports, spectacles, piscine...).

L'acoustique architecturale des grandes salles de spectacles et des salles à manger est également étudiée pour valider le confort acoustique de ces salles dépendantes des architectes, et pour lesquels l'esthétique prime sur l'acoustique.

Pour répondre à l'ensemble de ce cahier des charges, les chantiers français ont développé, avec l'aide de sociétés d'ingénierie françaises, des outils de simulation et de calculs prévisionnels qui permettent de définir et de valider les solutions mises en place pour réaliser les performances du cahier des charges (isolation, réduction du bruit à la source...).

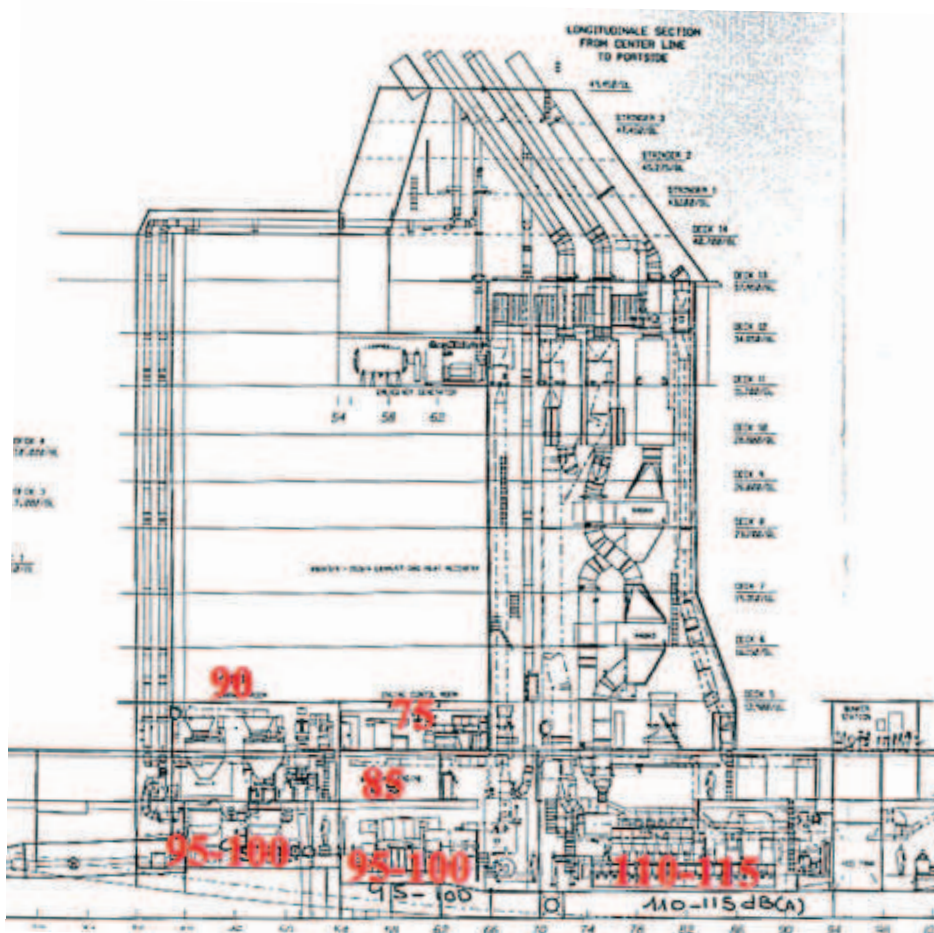


[ FIGURE 3 ] Système expert acoustique (source Aker yards).



[ FIGURE 4 ] Prédiction des niveaux de pression sonore (source Aker yards).

Les principales sources de bruit sur un navire à passagers sont non seulement les hélices et les diesels alternateurs, mais également les moteurs électriques de propulsion, la ventilation machine et le système d'air conditionné. La figure 5 présente des résultats d'un calcul de prévision des niveaux de pression sonore.



[ FIGURE 5 ] Coupe d'un compartiment machine d'un navire à passagers avec le niveau de pression sonore, exprimé en dB(A), de quelques sources de bruit type.

## 4. Coûts

L'impact économique de l'attribution de la marque « confort » pour les navires de croisières n'est pas vraiment connu, bien qu'elle soit utilisée par les armateurs, comme critère de marketing pour leur navire.

Le coût de la réalisation d'une classe de confort 1 (la plus demandée, car la plus performante) pour un navire de croisière varie suivant la puissance et la taille du navire entre 1 % et 1,2 % du prix total du navire.

Il n'existe plus de réseaux français dans la construction navale, ces réseaux se sont éteints avec la fermeture des grands chantiers français. L'institut de recherche de la construction navale (IRCN) qui permettait de coordonner ces réseaux inter chantiers a été complètement repris par un établissement d'ingénierie dont les activités dépassent le cadre de la construction navale.

De nos jours, les échanges se font au travers d'un réseau européen : EUROYARDS qui regroupe les grands chantiers de construction navale européens, au sein duquel des groupes d'échanges se sont formés dont un sur l'acoustique et les vibrations.