

Acoustique & Vibrations des navires à passagers

Sylvain BRANCHEREAU

Responsable du Service Acoustique & Vibrations

STX Europe ; Saint-Nazaire



Paris - 22 mars 2011

Rencontres Acoustique & Techniques

ACOUSTIQUE & VIBRATIONS des NAVIRES à PASSAGERS

Chantiers de l'Atlantique ... STX Europe...

Petit retour en arrière sur l'histoire plus ou moins récente de l'entreprise.

2200 salariés.

Créée en 1861. 108 hectares



stx Europe

Paris

Lorient

Saint Nazaire

Montoir de Bretagne

Toulon

Navires de 30 à 120 m

Navires > 120 m
Ingénierie

Cabines & modules techniques

MCO

Les activités principales de STX France SA vont :

- de la construction neuve...



Paquebots



Offshore



Militaire



Ferries

Chantiers de l'Atlantique ... STX Europe...

Petit retour en arrière sur l'histoire plus ou moins récente de l'entreprise.

2006 Aker Yards rachète 75% du capital d'Alstom Marine.

Les ex-Chantiers de l'Atlantique deviennent Aker Yards France.
Alstom conserve encore 25% du capital.

2008 Le groupe Sud-Coréen STX Shipbuilding prend le contrôle de Aker Yards qui devient STX Europe.
Etat Français entre dans le capital de STX France SA à hauteur de 33,34 % et dispose ainsi d'une minorité de blocage.

ACOUSTIQUE & VIBRATIONS des NAVIRES à PASSAGERS

Chantiers de l'Atlantique ... STX Europe...

Petit retour en arrière sur l'histoire plus ou moins récente de l'entreprise.



Parmi les navires de croisière livrés...

- Cunard - Queen Mary 2 (2003)

MSC – Fantasia Class (2008)

NCL – Norwegian Epic (2010)



SOMMAIRE

- CONTEXTE / Cahier des charges en acoustique & vibrations
- CLASSES de CONFORT
- ETUDES VIBRATOIRES , INVESTIGATIONS MENEES avec EIFi
- ETUDES ACOUSTIQUES
- CONCLUSIONS

CONTEXTE GENERAL

- Le confort à bord d'un navire à passagers de première importance pour un armateur de paquebots.
 - Confort digne des grands hôtelsEt ce, malgré la taille et la puissance
 - Faibles niveaux sonores et vibratoires
- Obtention de la part de la société de classification d'une marque confort
- Demande, de plus en plus forte, des armateurs pour une marque de confort :
=> élément moteur dans le développement et l'évolution.

CAHIER DES CHARGES 'CLASSIQUE'

- Niveaux limites pour une puissance propulsive donnée (correspondant généralement à la vitesse de croisière)
 - Niveau de bruit exprimé en global dB(A)
 - Niveau vibratoire exprimé en vitesse mm/s pic ou rms.
- Niveaux d'indice d'isolement acoustique
 - Au bruit aérien « R'w »
 - Au bruit d'impact « L'n,w »

ACOUSTIQUE & VIBRATIONS des NAVIRES à PASSAGERS

CONTEXTE : EVOLUTION DES CRITERES VIBRATOIRES ET SONORES

P = 22MW (1980)	P= 24MW (1985)	P=40MW (1995)	P= 40MW (2000)	P=86MW (2001)	P=48MW (2006)
pas de niveau vibratoire requis	4mm/s pic	2mm/s pic	1.5mm/s pic	1.5-2mm/s pic	1.5mm/s pic
niveau sonore: 60dB(A) dans cabines	niveau sonore: 45 dB(A) dans cabines	niveau sonore: 45 dB(A) dans cabines	niveau sonore: 45 dB(A) - 50dB(A) dans cabines	niveau sonore: 45 dB(A) - 50dB(A) dans cabines	niveau sonore: 44-49 dB(A) dans cabines

CLASSES DE CONFORT des sociétés de classification

Ces classes de confort comportent 3 degrés de confort :

- le degré 1 (le + difficile), systématiquement demandé par les armateurs pour les zones passagers
- alors que le degré 2 est, généralement, demandé pour les zones équipage.

ACOUSTIQUE & VIBRATIONS des NAVIRES à PASSAGERS

CLASSES DE CONFORT des sociétés de classification

Niveaux vibratoires en zones passagers et équipage

ISO 6954-1984

ISO 6954-2000

		Overall frequency-weighted velocity (1-80 Hz) in mm/s rms		Vibration velocity in mm/s peak for single frequency components between 5 and 100 Hz	
		Ng = 1			
		BV 2007	LRS 2007 (**)	LRS 2007 (**)	DNV 2005
PASSENGER AREAS	Passenger top level cabins	1.7	1.5	1.5	1.5
	Passenger standard cabins	2	1.8	1.5	1.5
	Restaurants, cafeteria and type B spaces	2.2	2	1.5	1.5
	Outside installations (swimming pools, sport decks...)	3	2.5 (*)	2.5 (*)	2.5
	Public shops, passages (type D)	4	2	1.5	1.5
	Passenger rooms (type A)	4	2	1.5	1.5
	Passenger rooms (type C)	2	2	1.5	1.5

(*) : 0.3 mm/s exceedance allowed in the aft body directly above the propellers

(**) : Possibility is given to choose between the two version of ISO 6954 (i.e : 1984 or 2000)

ACOUSTIQUE & VIBRATIONS des NAVIRES à PASSAGERS

CLASSES DE CONFORT des sociétés de classification

Niveaux de pression acoustique en zones passagers et équipage

		SPL in dB(A)		
		Ng = 1		
		BV 2007	LRS 2007	DNV 2005
PASSENGER AREAS	Passenger top level cabins	45	45	44
	Passenger standard cabins	49	49	49
	Restaurants, cafeteria and type B spaces	55	55	55
	Outside installations (swimming pools, sport decks...)	65 (**)	67 (**)	65 (**)
	Public shops, passages (type D)	60	60 (***)	55
	Passenger rooms (type A)	65	55	55
	Passenger rooms (type C)	53	55	55

		SPL in dB(A)		
		Ng = 2		
		BV 2007	LRS 2007	DNV 2005
CREW AREAS	Wheelhouse	63	65	60
	Radio room	57	60	55
	Crew cabins	55	55	55
	Offices	60	60	60
	Crew public spaces, mess rooms	60	60	60
	Hospital	57	55	55
	Engine control room	73	75	70
	Crew open recreation area	73	72 (**)	70
	Galleys	73	75 (****)	
	Workshops	85	85	
	Gangways, staircases and passages in crew areas	73	75	

ACOUSTIQUE & VIBRATIONS des NAVIRES à PASSAGERS

CLASSES DE CONFORT des sociétés de classification

Niveaux d'indices d'isolement au bruit aérien

		Sound indexes R' w in dB		
		Ng = 1		
		BV 2007	LRS 2007	DNV 2005
PASSENGER CABINS	Cabin / Cabin (top level)	45	45	46
	Cabin / Cabin (standard)	41	40	41
	Corridor / cabin (top level)	42	42	43
	Corridor / cabin (standard)	38	38	38
	Stairs - Lifts / cabin (top level)	48	50	56
	Stairs - Lifts / cabin (standard)	48	47	51
	Machinery rooms / cabin		55	51
	Engine room - casing / cabin		55	51
	Public space / cabin (top level)	53	55	56
	Public space / cabin (standard)	53	52	51
	Discotheque - show room / cabin	64	60	65
	Discotheque - show room / stairwells and other public spaces		52	

ACOUSTIQUE & VIBRATIONS des NAVIRES à PASSAGERS

CLASSES DE CONFORT des sociétés de classification

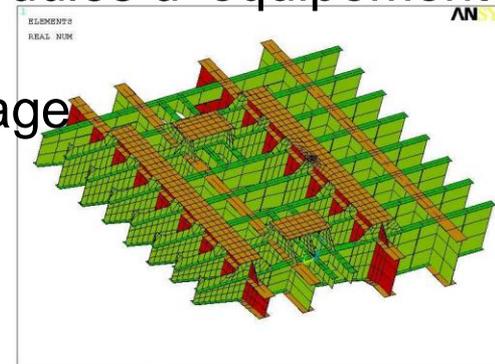
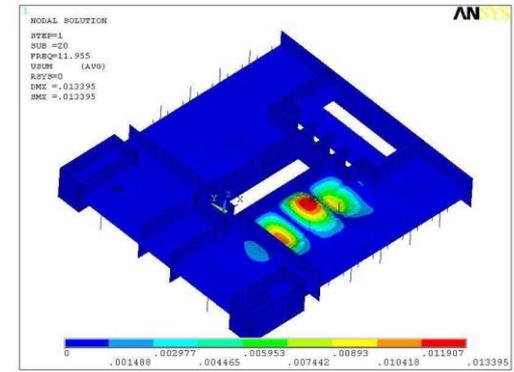
Niveaux d'indices d'isolement au bruit aérien et aux impacts

		Sound indexes R' w in dB		
		Ng = 2		
		BV 2007	LRS 2007	DNV 2005
CREW CABINS	Cabin / Cabin	33	30	33
	Corridor / cabin	32		32
	Stairs / cabin	32		45
	Public space -mess / cabin	45	45	45
		Impact Noise L' nw in dB		
		BV 2007	LRS 2007	DNV 2005
		Cabin in general (with carpet and soft materials)	50	50
PAX CABINS	Cabin below hard deck coverings (wood, marble...)	60	60	60
	Cabins below sport rooms & dance floors + theatre	45	47	45

ETUDES VIBRATOIRES

CALCULS Elfi en DYNAMIQUE (ANSYS, partenaire privilégié : ADDL)

- Validation de l'échantillonnage de la structure
- Calcul dynamique d'ensemble :
 - récupération du modèle utilisé pour les calculs statiques
 - validation des niveaux vibratoires par rapport à la spécification
- Calculs de validation des ossatures de modules d'équipements
- Calculs de raideur dynamique de supportage
- Corrélation calculs/mesures



ETUDES VIBRATOIRES

CALCUL DYNAMIQUE D'ENSEMBLE

Principes du maillage

Eléments :

Tôles plates	=> éléments plaques (3 ou 4 nœuds)
Hiloirs, barrots, porques	=> éléments poutres 3D
Lisses, raidisseurs	=> éléments poutres 3D
Fenêtres/Portes	=> éléments plaques

Principe de maillage

Longitudinalement : Une ligne de maillage à chaque couple renforcé ou épontillé et cloison transversale

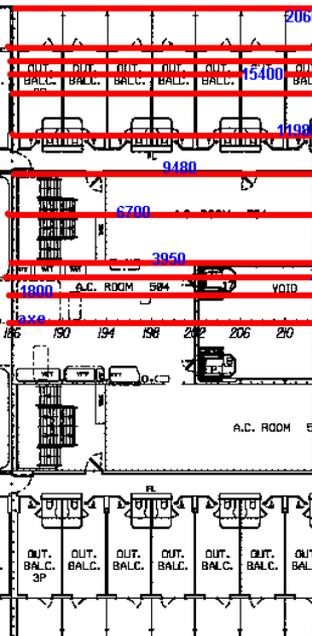
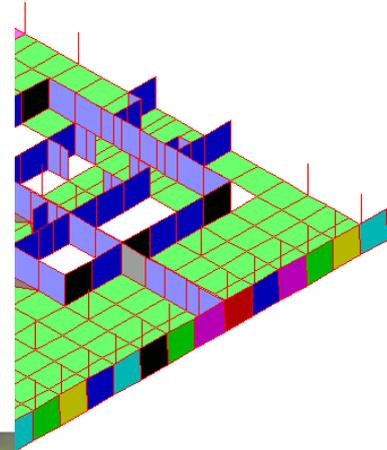
Verticalement : Une ligne de maillage à chaque pont (fond et double-fond inclus)

Transversalement : Une ligne de maillage à chaque cloison longitudinale, hiloire, file d'épontilles

Portes/Fenêtres : épaisseur équivalente

ETUDES VIBRATOIRES

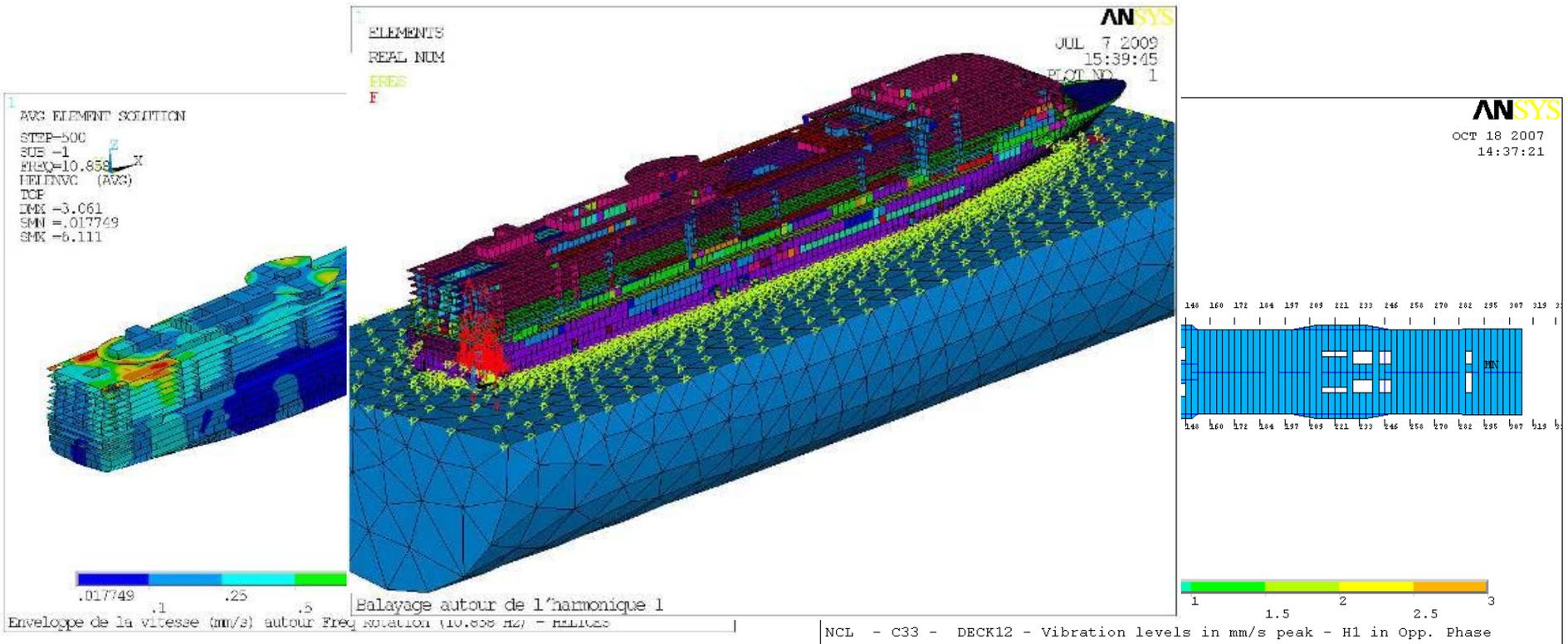
CALCUL DYNAMIQUE D'ENSEMBLE



ETUDES VIBRATOIRES

CALCUL DYNAMIQUE D'ENSEMBLE

-- > Réponse harmonique sous excitation hélice.



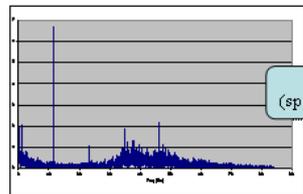
Estimation des niveaux vibratoires exprimée en vitesse (mm/s).

ETUDES VIBRATOIRES

CALCUL DYNAMIQUE D'ENSEMBLE

- Estimation des niveaux vibratoires OVERALL (définis dans la norme ISO 6954:2000).
- Méthodologie mise en place avec PRINCIPIA prenant en compte le caractère *broadband* des excitations hélice.

$$Overall = \sqrt{\sum_i (W_{v_i} \cdot RMS_i)^2}$$



Fluctuation de pression
(spectre du capteur de pression Ch1)

RECALAGE

Fluctuation de pression
(spectre de la résultante d'effort)

FILTRAGE

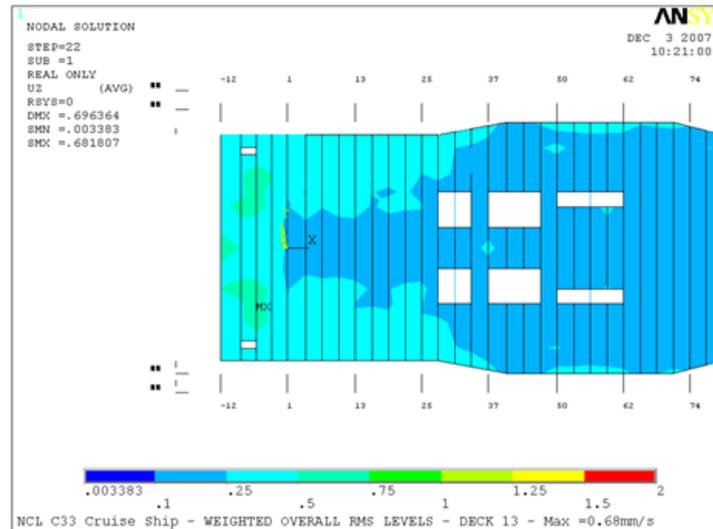
Valeurs large bande

Valeurs pic

$$RMS = \sqrt{RMS^2(BB_i) + RMS^2(H_j)}$$

$$Overall = \sqrt{\sum_i (W_{v_i} \cdot RMS_i)^2}$$

Résultante Fz
H1 : 12.8kN
H2 : 17.4kN
H3 : 15.8kN
H4 : 13.7kN



ETUDES VIBRATOIRES

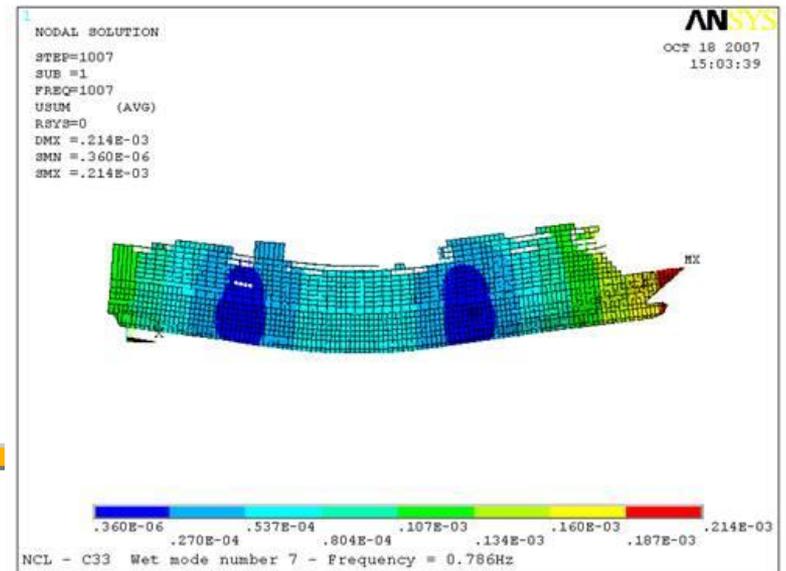
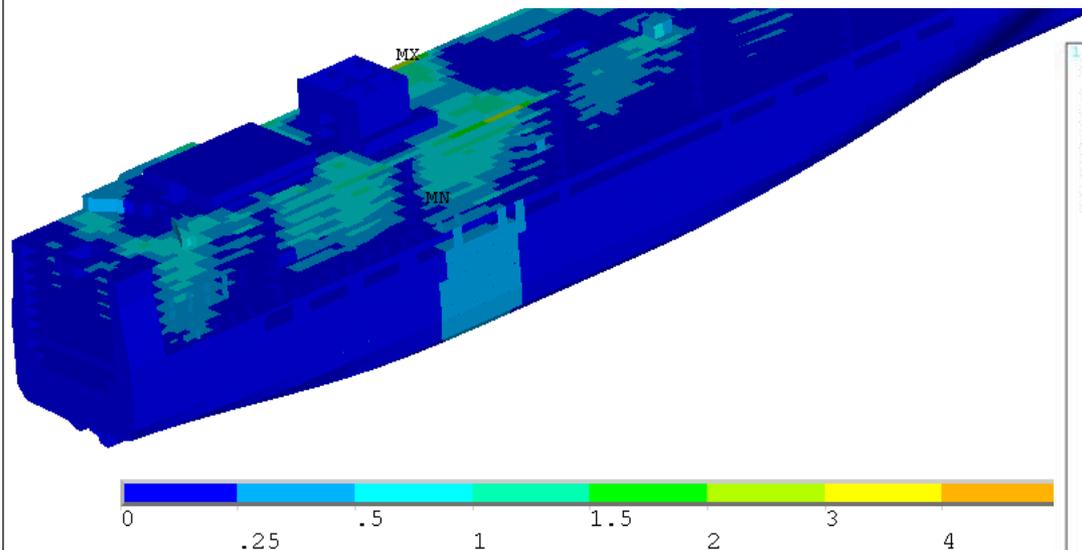
CALCUL DYNAMIQUE D'ENSEMBLE

-- > Réponse harmonique sous excitation diesels.



• Analyse modale

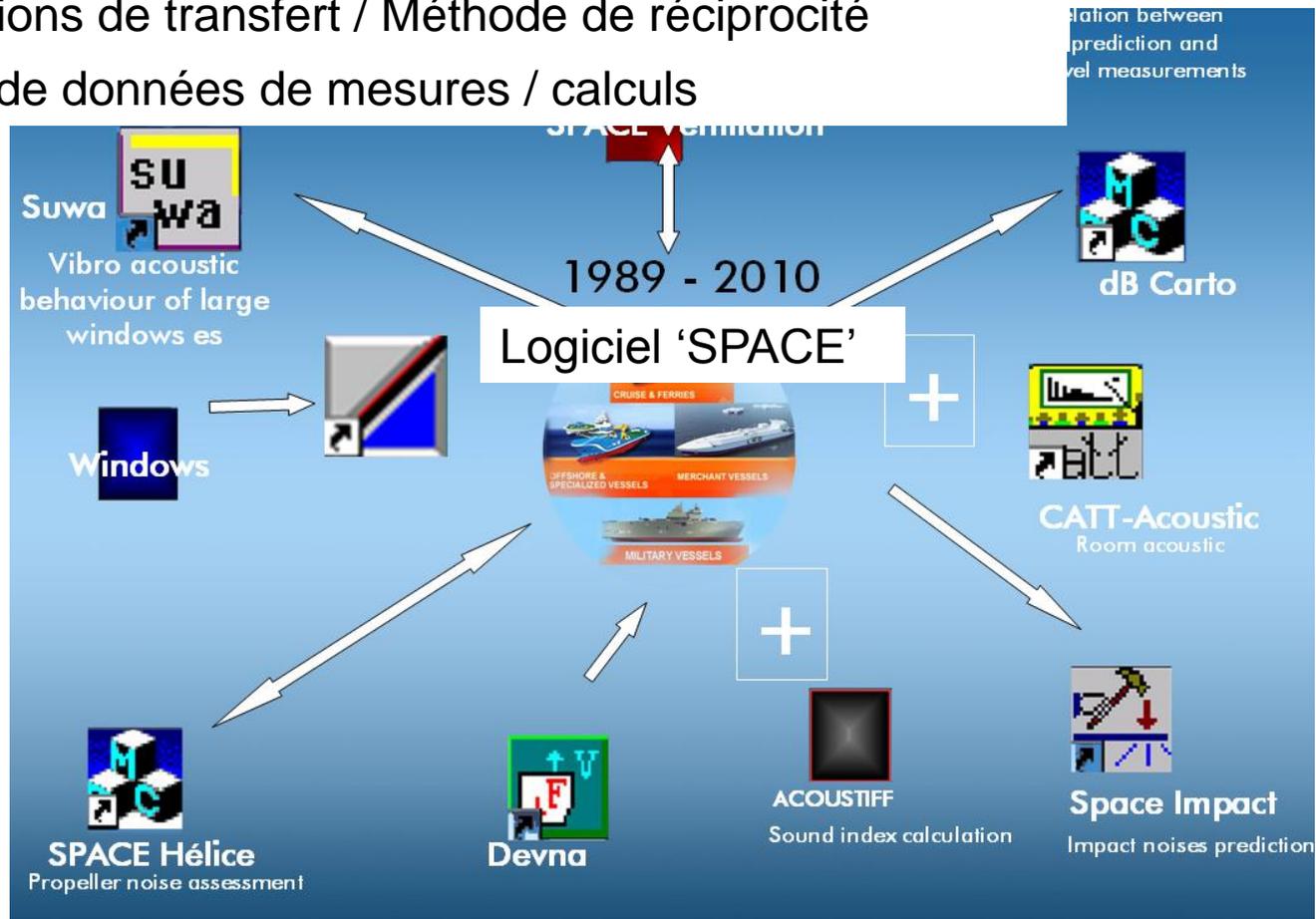
-- > Estimation des fréquences de poutre navire.



ACOUSTIQUE & VIBRATIONS des NAVIRES à PASSAGERS

ETUDES ACOUSTIQUES

- Logiciel interne de prévision de bruit 'SPACE'
- Fonctions de transfert / Méthode de réciprocité
- Base de données de mesures / calculs



LES SOURCES DE BRUIT ET DE VIBRATION à BORD D'UN NAVIRE à PASSAGERS

Exemple du QUEEN MARY 2

2 turbines à gaz de 25 MW chacune

4 diesel alternateurs de 16.8 MW chacun

échappements

Prises d'air de ventilation machine : 670 000m³/h de débit de chaque côté de la cheminée

4 pods de 21.5 MW chacun

Longueur hors tout : 345 m

Largeur : 41 m

Tirant d'eau : 10m

Vitesse : 29.5 nœuds

Puissance propulsive : 86 MW

Puissance électrique installée : 116 MW

3 propulseurs d'étrave de 3.2 Mw

ETUDES ACOUSTIQUES

PREVISION DES NIVEAUX SONORES

Sources de bruit prises en compte :

- 4 Diesels alternateurs
- 4 hélices
- 4 Pods
- 2 turbines à gaz
- 3 compresseurs air
- Système d'air conditionné

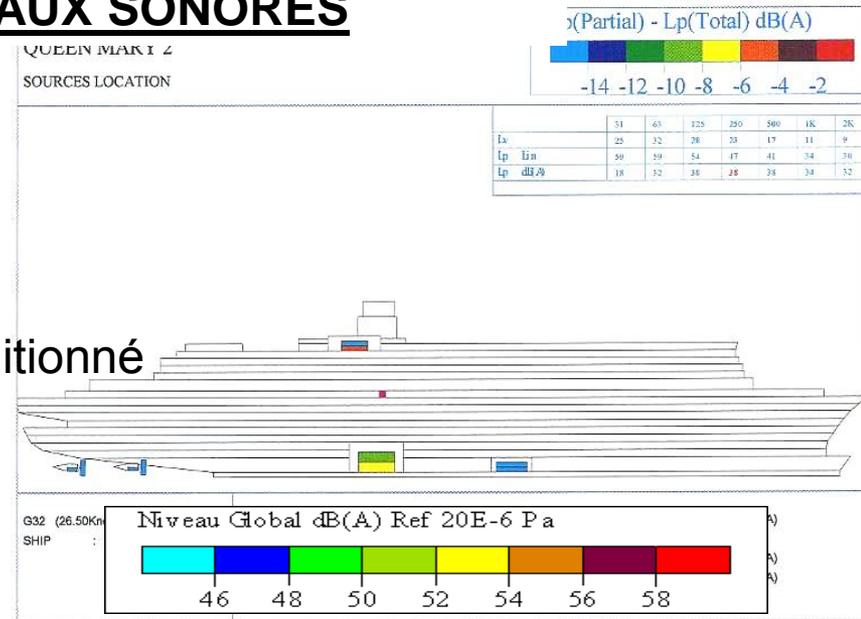
Cabines équipage:

Niveau de pression sonore calculé: 54-56dB(A)

Niveau de pression sonore mesuré: 50-56 dB(A)

Niveau de pression sonore contractuel: 55dB(A)

Principale source de bruit: diesels alternateurs



CABINES POUR TESTS ACOUSTIQUES

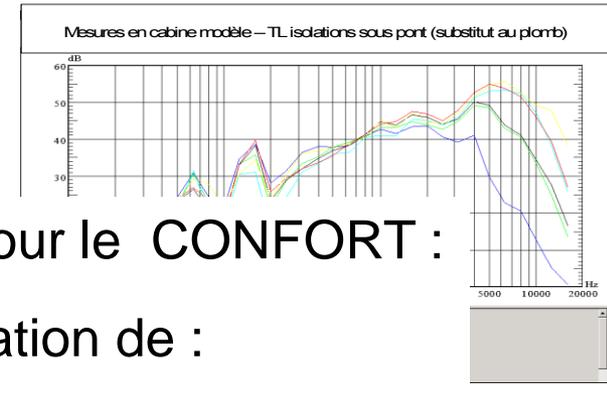
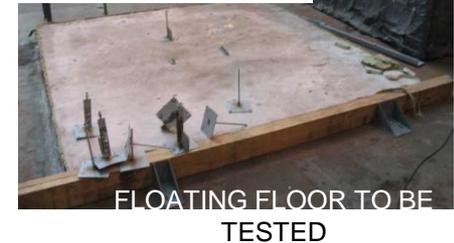


Essais réalisés dans ces cabines pour le CONFORT :

→ Caractérisation / Validation de :

- Sols flottants, sols visco élastiques et tout type d'isolation utilisé à bord...

- types de montage...



CONCLUSIONS

- Confort = priorité N° 1 des armateurs ;
- Pas prêts à dégrader les performances de bruit et vibrations pour réduire le coût du navire.
- Nouveaux concepts (bowling, générateur de surf...)
- Réduction des poids, des coûts
 - ⇒ réduction de nos marges en isolation
 - ⇒ nécessite une meilleure maîtrise de nos prévisions pour tous les items.
- Plus vraiment de réseaux français dans la construction navale
- Réseau Euroyards
- Nouveaux développements de mutualisation de R&D (FUI, pôles de compétitivité, IRT etc.) aux niveaux régional et national
 - ⇒ peut-être signes de nouvelles perspectives pour l'avenir.

NOS PAQUEBOTS DE DEMAIN ... ?!

Merci de votre attention.

