

GdR META – Réunion de lancement – 22/01/2016



Etat de l'art et problématiques de l'acoustique sous-marine

Christian Audoly, DCNS Research

Martine Doisy, Thalès Underwater Systems



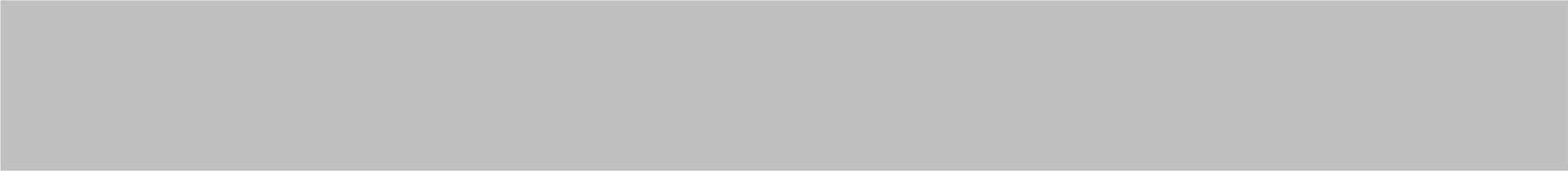
THALES

Thales Underwater Systems

DCNS

Etat de l'art et problématiques de l'acoustique sous-marine - Sommaire

- **Contexte: les performances acoustiques des systèmes navals**
 - **Discrétion et furtivité acoustique des navires**
 - **Détection sous-marine**
 - **Autres applications**
 - **Fonctions acoustiques concernées et caractérisation**
- **Etat de l'art – technologies actuelles**
 - **Revêtements acoustiques micro-inclusionnaires**
 - **Revêtements type Alberich**
 - **Autres concepts**
 - **Exemples**
- **Perspectives et enjeux des recherches sur les métamatériaux**
 - **Revêtements acoustiques externes de coque**
 - **Intégration des antennes sonar**
 - **Le « cloaking »**
 - **Autres applications potentielles**

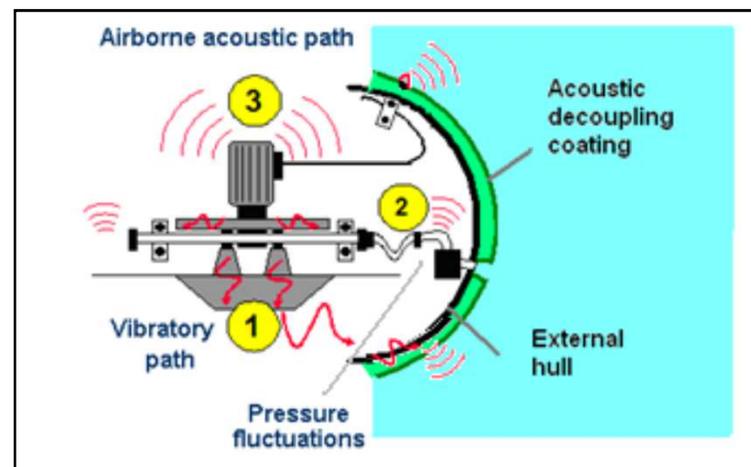
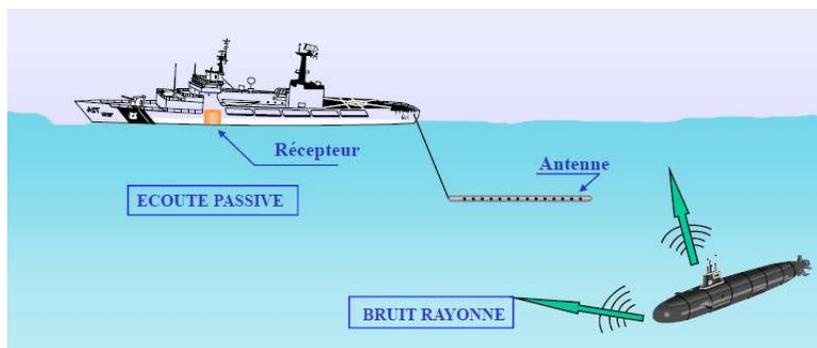


Contexte: les performances acoustiques des systèmes navals

Discrétion acoustique des navires

Réduction du bruit rayonné dans l'eau

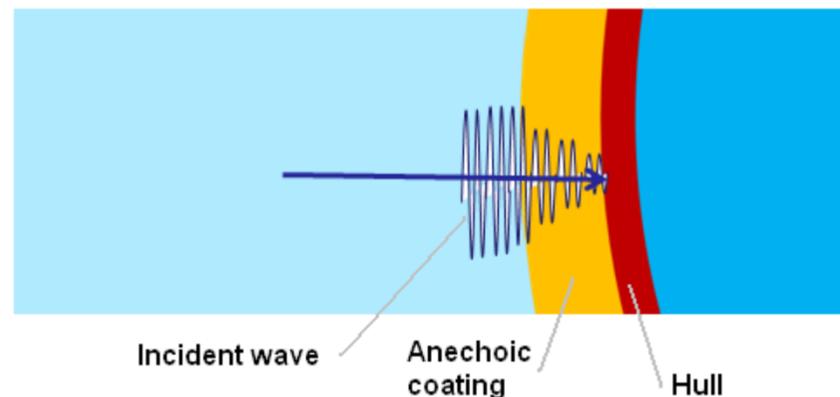
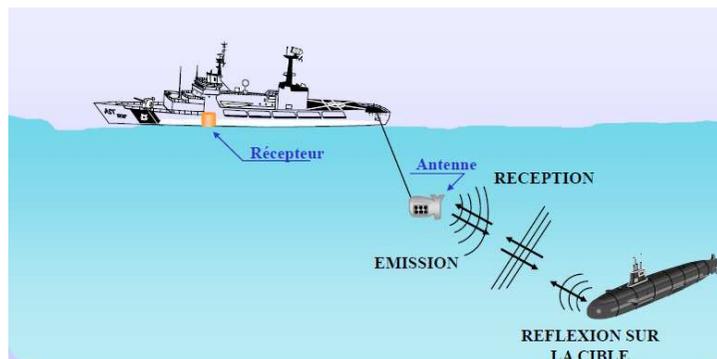
- **Discrétion acoustique** ⇔ Réduction du bruit rayonné dans l'eau pour réduire le risque d'être détecté par un sonar passif
 - Réduction des bruit et vibration des machines et auxiliaires
 - **Isolation acoustique (matériaux en acoustique aérienne)**, isolation vibratoire (plots de suspension), utilisation de berceaux suspendus
 - **Revêtements externes de coque (masquage)**
- **Revêtement de masquage: réduction du bruit rayonné dans l'eau par une structure animée de vibrations**
 - Solution classique: matériau passif à faible impédance acoustique
 - Caractérisation par le coefficient de masquage et/ou le coefficient de transmission



Furtivité acoustique des navires

Réduction de l'index de cible

- Furtivité acoustique \Leftrightarrow Réduction de l'index de cible pour réduire le risque d'être détecté par un sonar actif
 - Adaptation des formes externes
 - Revêtements externes de coque: anéchoïques (absorption)
 - Masquage d'équipements externes à la coque (déflecteurs, barrières acoustiques)
- Revêtement anéchoïque: absorption d'une onde acoustique incidente sur la coque
 - Solution classique: matériau fortement absorbant d'impédance proche de l'eau
 - Caractérisation par le coefficient d'anéchoïsme et/ou le coefficient de réflexion



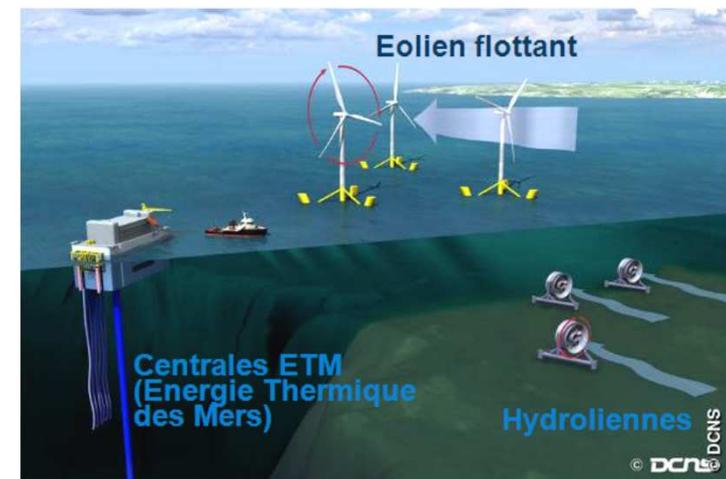
Détection acoustique

Matériau d'environnement d'antennes Sonar

- **Les différentes fonctions des matériaux acoustiques d'environnement d'antenne**
 - **Baflage acoustique → Réponse d'antenne**
 - **Barrières acoustiques → Isolation acoustique de l'antenne vis à vis du porteur**
 - **Anéchoïque: Réduction des échos parasite**
 - **Masquage : Réduction du bruit rayonné sur l'antenne par les structures vibrantes proches**
- **Matériaux inclusionnaires de formulation TUS**
 - **Maitrise des propriétés avec la pression statique → Enjeu Modélisation**
 - **Caractérisation des propriétés dynamiques (K,G complexe en fonction de la fréquence) en pression et température**

Autres applications

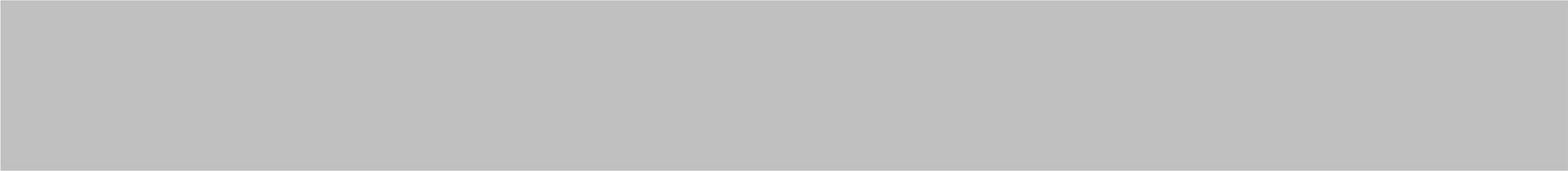
- **Amélioration des performances de l'instrumentation en acoustique sous-marine (sondeurs, systèmes de com. SM):**
 - Navires de recherche
 - Engins ou équipements sous-marins
- **Protection de la faune marine vis-à-vis du bruit sous-marin:**
 - Navires de commerce (cf. projet AQUO)
 - Systèmes EMR (Energie marine Renouvelable)



Matériaux et revêtements acoustiques pour le naval

Synthèse des fonctionnalités

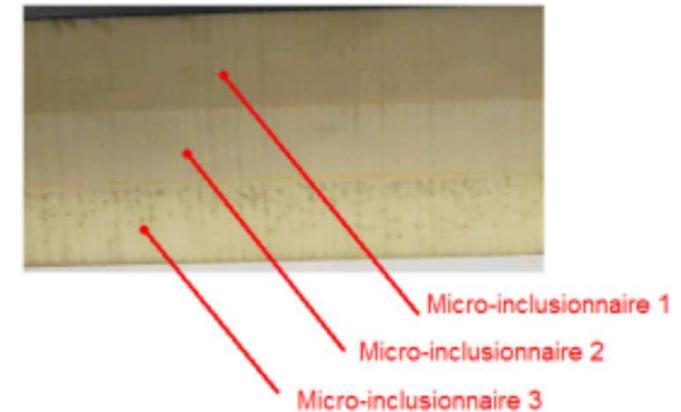
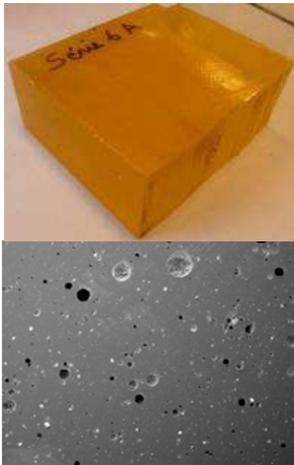
Fonction au niveau du système naval	Fonction du matériau ou revêtement	Caractérisation			
		R	T	CM	CA
Bruit rayonné (discrétion acoustique)	Réduction du rayonnement acoustique d'une structure vibrante en eau		X	X	
Index de cible (furtivité acoustique)	Réduction de l'écho d'une structure excitée par une onde incidente	X	(X)	(X)	X
Index de cible (furtivité acoustique)	Effet cloaking (dévier les ondes acoustiques)	Etude spécifique au niveau de la structure complète			
Détection sous-marine (intégration d'une antenne sous dôme)	Transparence acoustique du dôme ou de la fenêtre acoustique (en eau)		X		
Détection sous-marine (intégration d'une antenne sous dôme)	Réponse d'antenne, réduction du bruit propre	Etude spécifique au niveau de l'antenne intégrée sur le porteur			



Etat de l'art – technologies actuelles

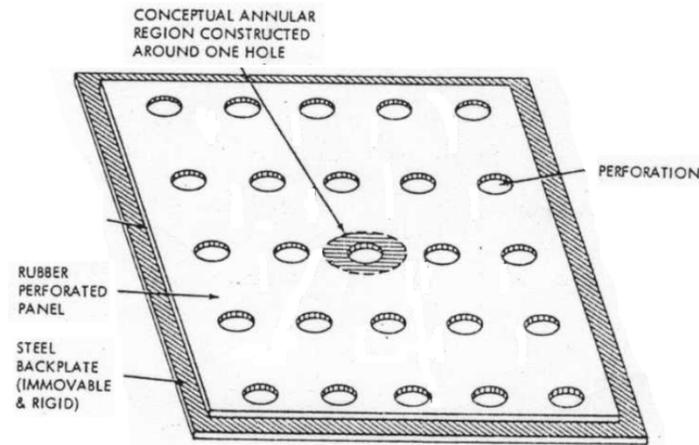
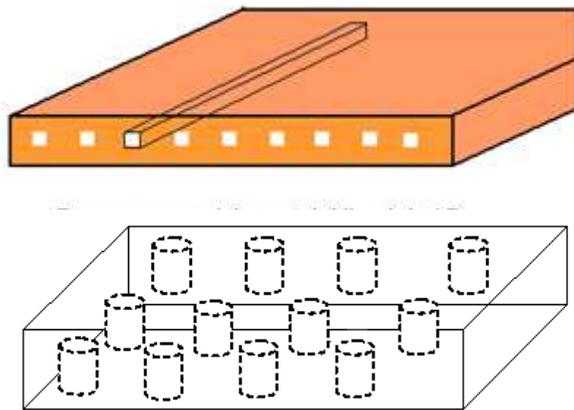
Technologie micro-inclusionnaire

- **Matériau formé d'une matrice polyuréthane, de micro-ballons à parois souples et éventuellement de charges minérales**
- **Applications :**
 - **Masquage:** avec un taux volumique élevé en micro-ballons
 - **Anéchoïsme:** taux de micro-ballons plus faible et matrice fortement amortie
 - **Un revêtement est formé de tuiles de quelques centimètres d'épaisseur**
 - **Certaines fonctions acoustiques peuvent nécessiter plusieurs couches**
- **En cas d'une intégration sur un engin sous-marin, la présence d'inclusions d'air rend le matériau dépendant de la pression hydrostatique**



Technologie type Alberich

- **Cavités d'air réparties périodiquement dans une matrice visco-élastique, préférentiellement en caoutchouc**
 - Agencement 1D ou 2D
 - Renforts éventuels pour améliorer la tenue à la pression statique
 - Exploitation possible du phénomène de résonance des inclusions
- **Applications:**
 - Masquage
 - Anéchoïsme: possible mais plus difficile à mettre au point et efficacité souvent limitée à une bande étroite de fréquence
- **En cas d'une intégration sur un engin sous-marin, la présence d'inclusions d'air rend le matériau dépendant de la pression hydrostatique**



Exemples de réalisations technologiques



Revêtement « Alberich » historique



Revêtement de masquage sur coque de bâtiment de surface



Revêtements de coque sur un sous-marin moderne



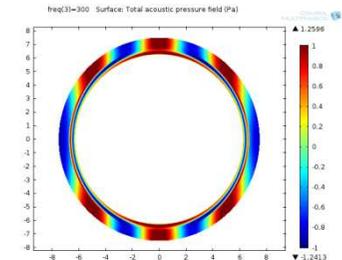
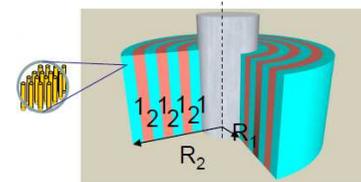
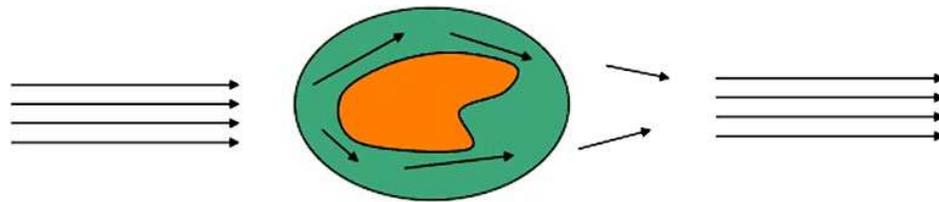
Perspectives et enjeux des recherches sur les métamatériaux acoustiques

Besoins fonctionnels

- **Revêtements acoustiques pour la discrétion et la furtivité des navires**
 - Anéchoïsme très basse fréquence
 - Masquage très basse fréquence
 - Compromis entre les performances acoustiques et la résistance à la pression hydrostatique
- **Dômes sonar et fenêtres acoustiques**
 - Compromis entre transparence acoustique et résistance mécanique
- **Détection sous-marine**
 - Matériaux multifonctions optimisés pour l'intégration des antennes sonar au porteur
 - Connaissance de l'évolution des techniques de furtivité
- **Applications civiles**
 - Navires de commerce et EMR: revêtement de masquage faible coût
 - Matériaux acoustiques utilisables à très grande immersion
- **Remarque: pour la montée en TRL des développements technologiques, prendre en compte les contraintes particulières de l'environnement marin (eau de mer, vieillissement, pression statique...)**

Acoustic cloaking - perspectives

- « Cloaking » : contrôle de la propagation des ondes autour d'une structure → Propriétés 3D du matériau (Transformation acoustics)



- Perspectives pour la furtivité en acoustique sous-marine
 - Réduction de l'écho Sonar par une approche différente des matériaux anéchoïques conventionnels (absorption de l'écho)
 - Dénaturation de l'écho sonar
 - Nouvelles classes théoriques de métamatériaux : acoustic metafluid, plasmonic shells, pentamodes...
- Axe de recherche :
 - « Cloaking » partiel dans l'eau avec métamatériau réaliste sur structure canonique
 - Solutions Technologiques aux matériaux théoriques

Métamatériaux - perspectives

- **Exploitation possible des effets des métamatériaux**
 - Efficacité par épaisseur faible devant la longueur d'onde
 - Exploitation des bandes d'arrêt, d'effets super-résonnants, de célérités et/ou masse volumique équivalente négatives
- **De nouveaux types d'inclusions ou de répartition d'inclusions selon des motifs périodiques en une ou plusieurs couches ouvrent de nouvelles perspectives**
- **Le potentiel de ces nouveaux concepts pour l'acoustique sous-marine reste à évaluer**

