

Banc d'essais en fatigue acoustique



P. Herzog – CNRS/LMA

J.C. Le Roux – CTTM

N. Poulain – CTTM

N. Saggini – Thales Alenia Space

www.cttm-lemans.com

Plan de l'exposé

- Contexte industriel
- Concept
- Développement
- Construction
- Résultats
- Amélioration
- Conclusion

Le Centre de Transfert de Technologie du Mans



- Date de Création : 1992
- Forme Juridique : Association loi 1901
- Statut : CRT Centre de Ressources Technologiques
- Ressources : 45 salariés, docteurs, techniciens, ingénieurs, administratifs
- 5 Pôles : Acoustique et Vibrations, Matériaux, Biomédical et Ingénierie de Conception
- Moyens :
 - 1500 m² de laboratoires de recherche, salles d'essais et ateliers (dont salle réverbérante 350m³ et semi-anéchoïque 1000m³)
 - Un bureau d'études : conception, calcul, prototypage...



Contexte industriel

Besoin

- Niveaux acoustiques élevés lors du lancement
- Nécessité de valider la résistance du satellite aux niveaux élevés



Situation

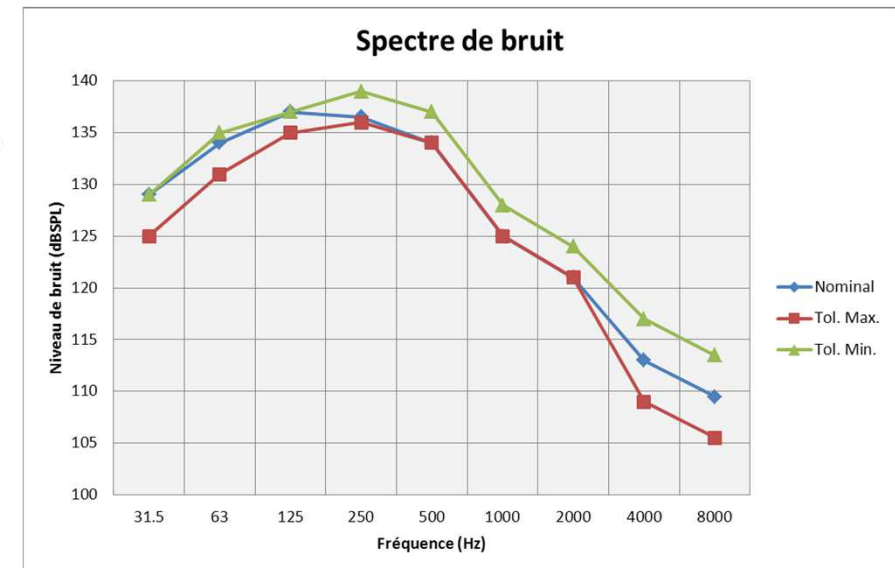
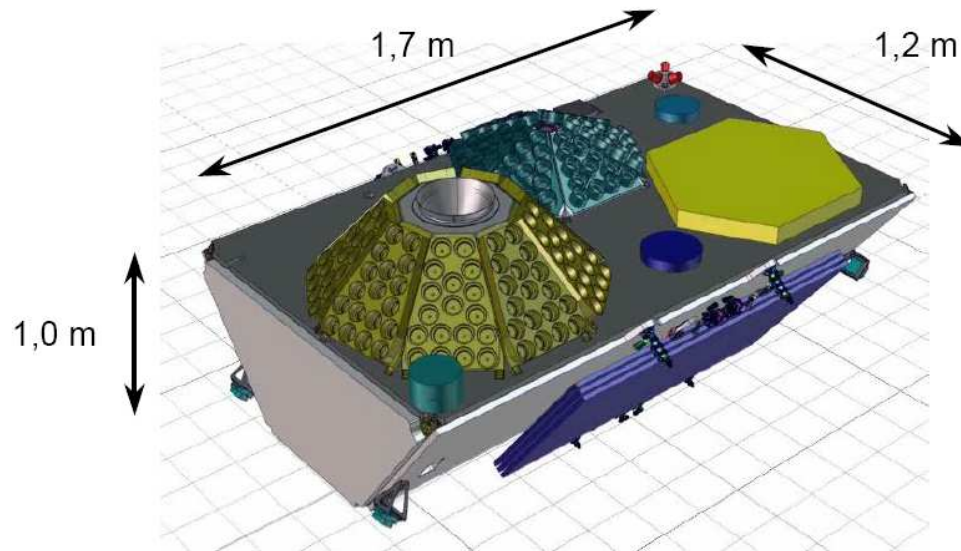
- Moyen usuel : salle réverbérante 1000m³ + 3 sirènes à l'azote + sources électrodynamiques
- Usine d'assemblage à Cannes : production à l'unité
- Usine d'assemblage à Rome : production de séries (>20)



Contexte industriel

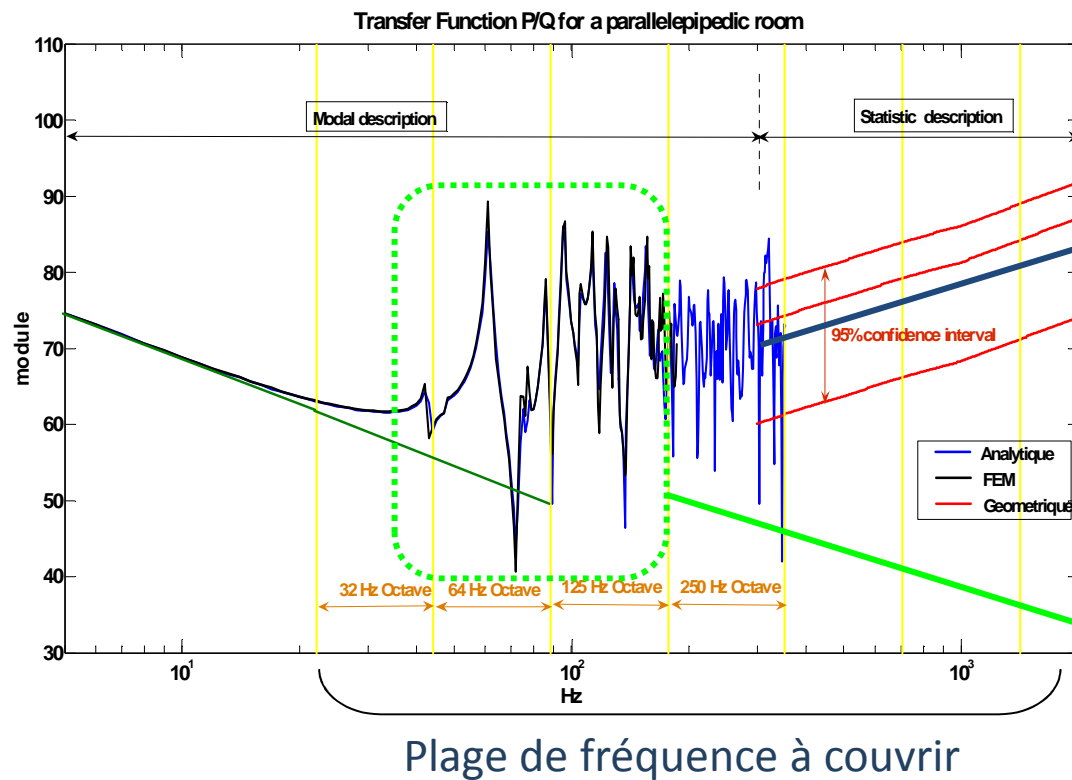
Principales spécifications pour le moyen d'essais

- Faible encombrement
- Spectre acoustique (142dB OASPL \pm 1.5dB)
- Champ homogène \pm 1.5dB sur les 8 micros de contrôle (autour du spécimen)
- Constellation de 48 satellites (cadence & fiabilité)
- Niveau à l'extérieur du moyen d'essai (<80dB)



Point dur technologique

Allure du niveau de pression généré en un point d'une salle parallélépipédique ~40m³



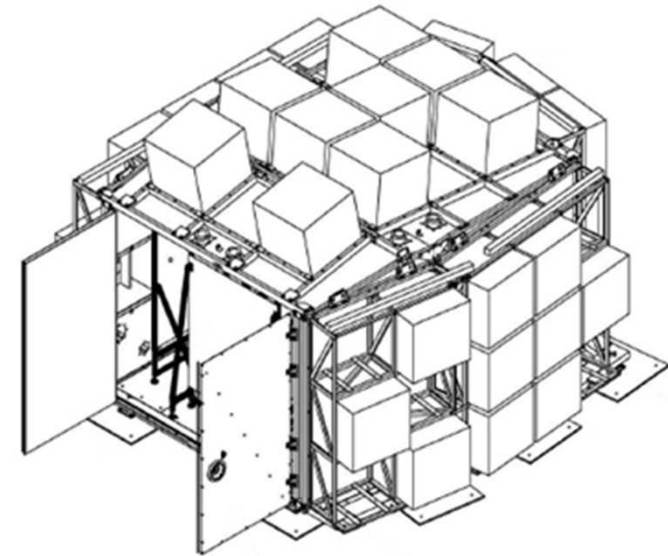
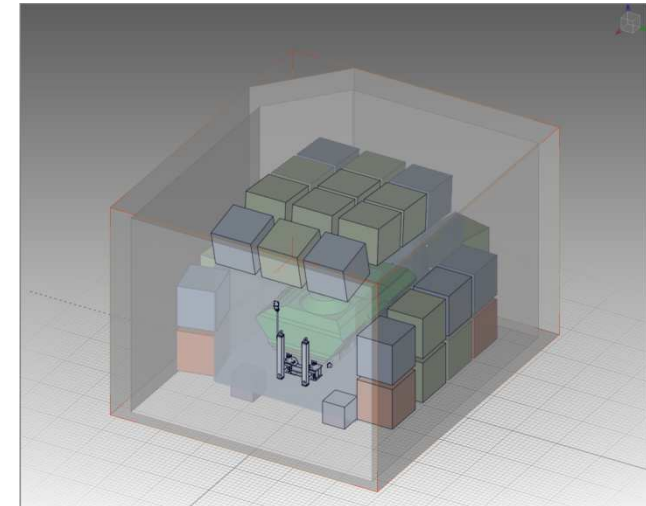
Le champ acoustique est
+/- uniforme
Champ diffus

Le champ acoustique
n'est pas uniforme
(comportement modal)

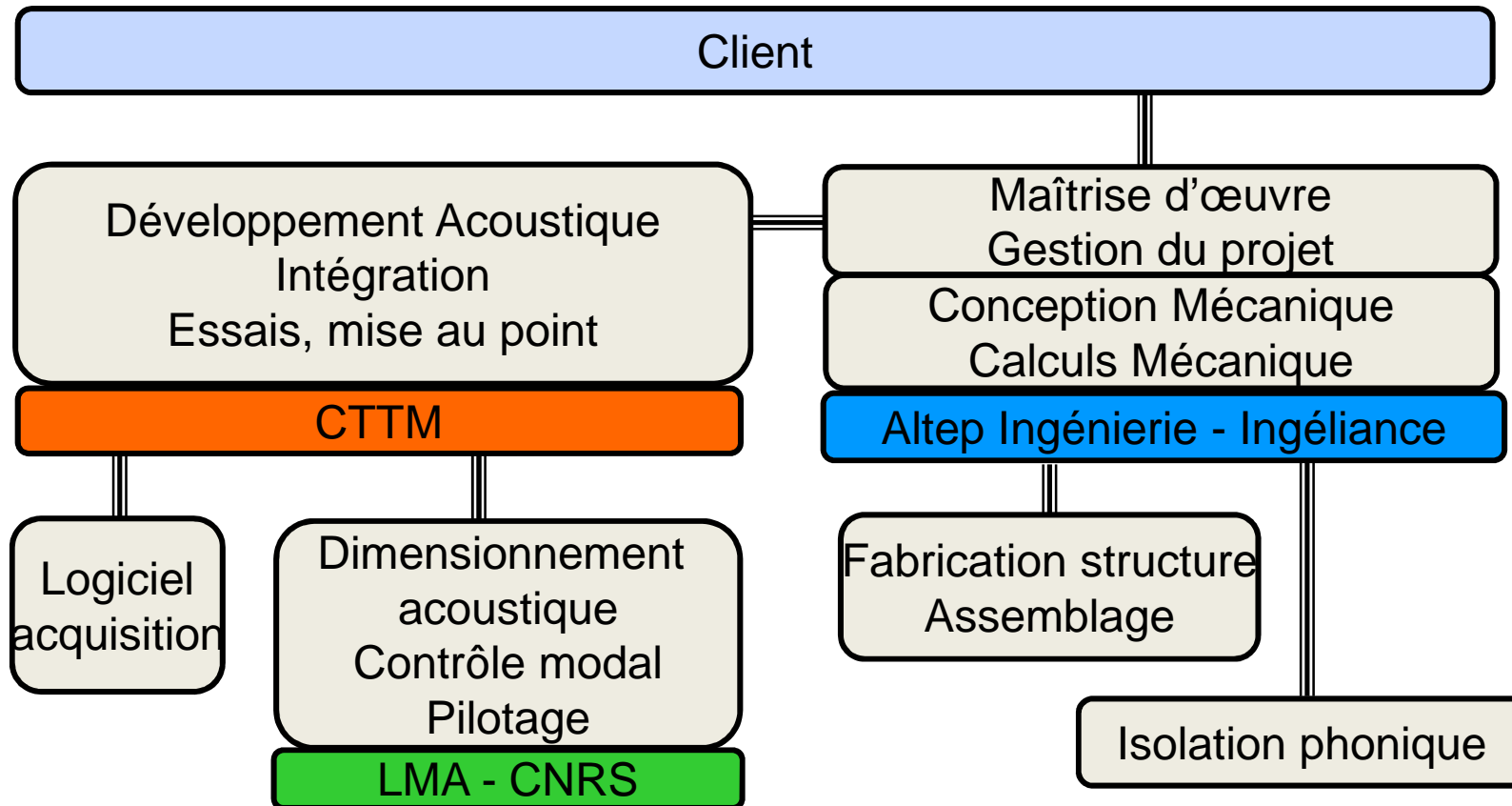
Concept proposé

Cabine d'essais

- ✓ 'Boîte dans la boîte' : cabine intérieure découplée, cabine extérieure pour l'isolation
- ✓ Parois non parallèles
- ✓ Volume réduit (40m^3), distance mini paroi/specimen 0.5m
- ✓ Panneaux acier sur structure alvéolaire acier
- ✓ 37 sources basses fréquences avec pilotage des sources par des signaux indépendants (contrôleurs DSP)
- ✓ Mediums et chambres de compression pour les moyennes et hautes fréquences
1 seul canal de génération



Organisation du projet



Modélisation pour le dimensionnement acoustique

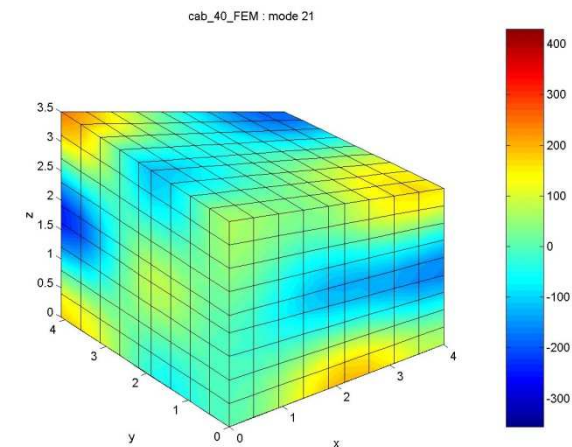


Modèle BF/Contrôle modal

- ✓ Cabine : modèle basé sur une décomposition modale du champ acoustique
 - ✓ Géométrie des modes : calcul FEM (sans dissipation)
 - ✓ Ajout des pertes :
 - ✓ Admittance de paroi : issues de mesures de Tr (en cabine métallique)
 - ✓ Actuateurs : d'après le modèle électroacoustique
- ✓ Actuateurs : modèle électroacoustique
 - ✓ prise en compte de l'impédance de charge réelle (couplage actuateur/cabine)

Modèle MF/HF

- ✓ Théorie usuelle du champ diffus



Dimensionnement des actuateurs BF

Contrôle modal

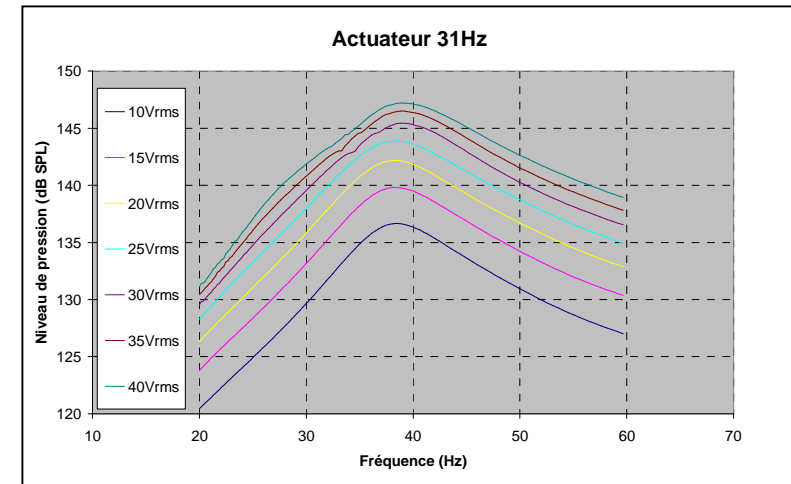
- Pas de lien direct entre les performances intrinsèques des actuateurs et le niveau généré dans la cabine
- Maximisation du rendement

Fiabilité de fonctionnement

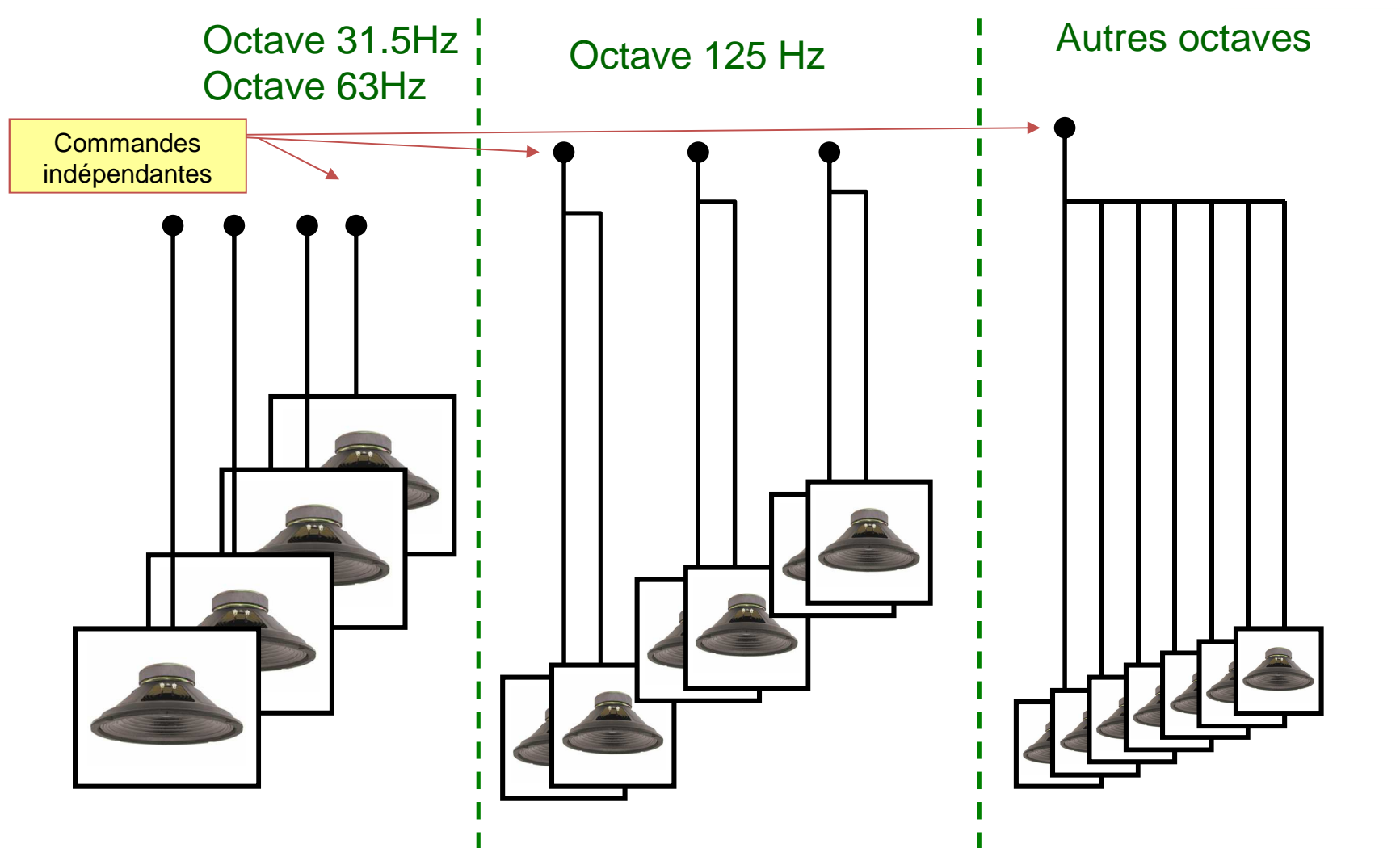
- Linéarité des performances (niveau acoustique élevé)
- Tenue en puissance appropriée (durée des essais ≈ 1 min)

Solution optimale

- Trois modèles d'actuateurs (31.5Hz, 63Hz, 125Hz)
- Enceintes type "bass reflex"
- Deux haut-parleur de 18" en "push pull"



Egalisation spatiale



Système de contrôle

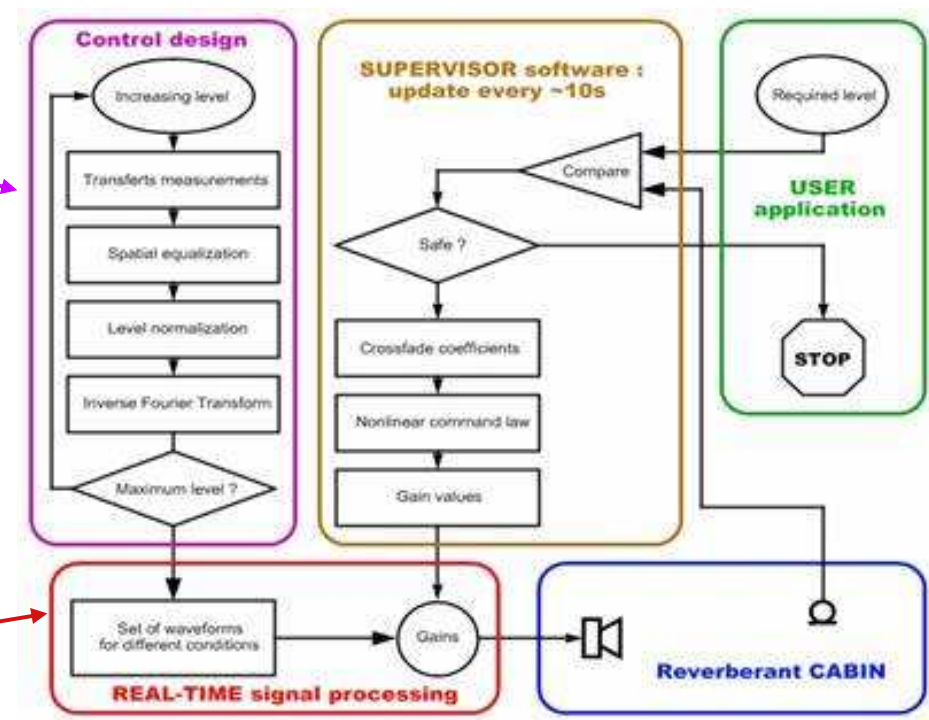
Principe général

Etape préliminaire : calcul des forme d'ondes des signaux :

- pour un objet donné
- pour plusieurs niveaux d'excitation

En phase de test :

- montée en niveau progressive
- ajustement des gains pour compensation d'effets non linéaires



Présentation du moyen d'essai



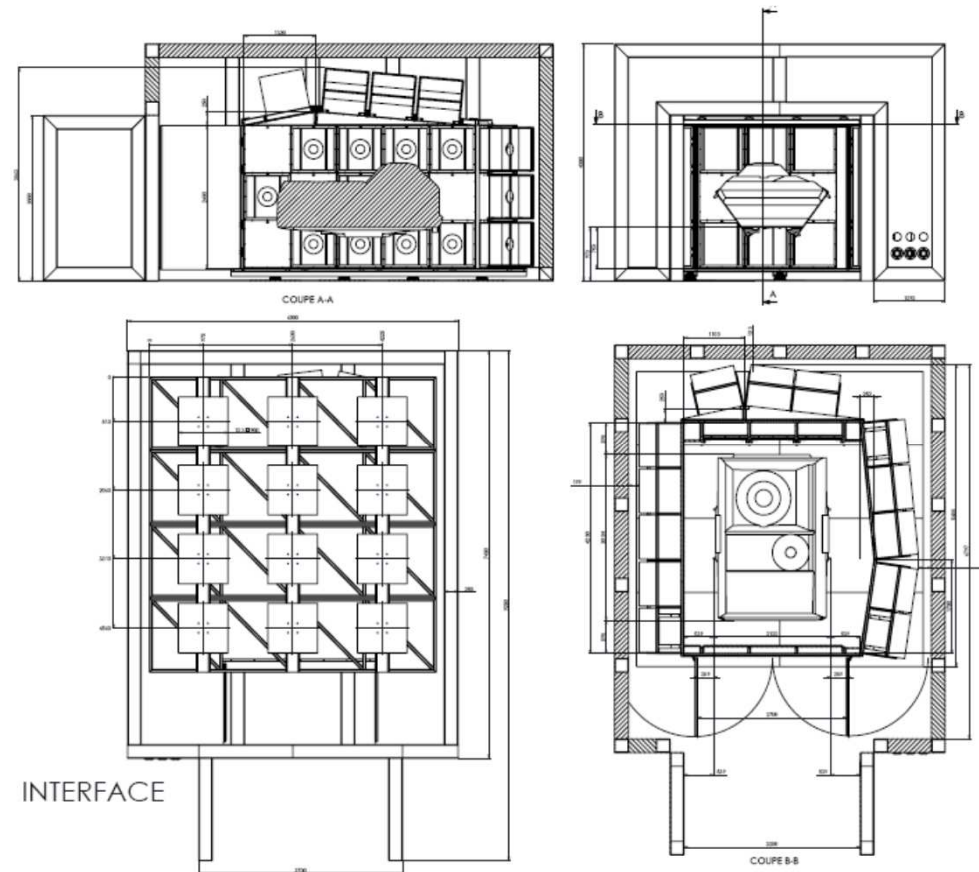
Cabine de 40m³ équipée de :

- 37 enceintes BF en paroi
- 32 sources MF
- 4 sources HF

Système de mesure et pilotage

- 63 microphones autour du satellite (contrôle du champ acoustique)
- Acquisition/contrôle
- 5 contrôleurs DSP 6 canaux
- 27 amplificateurs stéréo

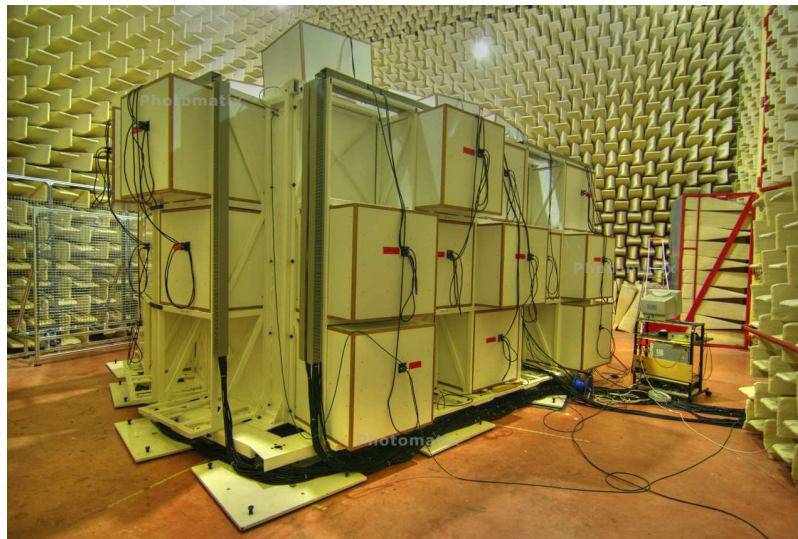
Structure double peau pour assurer un niveau de bruit faible à l'extérieur



Construction

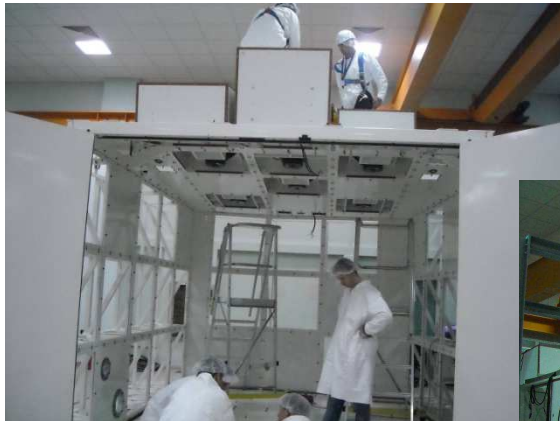


Essais de validation



Montage

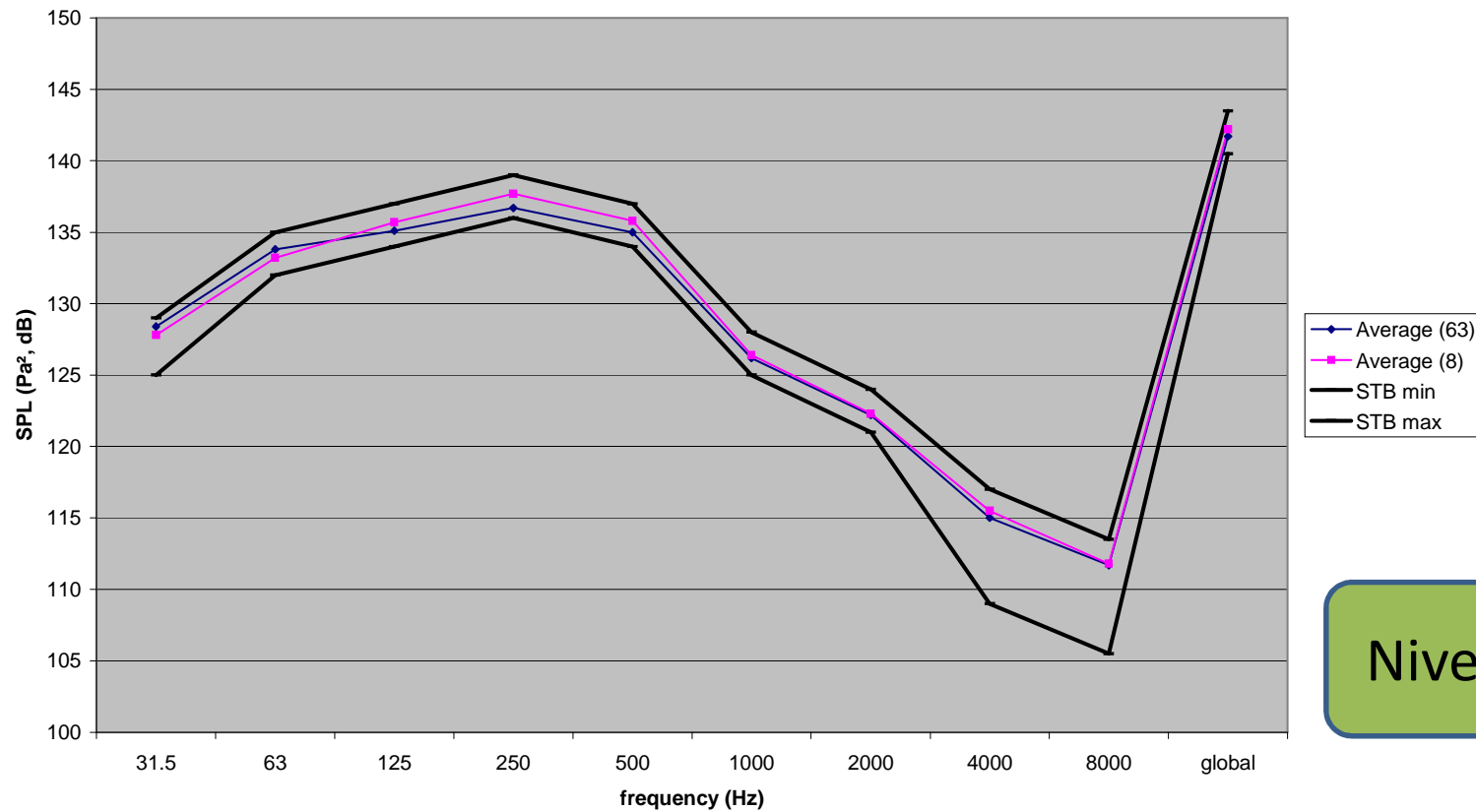
Montage sur site (Rome, 12/2009)



Performances acoustiques

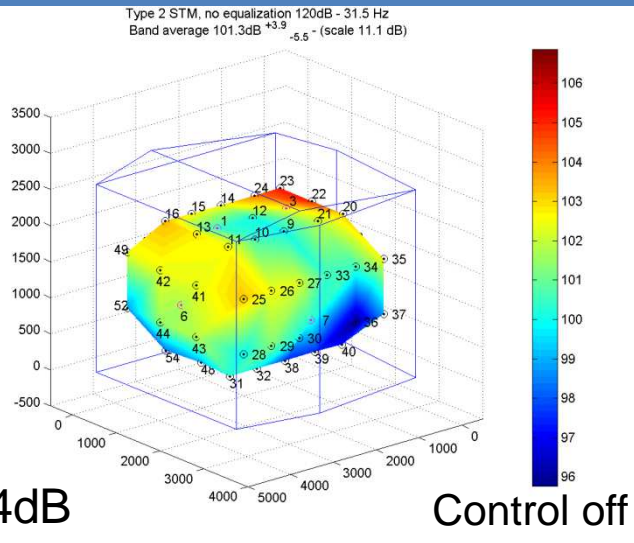
➤ Résultats : niveau acoustique moyen (avec maquette de satellite)

"Acceptance level" test on mock-up (80s)

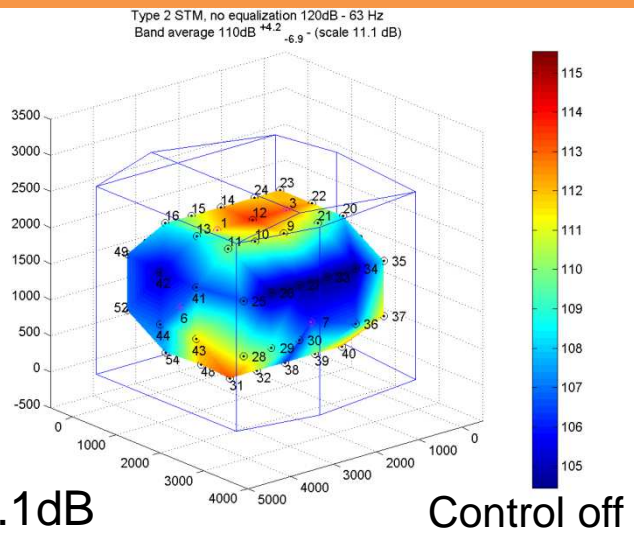
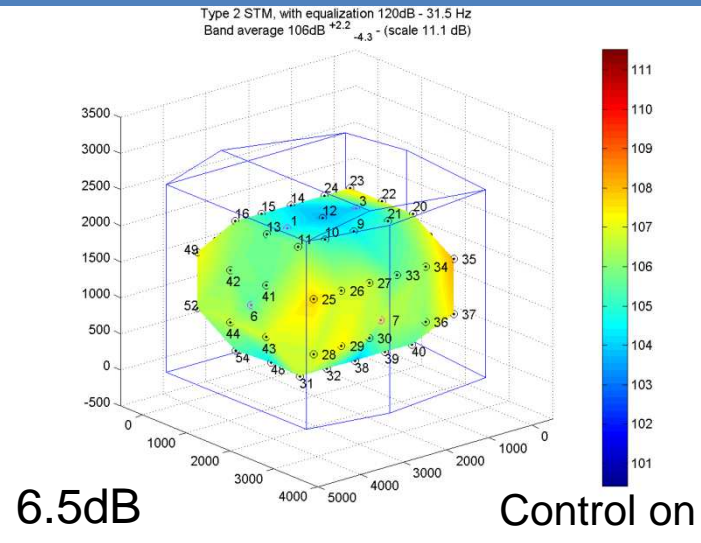


Niveau OK

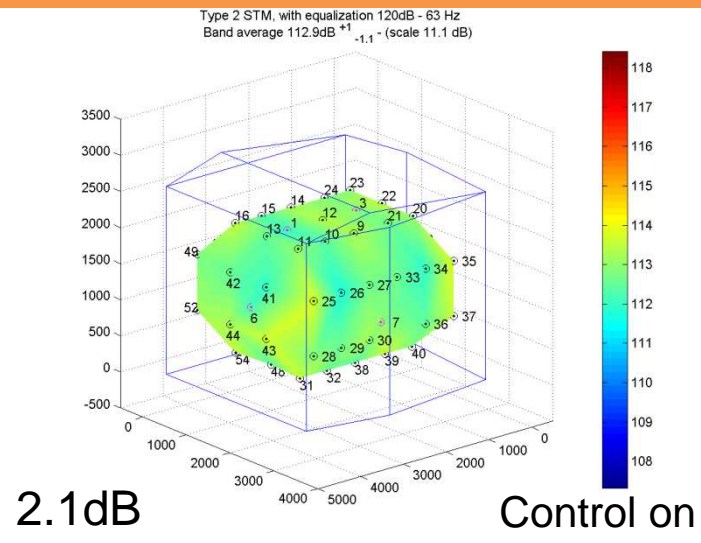
Performances acoustiques



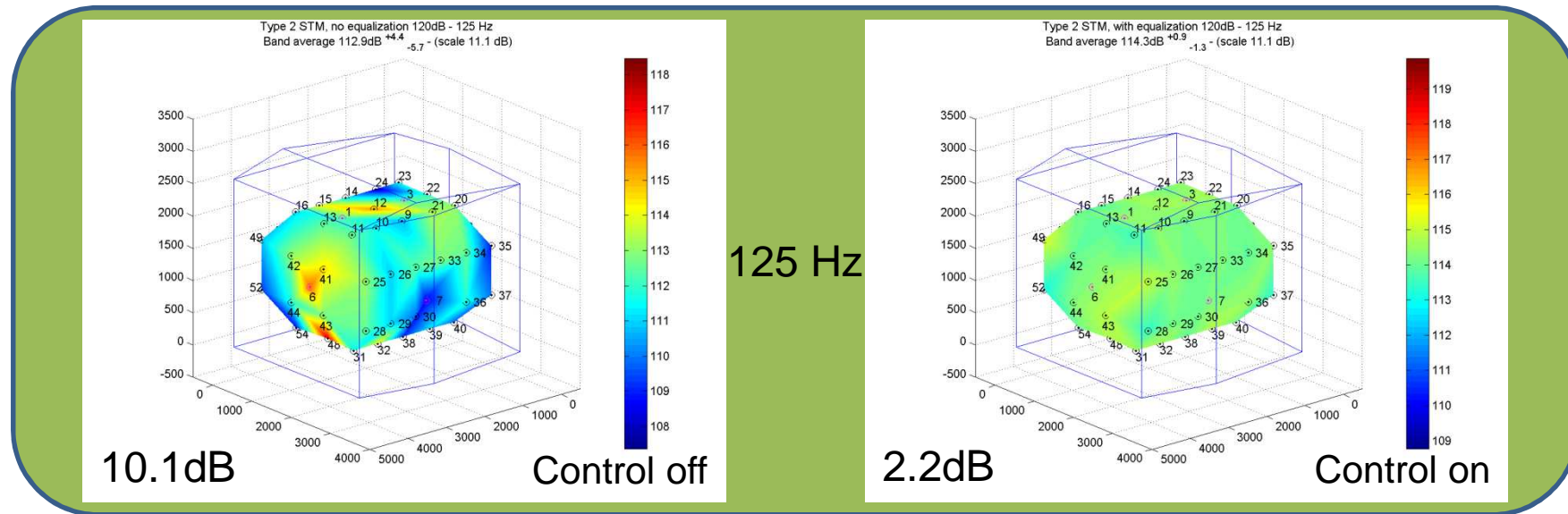
31.5 Hz



63 Hz

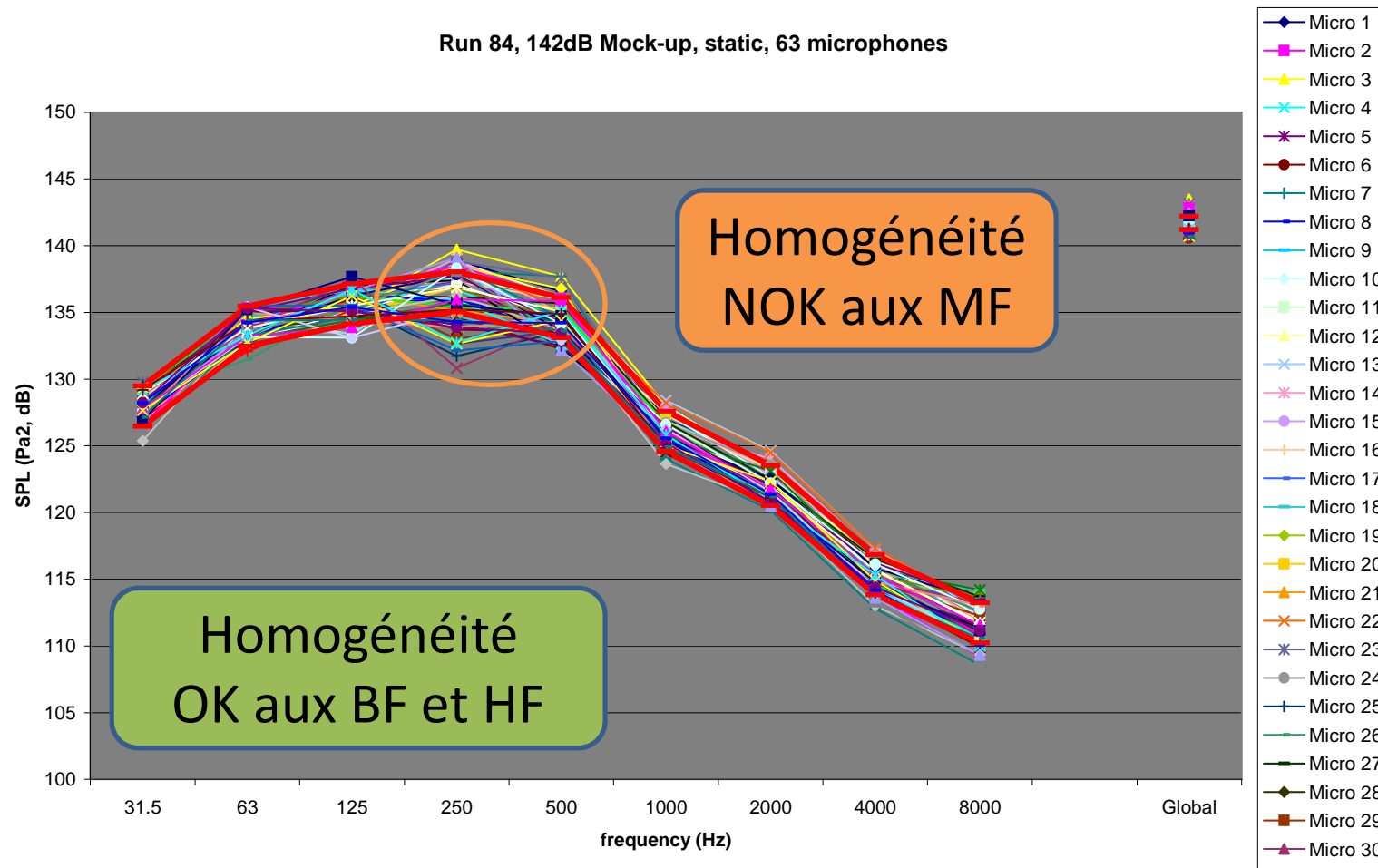


Performances acoustiques



Performances acoustiques

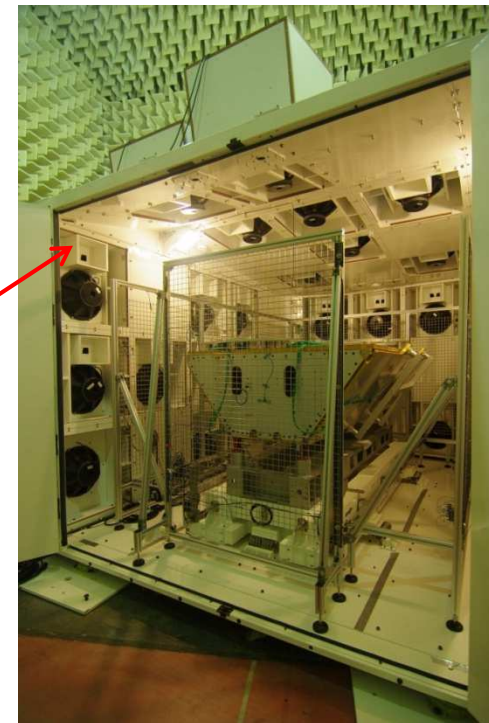
➤ Résultats : homogénéité du champ acoustique (avec maquette de satellite)



Cabine de test satellite

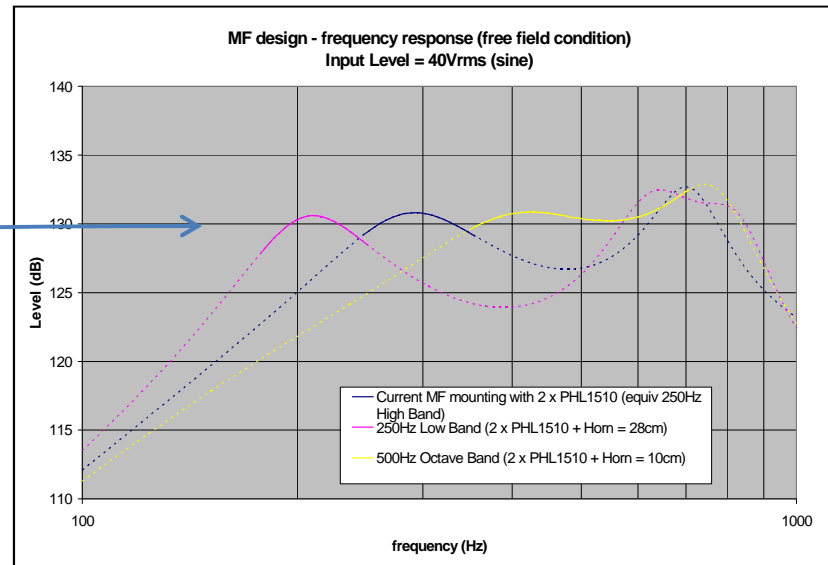
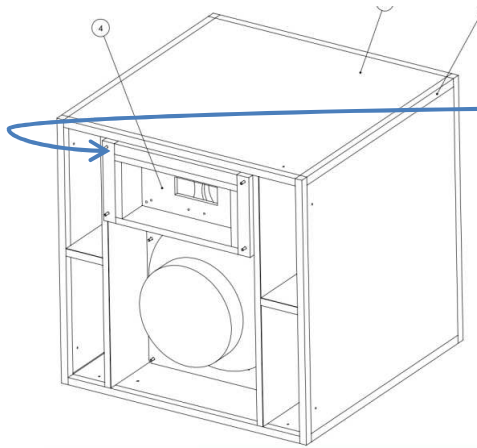
➤ Problématique moyennes fréquences (250Hz et 500Hz)

- Absorption excessive
 - Diminution du niveau acoustique
 - Perte d'homogénéité spatiale (focalisation)
- Correction 1 : ajout de pavillons aux MF
 - Augmentation du niveau acoustique
 - Perte d'homogénéité spectrale
- Correction 2 :
 - Sources MF spécialisées en fréquence
 - Augmentation du nombre de sources MF
 - Génération multicanaux décorrélés



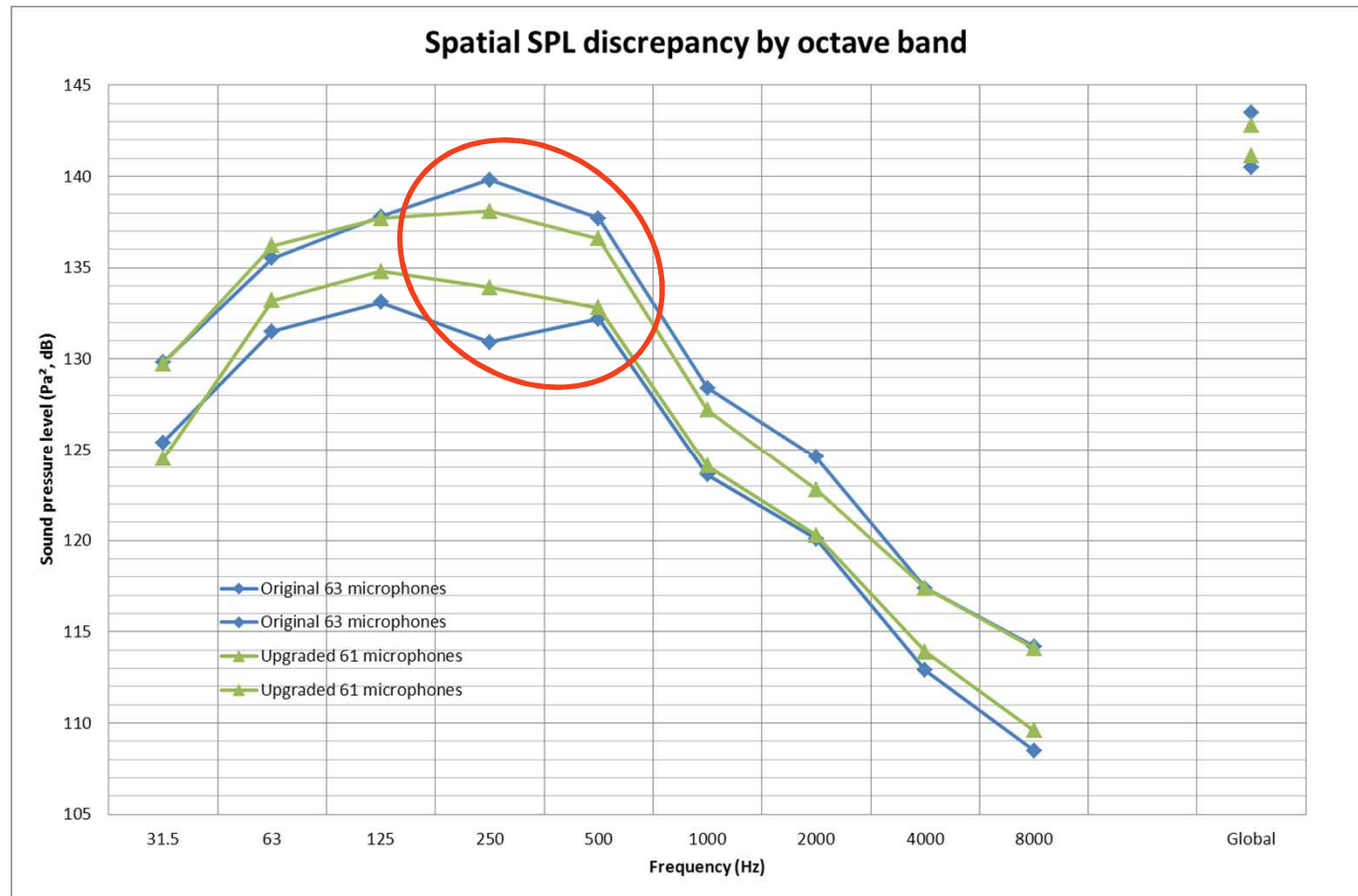
Cabine de test satellite

- Réalisations 2012 (CTTM/LMA) :
 - Remplacement des 32 sources MF par 50 sources « spécialisées » (par plages de fréquences)
 - Remplacement du canal de génération MF par 25 canaux (signaux décorrélés)
 - Passage de 5 à 9 contrôleurs Active Audio, ajout de 5 amplificateurs, re-câblage des sorties
 - Mise à jour du système de pilotage et des données d'usine
 - Validation

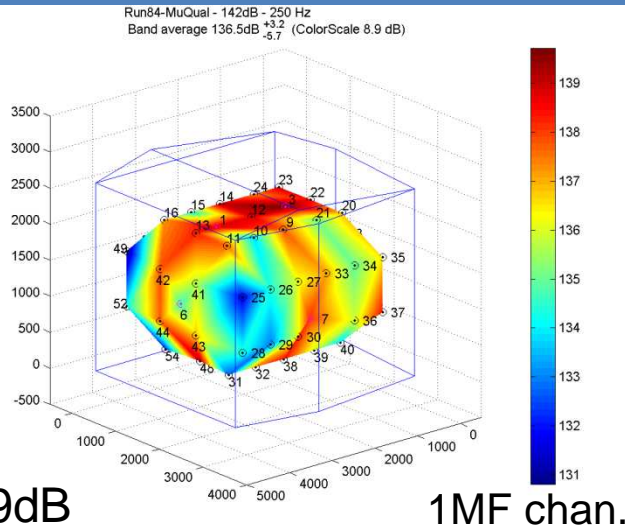


Cabine de test satellite

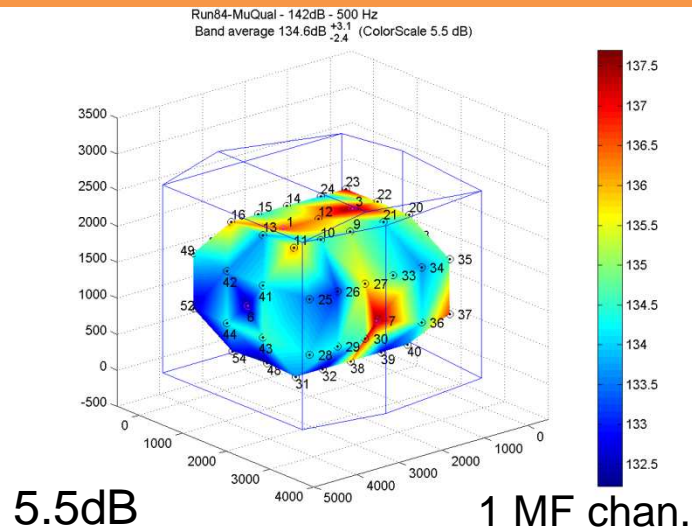
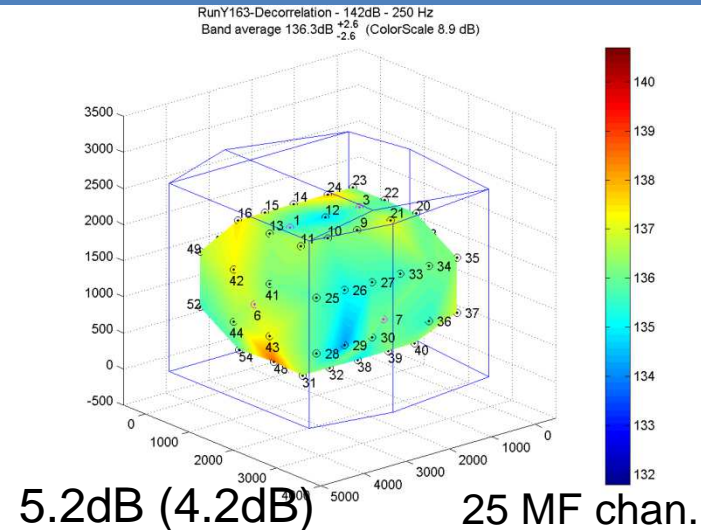
👉 Résultats : amélioration de l'homogénéité spatiale



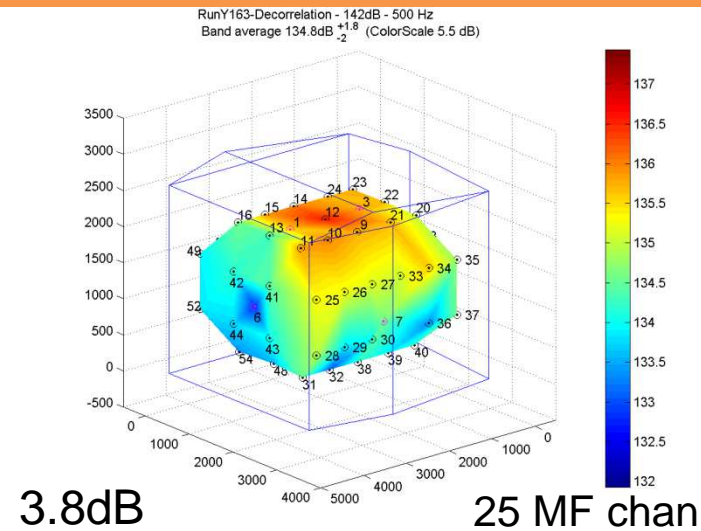
Performances acoustiques



250 Hz

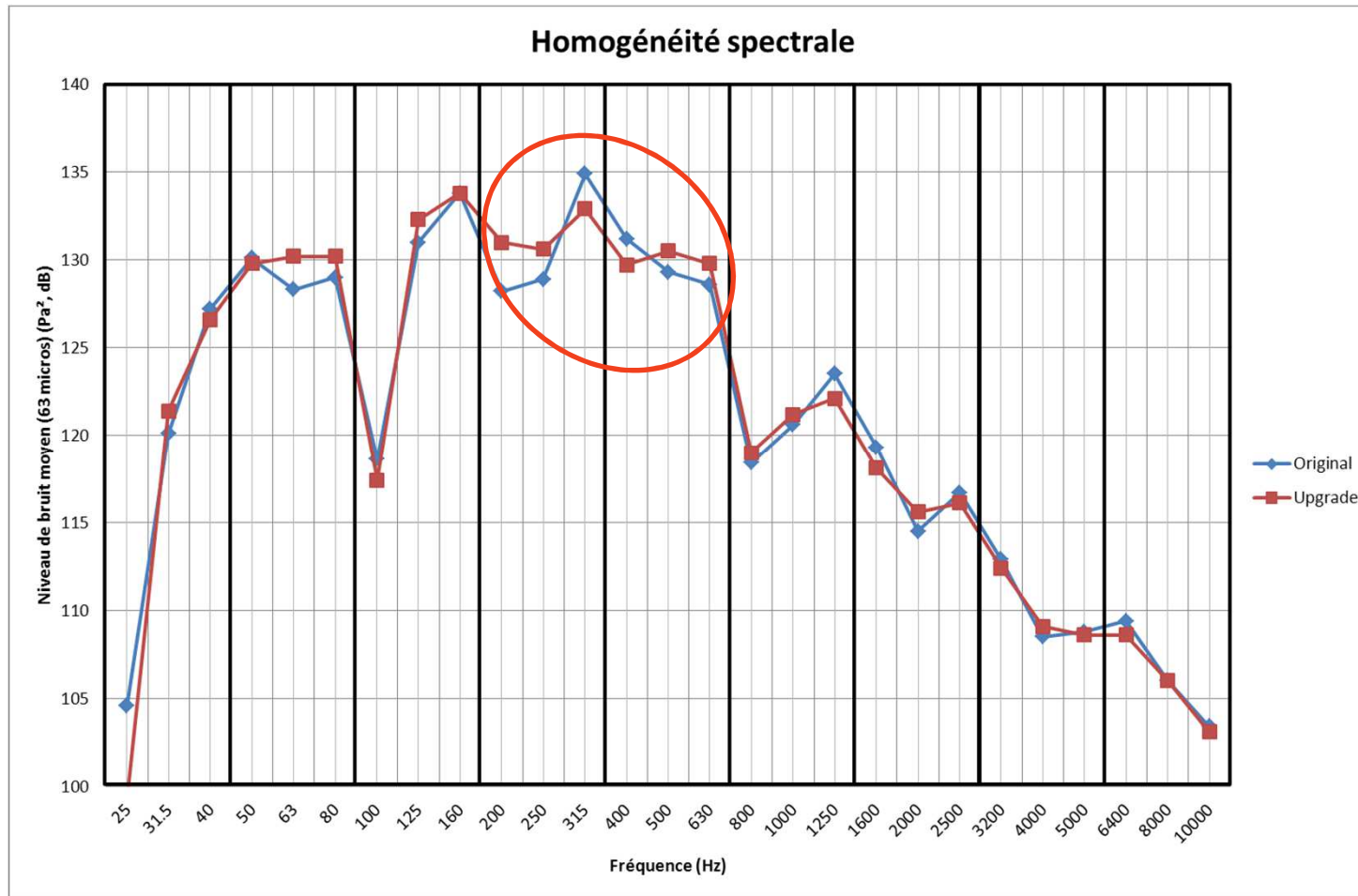


500 Hz



Cabine de test satellite

👉 Résultats : amélioration de l'homogénéité spectrale



Conclusion

Intérêt du moyen d'essais

- ✔ Stabilité et répétabilité
- ✔ Encombrement réduit
- ✔ Facilité d'opération
- ✔ Durée d'immobilisation réduite
- ✔ Maintenance réduite

40+ satellites en 3 ans

- ✔ GlobalStar 2, Galileo, O3B, OHB...

Mais

- ✔ Réticence du secteur à la nouveauté

