Caractérisation Bimodale de l'os cortical

Stage du 26/03/2012 au 29/06/2012

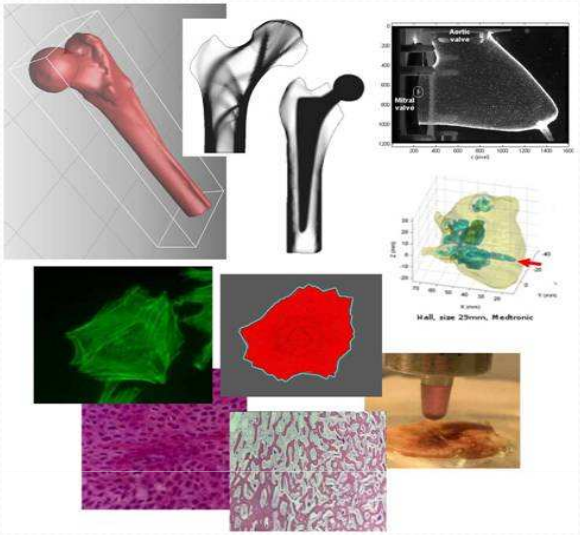
Maîtres de stage : Cécile BARON, Martine PITHIOUX, Philippe LASAYGUES.

Étudiant stagiaire : Fahade Mogni LP MTB.

SOMMAIRE

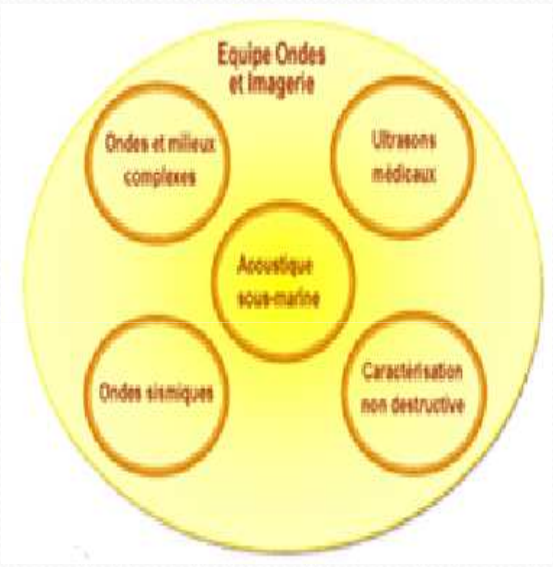
I. Environnement de travail
   1) Institut des Sciences du Mouvement
   2) Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique
II. Contexte du stage
   1) Le matériau « os »
   2) Les différentes modalités d'examens osseux
   3) Objectifs
III. Réalisation du stage
   1) Préparation des échantillons
   2) Méthodes : Caractérisation US et caractérisation mécanique
   3) Résultats

Environnement professionnel



INSTITUT DES SCIENCES DU MOUVEMENT ETIENNE JULES MAREY

LABORATOIRE DE MECANIQUE ET D'ACOUSTIQUE

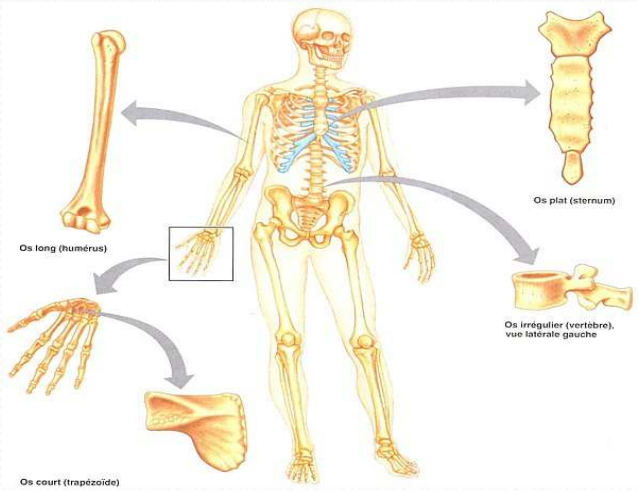


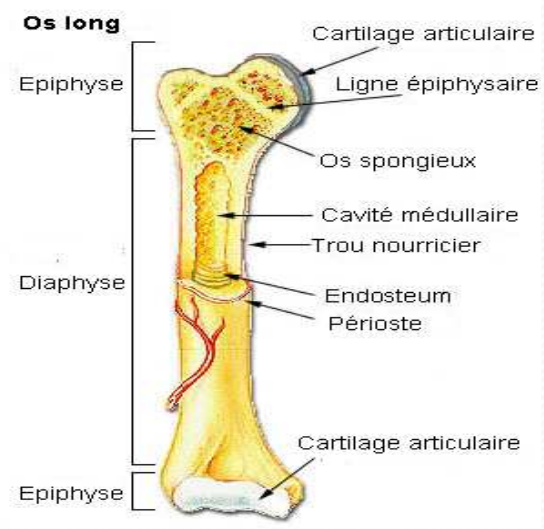
Projet de caractérisation multimodale d'os enfants

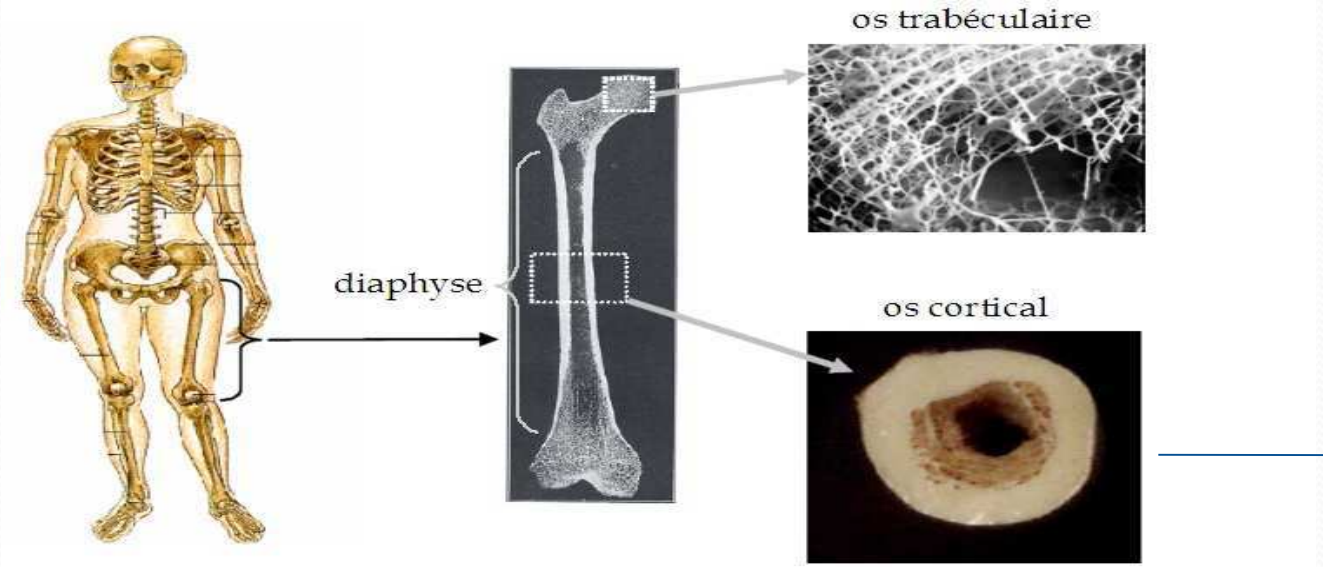
Contexte du stage ESIL-GBM d'Emmanuelle LEFEVRE

Contexte du stage

Le matériau « os »







80% de la masse osseuse

Modalités cliniques d'examen osseux

- Radiologie conventionnelle
- Ostéodensitométrie (absoptiométrie,DXA…)
- Tomodensitométrie QCT (images 3D)
- Imagerie par Résonance Magnétique
- Scintigraphie osseuse
- Echographie .

Modalités cliniques d'examen osseux

Limites des modalités cliniques (en pédiatrie)

- Problème de l'anesthésie des très jeunes enfants (RX, IRM)
- Problème des modalités ionisantes (RX)
- Modalité non paramétrique (Scintigraphie, echographie)
- Un seul paramètre (vraiment) disponible : la « densité »

Objectif général

- Mieux connaître les propriétés de l'os en croissance pour mieux comprendre les pathologies du développement chez l'enfant

- Développer une modalité ultrasonore paramétrique (non ionisante, facile d'accès et d'utilisation)

- mais quelles propriétés et quels paramètres ?

« Mes » objectifs

- ✓ **Déterminer le module de Young et le coefficient de Poisson de l'os cortical enfant**

MAIS difficulté d'obtenir des os d'enfants donc on choisit os de bovin (boucherie)

- ✓ Etudier les dimensions élémentaires des echantillons (os enfant = très petite taille)

- ✓ Valider des protocoles expérimentaux de mesures ultrasonores et mécaniques adaptés à ces petites tailles

Réalisation du stage

Préparation des échantillons : découpe

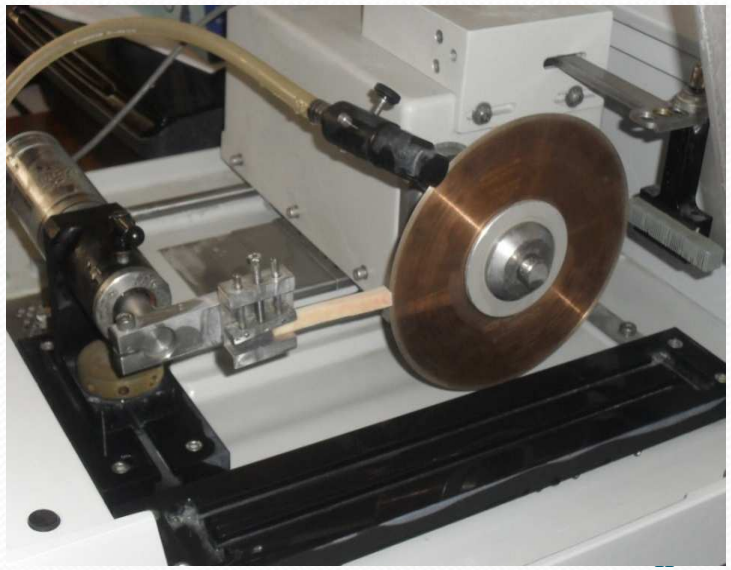
- Echantillons en forme de parallélépipède avec des interfaces planes de différentes épaisseurs
- Scie à lame diamantée. Vitesse de découpe lente 5 mm/min.
- Mesures dimensions et de la masse volumique.

$0,4 < e < 1,2$ mm

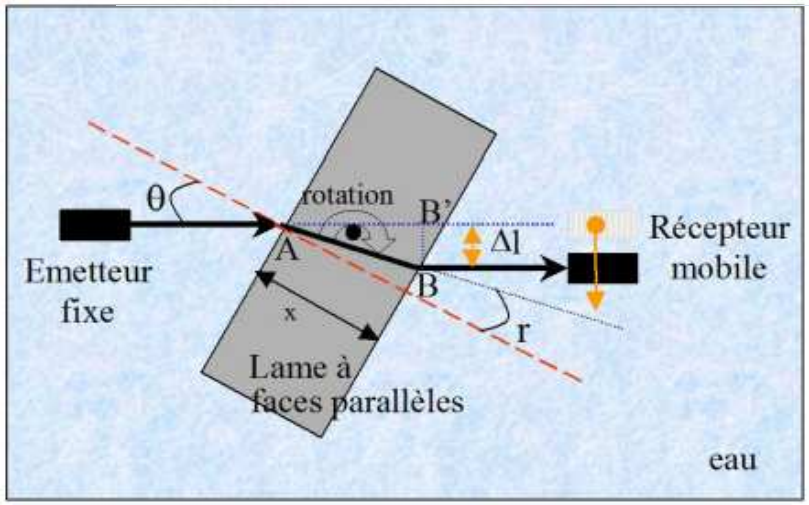
$23 < l < 48$ mm

$6 < L < 11$ mm

$1,7 < \rho < 2,8$ g/cm^3



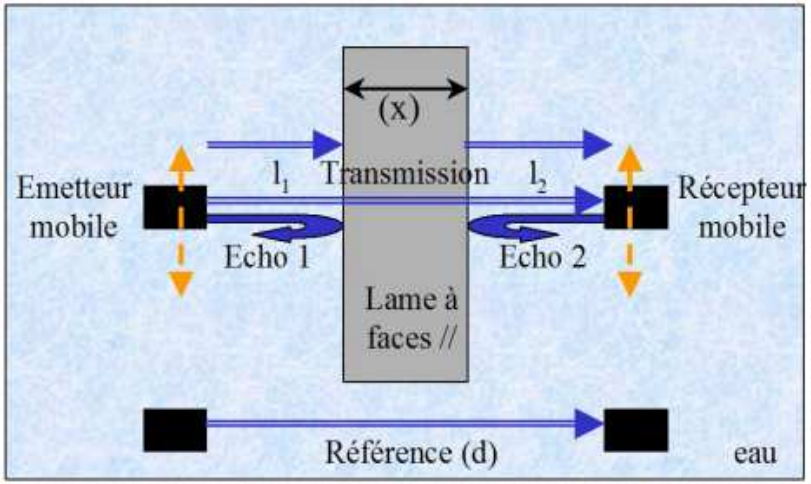
Méthode : Caractérisation US



$$E = \frac{\rho C_T^2 (3C_L^2 - 4C_T^2)}{C_L^2 - C_T^2} \quad et \quad \nu = \frac{(C_L^2 - 2C_T^2)}{2(C_L^2 + C_T^2)}$$

On obtient ces célérités avec la formule suivante:

$$C_b = \frac{C_w}{\sqrt{1 + \frac{C_w \Delta_t}{x}\left(\frac{C_w \Delta_t}{x} - 2\cos\theta\right)}}$$

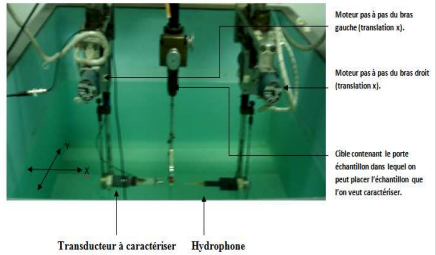


Comme on a besoin de l'épaisseur x, on la détermine avec cette formule :

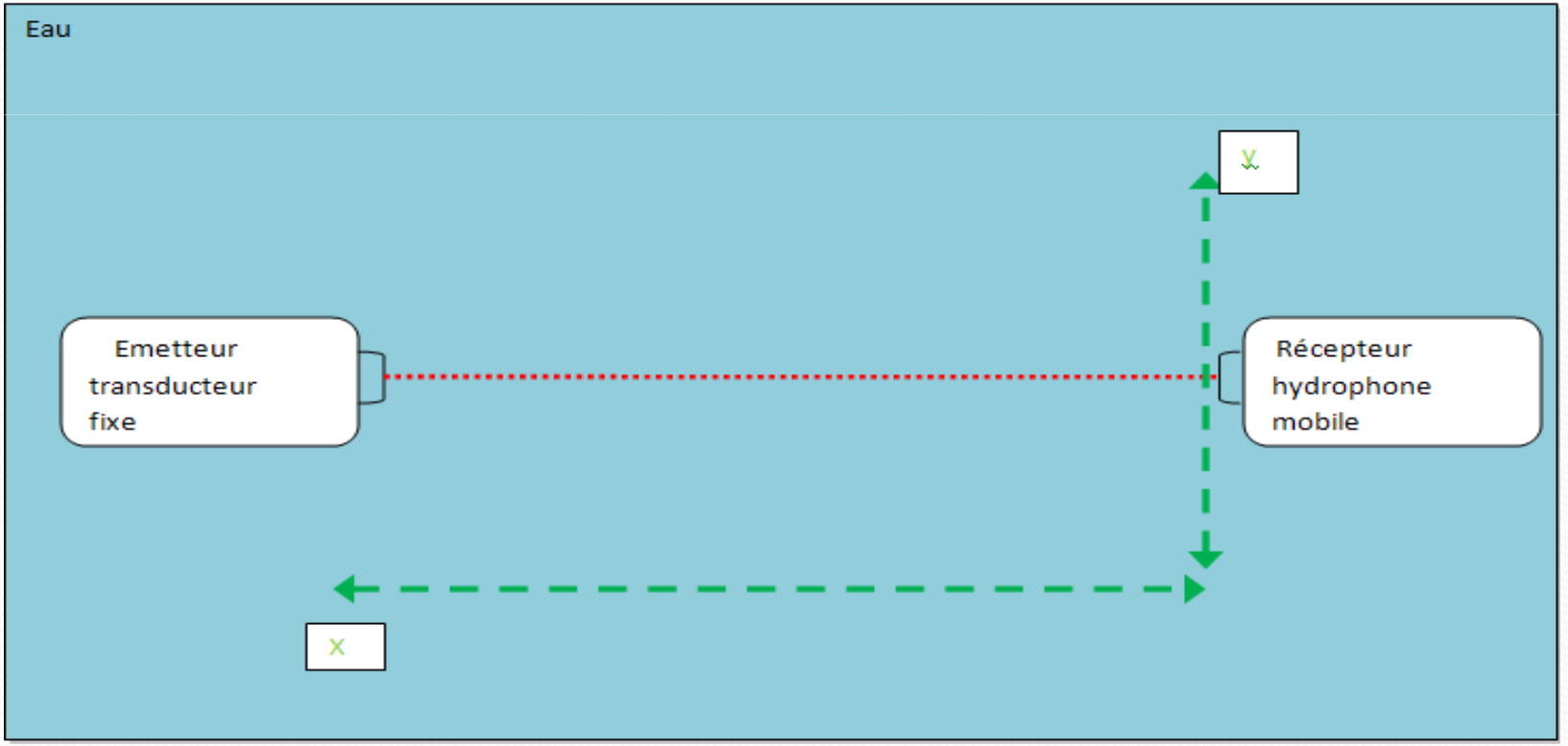
$$x = d \quad C_w\left(\frac{t_1 + t_2}{2}\right)$$

On réalise ces tests sur des transducteurs à 7 et 10 MHz

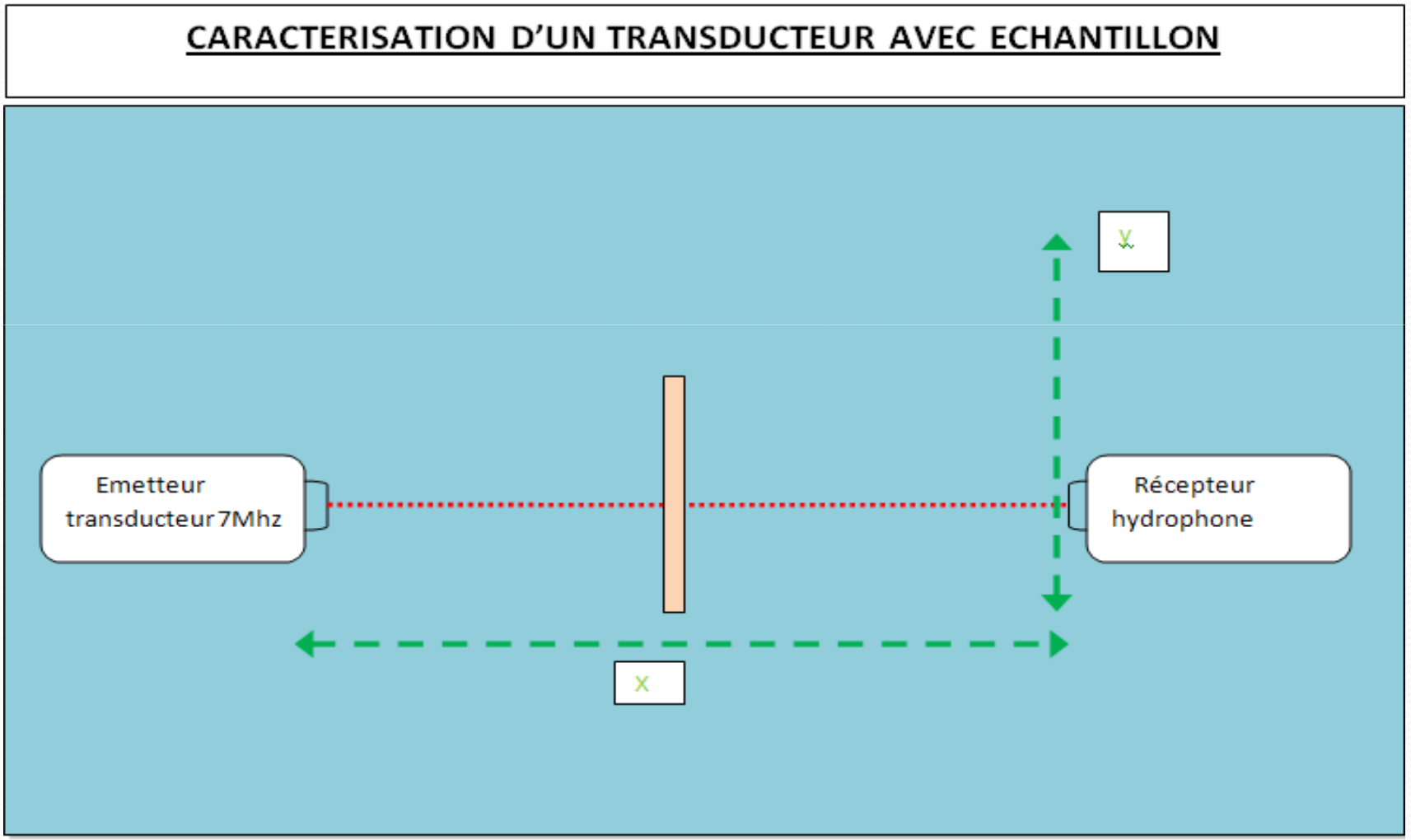
Méthode : Caractérisation US



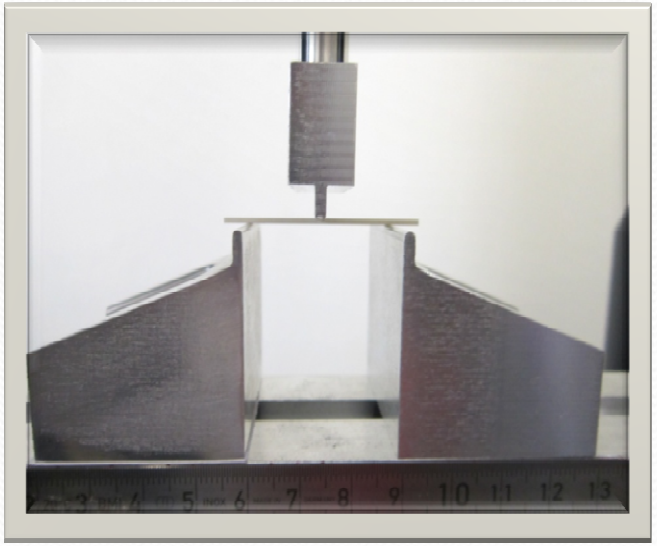
CARACTERISATION D'UN TRANSDUCTEUR A VIDE

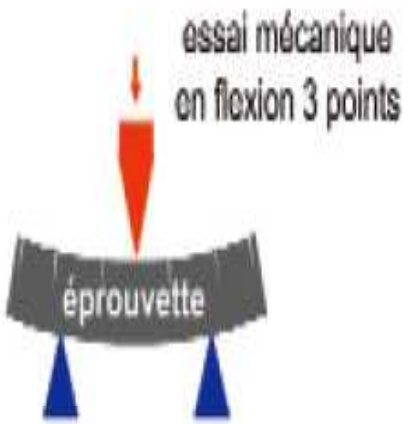


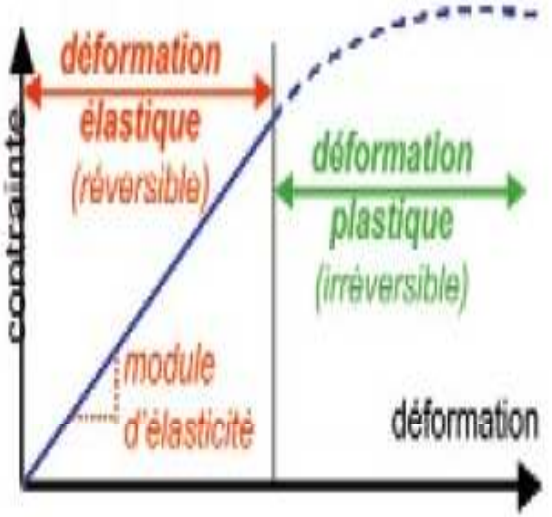
Méthode : Caractérisation US



Méthode : Caractérisation mécanique



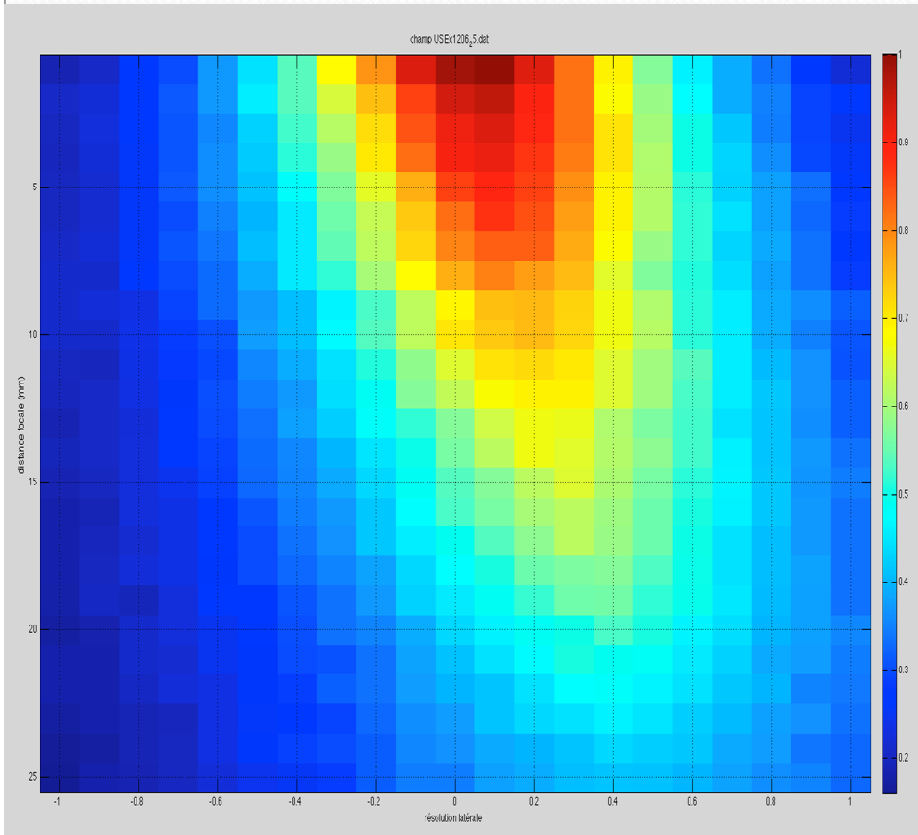




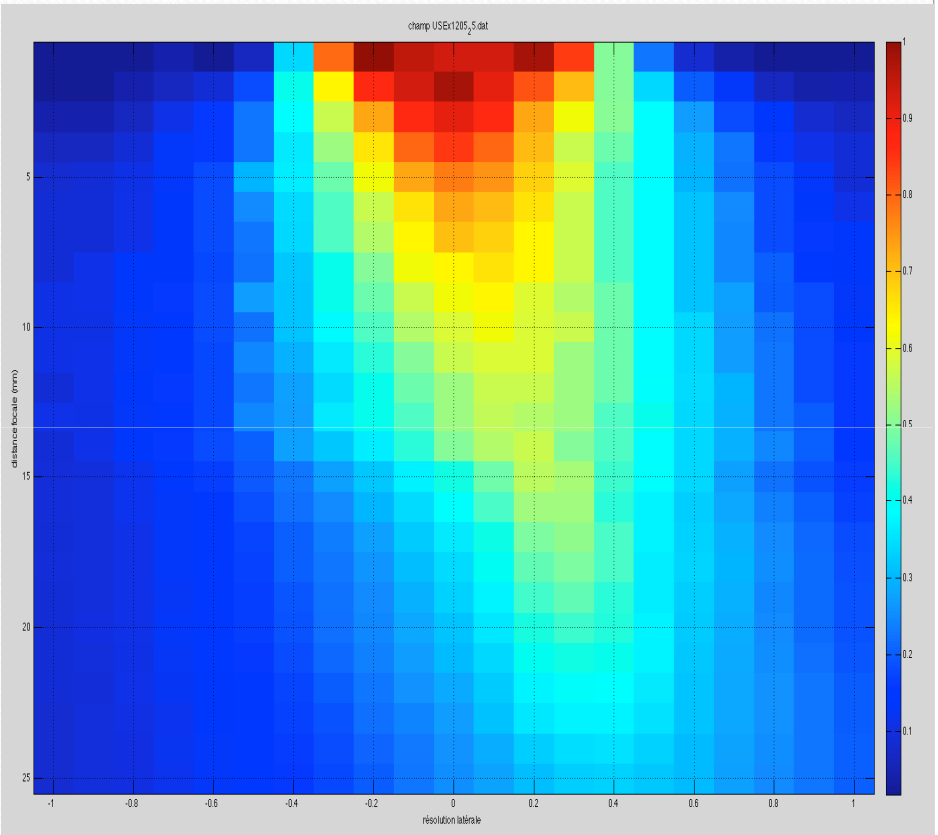
Caractérisation par micro-flexion 3 points

$$\sigma = \frac{F\,Le}{8\,I}\;; \qquad \varepsilon = \frac{6de}{L^2}\;; \qquad E = \frac{F}{d} * \frac{L^3}{48 * I}\;; \qquad I = \frac{l * e^3}{12}$$

Résultats : Caractérisation US transducteurs

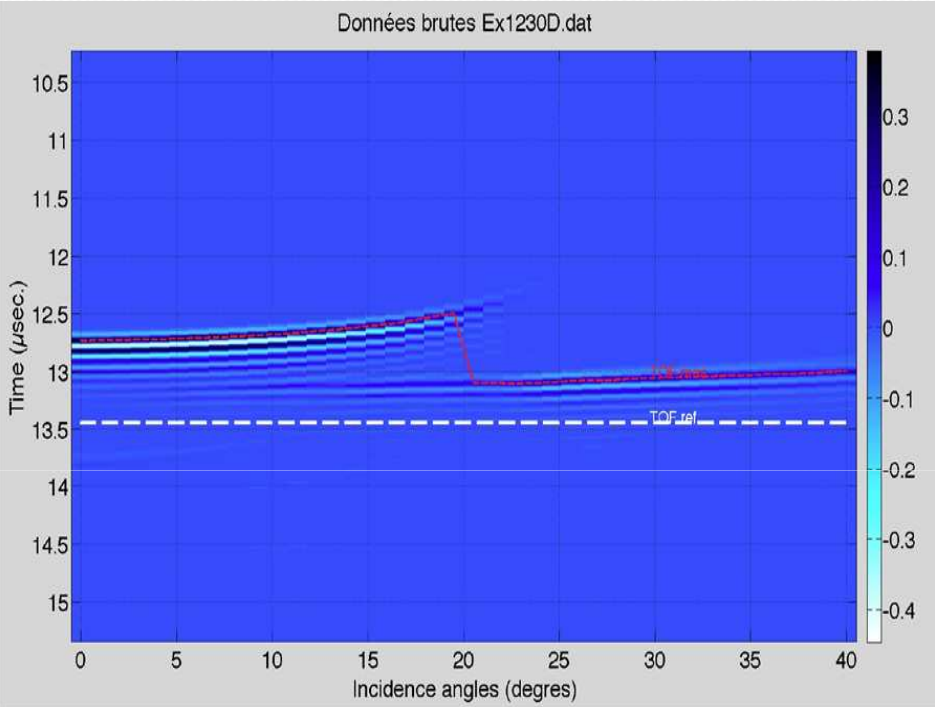


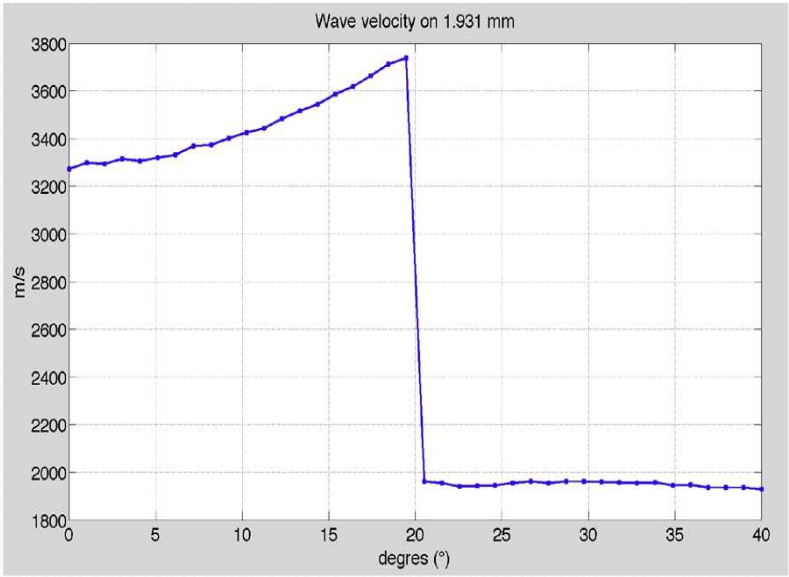
Répartition du faisceau acoustique sans échantillon à 7 MHz.



Répartition du faisceau acoustique avec échantillon à 7 MHz.

Résultats : Caractérisation US



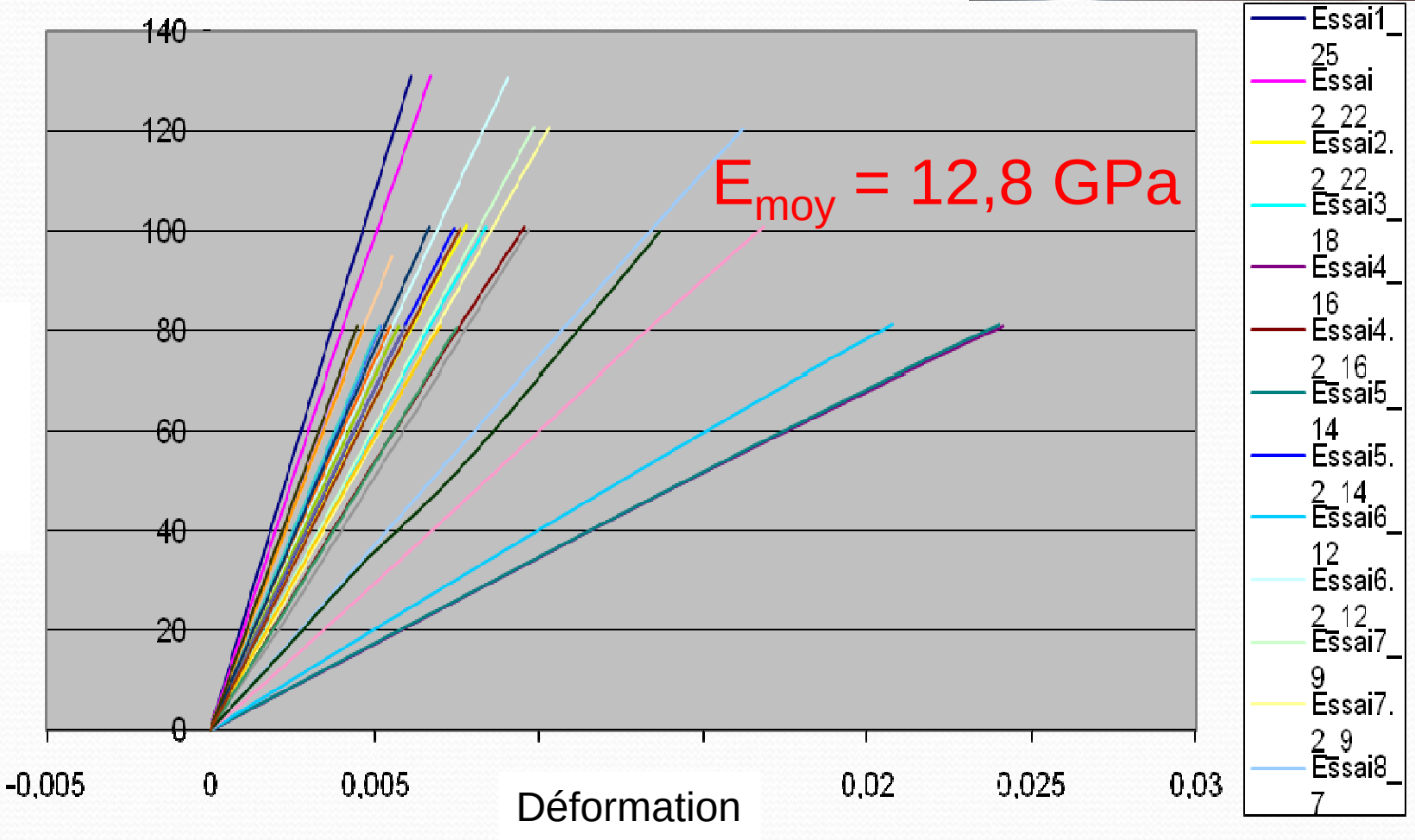


Résultats : Caractérisation US

A 7 MHz :

Dimension (mm) l x L x e	Masse volumique (g/cm3)	Epaisseur US (mm)	C_T (m/s)	C_L (m/s)	Module d'Young (GPa)	Coefficient De Poisson
44,99 x 9,49 x 1,39	2,045	1,112	3927	2147	24,261	0,2868
47,38 x 7,80 x 1,64	2,085	1,6018	3603	2078	22,522	0,2508
44,96 x 9,41 x 1,11	2,069	1,102	3528	2111	22,518	0,2211
47,6 x 7,62 x 1,06	2,043	0,86	4339	2254	27,302	0,3152
32,94 x 7,01 x 1,5	2,033	1,391	3865	2229	25,269	0,2508
46,56 x 7,28 x 1,41	2,076	1,338	4267	2336	29,137	0,2860
28,92 x 7,45 x 1,09	2,051	1,016	4062	2447	29,848	0,2152
28,60 x 7,62 x 1,39	2,068	1,327	4073	2294	27,592	0,2677
Moyenne			**3958**	**2237**	**26,056**	**0,2617**
Ecart type			**289,14**	**123,49**	**2,844**	**0,0342**

Résultats : Caractérisation US



En conclusion sur ce projet

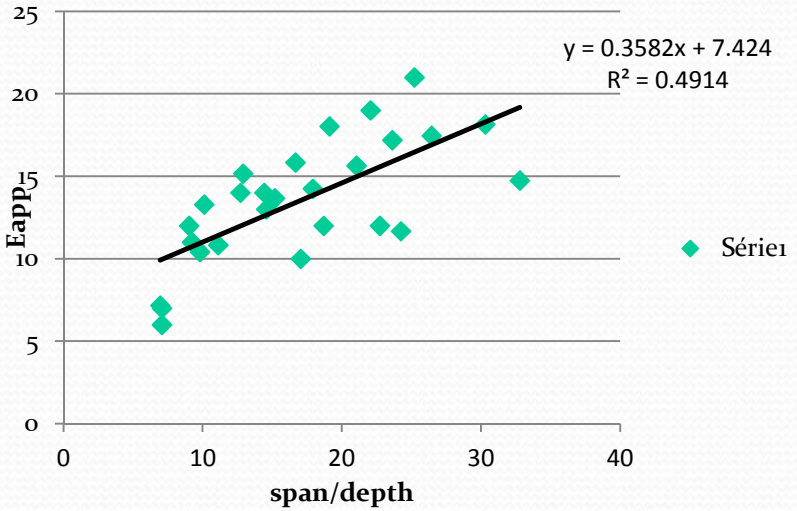
- Réalisation plus de 50 acquisitions US et tests mécaniques
- Résultats conformes avec ce que l'on trouve dans la littérature.
- Validation du protocole expérimental
- Poursuite du projet dans le cadre d'une thèse

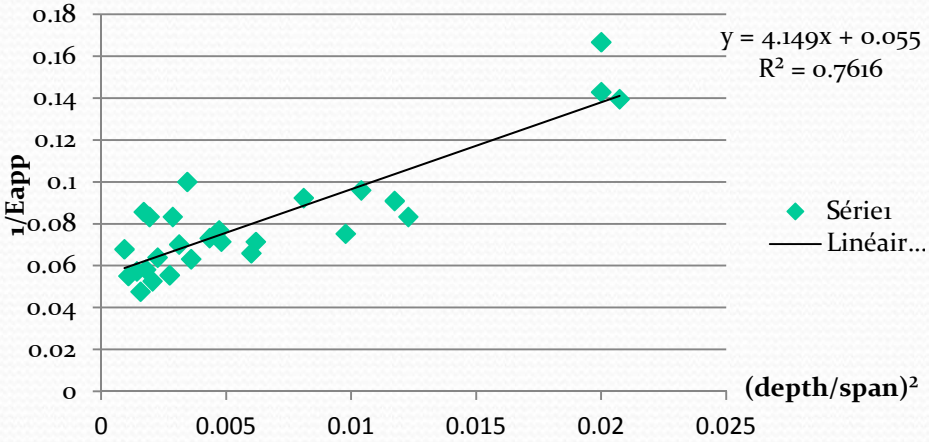
BILAN DU STAGE

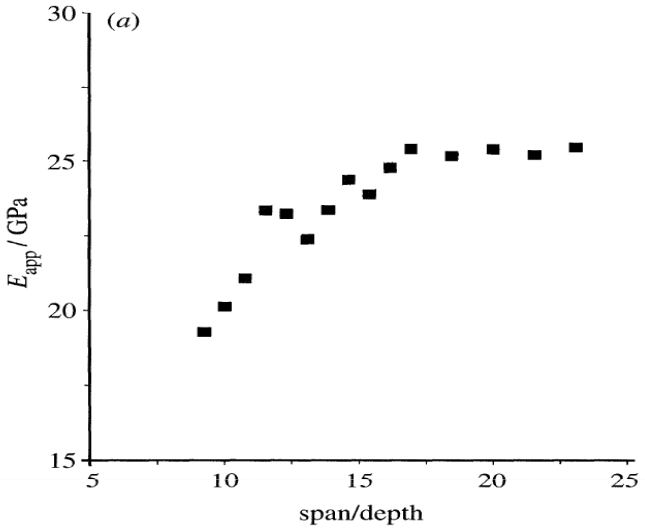
Expérience enrichissante et intéressante

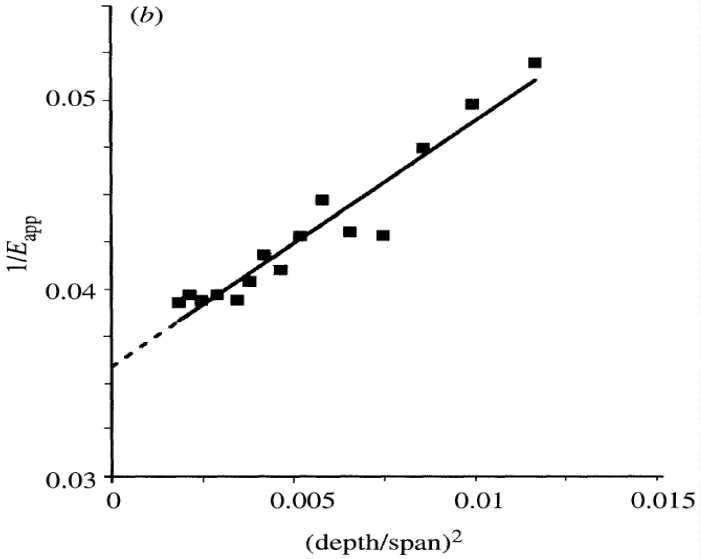
- Familiariser avec le domaine biomédical
- Appliquer les connaissances théoriques
- Echanger avec des collaborateurs internationaux
- Aperçu des différentes facettes du métier

Merci pour votre attent
si vous avez des questio


y = 0.3582x + 7.424
R² = 0.4914
Eapp
span/depth
Série1


y = 4.149x + 0.055
R² = 0.7616
1/Eapp
(depth/span)²
Série1
Linéair...


(a)
E_{app} / GPa
span/depth


(b)
$1/E_{app}$
(depth/span)²