

Jeudi 20 et Vendredi 21 Octobre 2016
DIU Echographie - Lille

EFFETS BIOLOGIQUES DES ULTRASONS



Centre Hospitalier Régional
Universitaire de Lille

Corinne GAUTIER
CHRU LILLE



Pourquoi un cours sur les effets biologiques?

- Parce qu'ils existent
- Parce que l'utilisation des ultrasons à but thérapeutique se développe
- Pour répondre aux questions des patients sur le risque potentiel des examens échographiques : «est-ce dangereux?»
- Pour connaître l'outil que l'on utilise: principe de responsabilité

Organismes utiles

- AIUM: American Institut of Ultrasound in Medicine
- NEMA : National Electrical Manufacturers Association
- FDA : Food and Drug Administration
- EFSUMB: European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology
- SFR : Société Française de Radiologie
- SFAUMB: Société Francophone pour l 'Application des Ultrasons à la Medecine et à la Biologie

Mise sur le marché d'un échographe

→ obligations réglementaires

Introduction

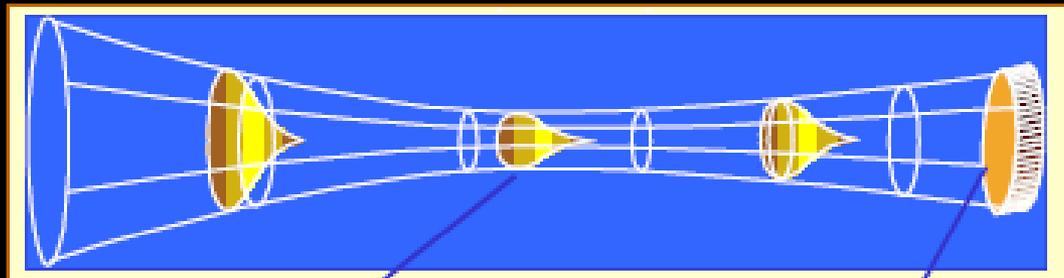
- Echographie diagnostique
 - effets biologiques non souhaités
- Echographie à but thérapeutique
 - effets biologiques recherchés localisés
et contrôlés
US focalisés de haute intensité

Introduction

L'intensité du faisceau US est la quantité d'énergie (puissance émise par le système) qui traverse en 1 sec une surface unité S (section du faisceau)

$$I = \frac{P}{S} \text{ en } \text{mW.cm}^{-2}$$

$$I = \frac{P_0^2}{2\rho c} \text{ (} P_0 = \text{pression, } \rho = \text{densité du milieu, } c = \text{célérité des US)}$$



Intensité selon le mode US

MODE	PUISSANCE	Intensité Moyenne au pic (mW.cm ⁻²)	Risque potentiel
B	+	200 la plus faible	Considéré comme sûr
Doppler Couleur	++	450 niveau intermédiaire	Risque d'hyperthermie si petite boîte de couleur
Doppler Pulsé	+++	1700	Risque élevé d'hyperthermie Pulses longs, forte puissance à l'émission, fixité de l'échantillonnage → intensité moyenne délivrée élevée

Effets biologiques des US

- I. Effet Thermique : augmentation de la température des tissus
- II. Effets Mécaniques :
 - Cavitation
 - Lithotripsie
 - Traitement des calcifications tendineuses
- III. Altérations cellulaires et/ou biochimiques observées in vivo chez l'animal et in vitro
Effets tératogènes
- IV. Modification de la perméabilité cellulaire

Effet thermique

I - Effet thermique

- Lorsque l'énergie mécanique est absorbée par un milieu → convertie en chaleur
- Paramètres favorisants:
 - l'intensité ultrasonore
 - la durée de l'exposition
 - la fréquence utilisée
 - le coefficient d'atténuation du tissu (plus élevé dans l'os que dans les tissus mous)
- la circulation sanguine dissipe la majeure partie de la chaleur

I - Effet thermique

Indice Thermique (TI)

TI correspond au rapport de la puissance émise sur la puissance nécessaire à l'élévation de la température du milieu de 1°

→ TI = 1 signifie que la température peut s'élever de 1°C en cours d'examen

ITm0.3 IM 0.4

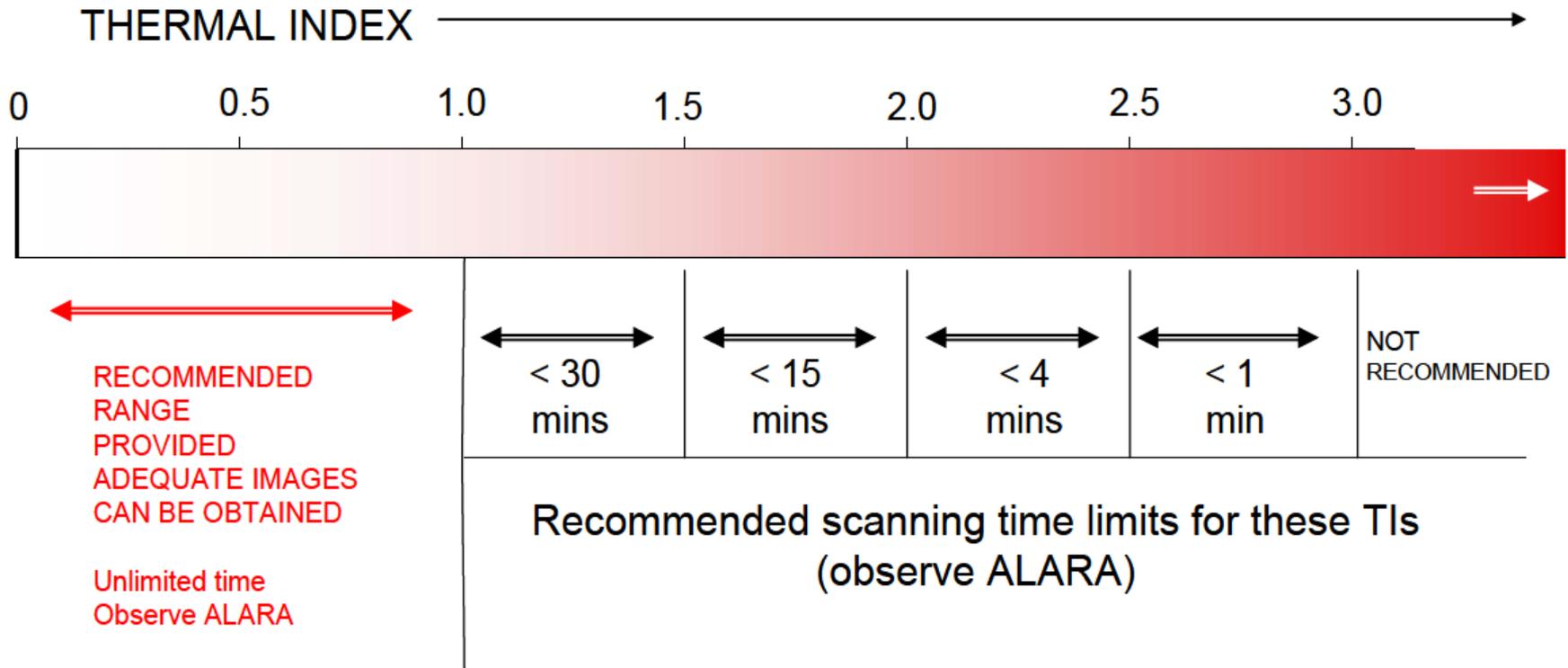
CHRU LILLE NeuroRadio

L17-5/TissSup test

C3 C3
+2.8



ADULT trans-cranial SCANNING



Monitor TIC. Use of TIC>3 is not recommended.

MI>0.7 should be used with caution in the presence of contrast agents

Compromis : augmentation thermique / durée de l'examen

I - Effet thermique

Effets non souhaités :

- Risque d'échauffement en surface de la sonde (échographie endo, ETO)
- Risque de lésions définitives

Respect du principe ALARA

Acronyme utilisé en imagerie

« As Low As Reasonably Achievable »

(aussi bas que raisonnablement possible)

I - Effet thermique

Effets souhaités :

Ablathermie

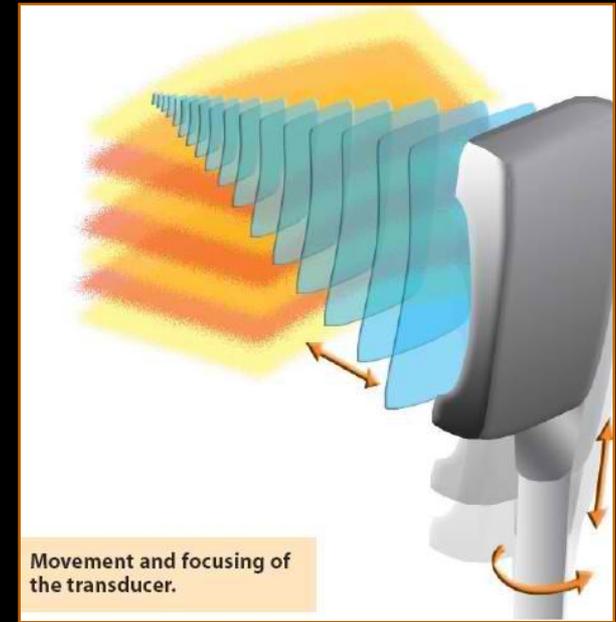
Ultrasons focalisés de haute intensité

Destruction de tumeurs

(ex: cancer de la prostate)

Destruction tissulaire due à trois phénomènes :

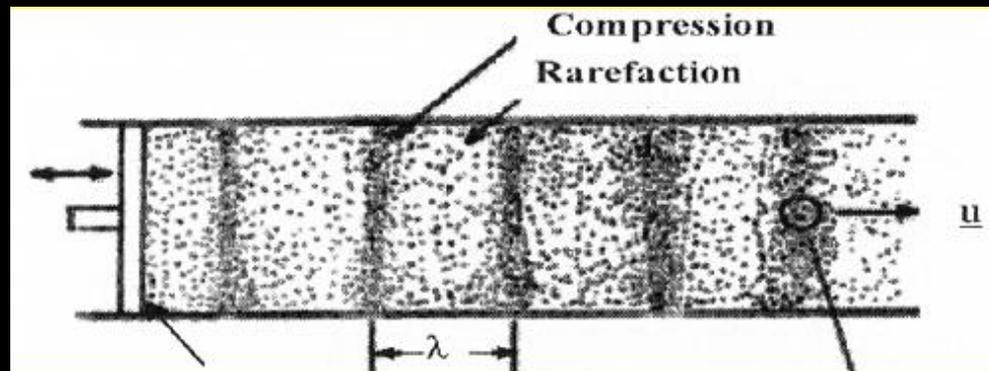
- nécrose de coagulation
- phénomène de cavitation
- élévation thermique +++ (70°c en quelques secondes)



Effet mécanique

II - Effet mécanique

- Le passage des ultrasons dans un milieu induit localement des variations de pressions instantanées.
- La variation maximale de pression exercée localement est directement liée à l'intensité I ($\text{mW}\cdot\text{cm}^{-2}$) de l'onde ultrasonore générée par la sonde.

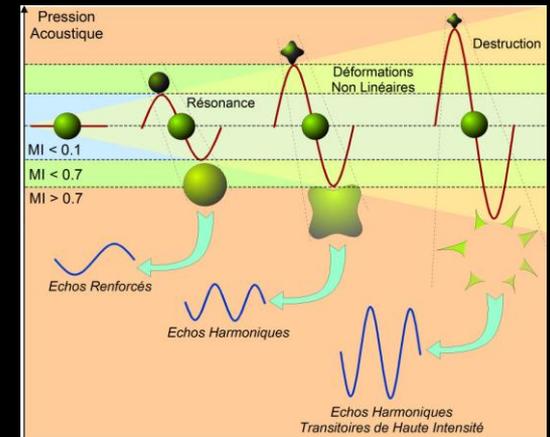


II - Effet mécanique

Effet de cavitation :

- Variations de pression → formation de microbulles de gaz dissous (O_2 , CO_2 , HCO_3^-) dans les tissus qui peuvent grossir, osciller voire se rompre.

- Risque de destruction des tissus
→ onde de choc = 1000 atm

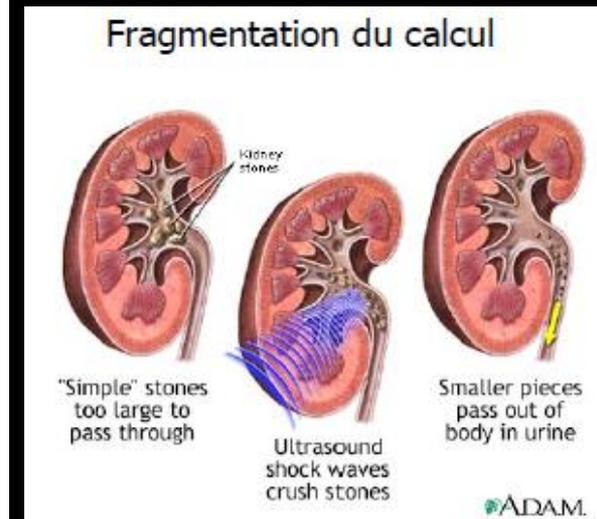
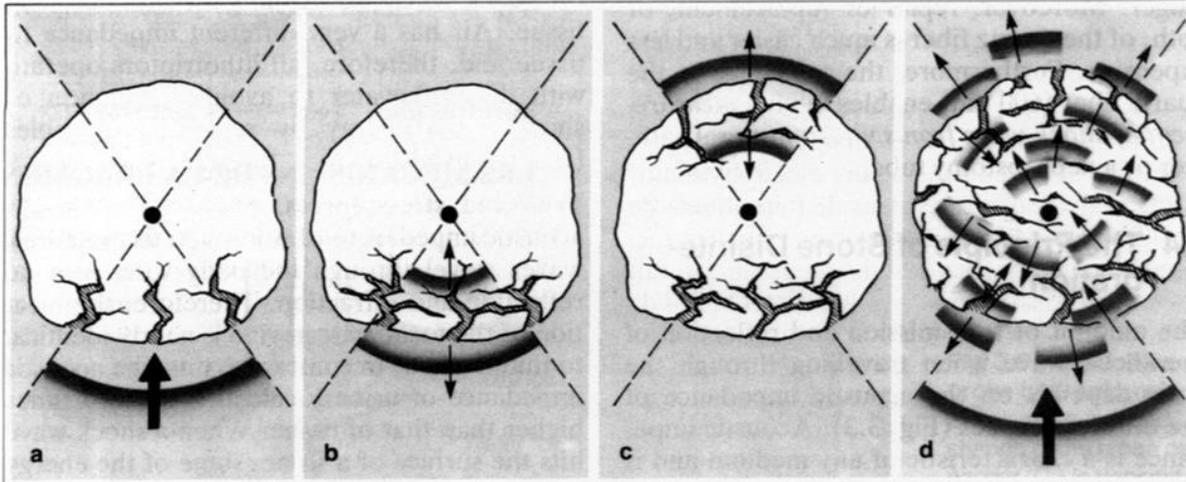


Risque augmenté avec les Agents de Contraste

II - Effet mécanique

Lithotripsie

- Impulsions brèves (350 ns)
- Pressions importantes (jusqu'à 100 MPa)



Index mécanique

- IM : traduit le risque de production d'effet de cavitation

$$IM = P / \sqrt{F}$$

- P = pression de raréfaction maximale (pression négative en MPa)
- F = fréquence (MHz)
- Gamme d'IM utilisé de : 0,05 à 1,9

Recommandations de la FDA :

- IM jusqu'à 1,9 pour toutes les applications
- sauf pour l'œil : maxi 0,23

Recommandations de la BMUS

	Effet biologique	Action
MI > 0,3	Possibilité d'effets mineurs pour le fœtus	Réduire le temps d'examen
MI > 0,7	Risque théorique de cavitation	Réduire le temps d'examen
TI > 0,7	Risque d'échauffement augmenté	Réduire le temps d'exposition de l'embryon et du fœtus
TI > 1	Risque d'échauffement augmenté	Pas d'examen oculaire Réduire le temps d'exposition de l'embryon et du fœtus
TI > 3	Risque d'échauffement significatif	Pas d'examen de l'embryon et du fœtus

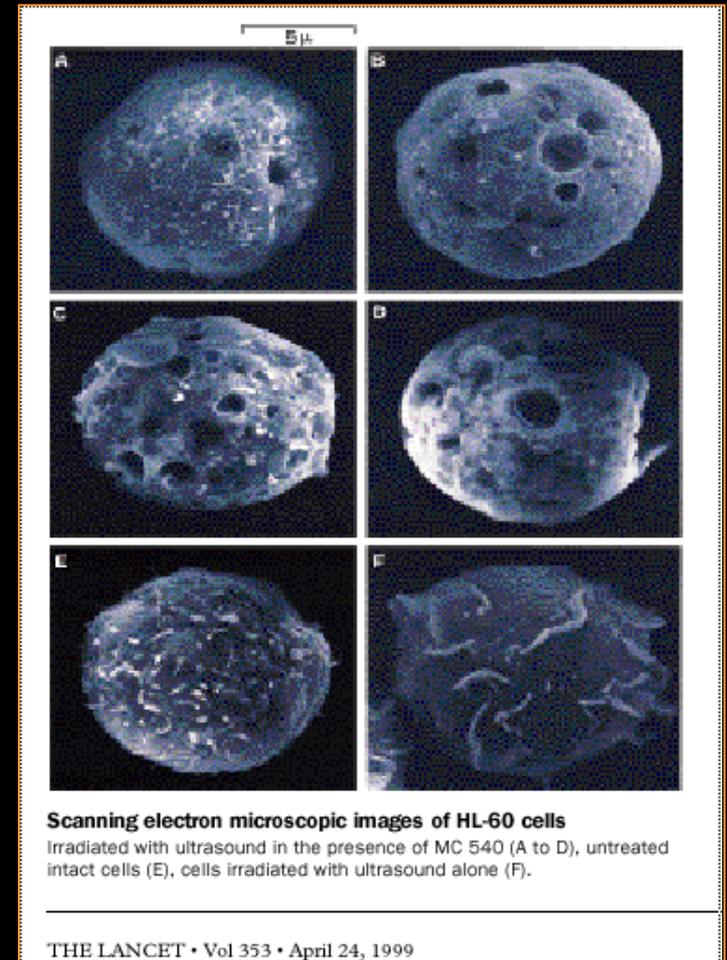
Cf : British Medical US Society

III - Altérations cellulaires et/ou biochimiques

- Effets sur l'ADN en solution : fragmentation mécanique de l'ADN
- Effets sur les ponts d'actine-myosine (bio. Cell.)
- Thrombolyse percutanée : dissous thrombus artériel et veineux (*in vivo* lapin)
- Effets tératogènes : Multiplication anormales des cellules chez l'embryon

IV - Modification de la perméabilité cellulaire

- Création de pores dans la membrane (sonoporation)
- Introduction de médicaments ou DNA



Responsabilités de l'opérateur

- Contrôle régulier des niveaux d'TI et d'MI
→ **INFORMATIONS ENGAGENT LA RESPONSABILITE de l'opérateur !!!**
- Optimisation des réglages pour les maintenir à un niveau le plus bas possible sans compromettre la qualité de l'examen

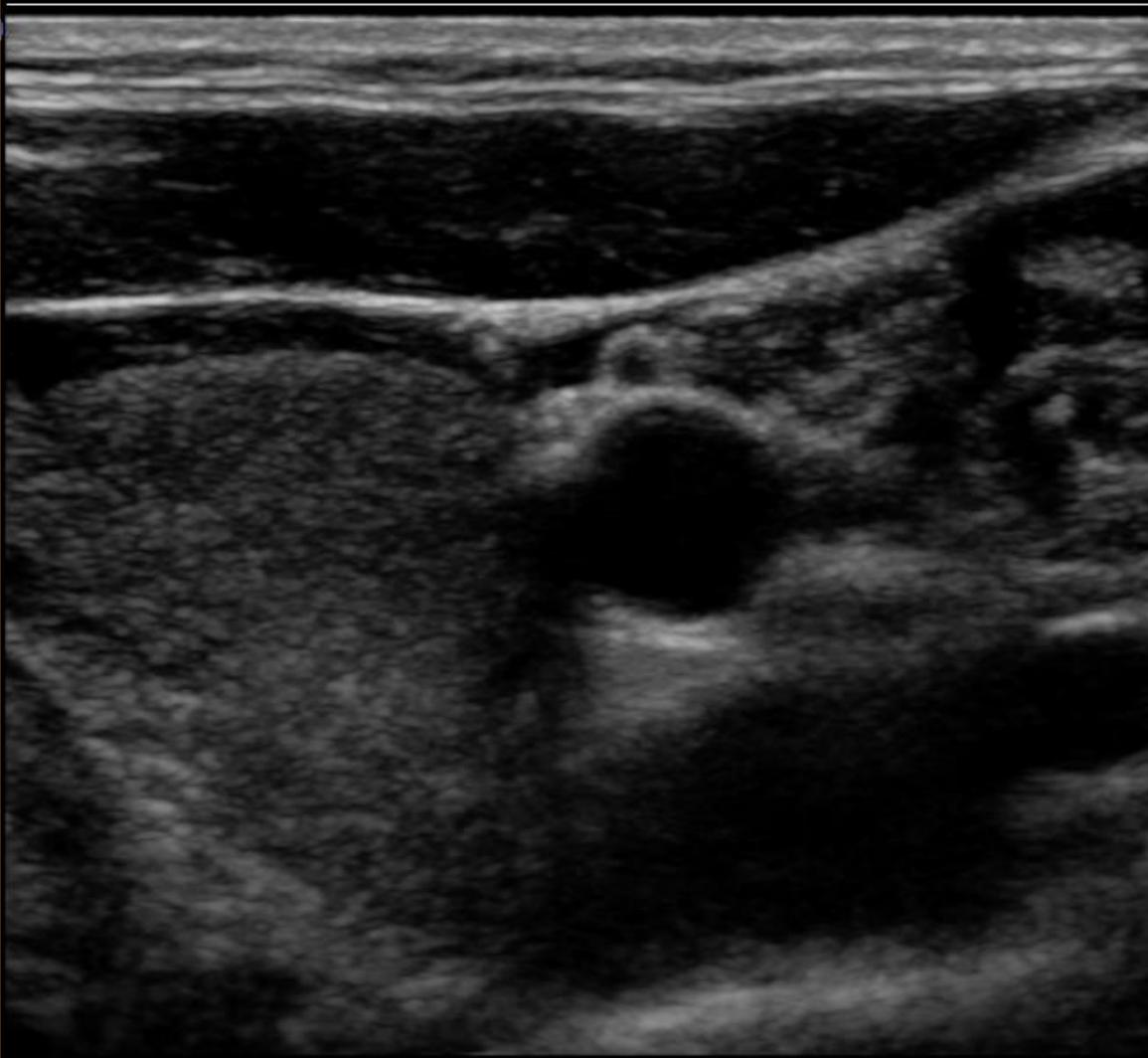
Sites de recommandations

Sociétés	Site web
World federation for US in medicine and biology (WFUMB)	www.wfumb.org
European federation of societies for US in medicine and biology (EFSUMB)	www.efsumb.org
British medical US society (BMUS)	www.bmus.org
American Institute of US in medicine (AIUM)	www.aium.org

ITm0.1 IM 0.6

CHRU LILLE NeuroRadio L9-3/OPTIMAL TSA

C3

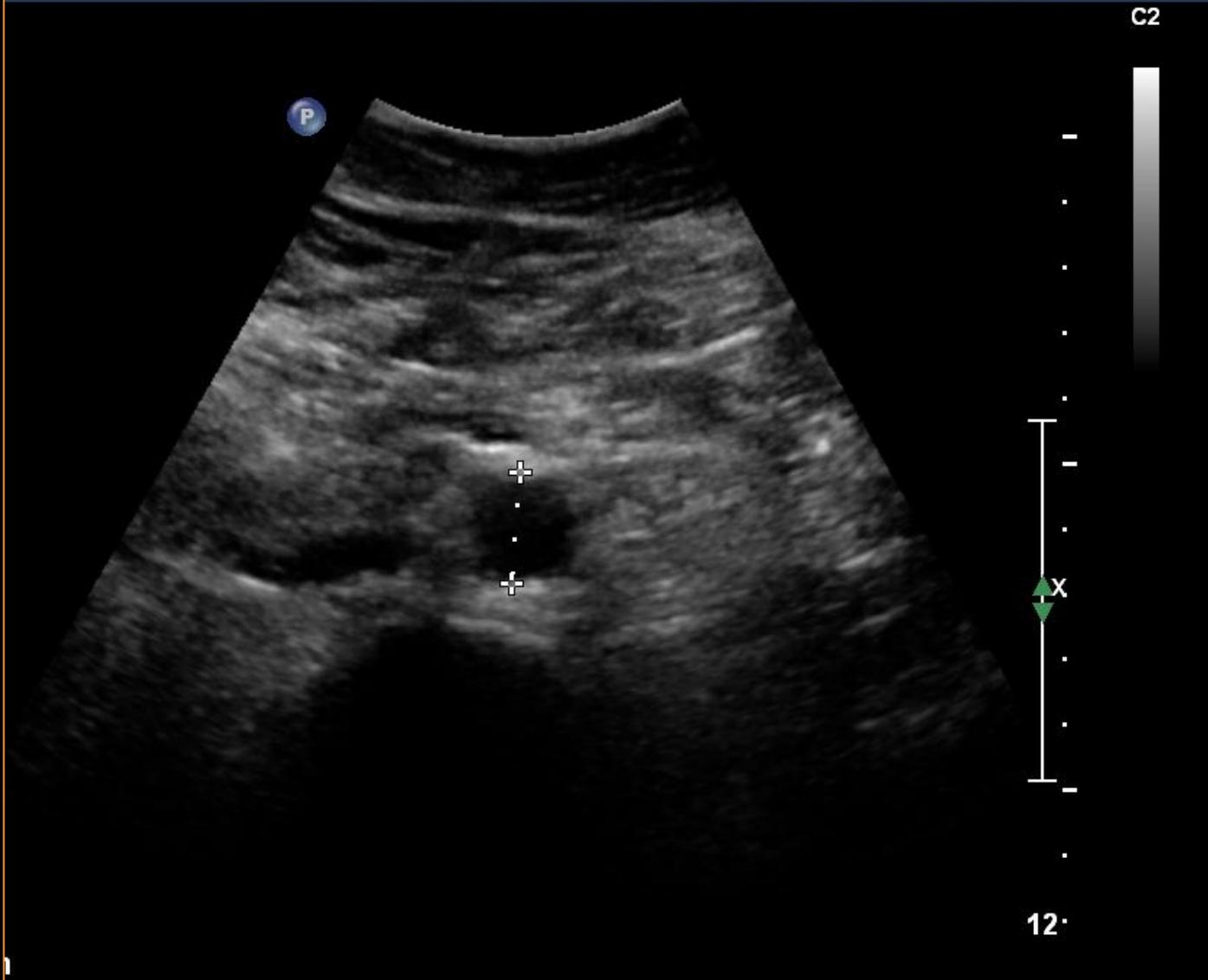


3.5

ITm0.6 IM 1.2

CHRU LILLE NeuroRadio C5-1/OPTIMAL Abdo

C2



ITc1.8 IM 1.4

CHRU LILLE NeuroRadio S5-1/OPTIMAL DTC

C3

P

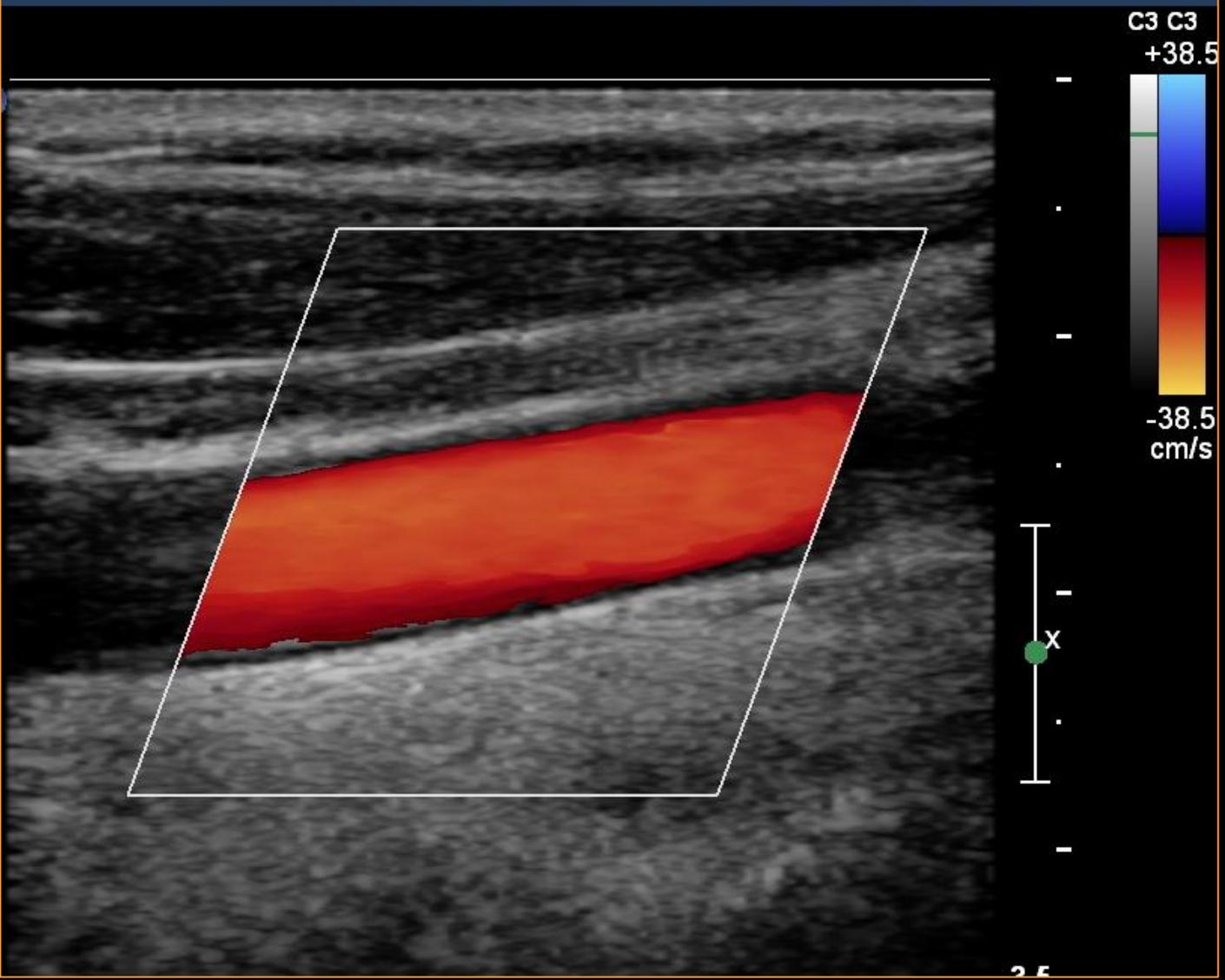
X

14



ITm0.6 IM 1.3

CHRU LILLE NeuroRadio L9-3/OPTIMAL TSA

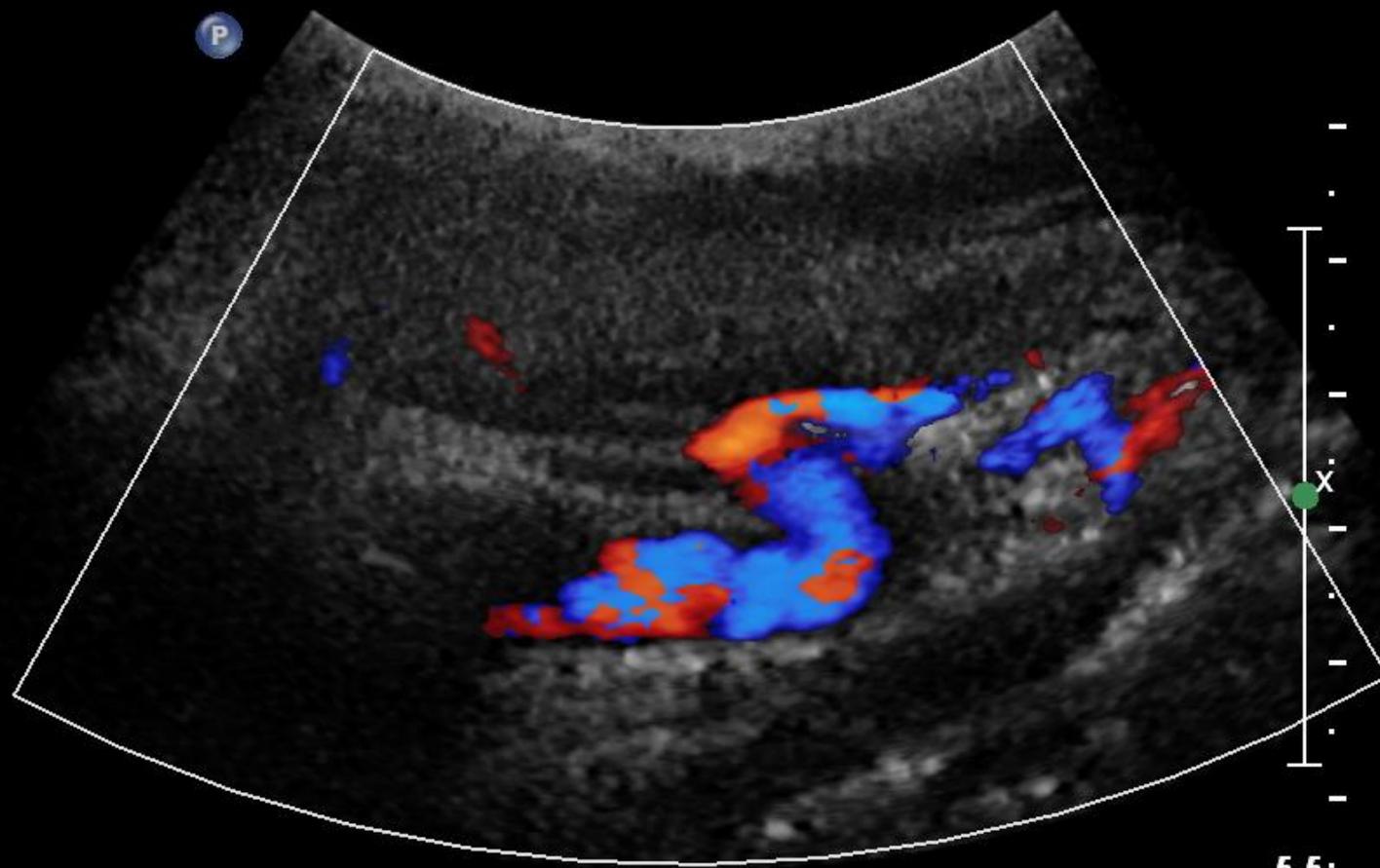


ITm0.1 IM 0.7

CHRU LILLE NeuroRadio

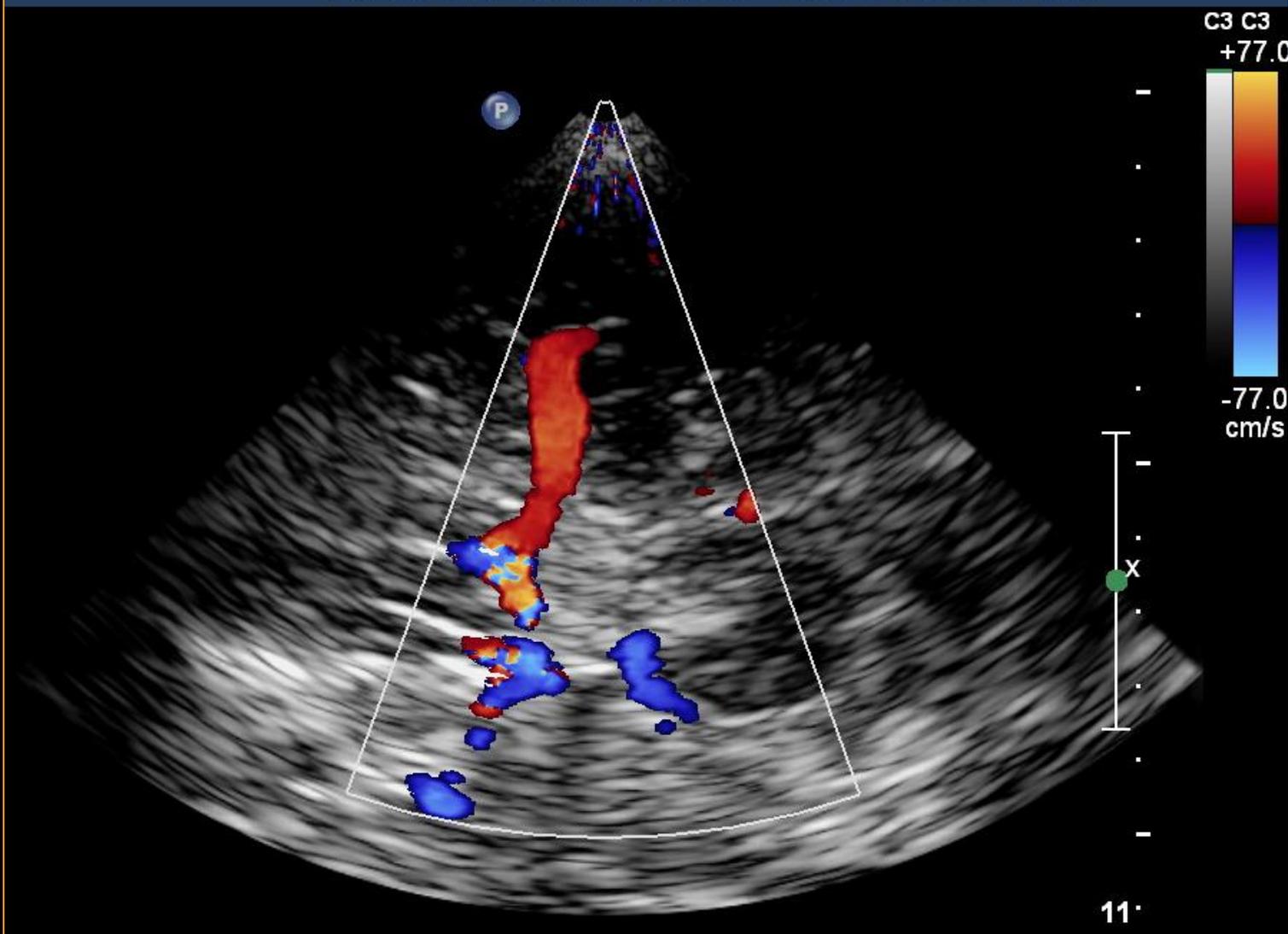
C5-1/OPTIMAL TSA

C3 C4



ITc2.8 IM 1.2

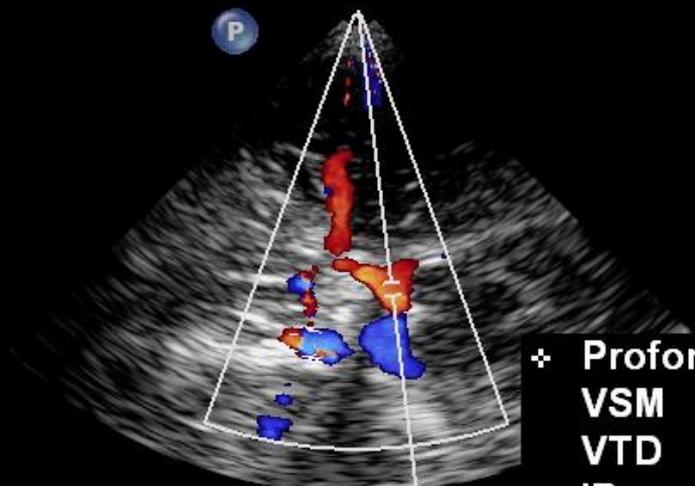
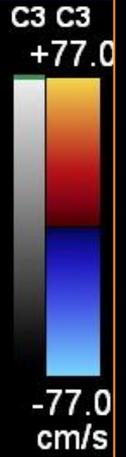
CHRU LILLE NeuroRadio S5-1/OPTIMAL DTC



ITc1.4 IM 0.7

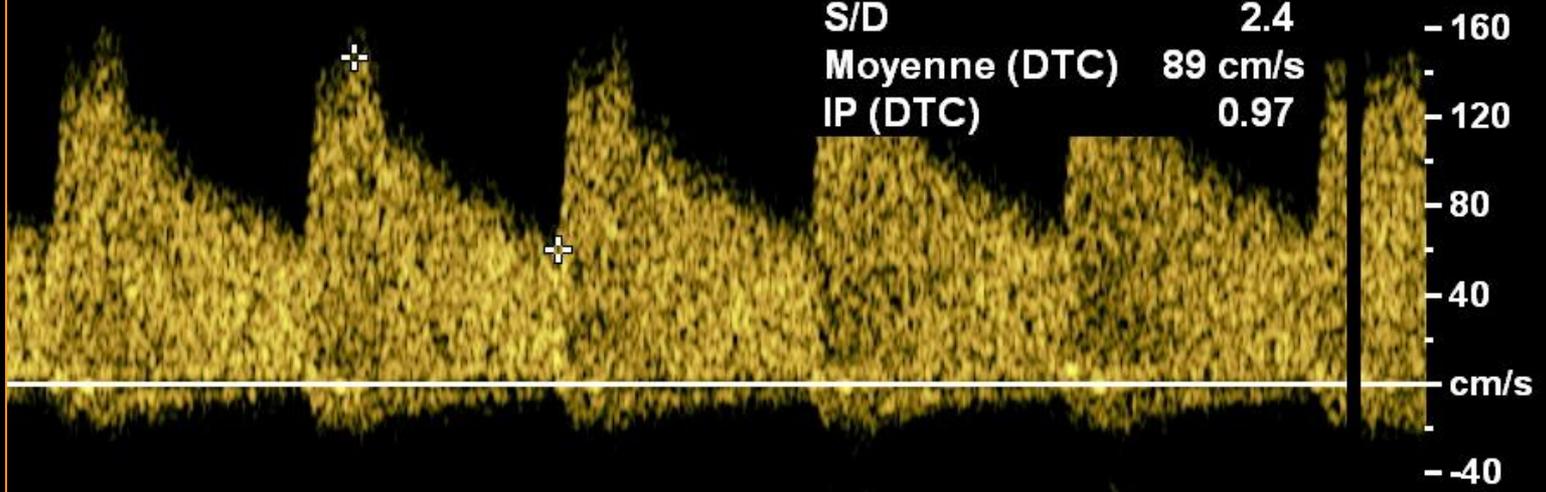
CHRU LILLE NeuroRadio

S5-1/OPTIMAL DTC



DP
42%
FP 50Hz
VE3.0mm
E2
1.6MHz
6.4cm

✦ **Profondeur VE** 6.4 cm
VSM 147 cm/s
VTD 60.3 cm/s
IR 0.59
S/D 2.4
Moyenne (DTC) 89 cm/s
IP (DTC) 0.97

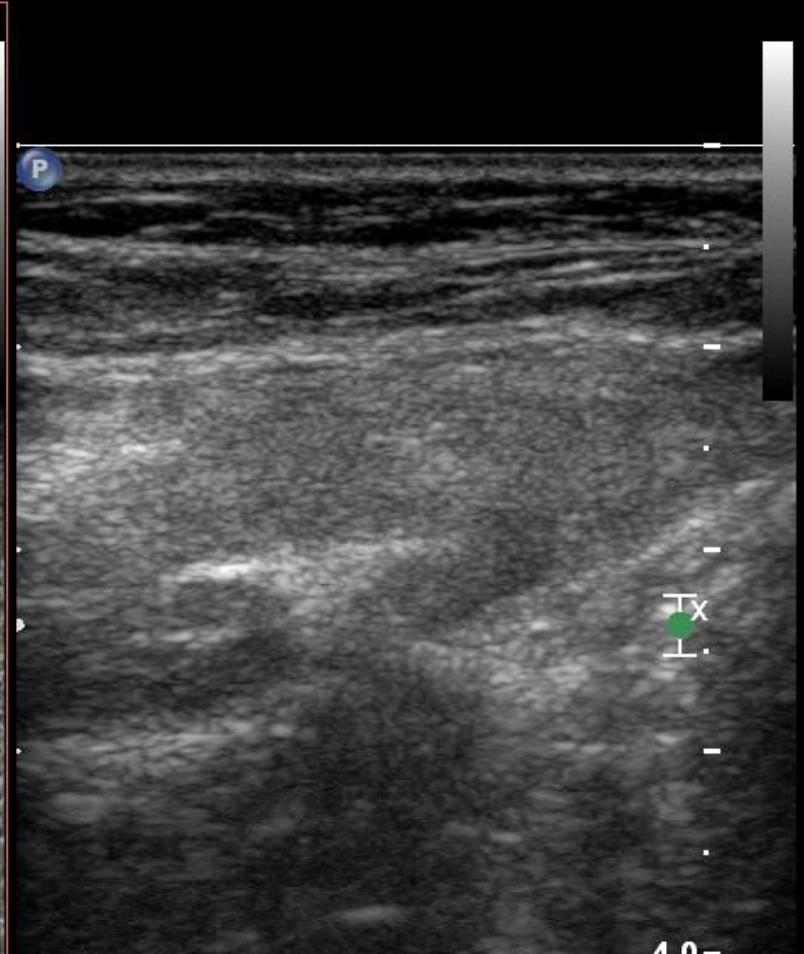
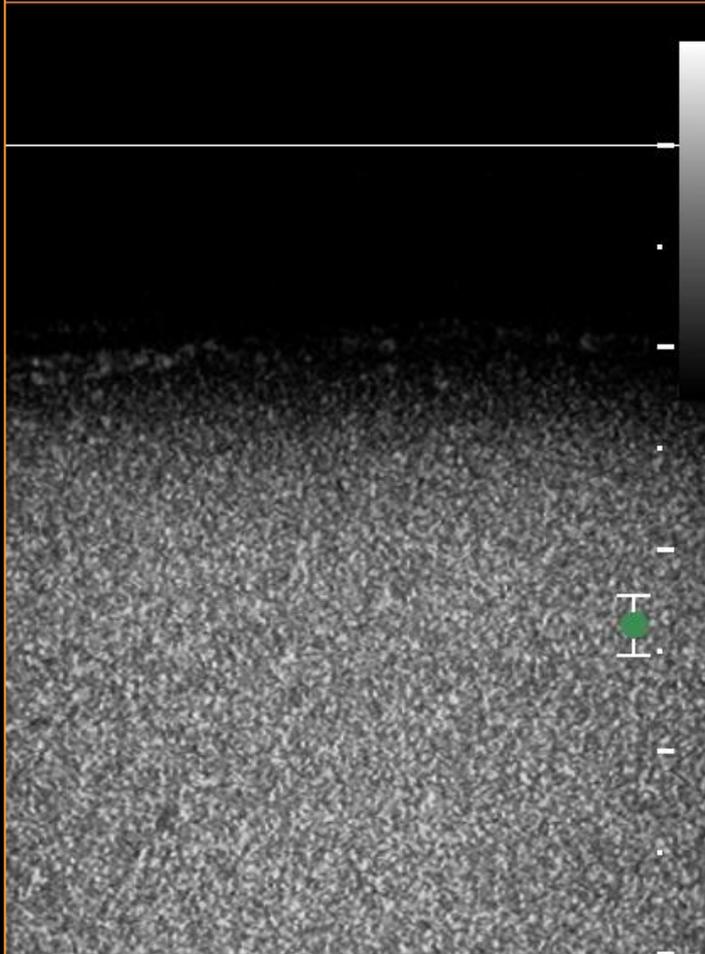


ITm0.0 IM 0.06 B

CHRU LILLE NeuroRadio L9-3/OPTIMAL Contr IM 0.77 F

C1

C1



4.0-