

# Anatomie radiologique

## WMDS1311:

### Echo et IRM

Etienne Danse 09/2021

# Imagerie

- irradiante : RX, CT, scintigraphie, Pet CT
- non irradiante : US et IRM



- **Imagerie de transmission :**

- RX : absorption du faisceau
- US : propagation, réflexion

- **Imagerie d'émission :**

- Scintigraphie, Pet CT :
  - injection puis acquisition
- IRM
  - Mouvement des protons H

# Techniques d'imagerie

- Méthodes sans risque
  - échographie
- Méthodes avec risque
  - radiations
    - RX, CT, Pet CT
  - effet magnétique
    - IRM
- Méthodes sans RX
  - échographie
  - IRM
- Méthodes avec RX
  - RX
  - CT
  - Médecine nucléaire

# Echographie

- Echographie = imagerie basée sur l'usage des ultrasons
- Ultrasonographie (US)
  - sons inaudibles pour l'humain : 2 à 15-20 Mhz
  - sons audibles 50 à 15 000 Hz
- > [nymphe Écho](#) , mythologie grecque, représentant le phénomène (« répétition du son [lorsqu'il frappe contre un corps qui le renvoie plus ou moins distinctement](#) »).
  - <http://dict.xmatiere.com/wiki/écho>
  - <https://fr.wikipedia.org/wiki/Échographie>

Ultrasons- écho



Spallanzani 1794

Cristaux Piézo-électriques

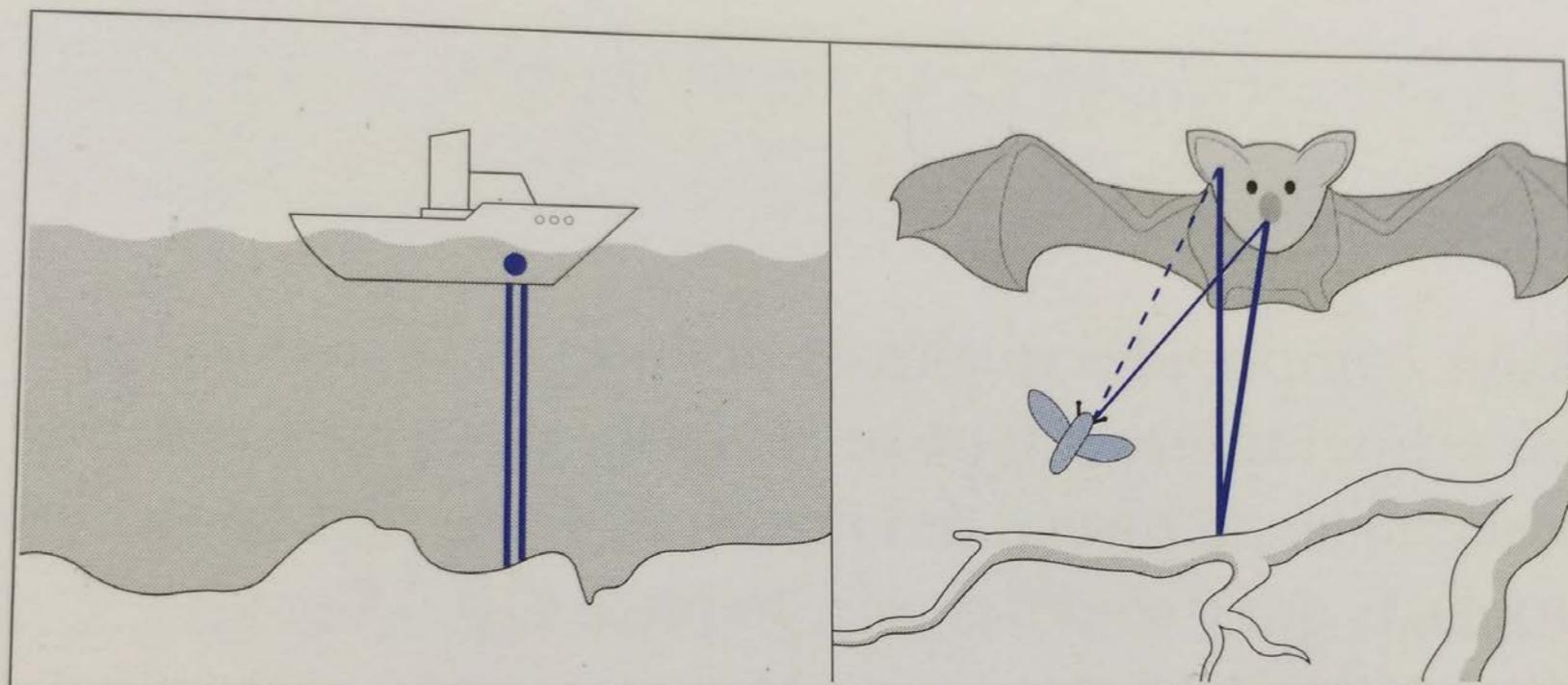


Pierre Curie 1859

Paul Langevin 1872

C362

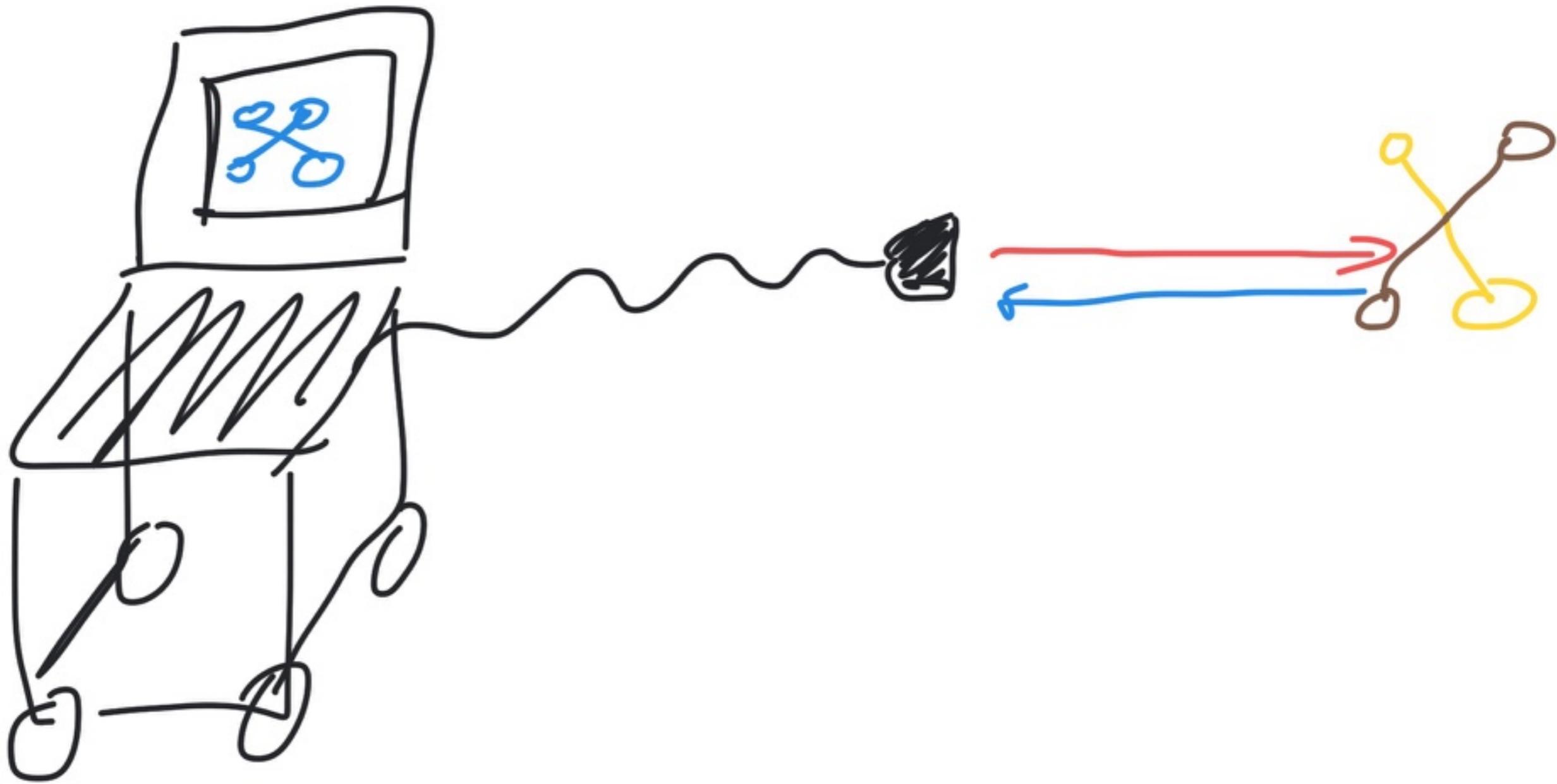




**Schéma 2.1 : Principe impulsion-écho.** Utilisé par exemple dans l'échosondeur en navigation maritime ou pour l'orientation des chauves-souris. Après émission d'une impulsion sonore brève, l'éloignement du réflecteur peut être déduit du temps mis par l'écho pour revenir vers le récepteur. Les chauves-souris obtiennent à partir du signal de l'écho des informations supplémentaires sur la vitesse et le battement d'ailes des éventuelles proies. Elles utilisent pour cela les variations de fréquence au niveau de l'écho créé par l'effet Doppler.







Cristaux Piézo-électriques

Ultrasons

Objet

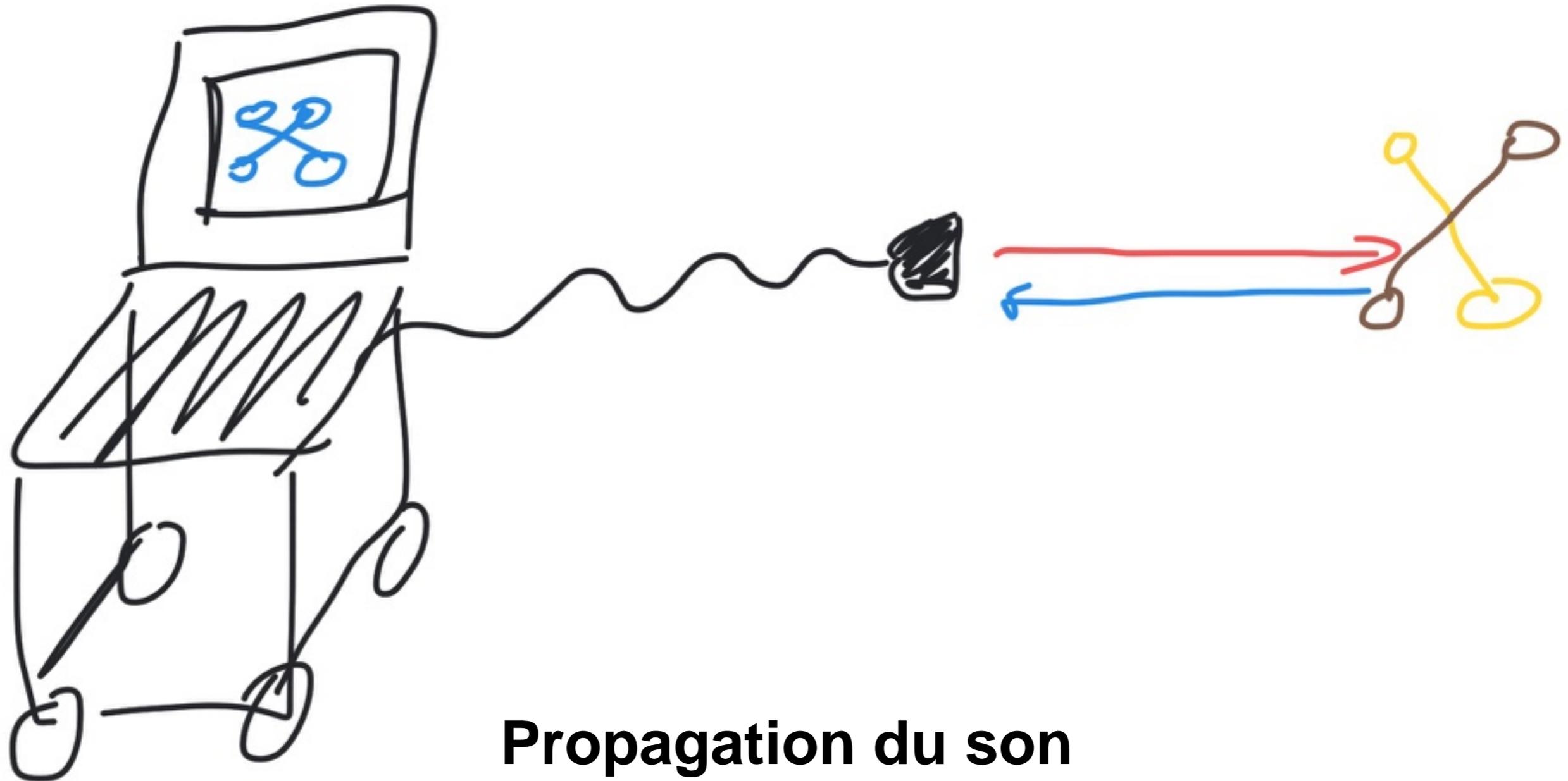
Emission/réception du Son

Objet

Cristaux Piézo-électriques

Emission/réception du Son

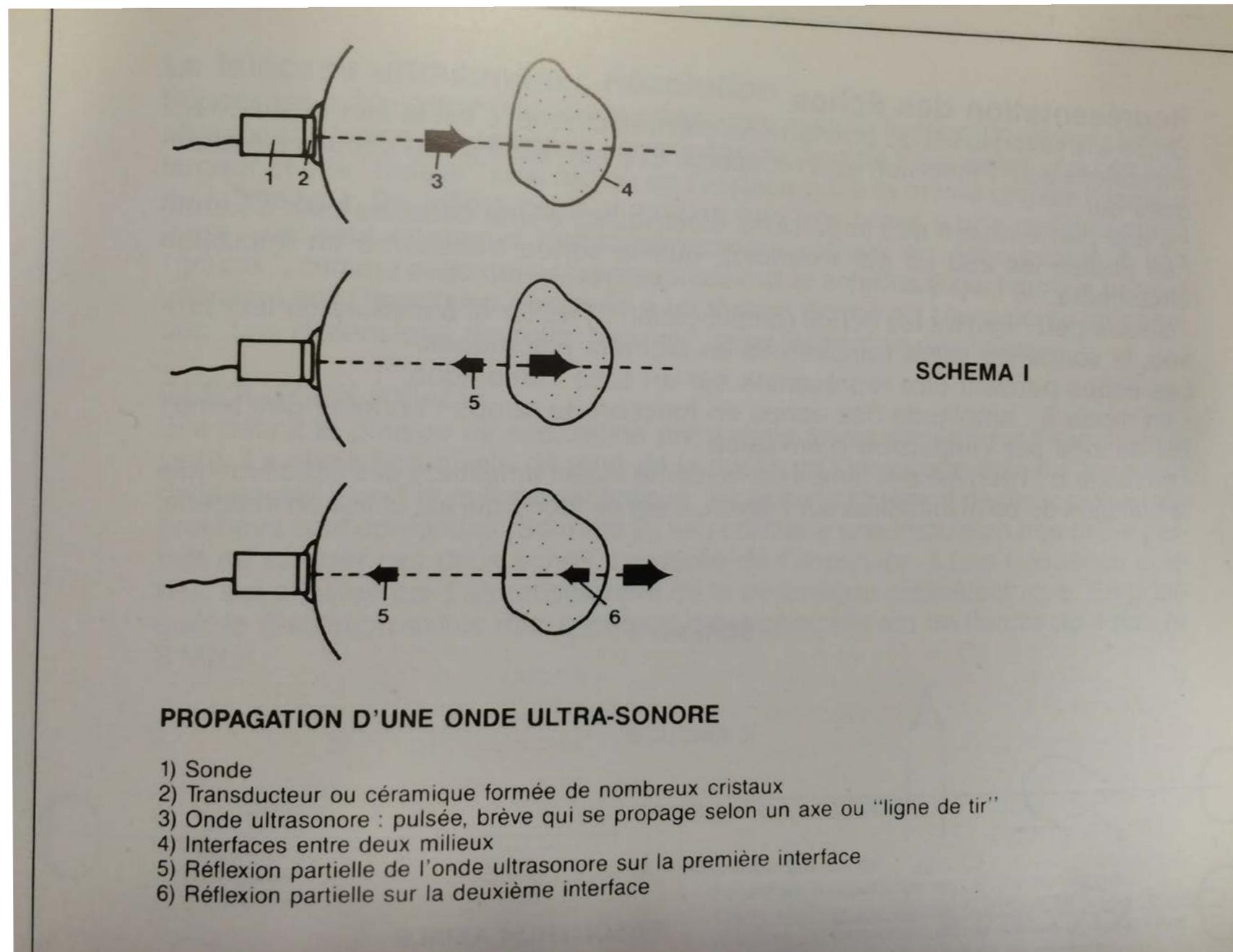
Objet

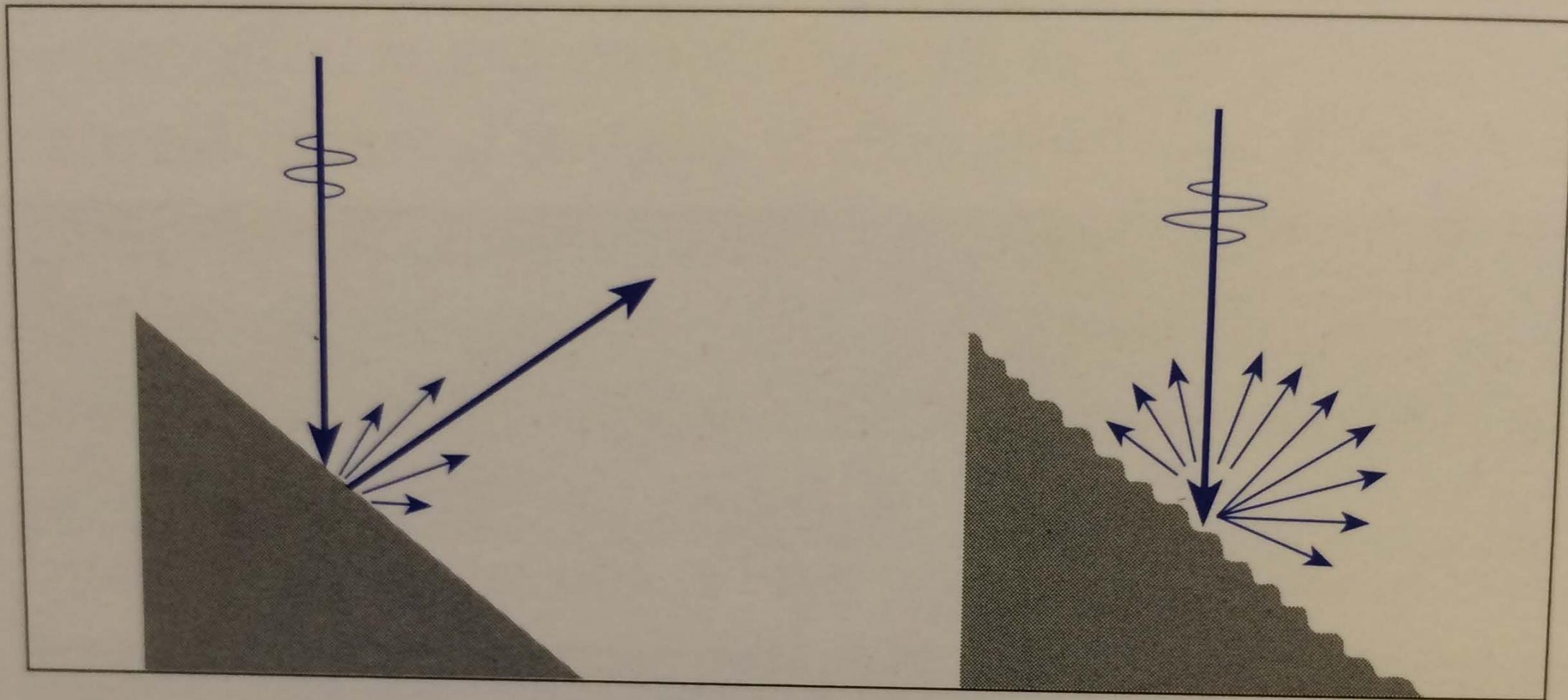


**Propagation du son**  
Transmission  
**Réflexion, Réfraction**  
**Atténuation, Absorption**  
Diffusion

- signal électrique => Cristal émetteur => propagation du son ...réflexion / diffusion/Absorption/Atténuation / Réfraction

- Objet => réfraction ...=> propagation du son en retour : réception par le cristal => signal électrique converti en intensité (point)





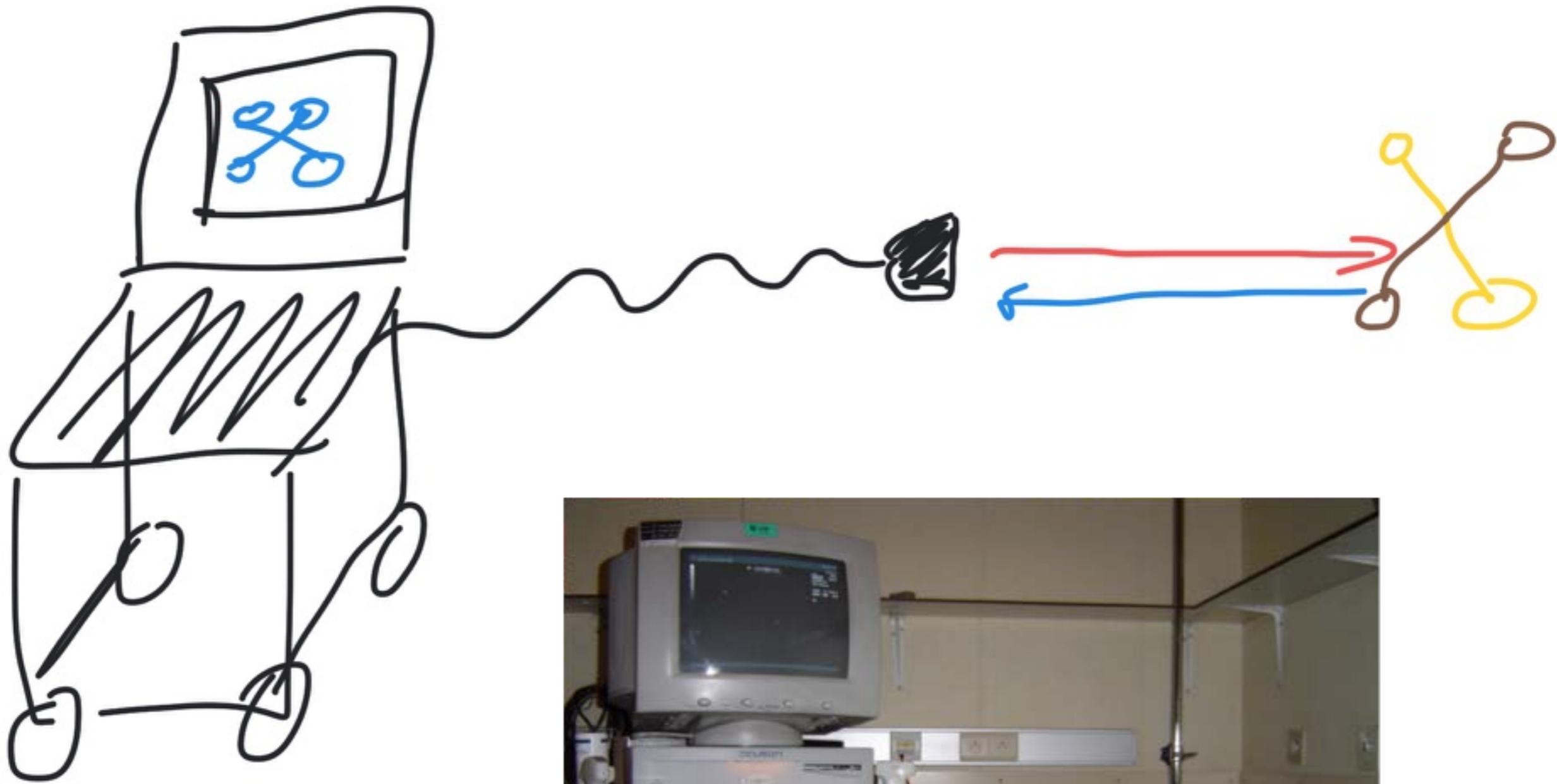
**Schéma 2.3 : Réflexion et diffusion des ondes sonores.** Sur une surface lisse et sur une surface « rugueuse ».

G Schmidt. Précis d'échographie, Maloine , 2007

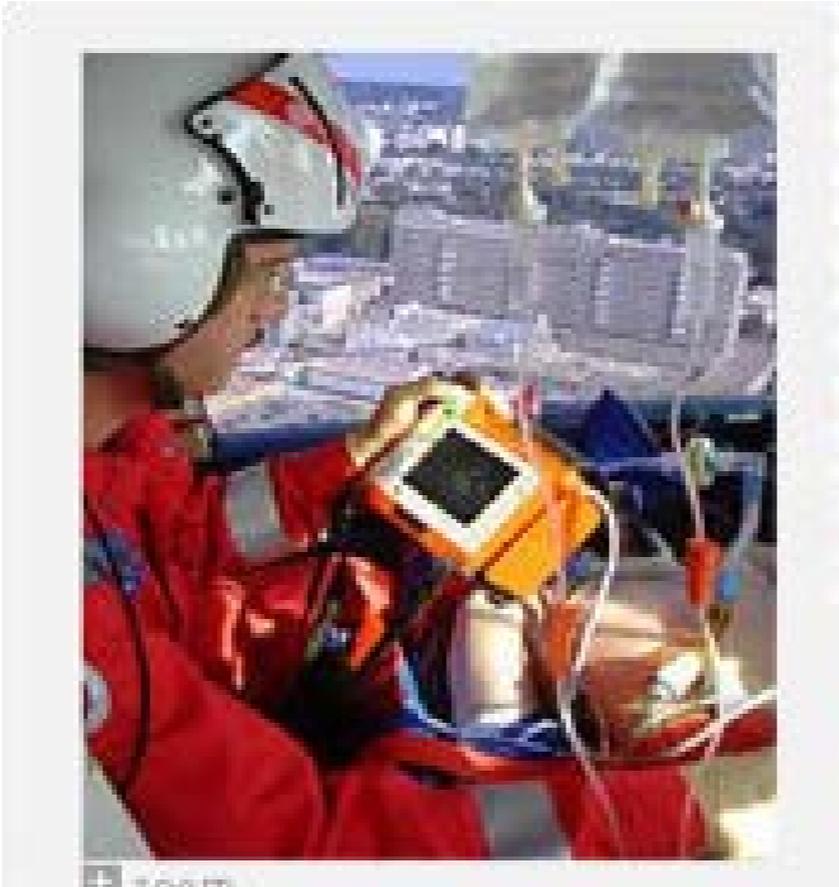
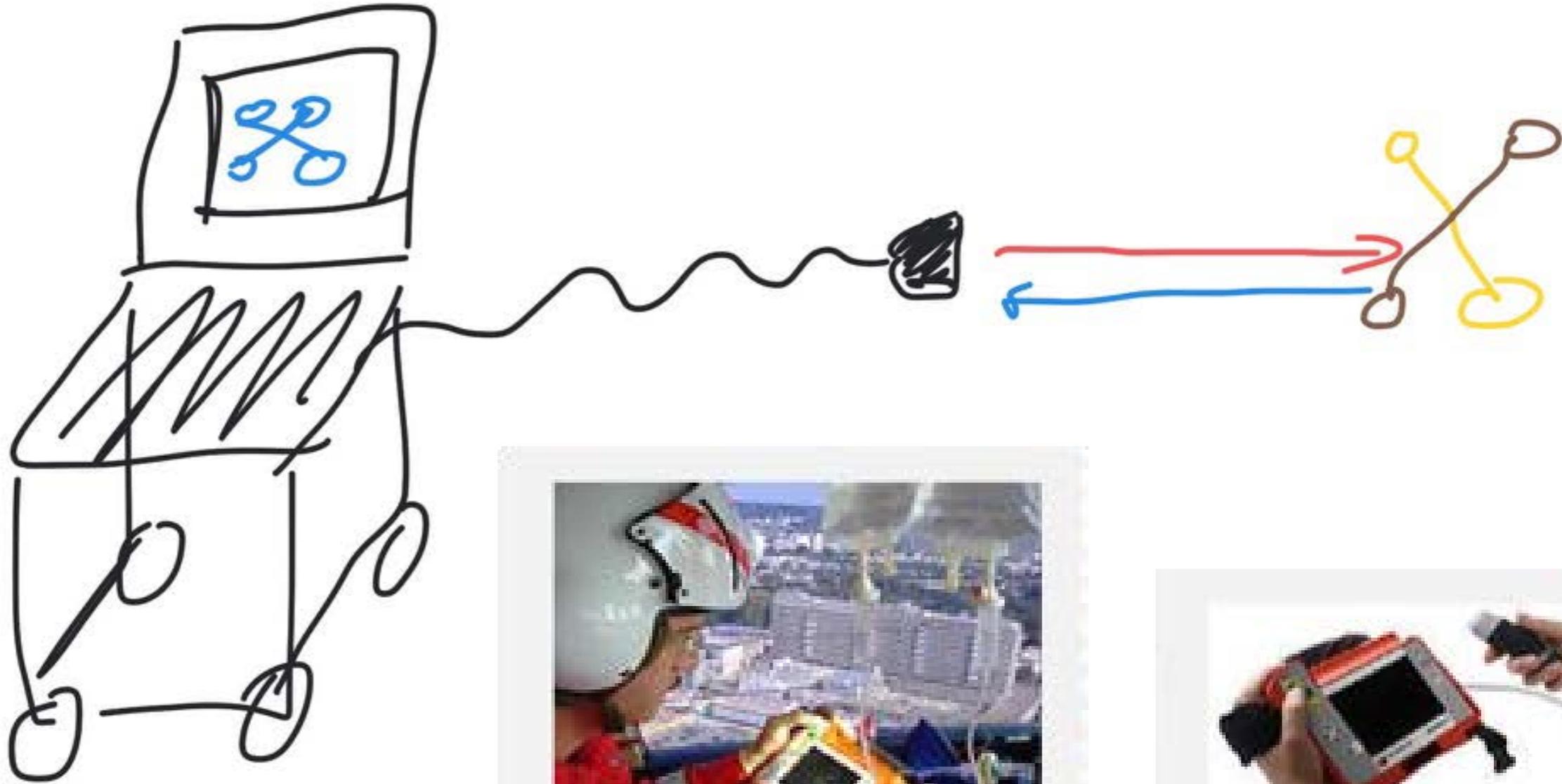
Impedance acoustique d'un tissu caractérise la résistance du milieu au passage de cette onde.

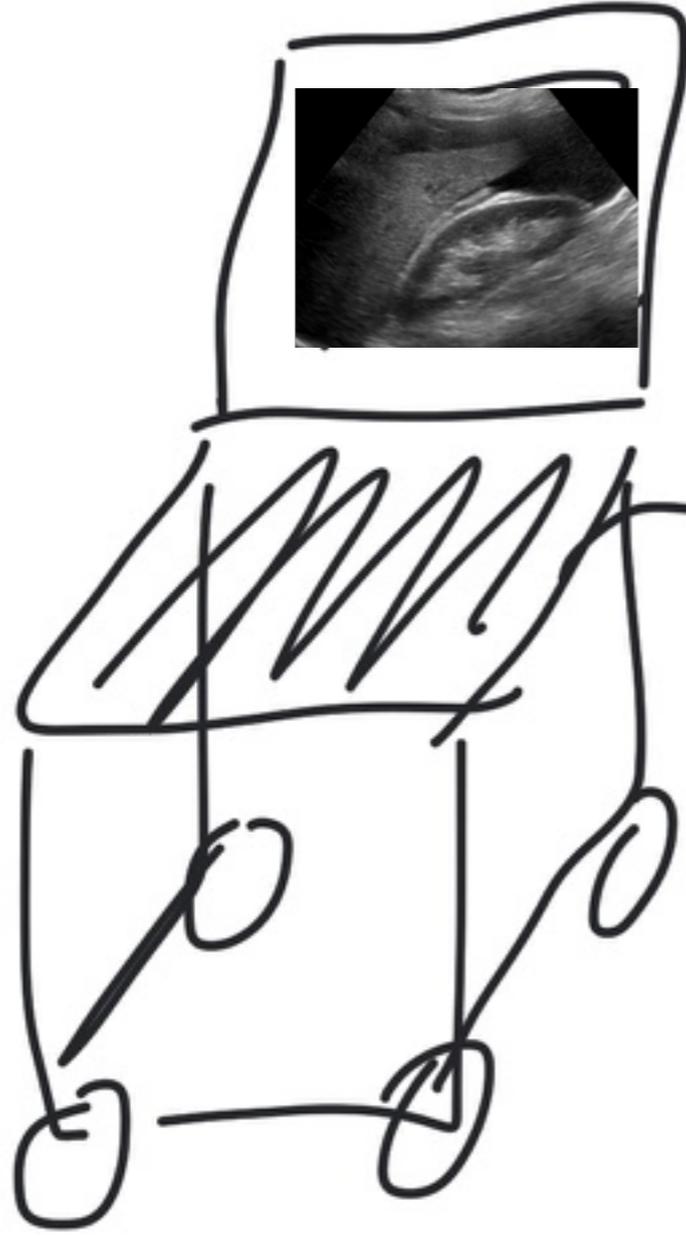
# A savoir

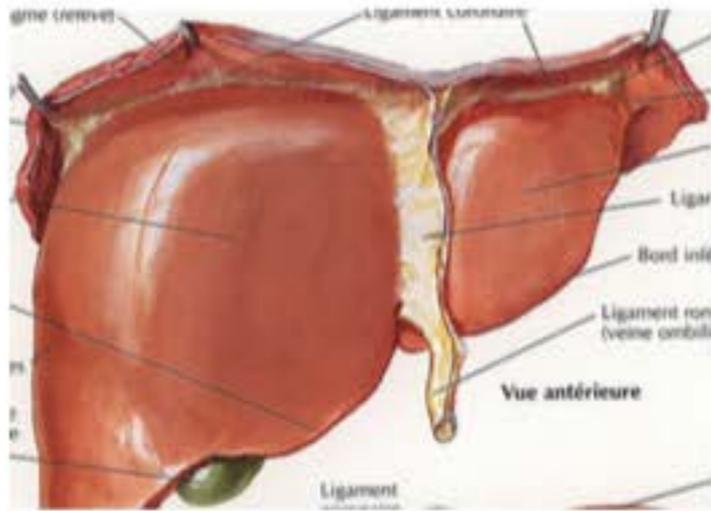
- Réflexion : milieux d'impédance différente
- Impédance acoustique : résistance d'un milieu à la propagation de l'onde sonore
  - = produit de la masse acoustique X vitesse de propagation de l'onde sonore
  - = vitesse de propagation dépend des caractéristiques du milieu traversé (élasticité, densité)
    - air = 330 m/s; eau = 1480 m/s; tissus mous = 1540 m/s;  
os : 4080 m/s



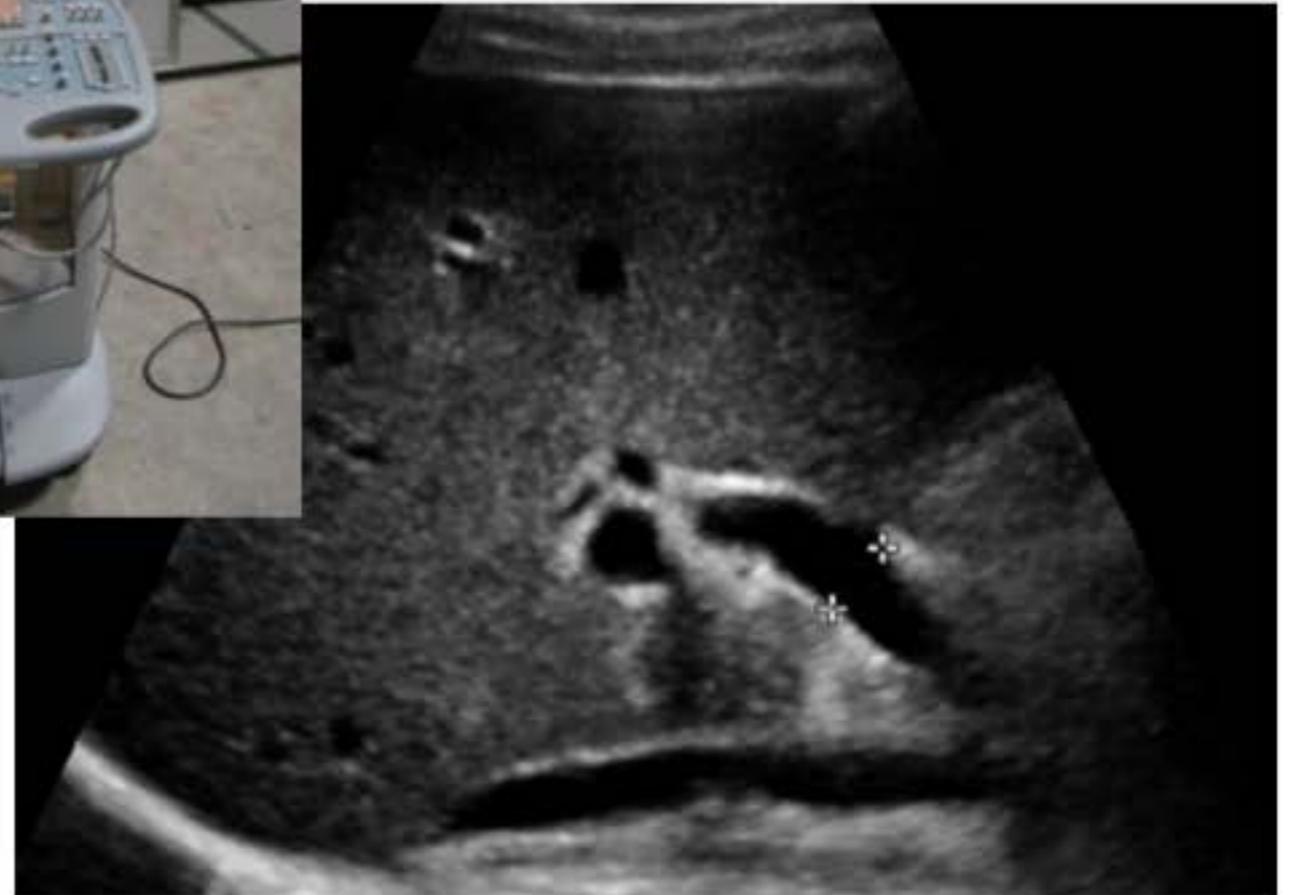
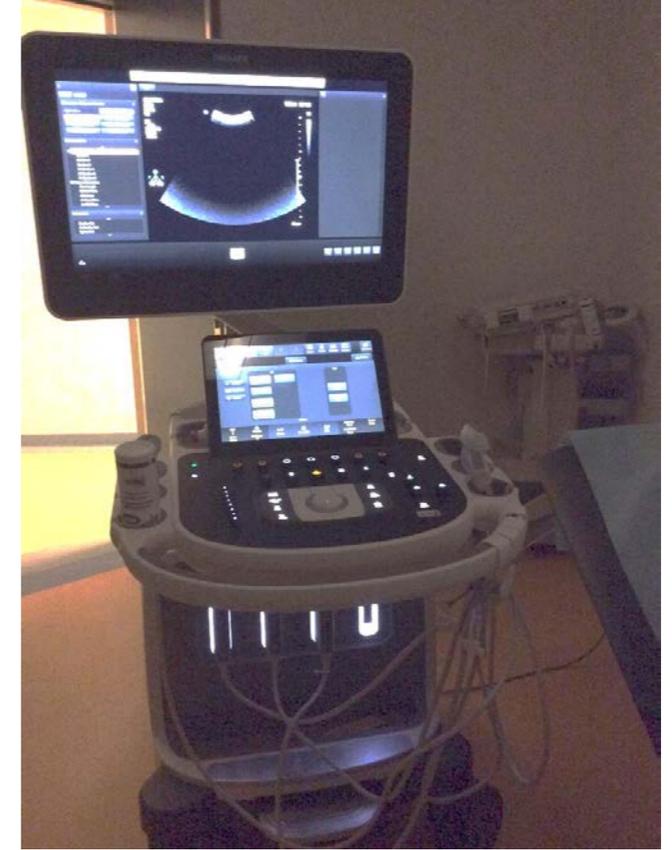
<https://youtu.be/GVQyxnmWHIM>



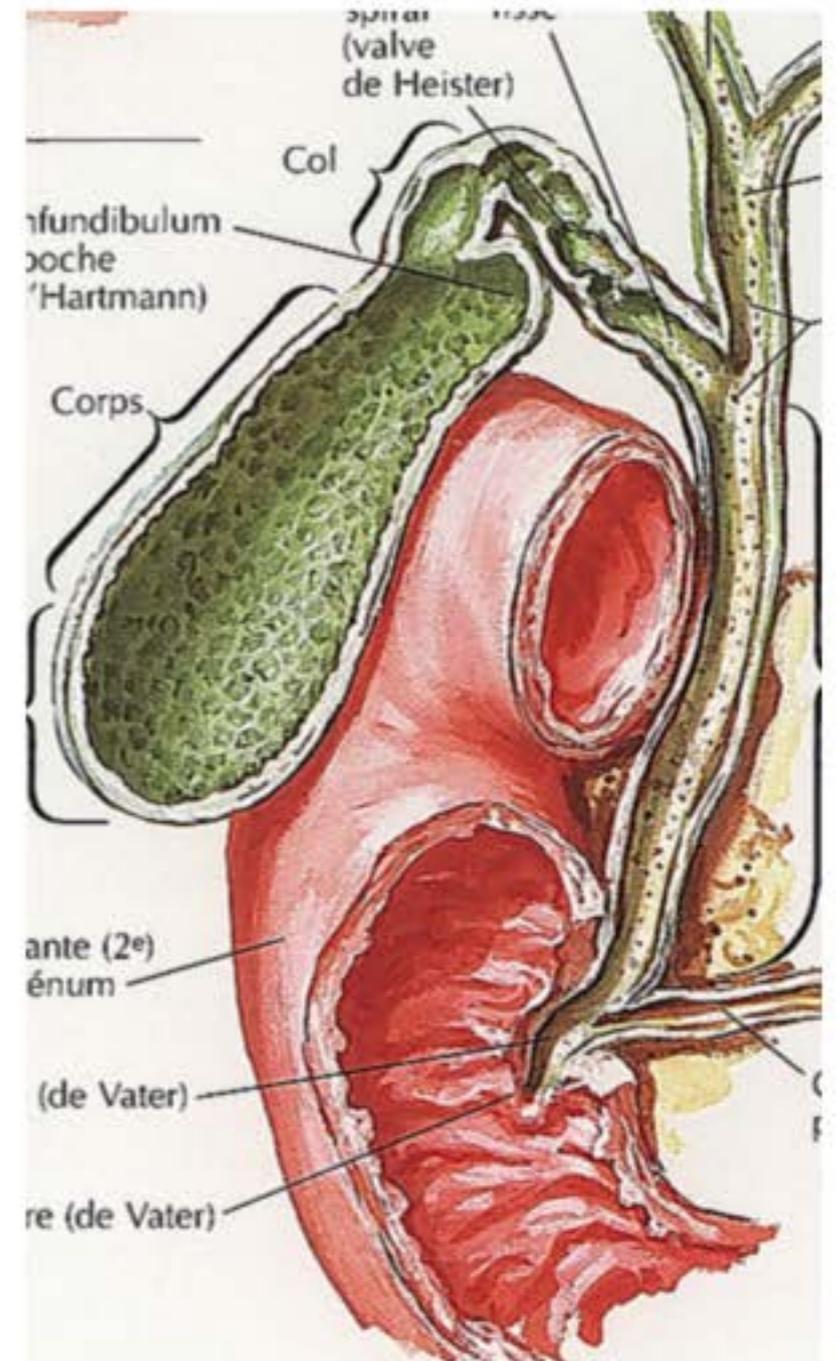




In Netter, Atlas d'anatomie humaine, 4<sup>ème</sup> édition, 2007

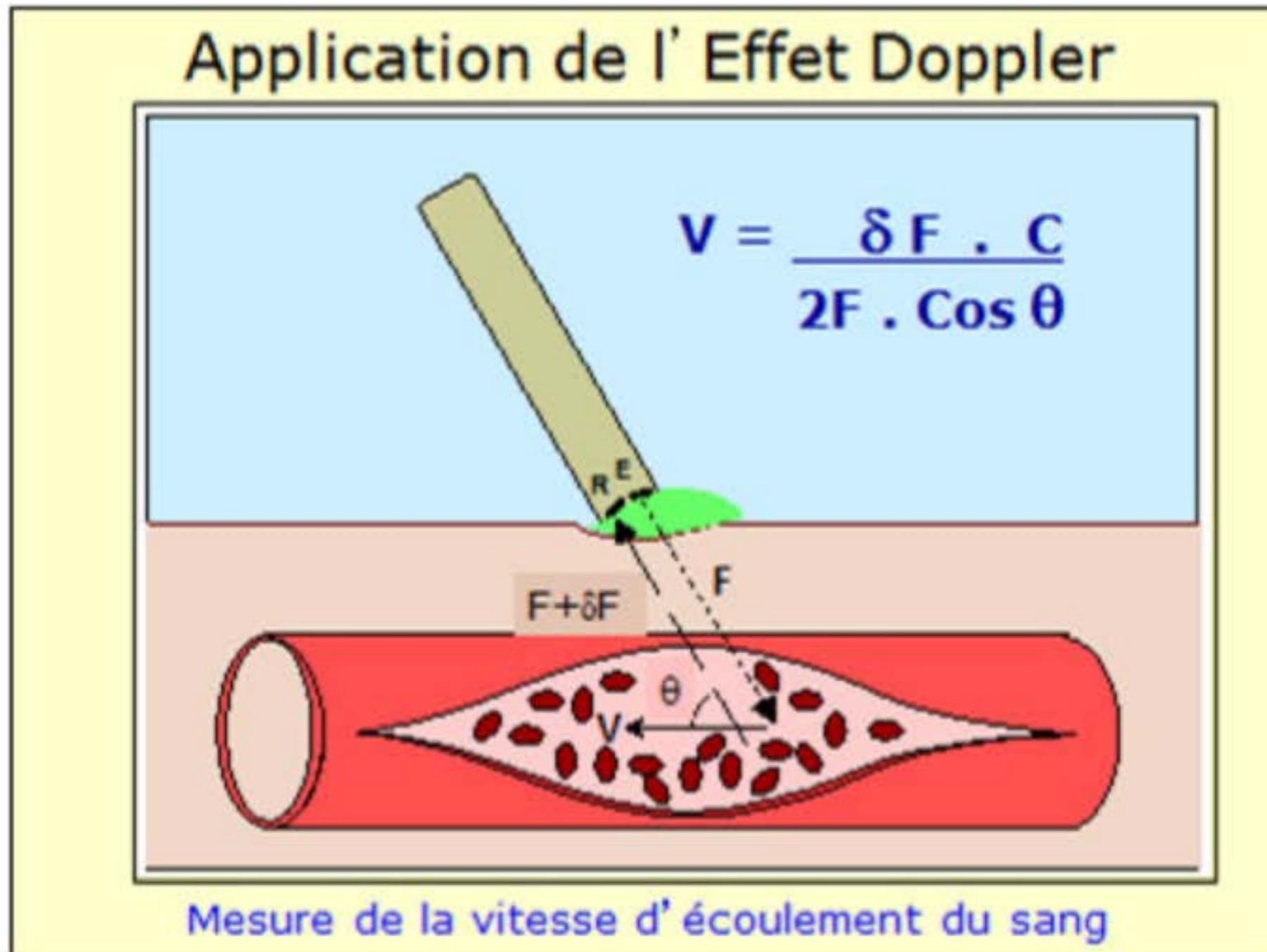


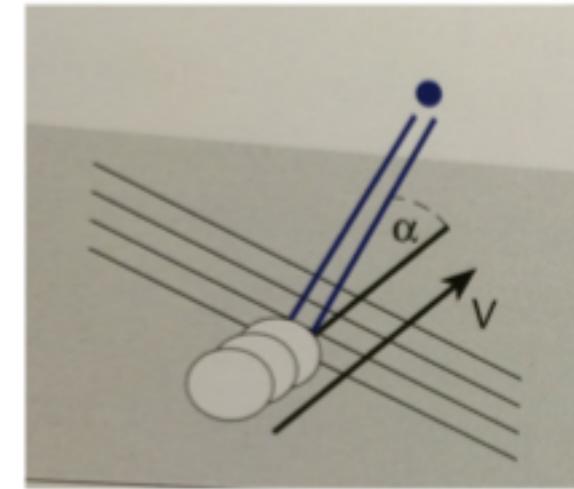




*In Netter, Atlas d'anatomie humaine, 4<sup>ème</sup> édition, 2007*

Les Techniques  
Ultrasonographiques d'Etude du  
Flux Sanguin





G Schmidt. Précis d'échographie,  
Maloine , 2007

## Découverte du principe du Doppler

=> Christian Doppler , physicien autrichien, né en 1803 , analyse des étoiles

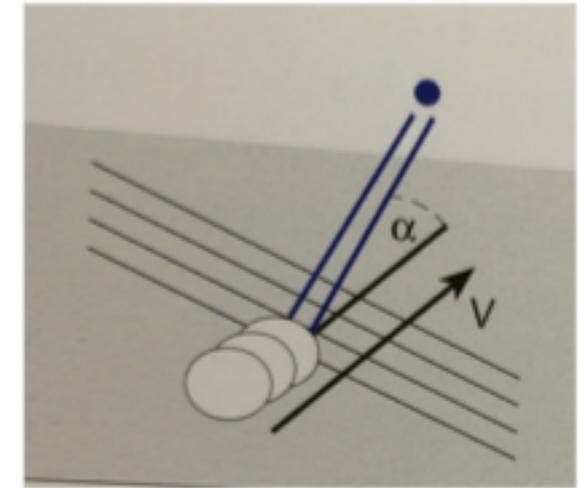
=> Un Phénomène périodique est perçu avec une intensité différente suivant son déplacement par rapport à l'observateur

=> En échographie,

- si l'émetteur et le récepteur sont immobiles, la fréquence de retour sera inchangée.

- si le récepteur se déplace, il y a une différence de fréquence , qui génère un son audible (50 Hz à 20 kHz) « Doppler shift »





G Schmidt. Précis d'échographie,  
Maloine , 2007

« Doppler shift »

$$\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \quad \Delta F = 2V \cdot F_0 \cdot \cos \Theta / c$$

V = vitesse de la cible,

F = fréquence d'émission

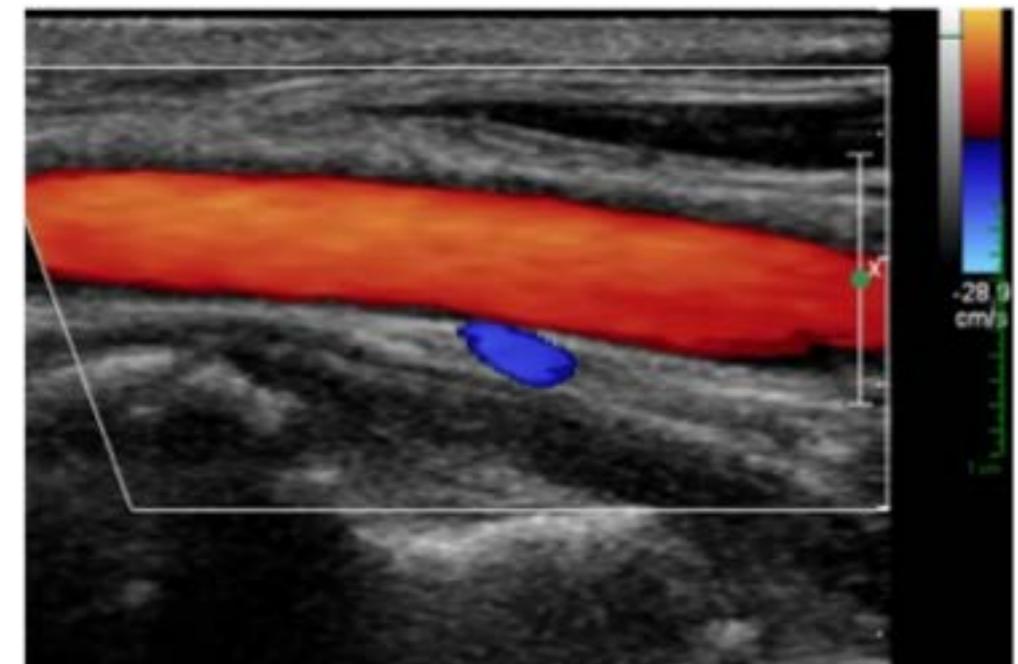
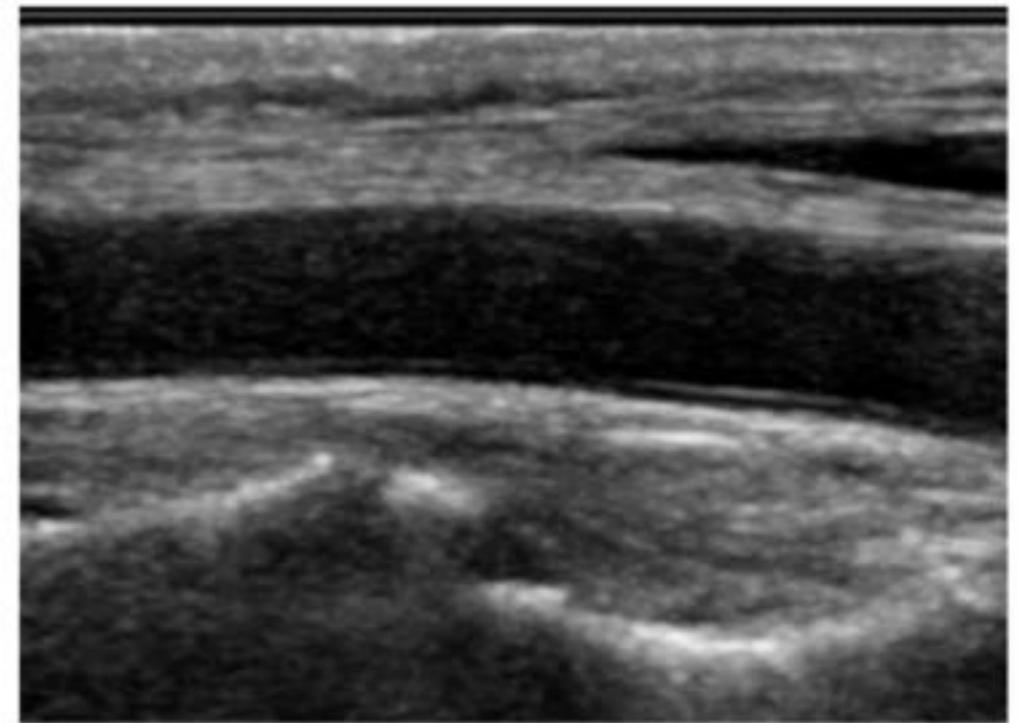
$\Theta$  = angle d'attaque du vx

c = vitesse de propagation du son dans les tissus mous (1540m/sec) vs 330 m/sec dans l'air

# Echographie & Doppler

- mode B
  - Doppler couleur
- => formule de l'effet Doppler

$$\Delta F = 2V \cdot F_0 \cdot \cos \Theta / c$$

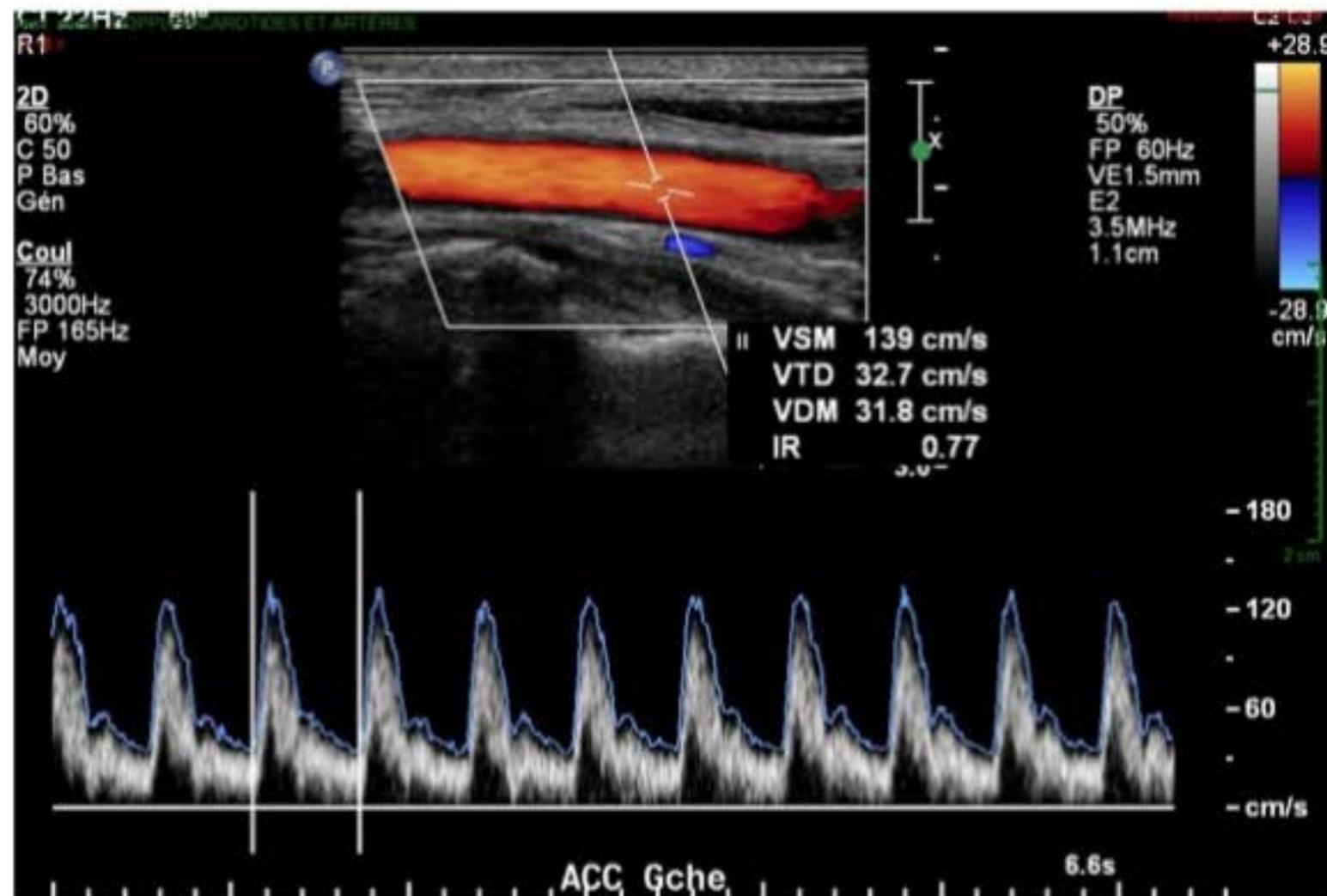


# Echographie & Doppler

- mode B
- Doppler couleur

=> formule de l'effet Doppler

$$\Delta F = 2V \cdot F_0 \cdot \cos \Theta / c$$



Angle de  $90^\circ$  =>  $\cos = ?$

Angle de  $0^\circ$  =>  $\cos = ?$

# Echographie & Doppler

Angle en écho = 30 à 60°

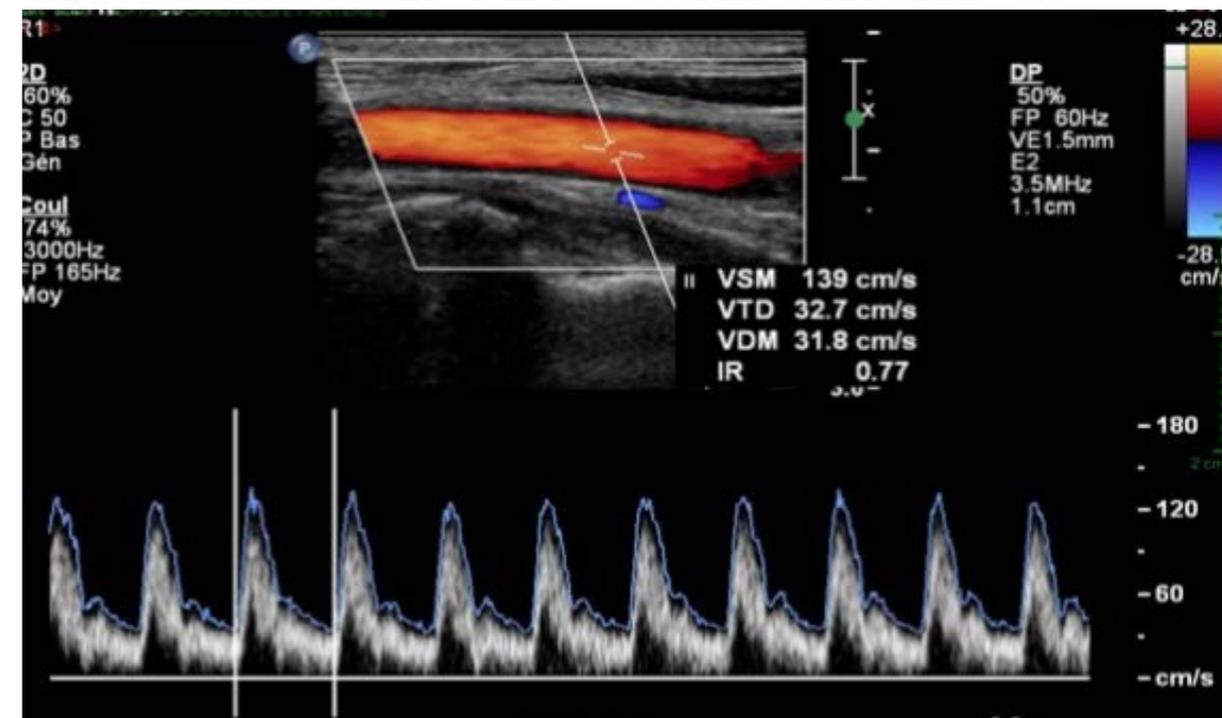
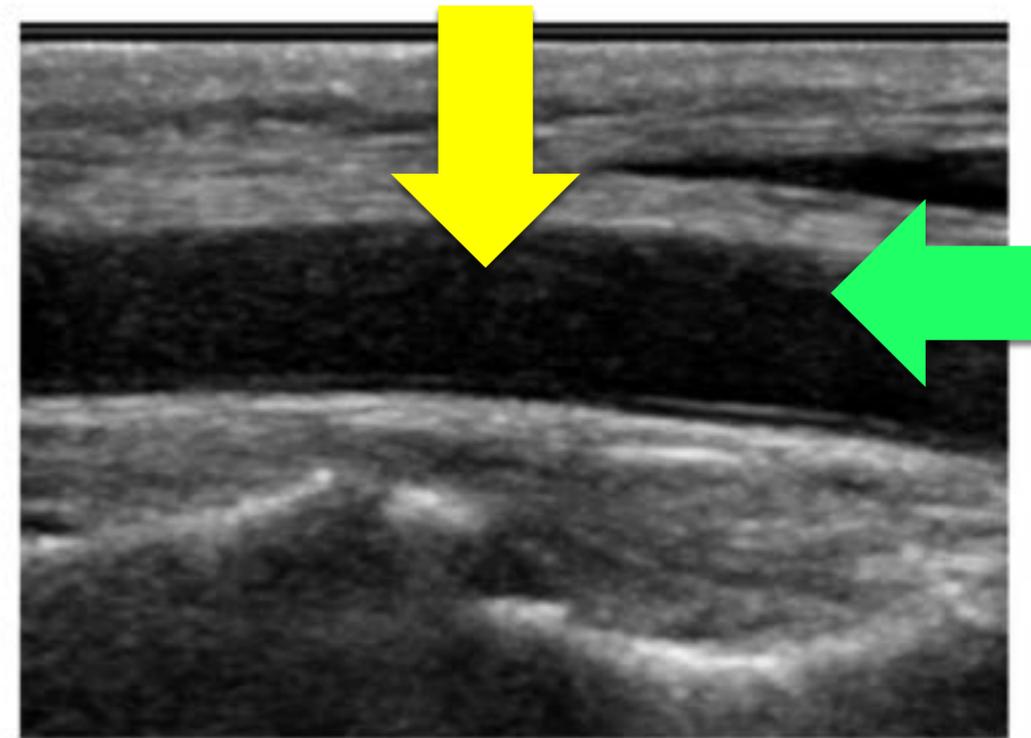
- mode B
- Doppler couleur

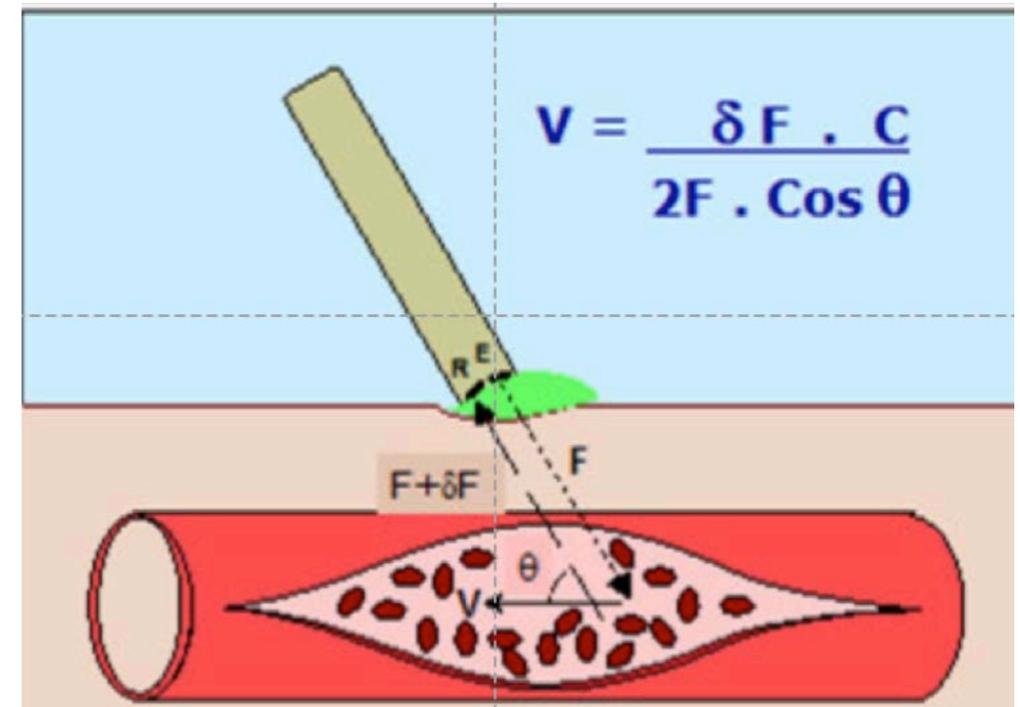
=> formule de l'effet Doppler

$$\Delta F = 2V \cdot F_0 \cdot \cos \Theta / c$$

Angle de 90° =>  $\cos = 0$

Angle de 0° =>  $\cos = 1$





Angle de  $90^\circ \Rightarrow \cos = 0$   
Angle de  $0^\circ \Rightarrow \cos = 1$

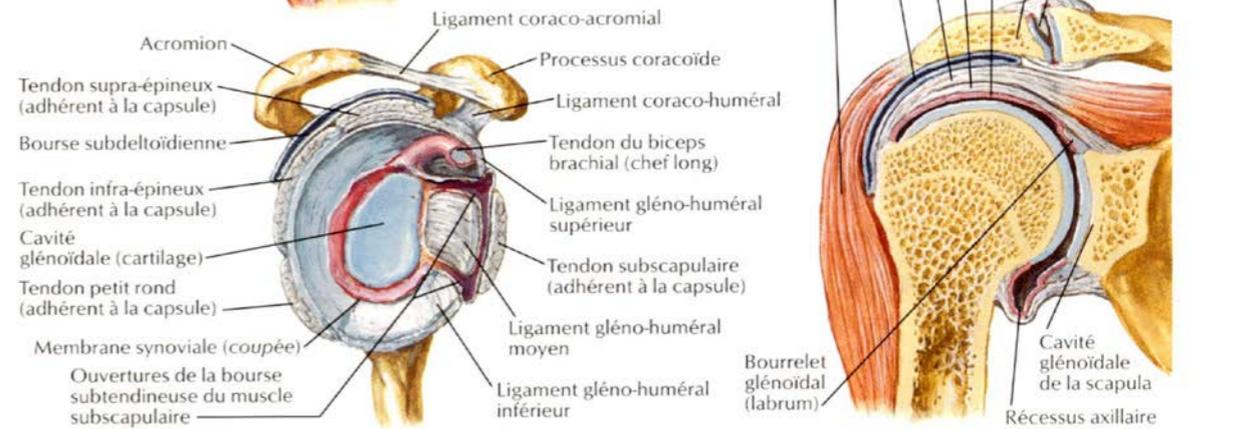
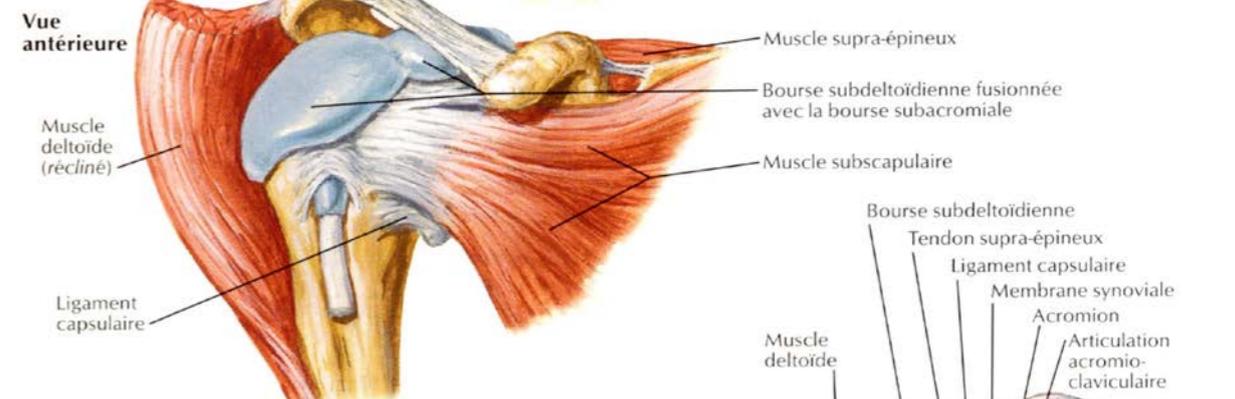
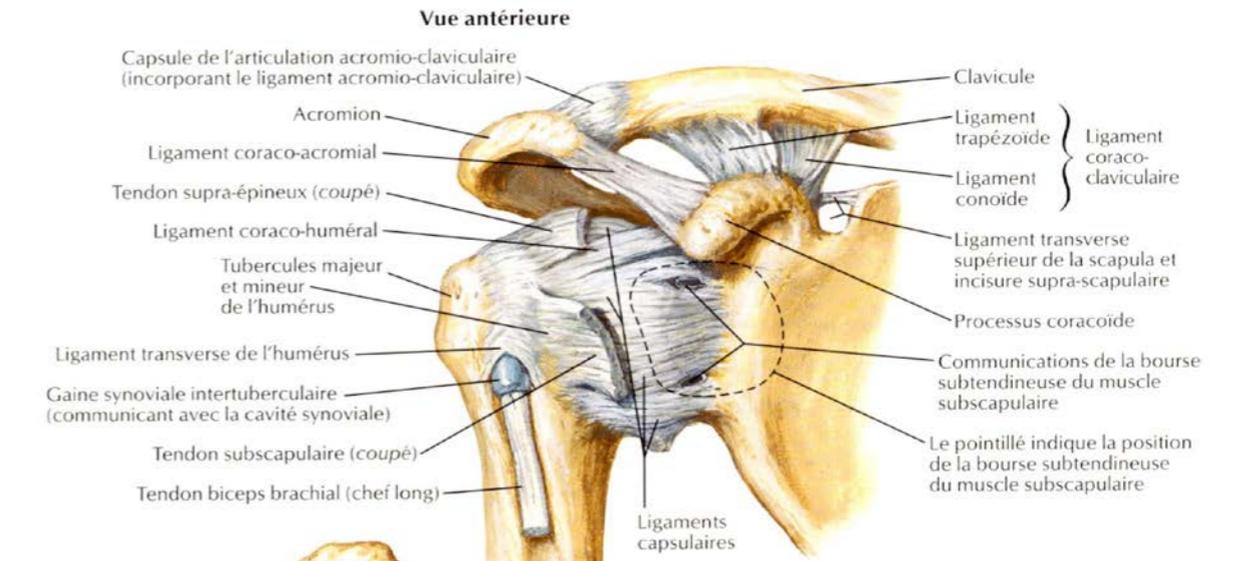
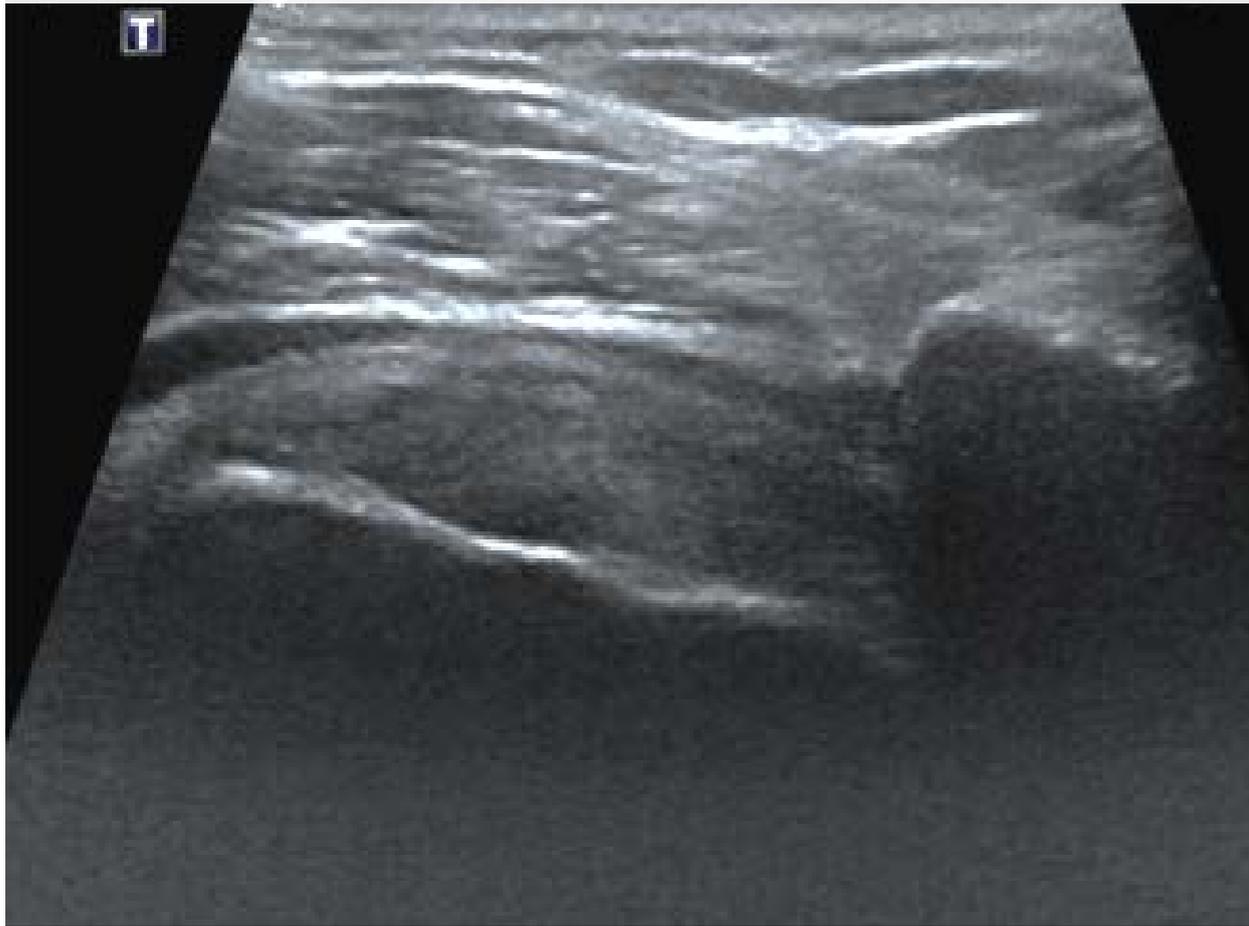
<http://pe.sfrnet.org/Data/ModuleConsultationPoster/pdf/2013/1/ed73cf6a-370a-4107-b296-aba1573eb624.pdf>

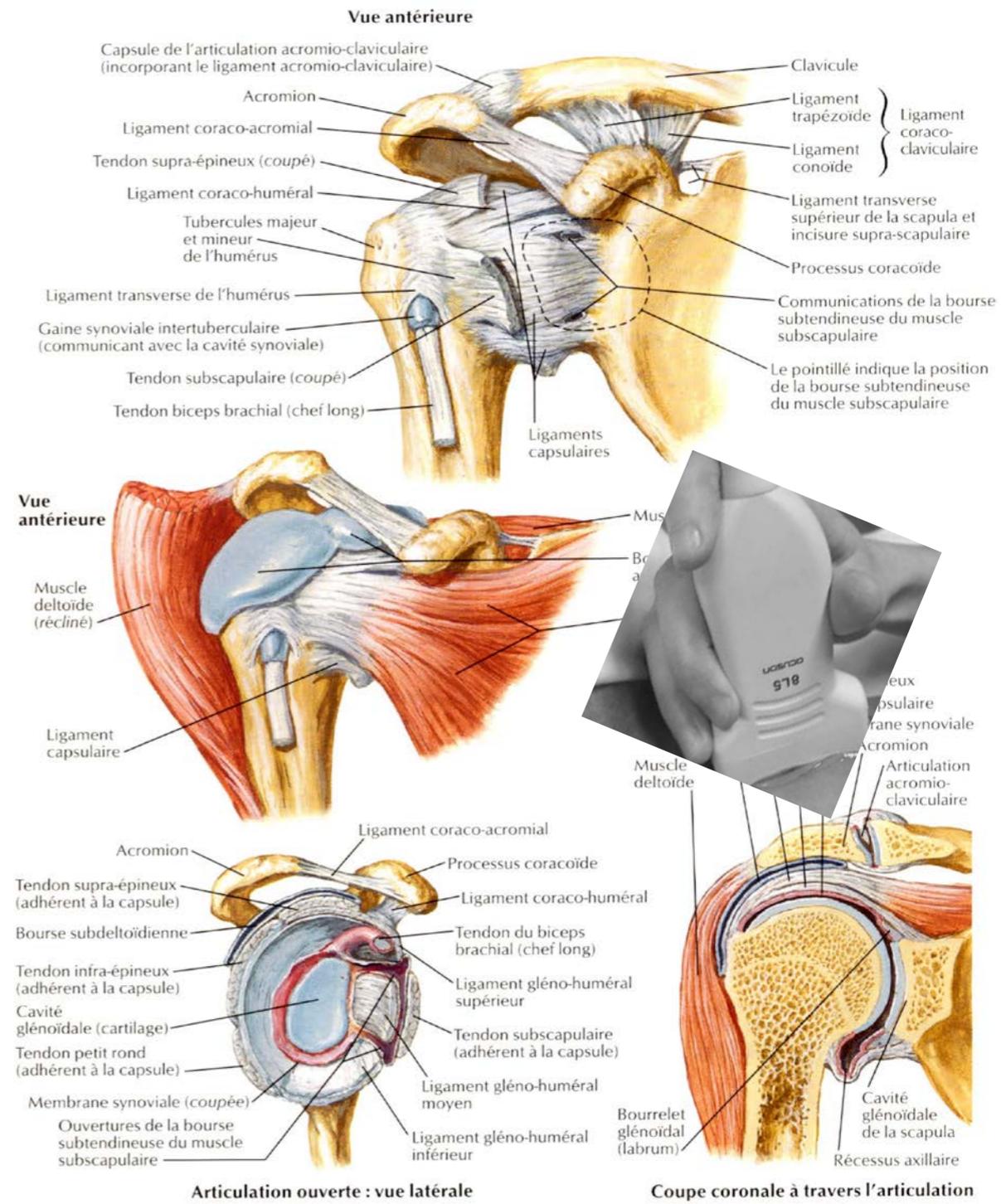
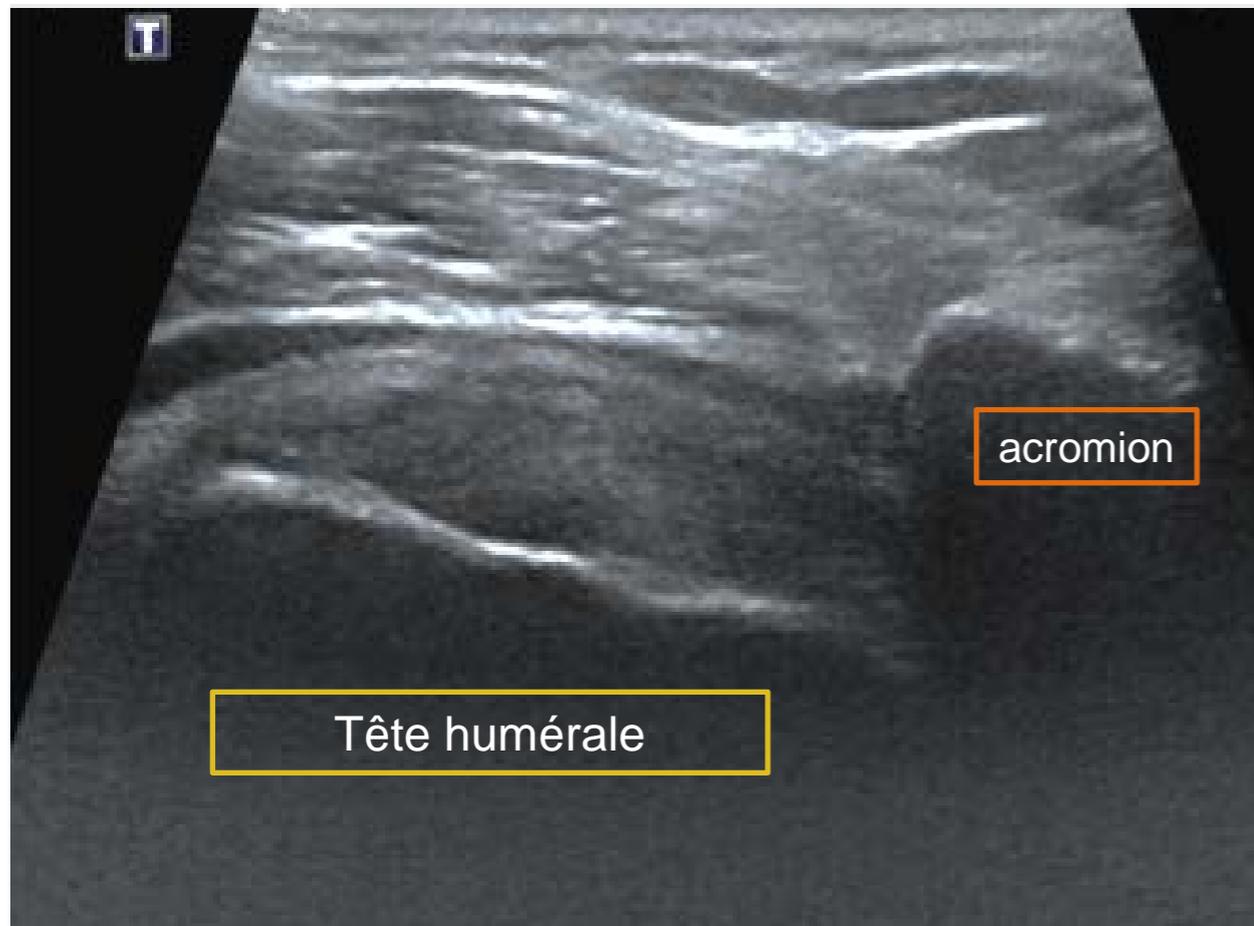
<http://slideplayer.fr/slide/3246586/>

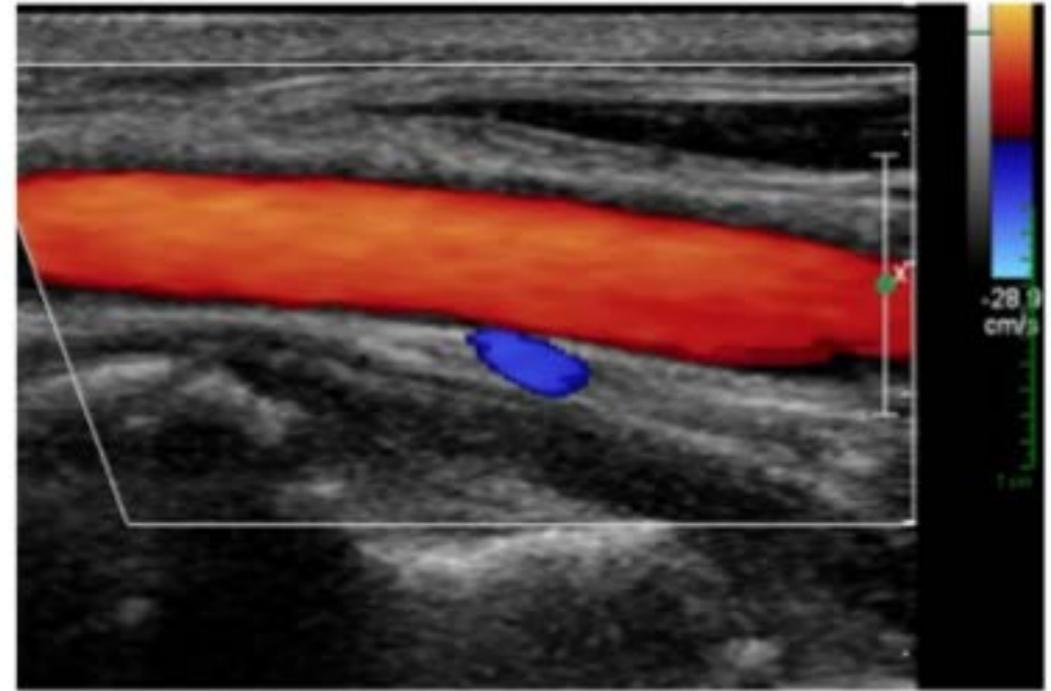
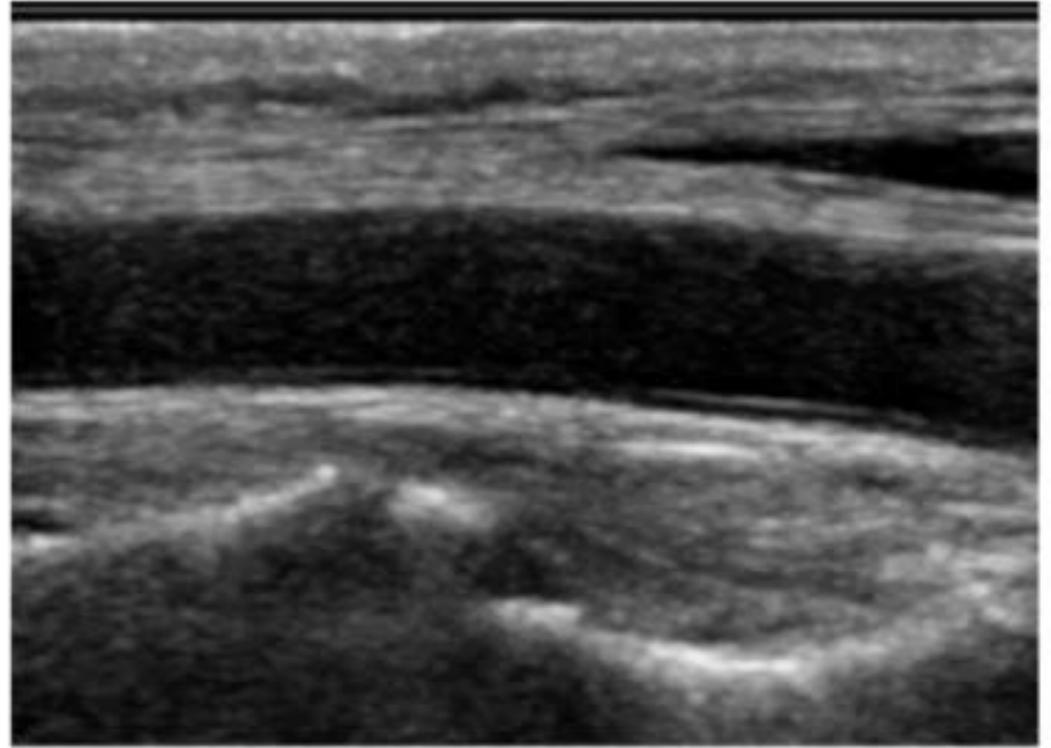


# US & Doppler

- air/gaz
- os
- vaisseaux : artères, veines,
- nerfs
- muscles
- tendons, ligaments
- viscères pleins







# Échographie

en **médecine générale**

Docteur Isabelle Cibois-Honorat

2<sup>e</sup> édition

Préfacé par le Professeur Jean-Marie Bourgeois



SAURAMPS  
MEDICAL

# Grand Hôpital de Charleroi s'équipe des premiers échographes ultraportables en Belgique



*Grand Hôpital de Charleroi s'équipe des premiers échographes ultraportables de Belgique - © M. Scholze*

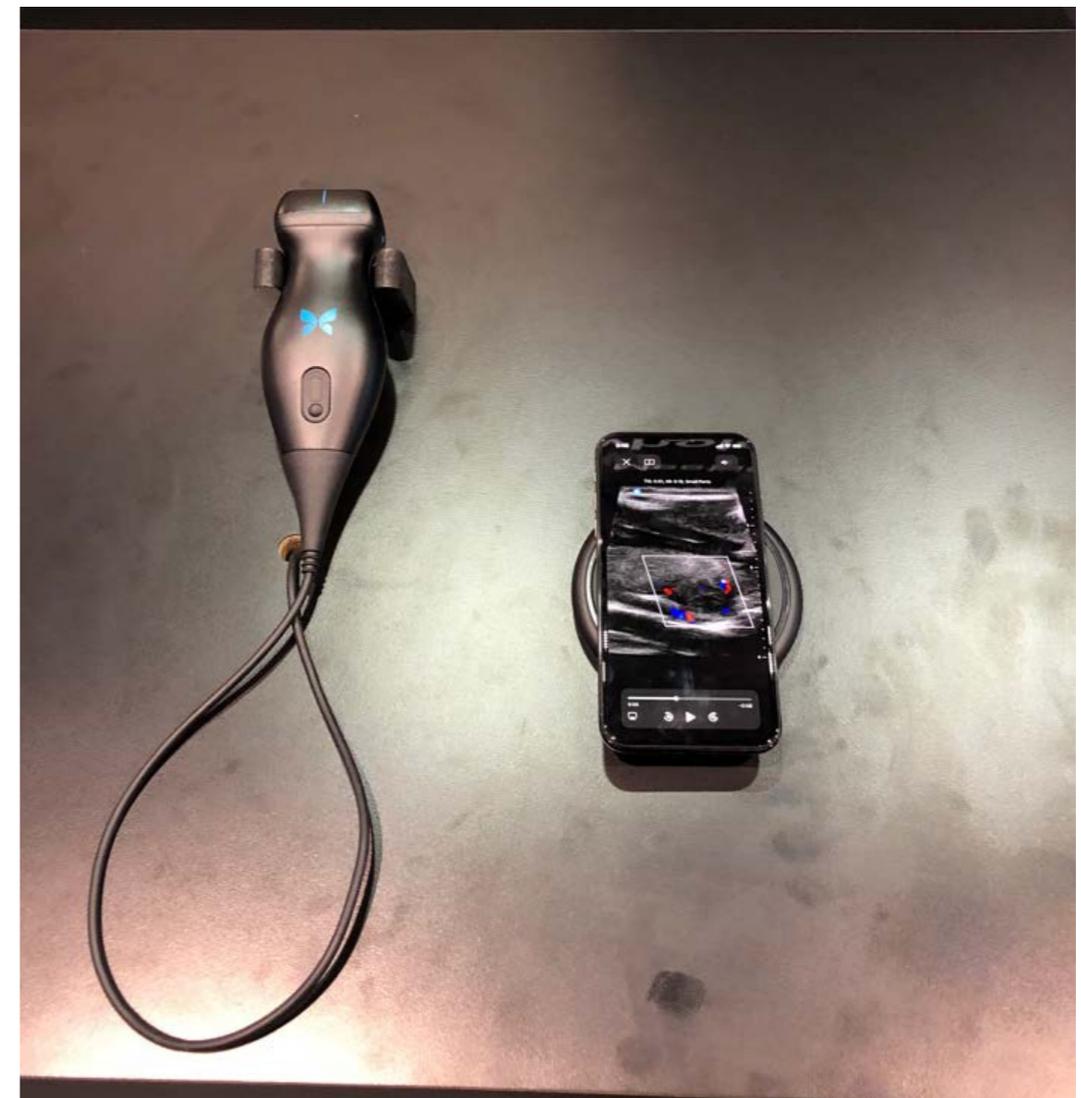


10.000  
euros

FDA &  
CE

2000 \$

FDA CE ?





999 \$

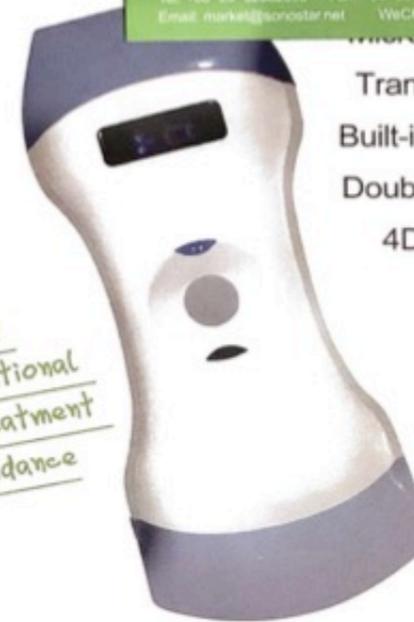
FDA &  
CE



995 \$ per Sonde.



Speed, preliminary  
examine, interventional  
diagnosis and treatment  
visualization guidance



- Transvaginal
- Built-in screen
- Double heads
- 4D bladder

The M  
R&D



**Michael Huang**  
Sales Manager  
Mobile: +86 15919691183



New Hi-tech Enterprise  
Color Doppler/Ultrasound Scanner  
/Ophthalmic/Urological  
Booth: South Level 3,3175

Sonostar Technologies Co., Limited CE FDA

Address: 504#C Building, #27 Yayingshi Road, Science Town, Guangzhou, China  
Tel: +86-20-32362095 Fax: +86-20-62614030 Web: www.sonostarmed.com  
Email: market@sonostar.net WeChat: MH-PRC Skype: michael.h.china

**Handheld Wireless Mini B & Color  
Doppler Ultrasound Scanner**

0178120828 / 0176202933



Wireless



work with your mobile phone!



**! AVERTISSEMENT**



**CHAMP MAGNÉTIQUE PUISSANT**

- PAS DE STIMULATEURS CARDIAQUES \*
  - PAS DE NEUROSTIMULATEURS \*
  - PAS D'IMPLANTS CONDUCTEURS/MÉTALLIQUES \*
- Les personnes portant des stimulateurs, des neurostimulateurs ou des implants métalliques ne doivent pas entrer dans cette zone. Elles risqueraient de se blesser gravement.
- \* En général, les patients porteurs d'implants conducteurs (en métal, par exemple) sont contre-indiqués pour les examens IRM. Pour les patients dotés d'implants dits « à compatibilité IRM » ou « à compatibilité IRM conditionnelle », consultez la documentation du fabricant relative au dispositif implanté.  
\* AVERTISSEMENT : Utilisez uniquement un type de transmission en quadrature pour les dispositifs « à compatibilité IRM conditionnelle ».

**! AVERTISSEMENT**

**AIMANT 3.0T**



**CHAMP MAGNÉTIQUE PUISSANT**  
L'aimant est toujours activé

- PROTECTIONS AUDITIVES REQUISES**  
Une protection auditive est nécessaire pour toutes les personnes se trouvant dans la salle d'examen pendant un examen afin de prévenir d'éventuels troubles auditifs.
  - PAS DE STIMULATEURS CARDIAQUES \***
  - PAS DE NEUROSTIMULATEURS \***
  - PAS D'IMPLANTS CONDUCTEURS/MÉTALLIQUES \***  
Les personnes portant des stimulateurs, des neurostimulateurs ou des implants métalliques ne doivent pas entrer dans cette zone. Elles risqueraient de se blesser gravement.
  - PAS D'OBJET MÉTALLIQUE EN VRAC**  
Les matériaux en fer, en acier et les autres matériaux ferreux ne doivent pas être utilisés dans cette zone. Cela peut causer de graves blessures ou des dommages matériels.
  - RISQUE D'IRRADIATION NON IONISANTE**  
Si l'examen est effectué avec une chambre magnétique ouverte.
- \* En général, les patients porteurs d'implants conducteurs (en métal, par exemple) sont contre-indiqués pour les examens IRM. Pour les patients dotés d'implants dits « à compatibilité IRM » ou « à compatibilité IRM conditionnelle », consultez la documentation du fabricant relative au dispositif implanté.  
\* AVERTISSEMENT : Utilisez uniquement un type de transmission en quadrature pour les dispositifs « à compatibilité IRM conditionnelle ».



OK! 👍

**AVERTISSEMENT**  
RISQUE D'ÉCHAUFFEMENT  
Les patients peuvent souffrir d'un  
surchauffement pendant les séquences  
de diffusion. Il est recommandé de  
surveiller les patients pendant les  
séquences de diffusion. Les patients  
doivent être informés de ce risque  
avant l'examen.

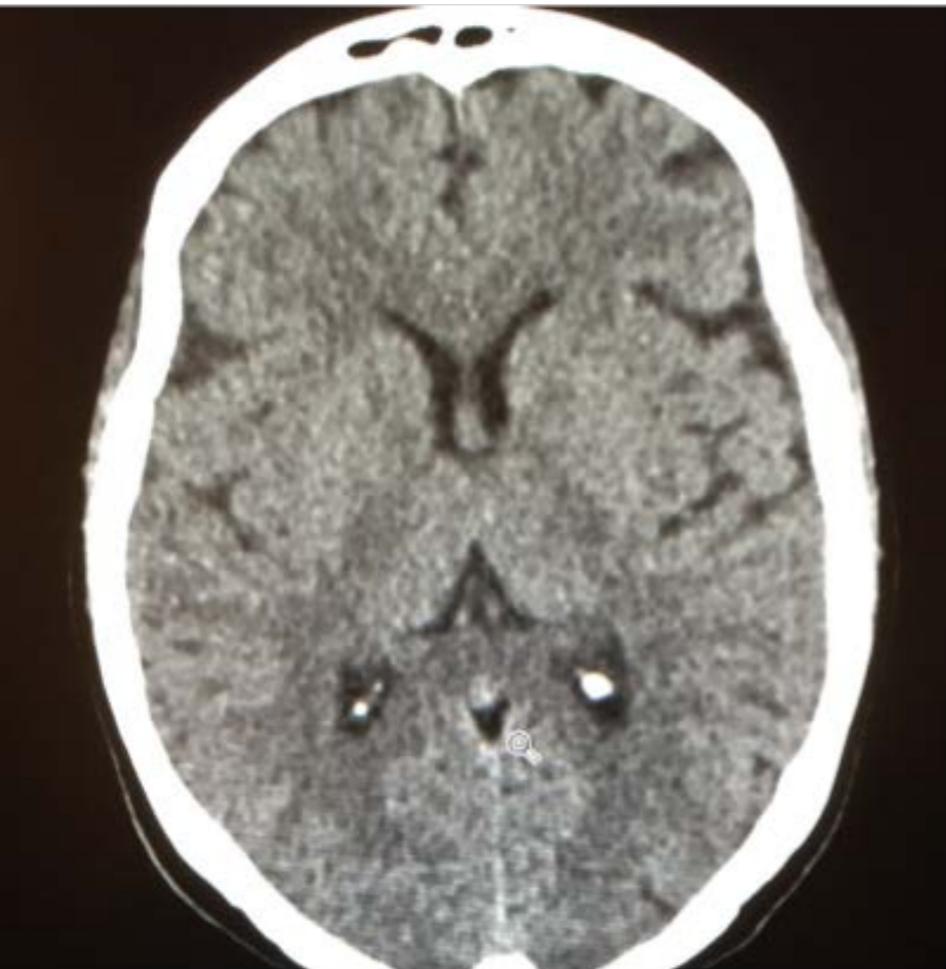
Documents et notices

**CARTONS  
PAPIER**  
↓  
MERCI

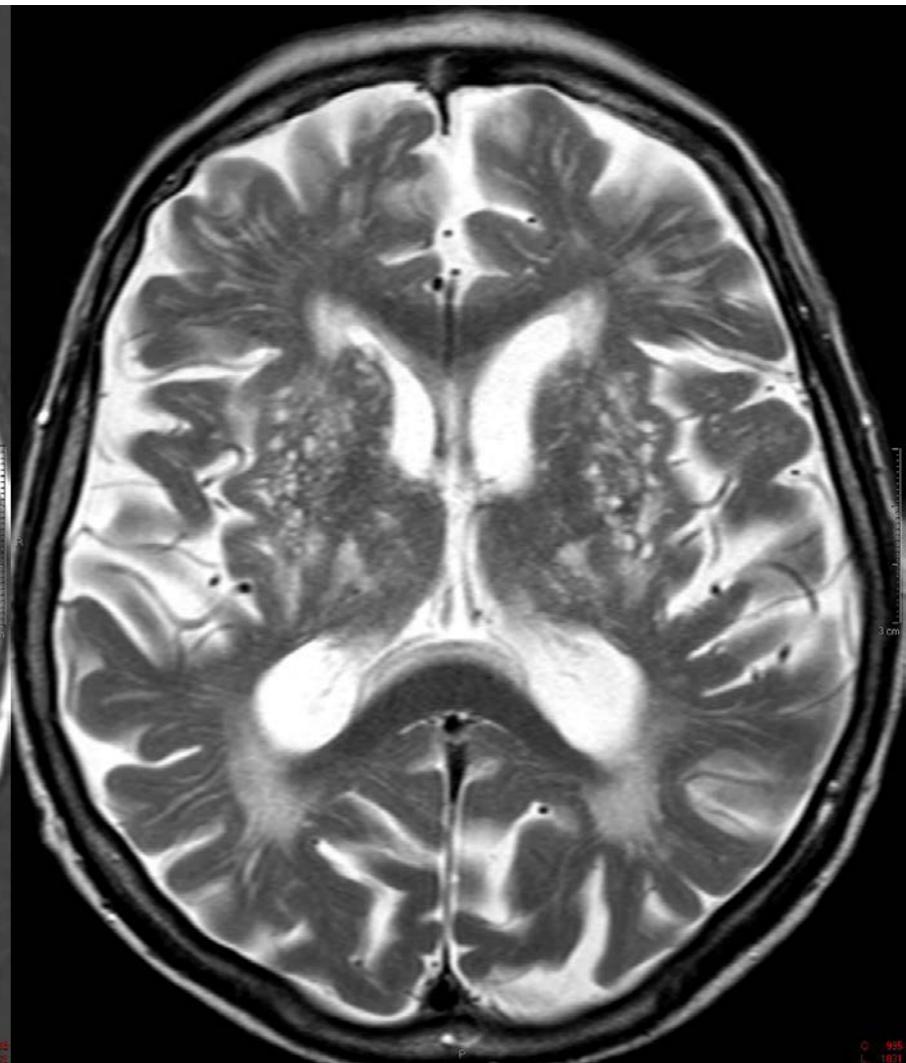
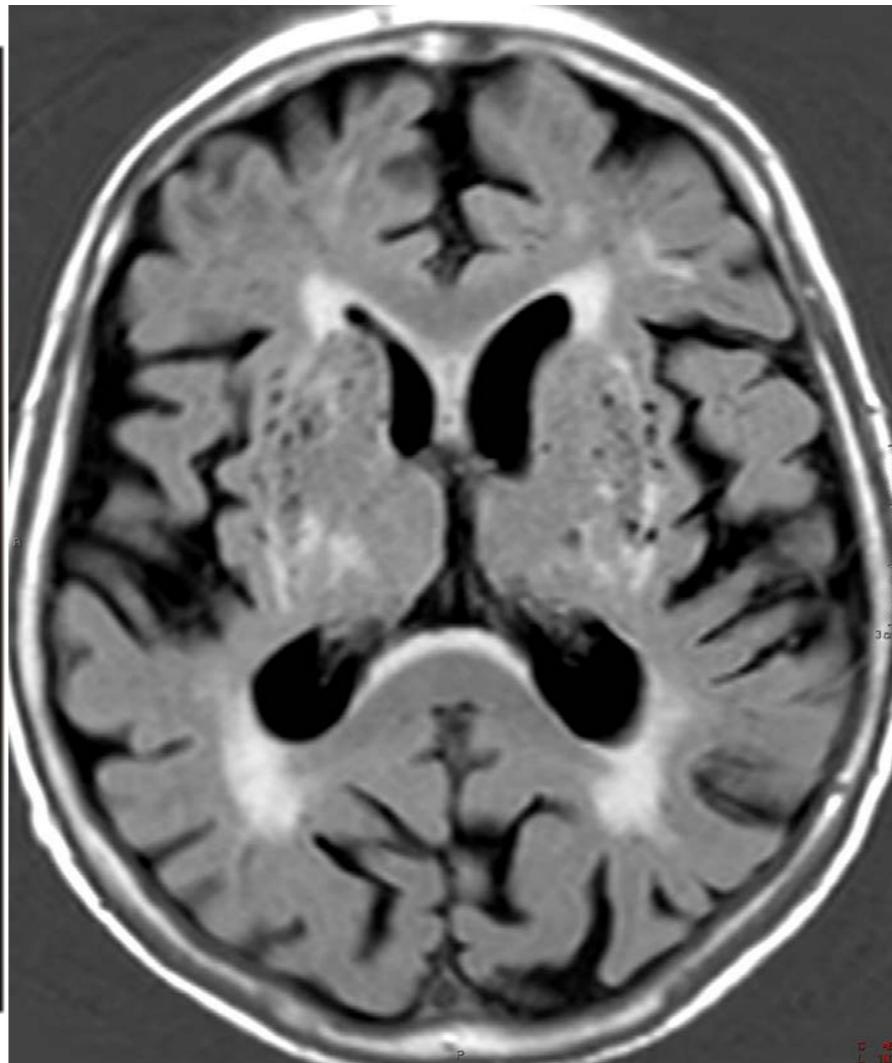
Salle  
**IRM**  
**DANGER**  
CHAMP MAGNÉTIQUE POUSSANT  
AIMANT TOUJOURS  
ACTIF  
[www.securirm.com](http://www.securirm.com)



CT



IRM



# IRM : des bases minimales

Eric Ligot

Technologue principal, IRM CUSL, UCL

**Speak MRI - the fun and easy way!**

# MRI

FOR

# DUMMIES<sup>®</sup>

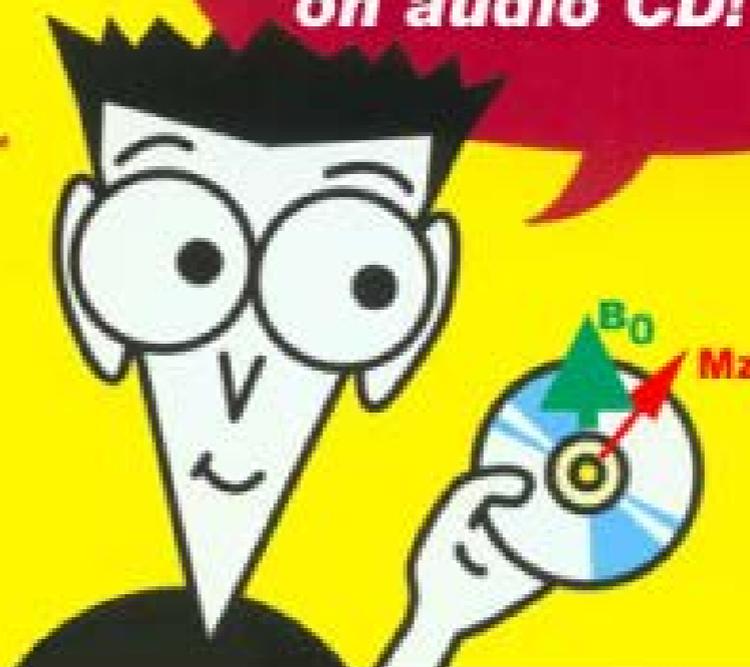
**Animations from  
the presentations  
on audio CD!**

**A Reference  
for the  
Rest of Us!™**



**Philippe Peigneux  
& Evelyne Balteau**

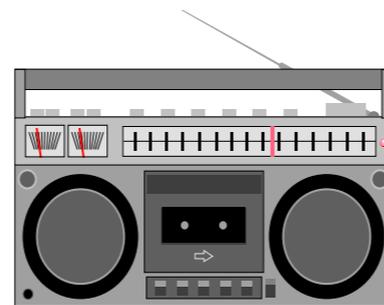
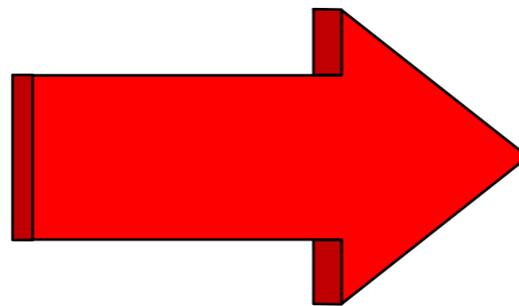
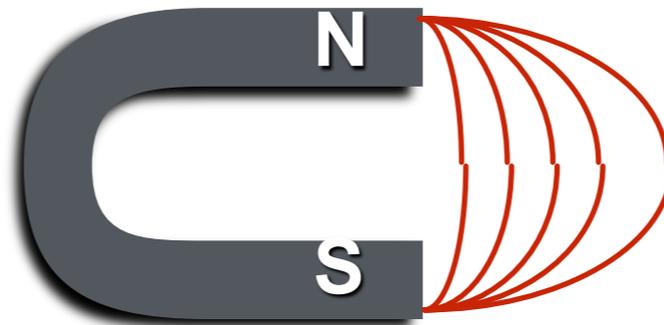
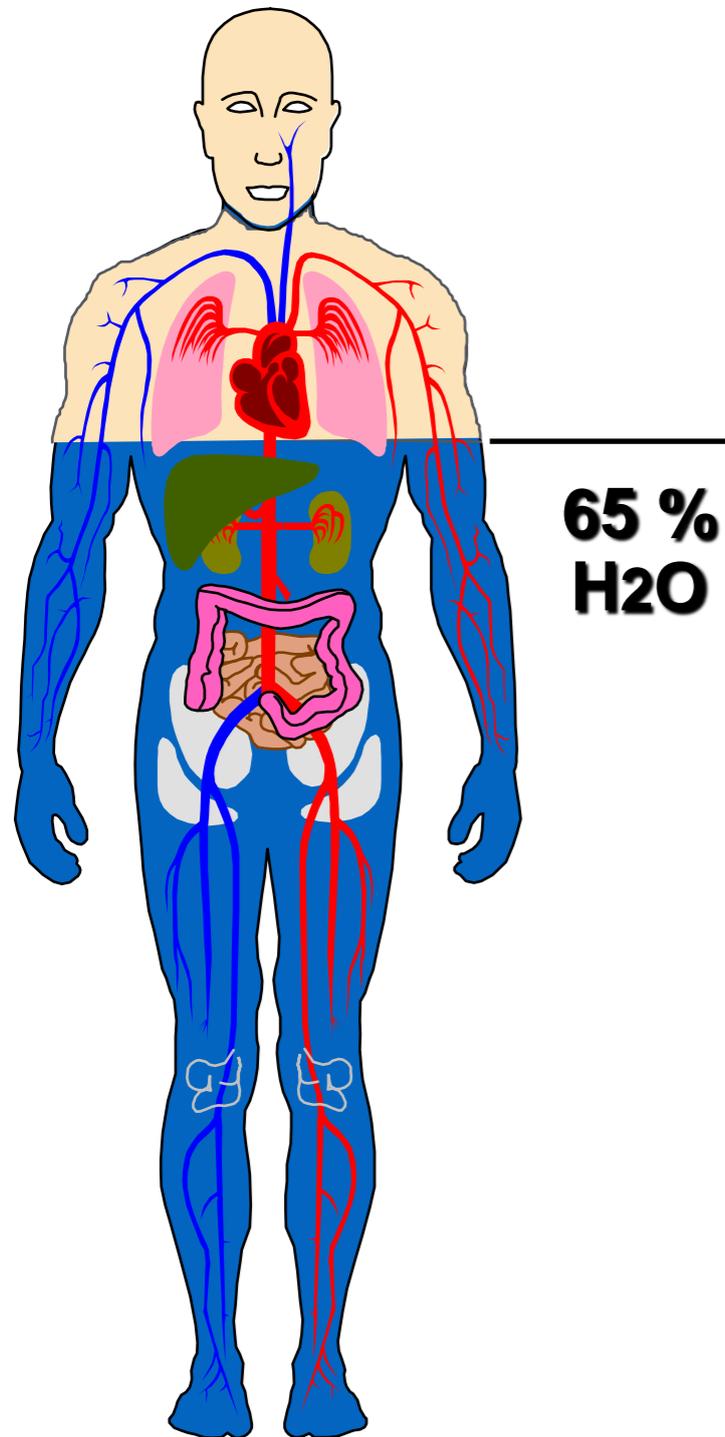
*Centre de Recherches du Cyclotron*



# Ce que vous aller voir

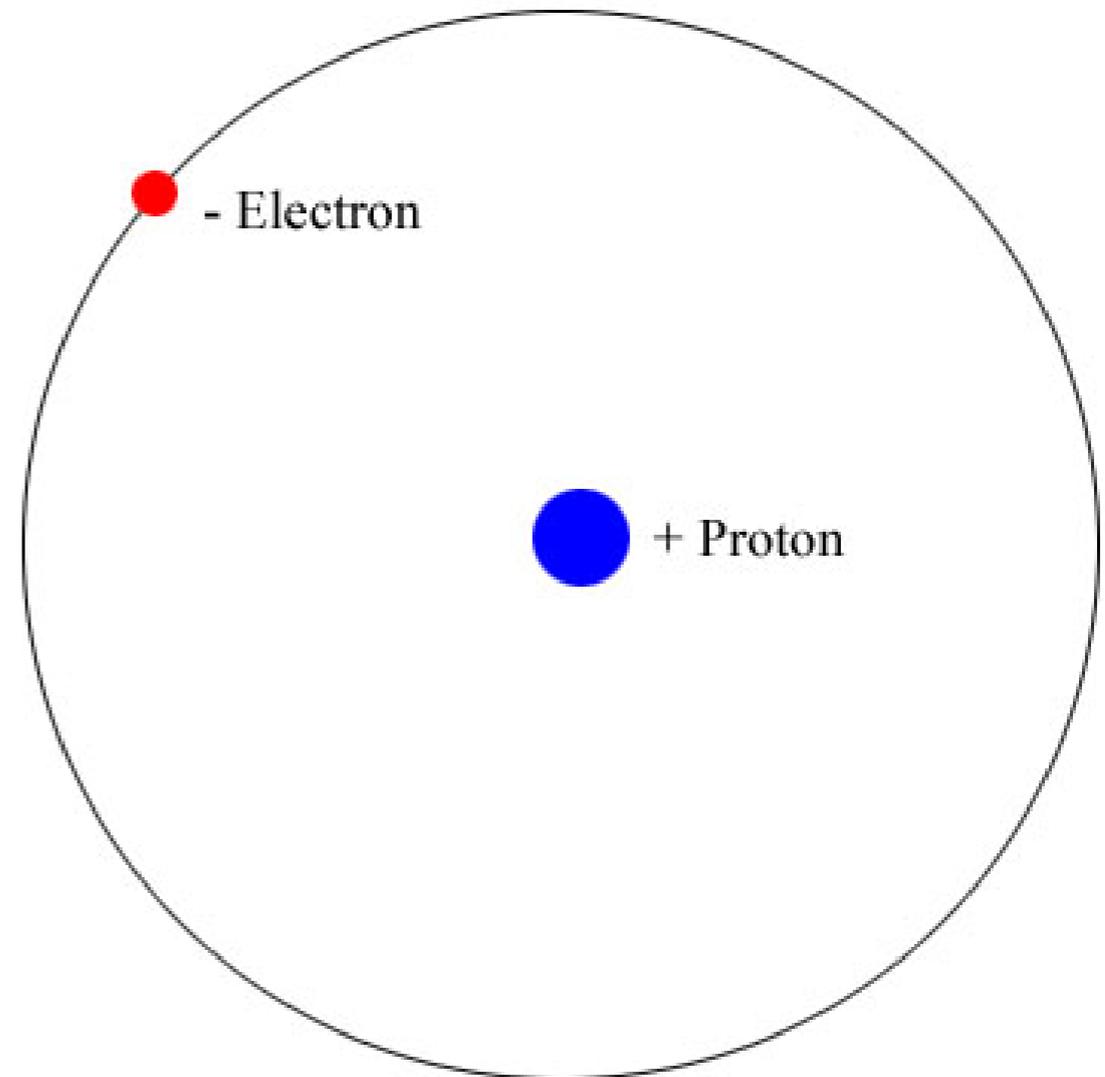
- \* Bases physiques de l'IRM.
- \* Les pondérations T1 et T2.
- \* Principales contre-indications.
- \* Utilité et inutilité.

# L'IRM c'est (presque) simple :

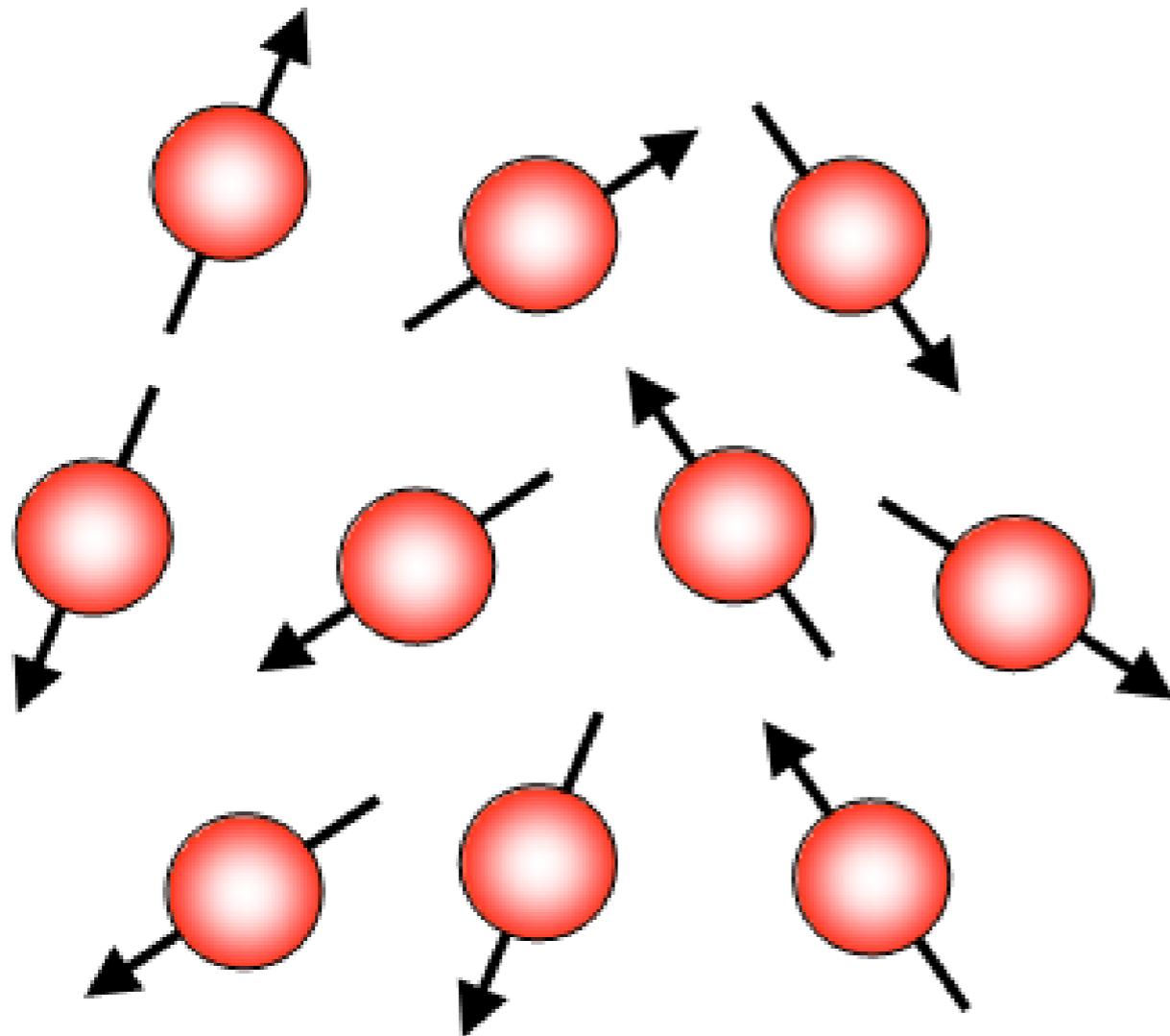


# Le noyau d hydrogène

- 1 seul proton
- Possède des propriétés magnétiques
- Vecteur pivotant sur lui-même (précession)
- Spin du proton



# Au repos

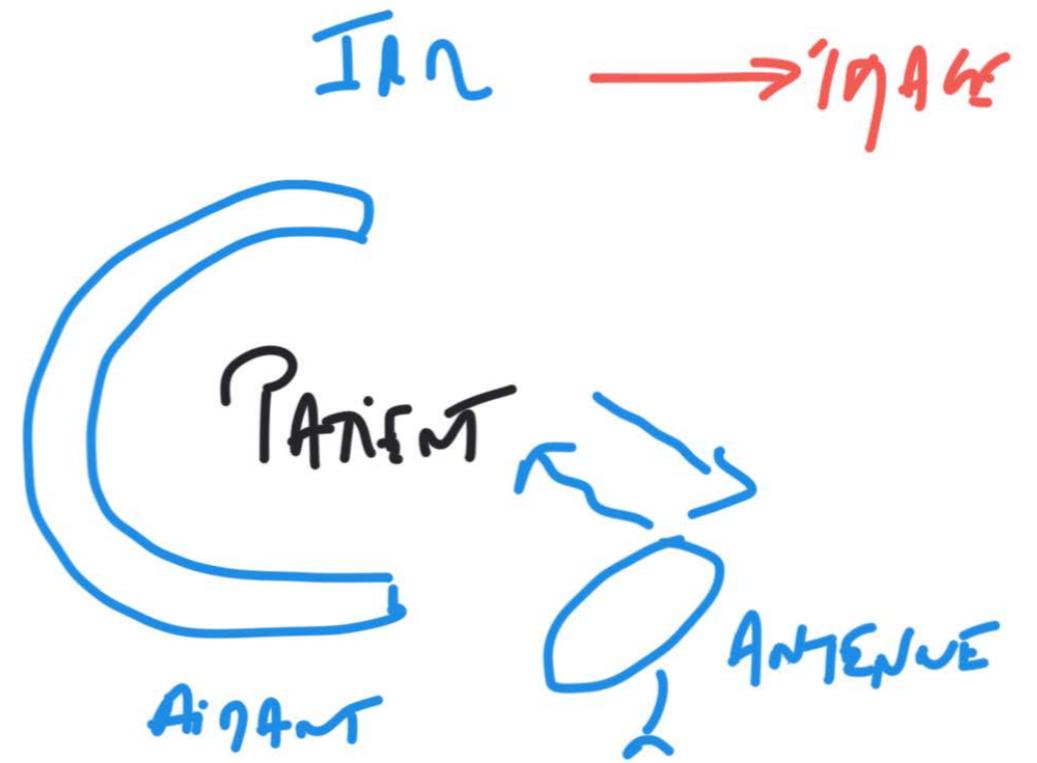
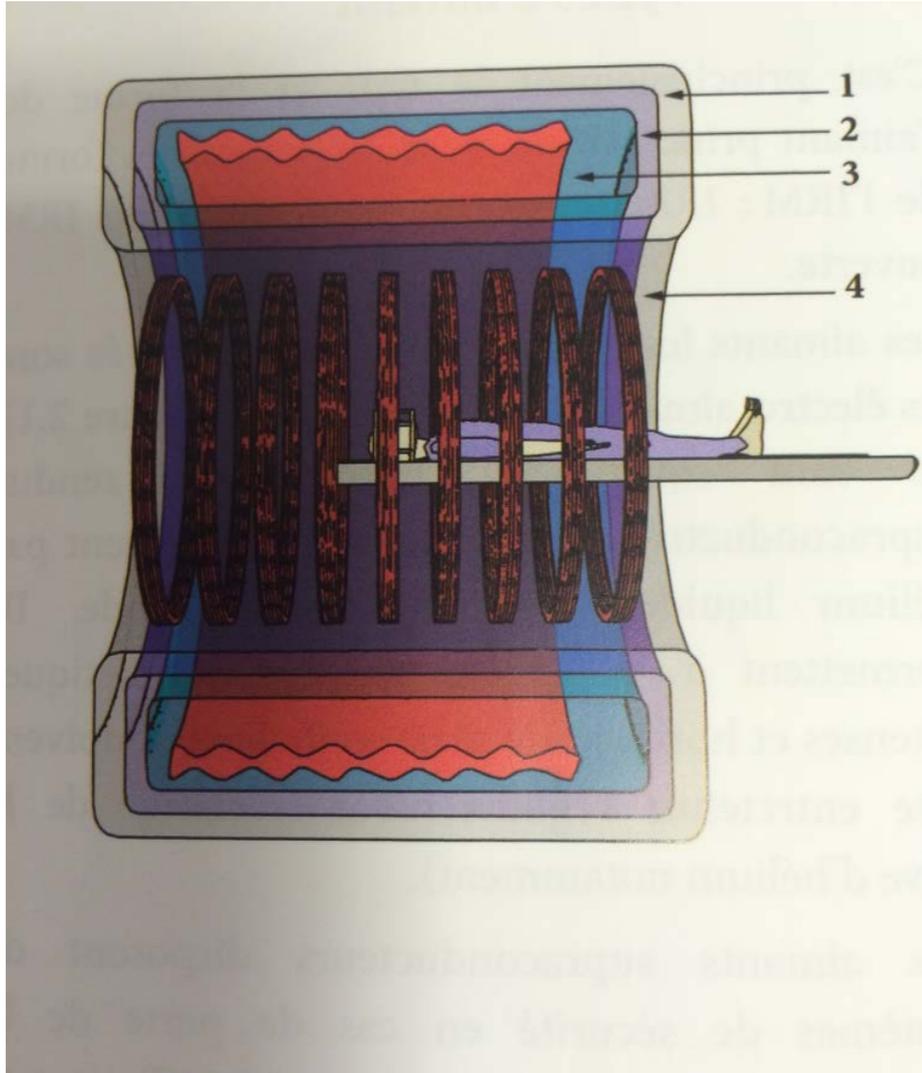


Aimantation aléatoire

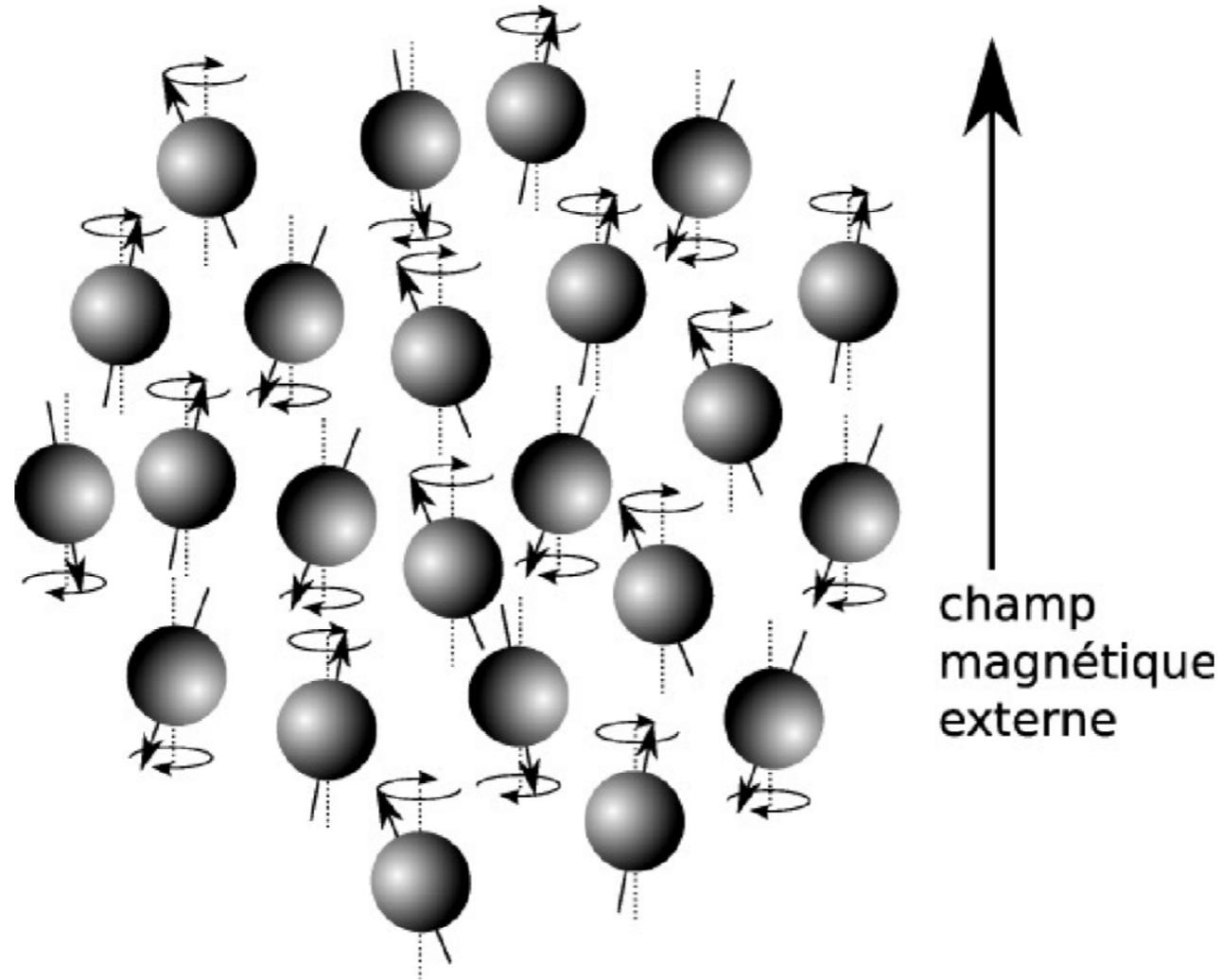
Somme vectorielle des moments magnétiques=0

# Le champ magnétique





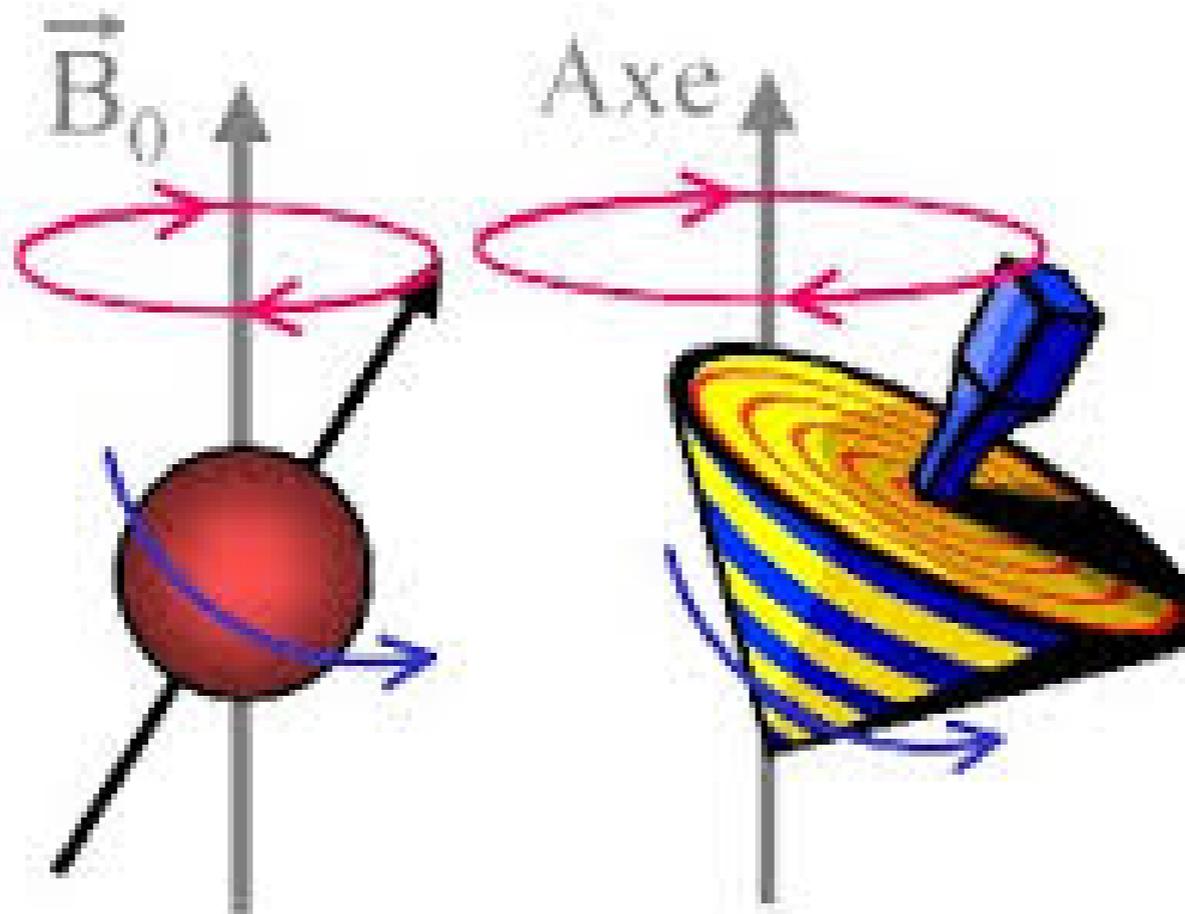
# Exposition à un champ magnétique $B_0$



# Résultat

Mouvement de précession autour de  $B_0$

La vitesse est proportionnelle à la force de  $B_0$



# La radiofréquence

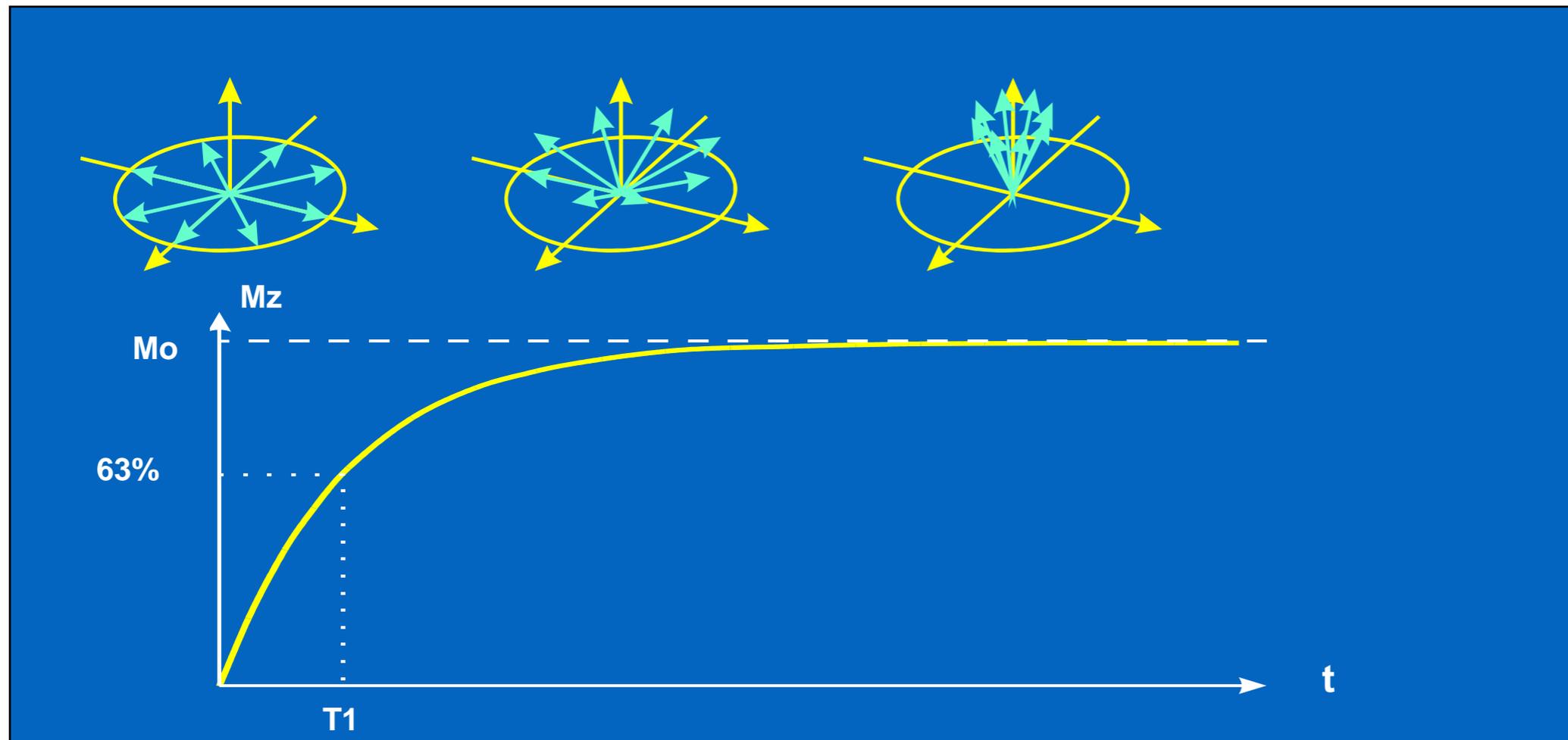
- On envoie des impulsions RF, répétées dans le temps, à la fréquence propre à l'hydrogène.
- Il s'agit du phénomène de résonance
- Les protons sont alors excités par cet apport d'énergie.
- Angles de bascule  $90^\circ/180^\circ$ .
- Lors de l'arrêt des impulsions RF, les protons vont vouloir revenir dans l'axe de  $B_0$  mais ceci à des vitesses de relaxations différentes suivant les tissus dans lequel ils se trouvent.
- On répète ces impulsions durant un certain laps de temps-Temps de répétition (TR)

# SIGNAL ET CONTRASTE

- \* En revenant à cet équilibre le long de  $B_0$ , les protons vont restituer un signal qui sera capté par des antennes.
  - Les temps de relaxation de l'eau et de la graisse ne sont pas les mêmes
- \* Il existe différents contrastes entre ces structures, selon que l'on soit en pondération T1 et T2

# Temps de Relaxation Longitudinal

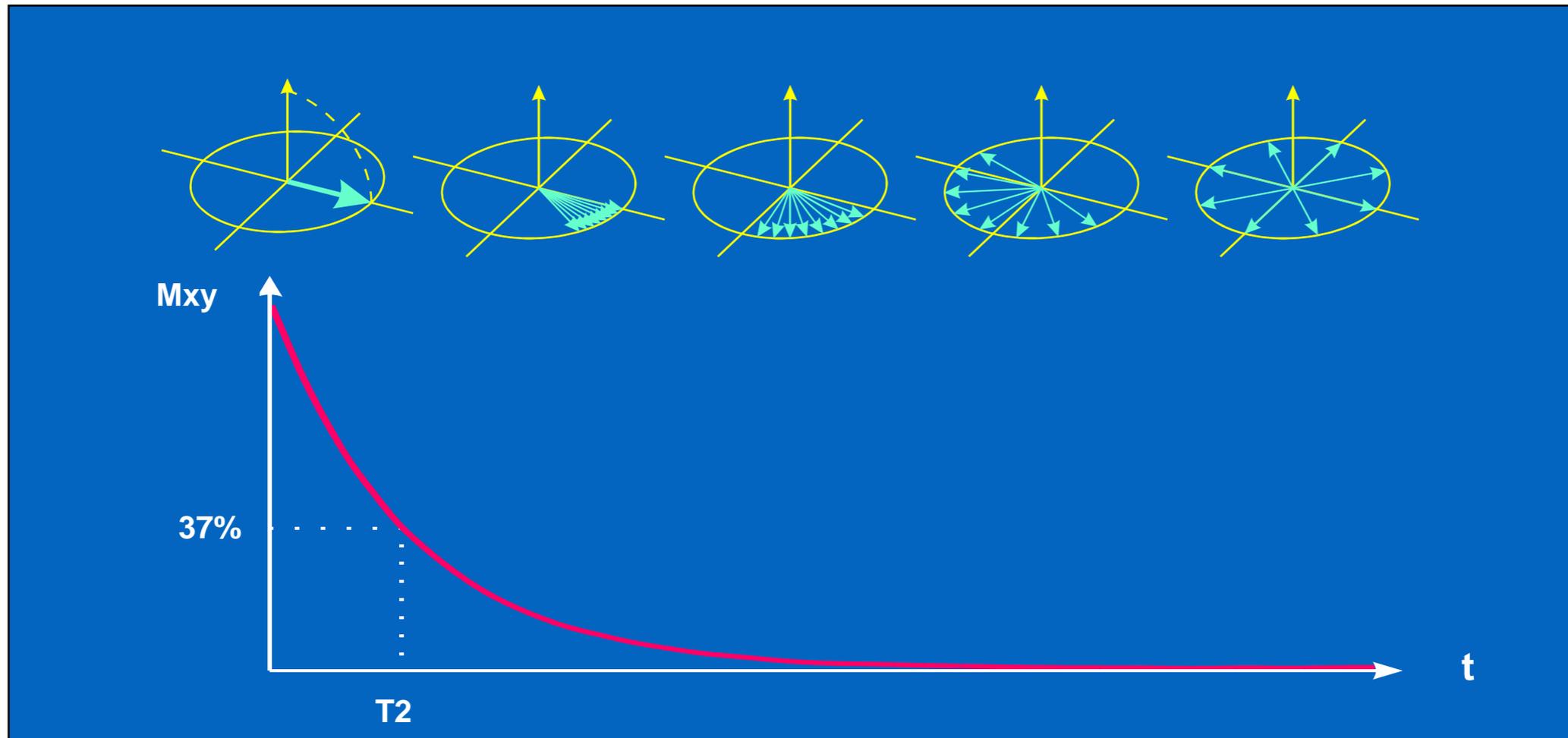
$T_1$



Relaxation Longitudinale = Transfer d'énergie entre des spins excités et les Tissus  
Repousse de l'aimantation longitudinale avec une constante de temps  $T_1$

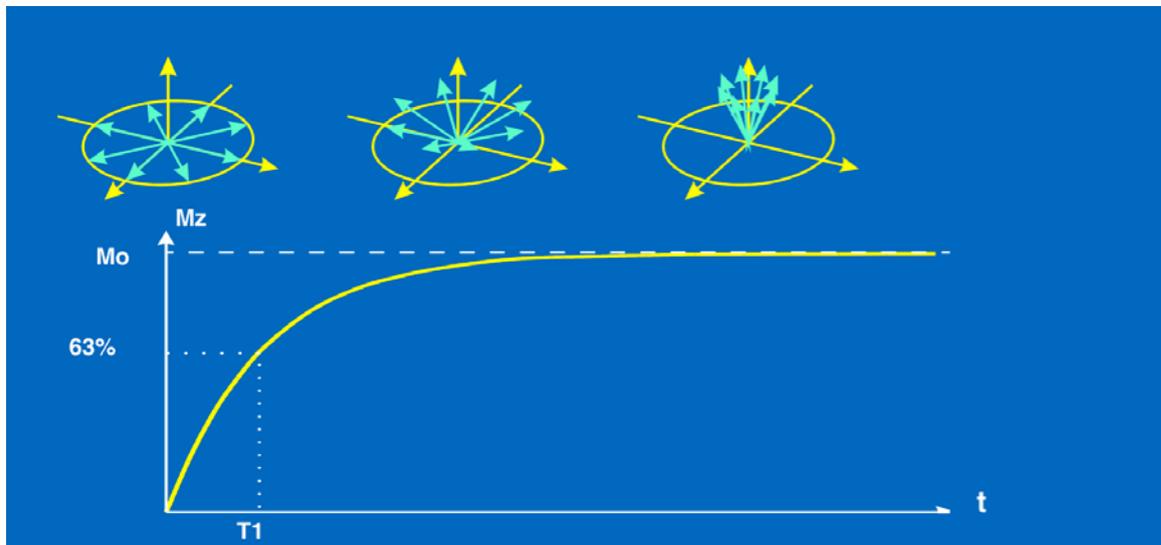
# Temps Relaxation Transverse

## $T_2$



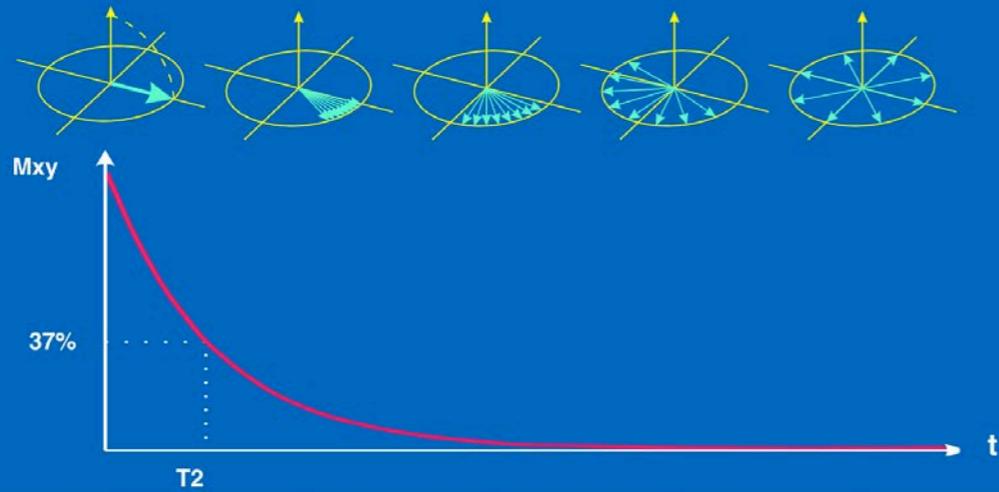
**Relaxation Transverse = déphasage progressif de la precession des protons**  
**Diminution progressive de l'aimantation transversale = Relaxation  $T_2$**

# Pondération T1

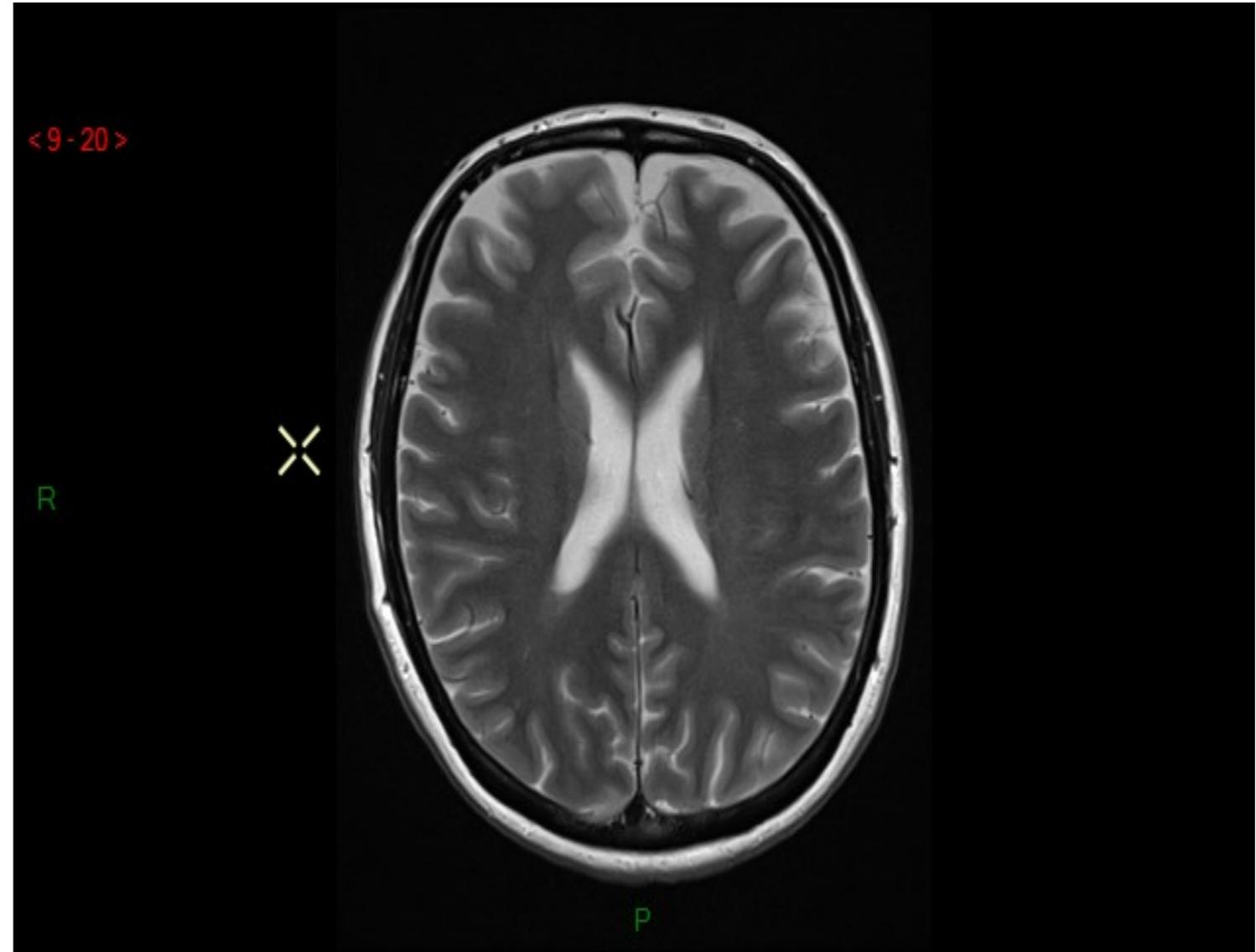


- TR COURT: 400-650 ms
- TE COURT: 10-30 ms
- Graisse apparait blanche
- Liquide apparait noir

# Pondération T2



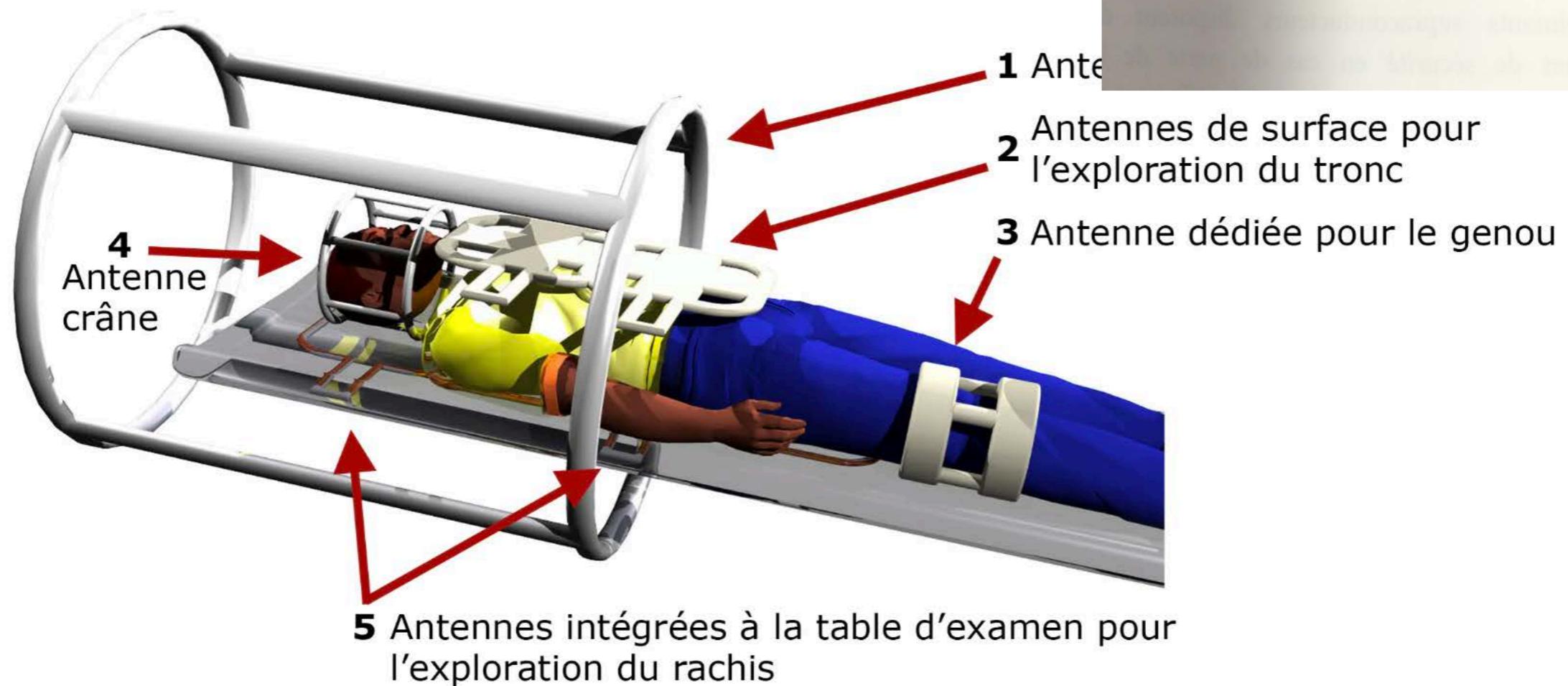
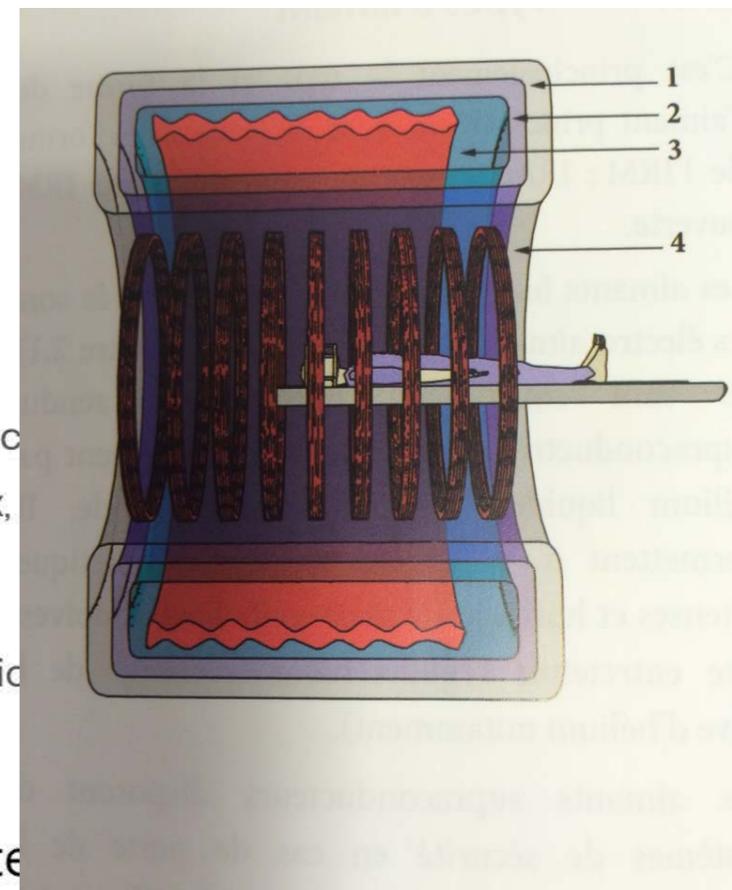
- TR LONG: +2000 ms
- TE LONG: 80/120ms
- Graisse apparait blanche
- Liquide apparait blanc



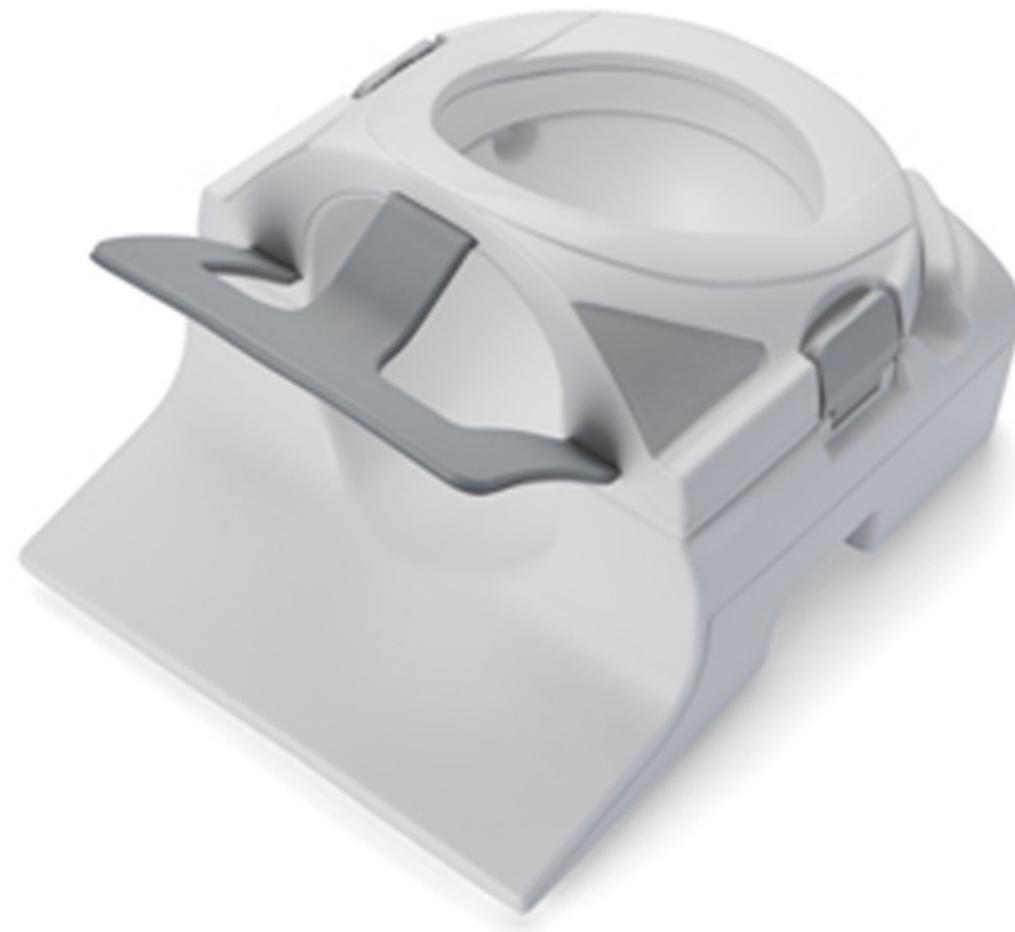
# Éléments constitutifs

La chaîne radiofréquence comprend l'ensemble des nombreux éléments particuliers des ondes radiofréquences, qui interviennent dans l'excitation des noyaux, l'application des gradients et pour l'acquisition du signal.

Les antennes sont un élément déterminant de la performance de la chaîne radio



# Les antennes dédiées



# Antenne



# Liste des contre indications

## Hier

Pacemaker  
Implants cochléaires  
Pompes et stimulateurs électroniques implantés  
Valves mécaniques  
Clips vasculaires  
Corps étrangers intraoculaire  
Insuffisance rénale sévère: pas d'injection de produit de contraste (créatinine inférieure 30ml/min)

## Aujourd'hui

Pacemaker  
Implants cochléaires  
Pompes et stimulateurs électroniques implantés  
Valves mécaniques  
Clips vasculaires  
Corps étrangers intraoculaire  
Insuffisance rénale sévère: pas d'injection de produit de contraste (idem)



Hier

Valves réglables

Femme enceinte

Prothèses genou/hanche...

Tatouages

Aujourd'hui

Valves réglables

Femme enceinte

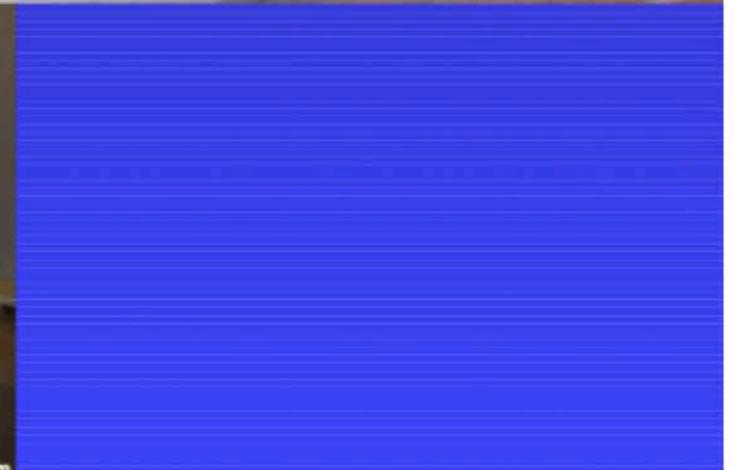
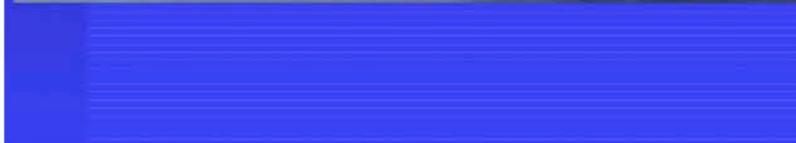
Prothèses genou/hanche...

Tatouages

# Malgré les principes de précautions



# Champs magnétique 24h/24h



# IRM

- air/gaz
- **os - moëlle**
- **vaisseaux** : artères, veines, lymphatiques
- **nerfs**
- **muscles**
- **tendons, ligaments**
- **viscères pleins**



rx



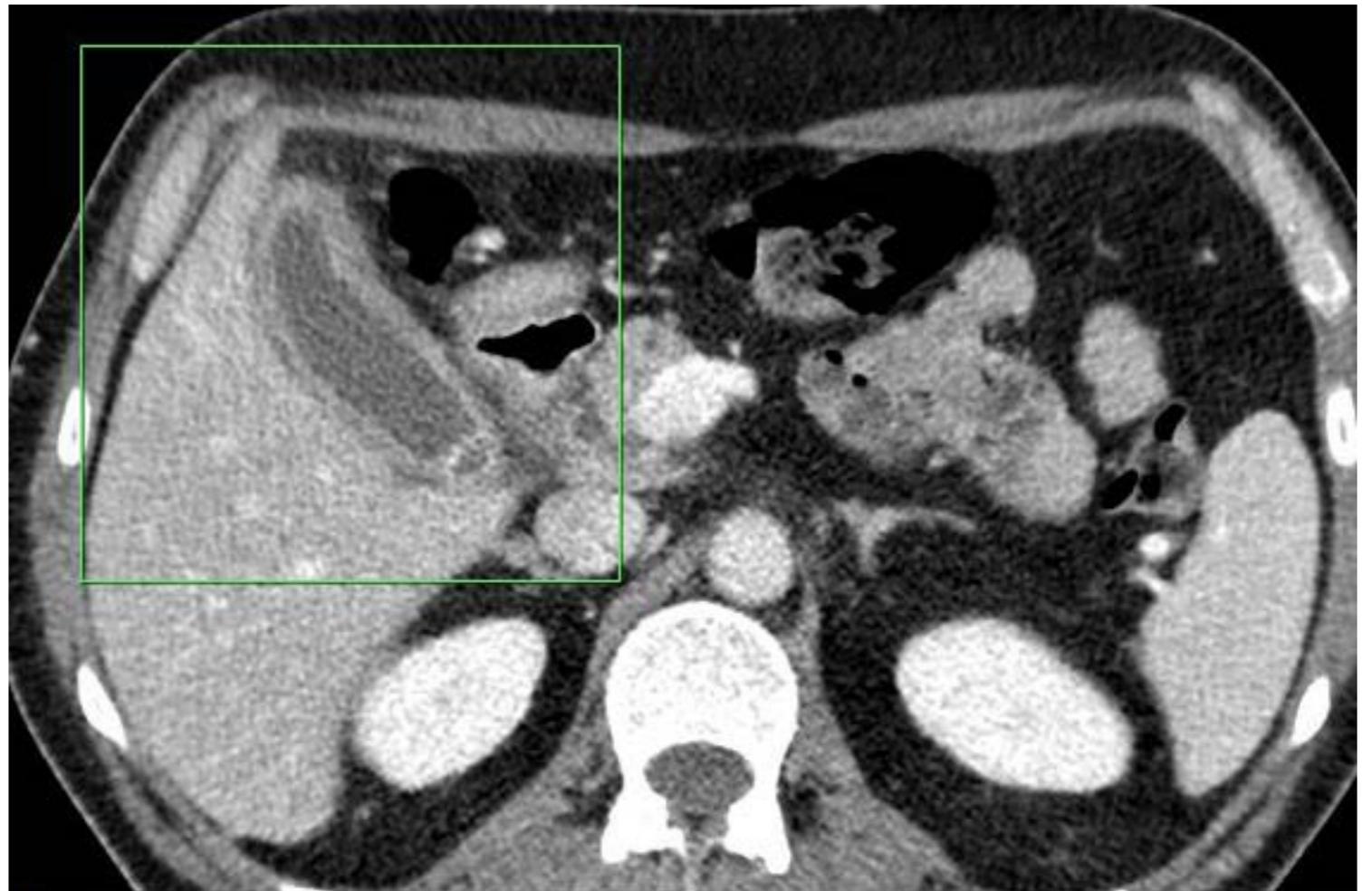
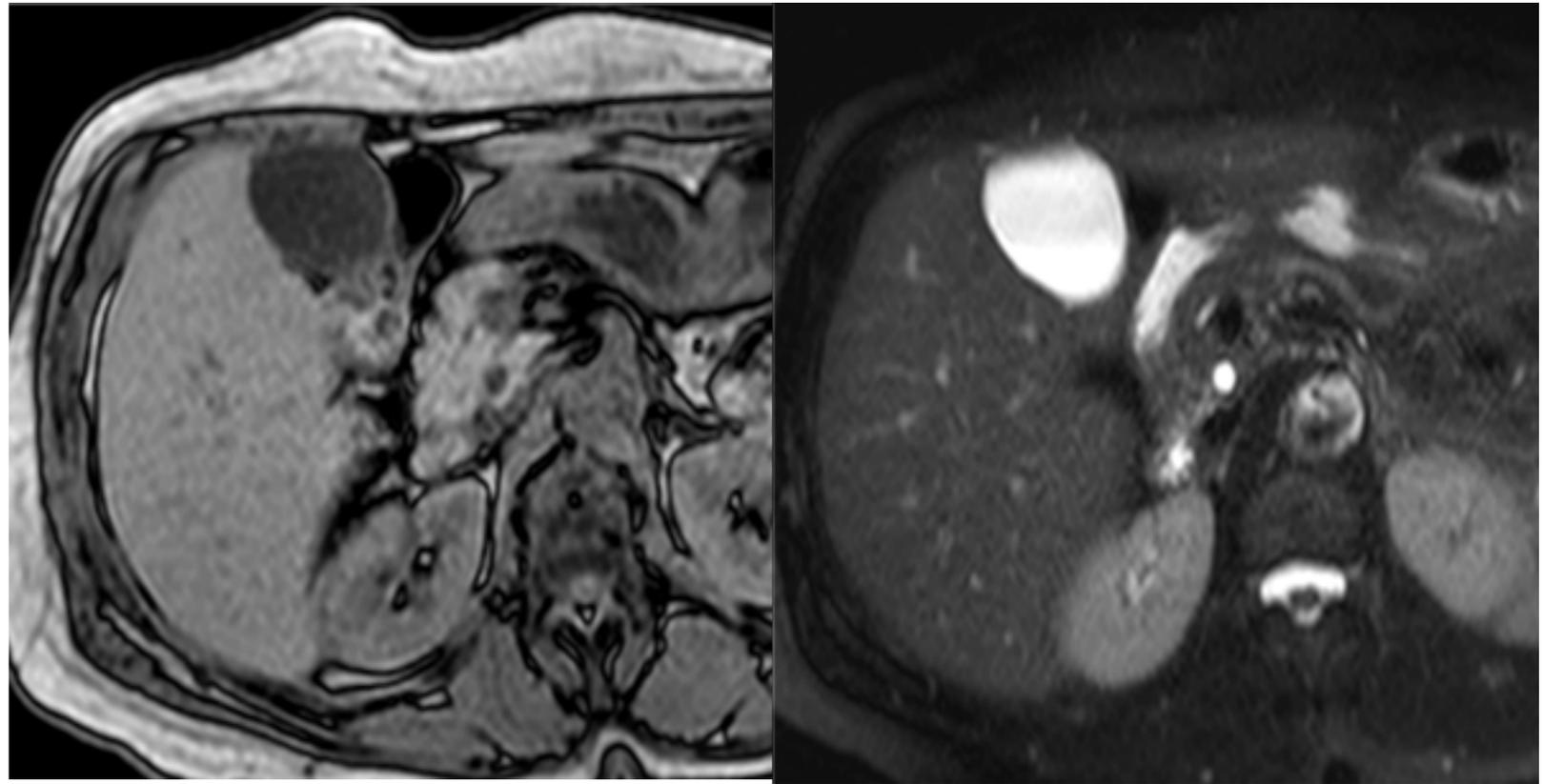
ct

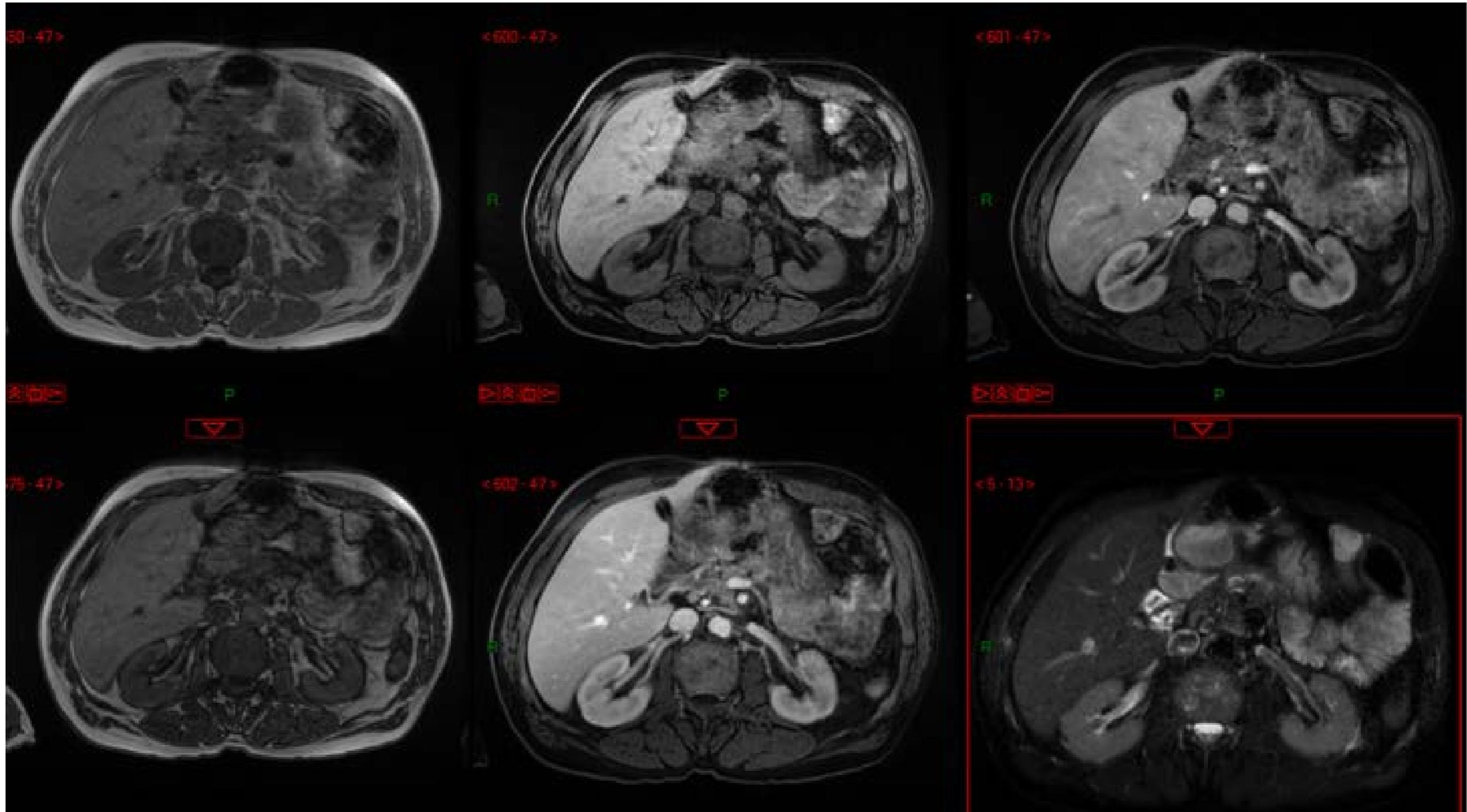


IRM

# Le point

- RX
- CT
- US
- IRM





	rx	us	ct	irm
air/gaz	*		*	
vx	+/-	*	*	*
tendons		*	*	*
os	*		*	
moëlle				*
muscles		*	*	*
viscères pleins		*	*	*

	rx	us	ct	irm
résolution spatiale	++	++++	+++	+
résolution contraste	+	++	++	++++

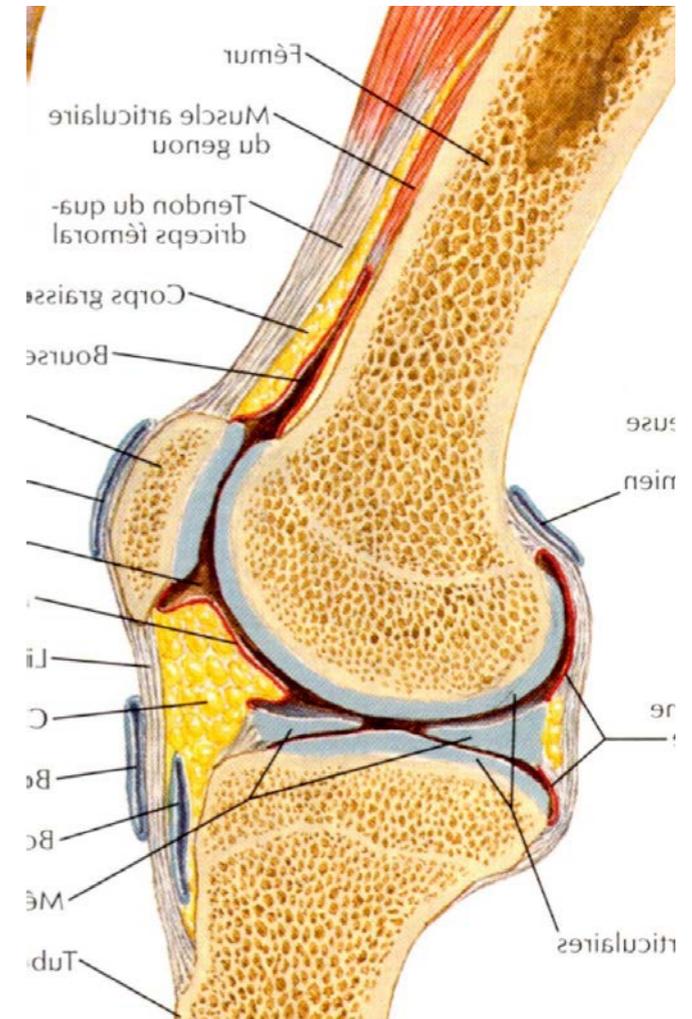
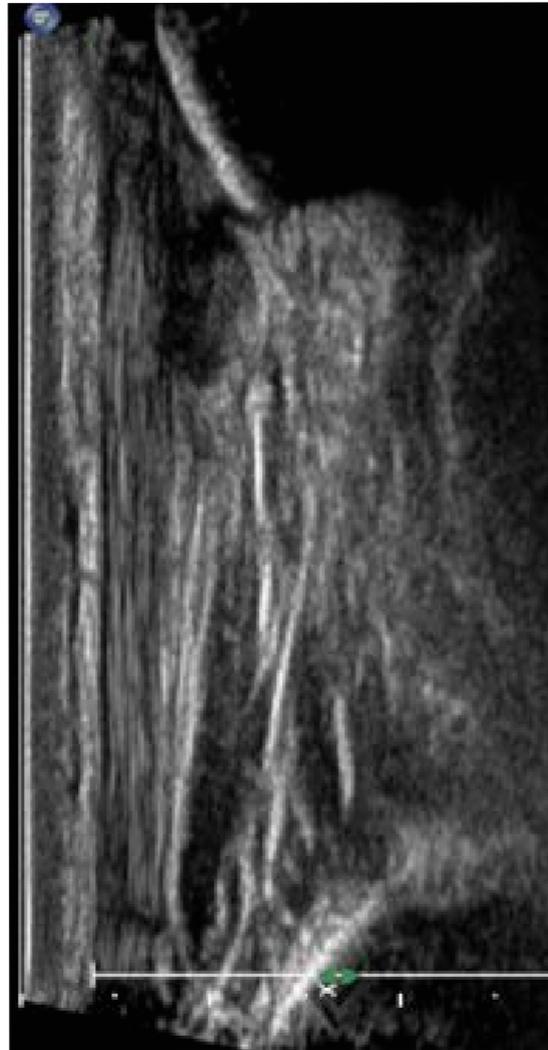
# RX

- résolution
- **spatiale**
- contraste



# US

- résolution
- **spatiale**
- contraste



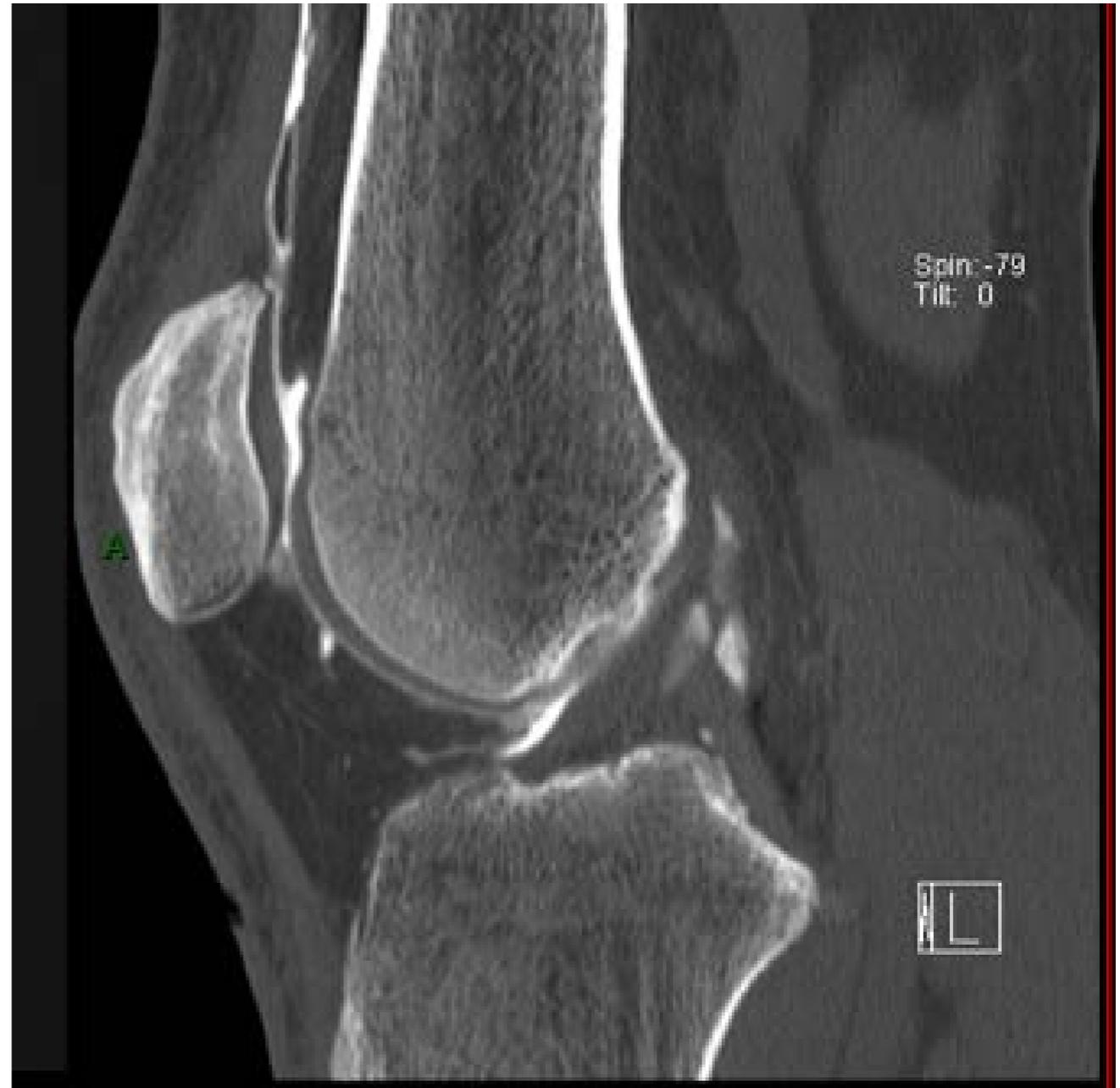
# CT

- résolution
- **spatiale**
- contraste



# CT

- résolution
  - **spatiale**
  - contraste



# IRM

- résolution
- spatiale
- **contraste**





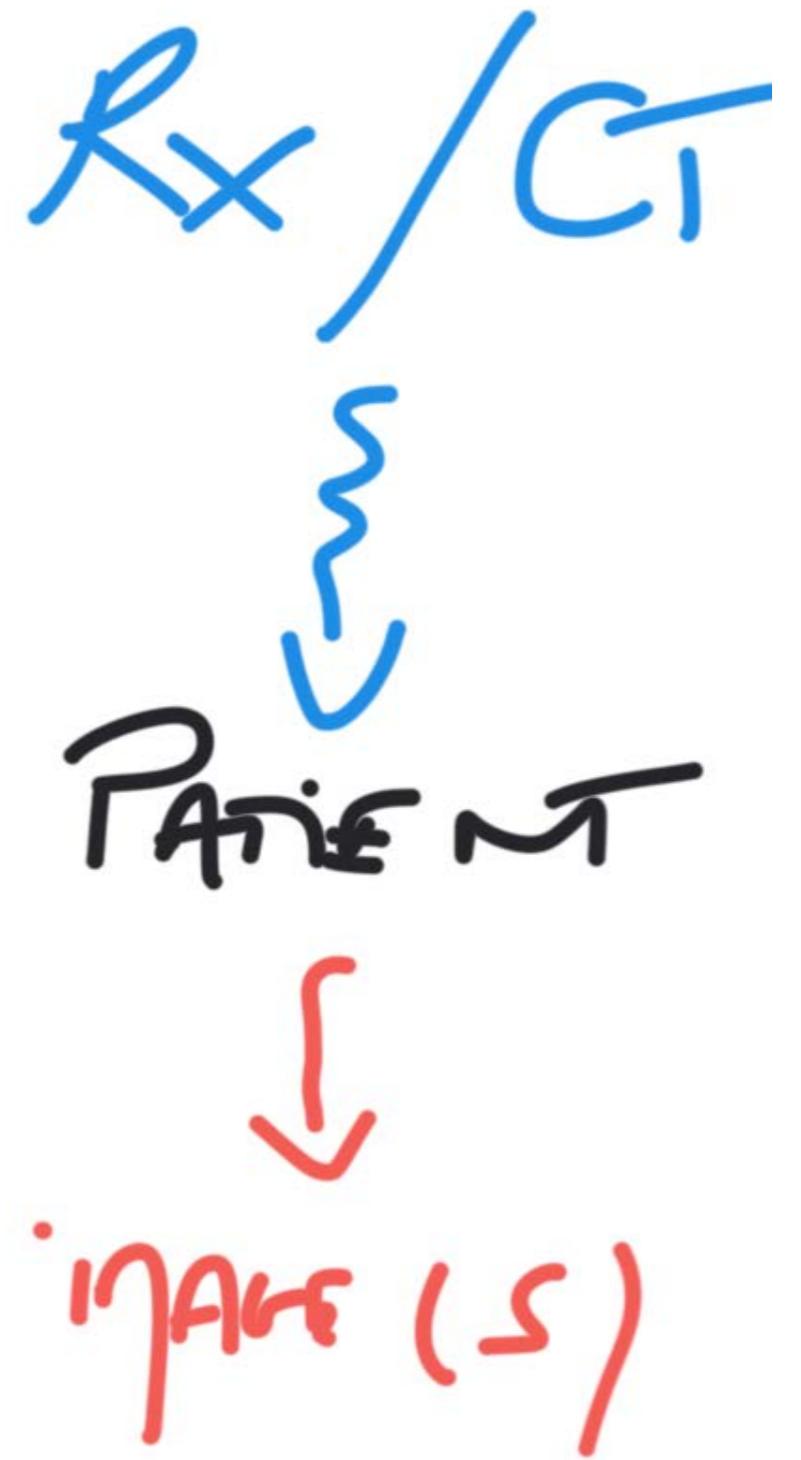
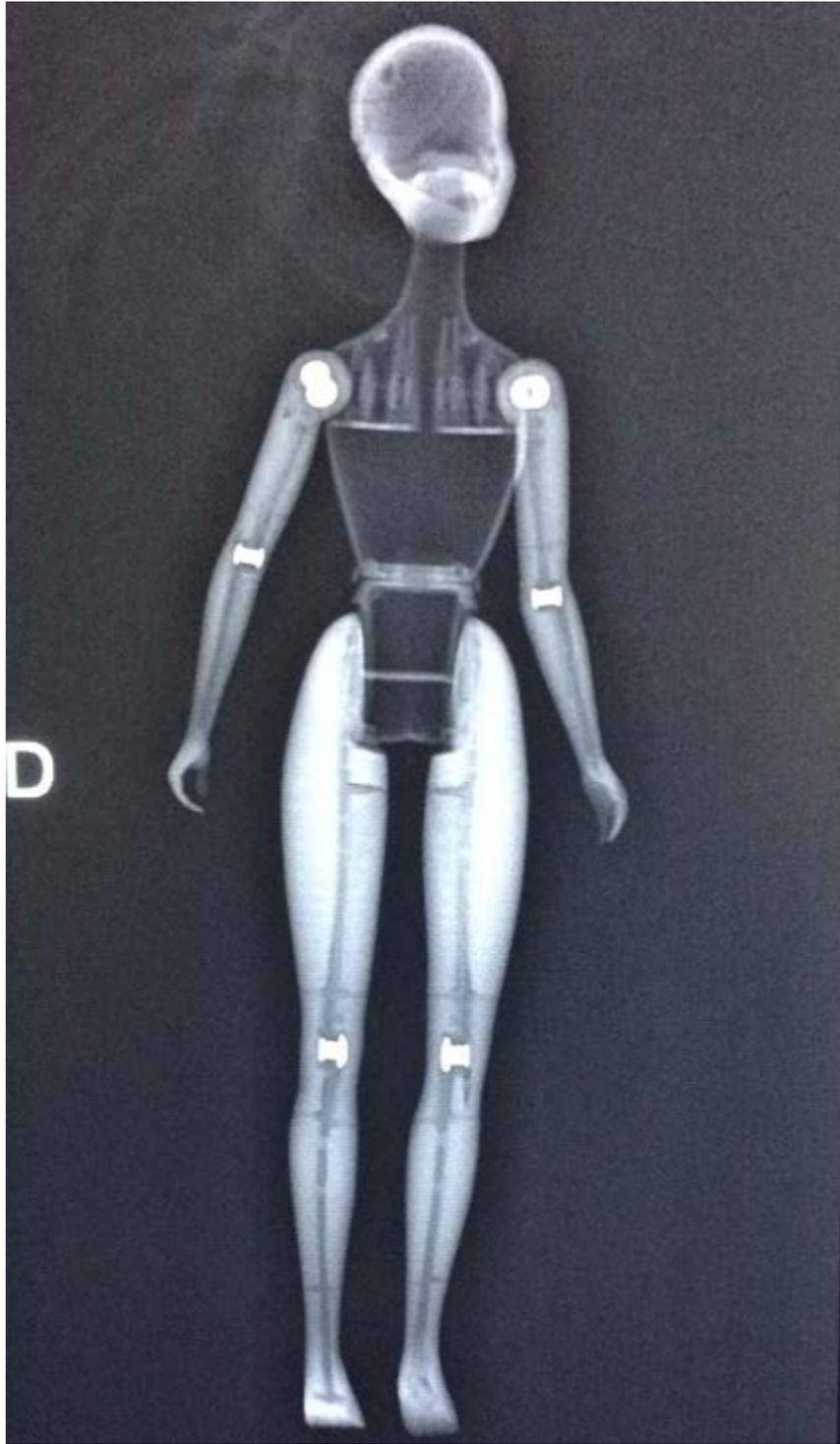
Rx / G<sub>1</sub>

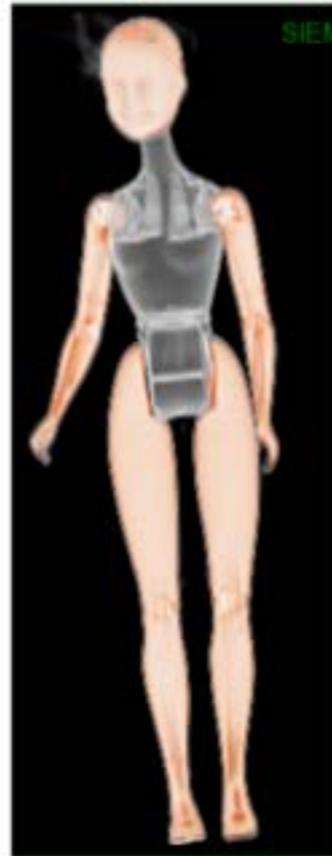
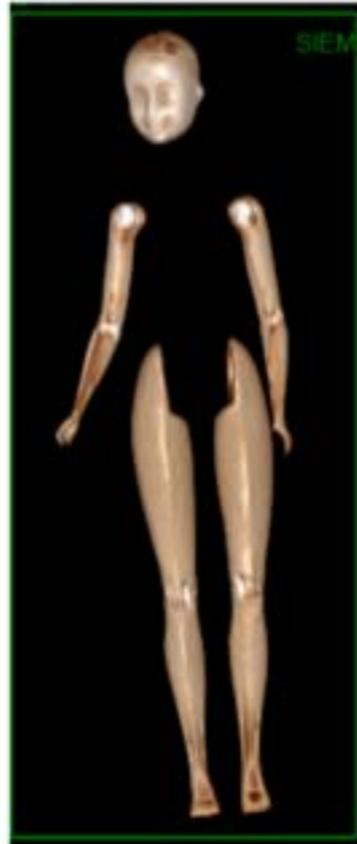
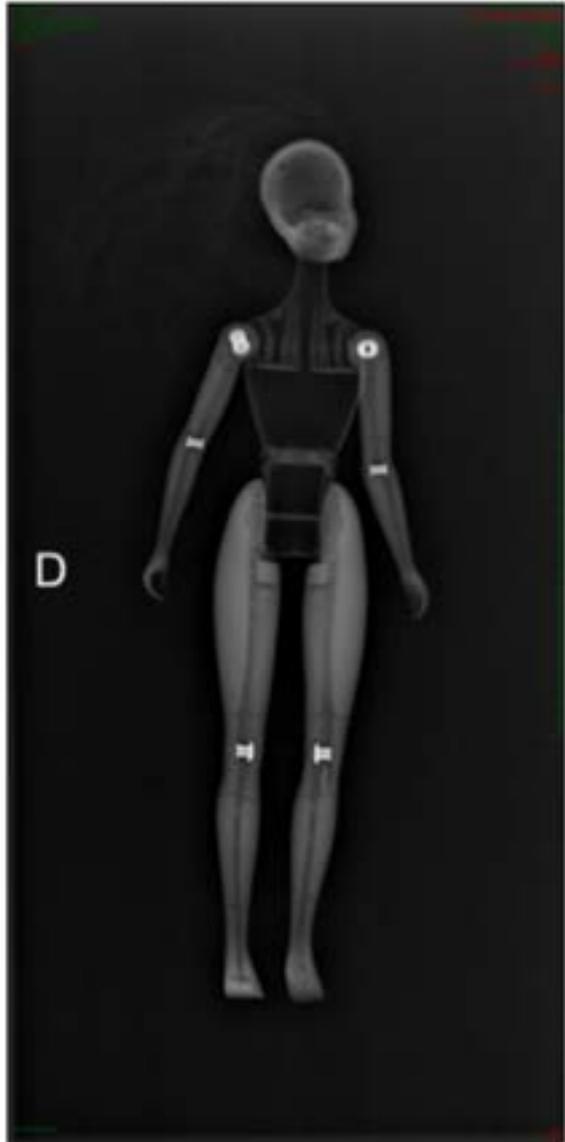
↓

PATIENT

↓

IMAGE (S)





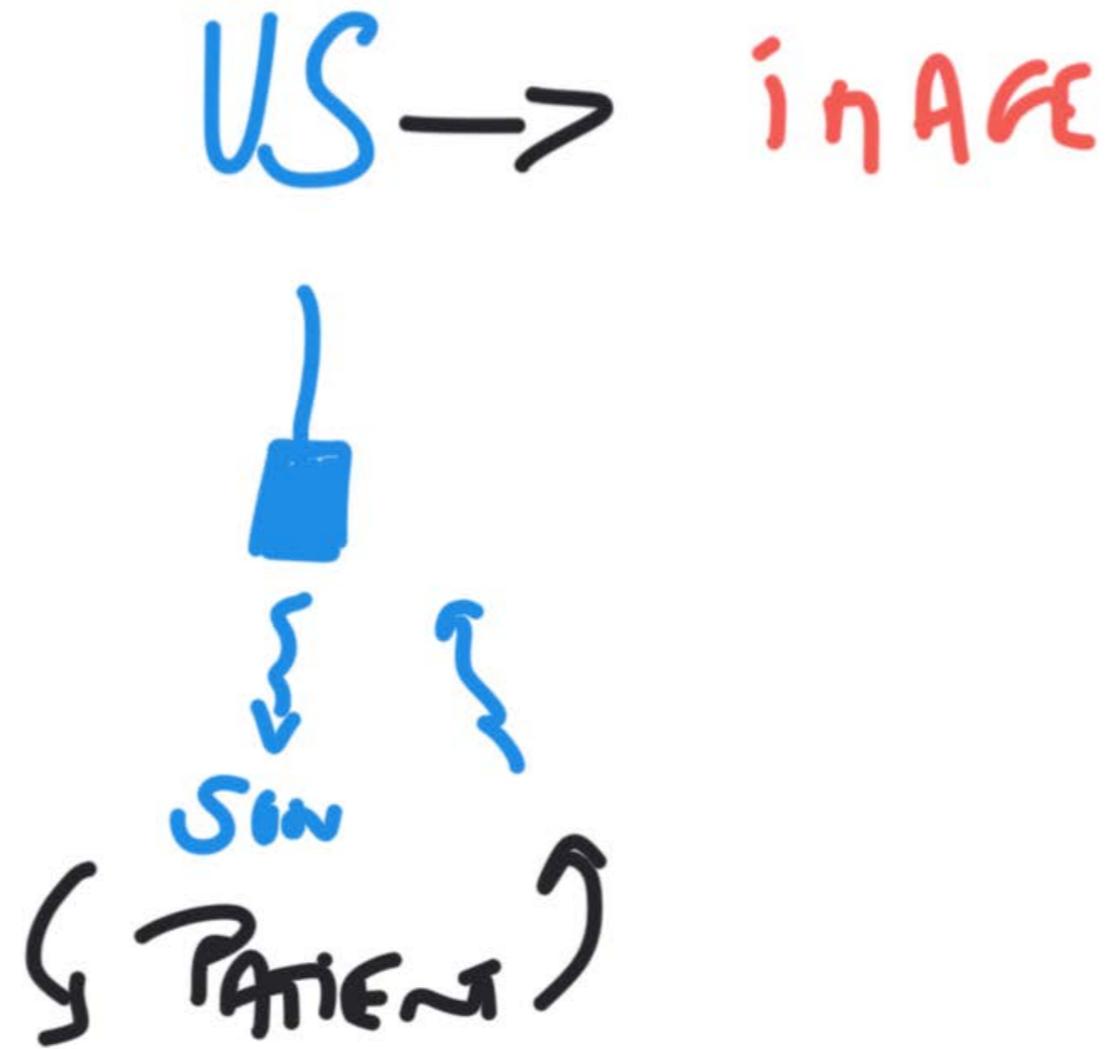
Rx / CT



PATIENT



IMAGE (S)





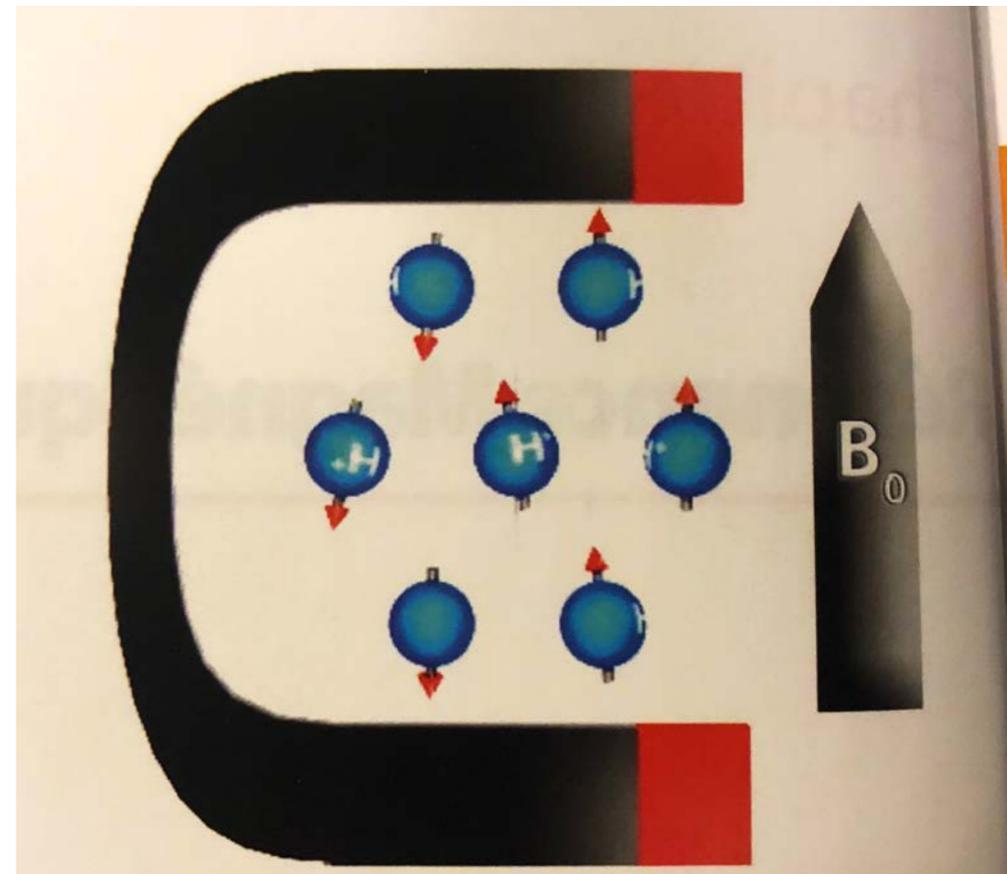
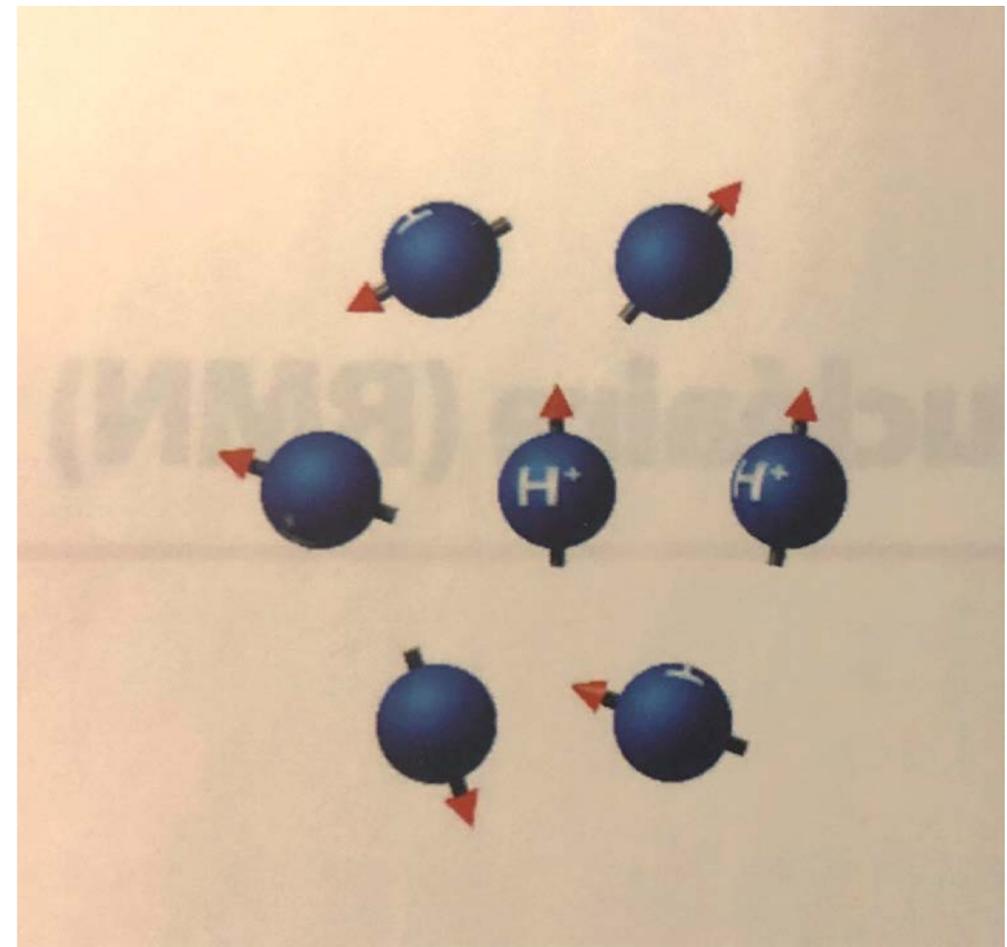
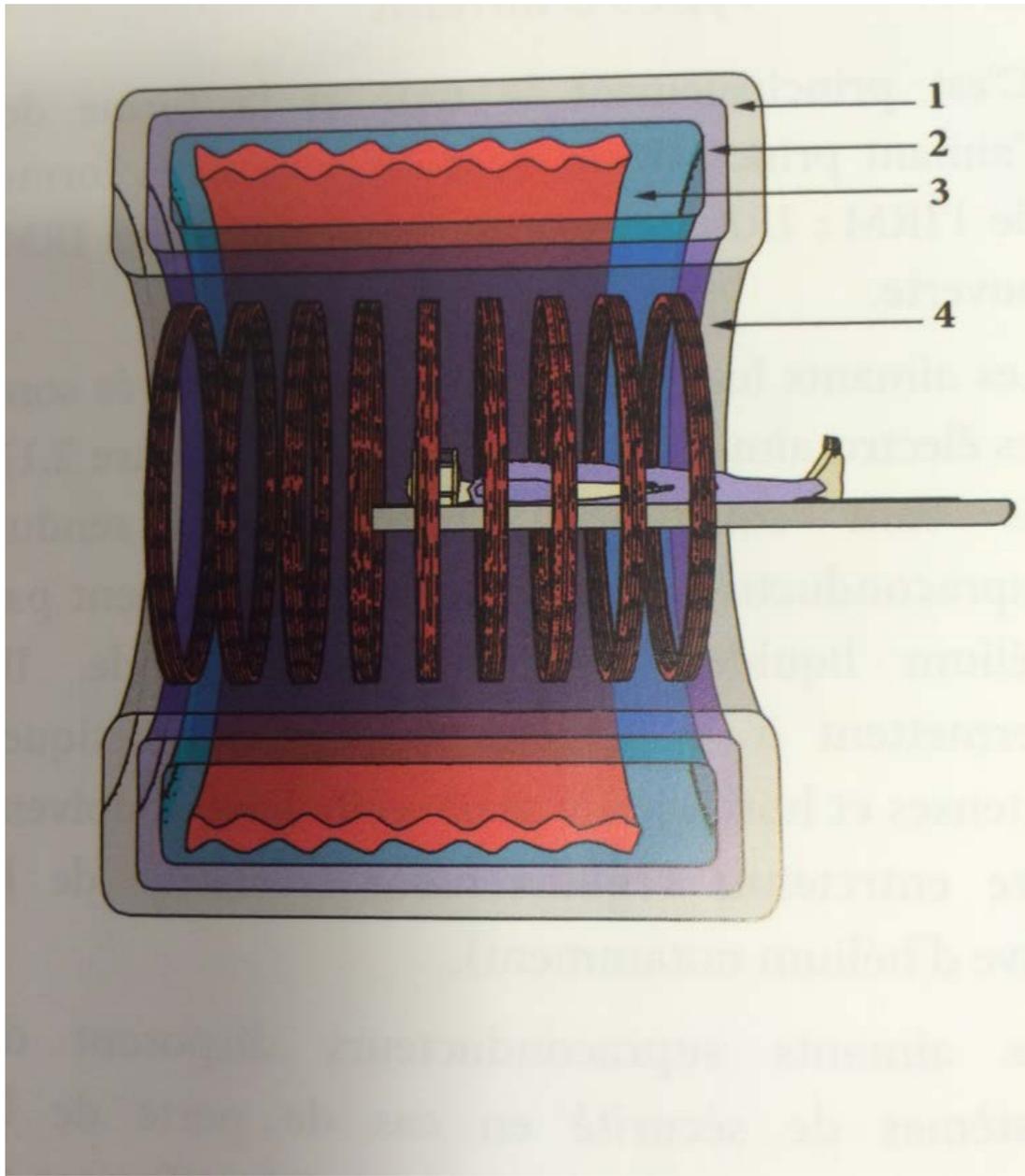
OK! 👍

**AVERTISSEMENT**  
RISQUE D'ÉCHAUFFEMENT  
Les personnes portant des objets qui se réchauffent à proximité des bobines  
doivent se présenter sans ces objets.  
Il est recommandé de laisser les objets métalliques dans les sacs à dos  
ou dans les poubelles prévues à cet effet.

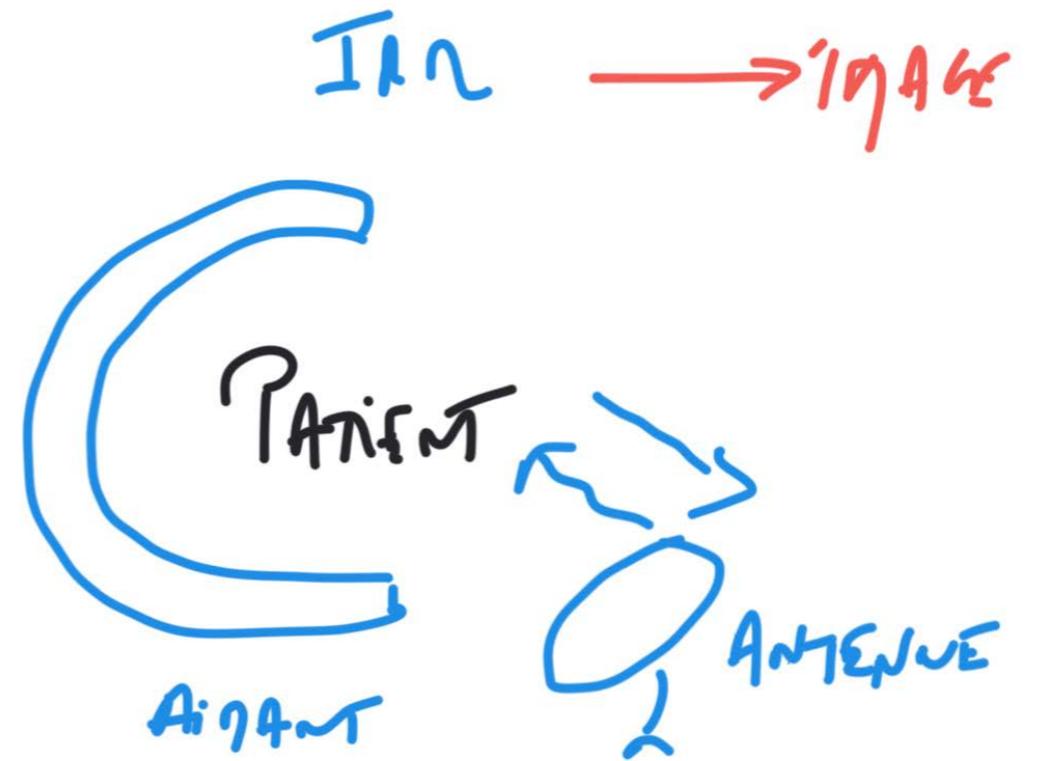
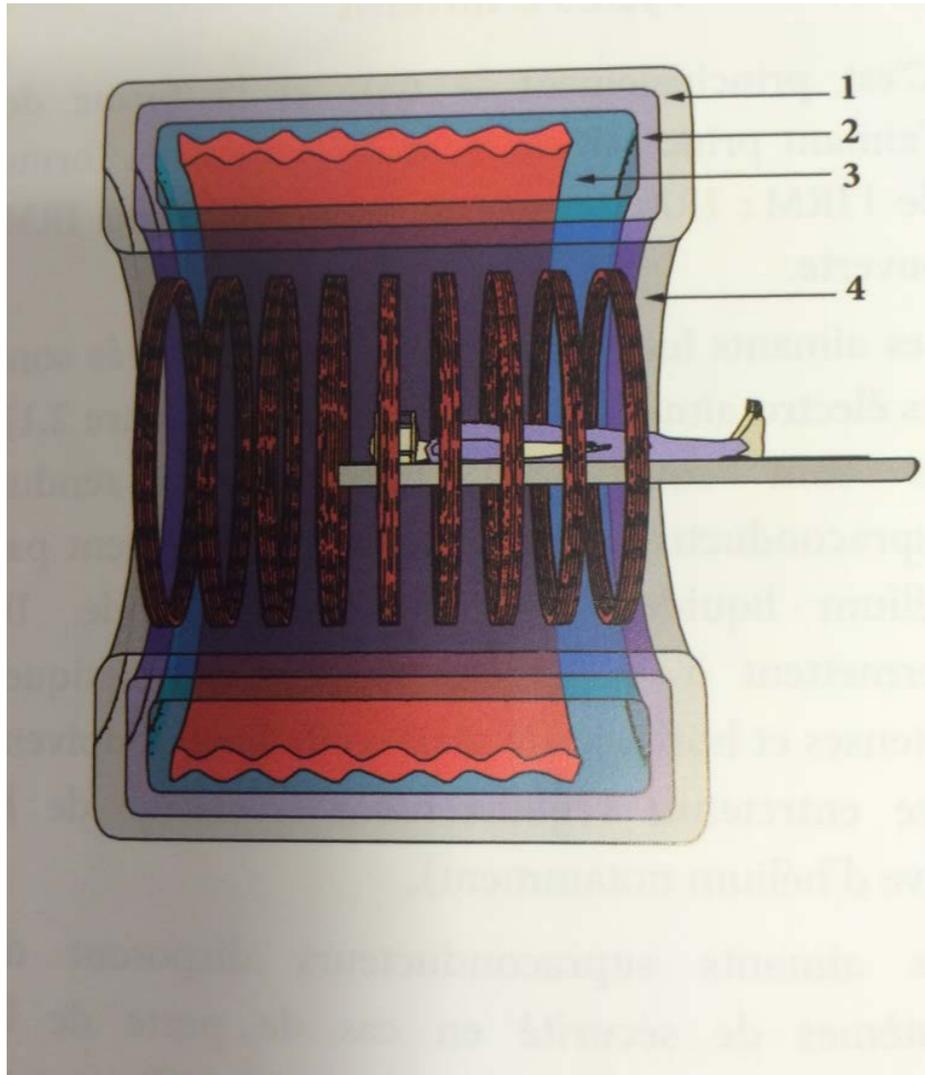
AVERTISSEMENT  
RISQUE D'ÉCHAUFFEMENT  
Les personnes portant des objets qui se réchauffent à proximité des bobines  
doivent se présenter sans ces objets.  
Il est recommandé de laisser les objets métalliques dans les sacs à dos  
ou dans les poubelles prévues à cet effet.

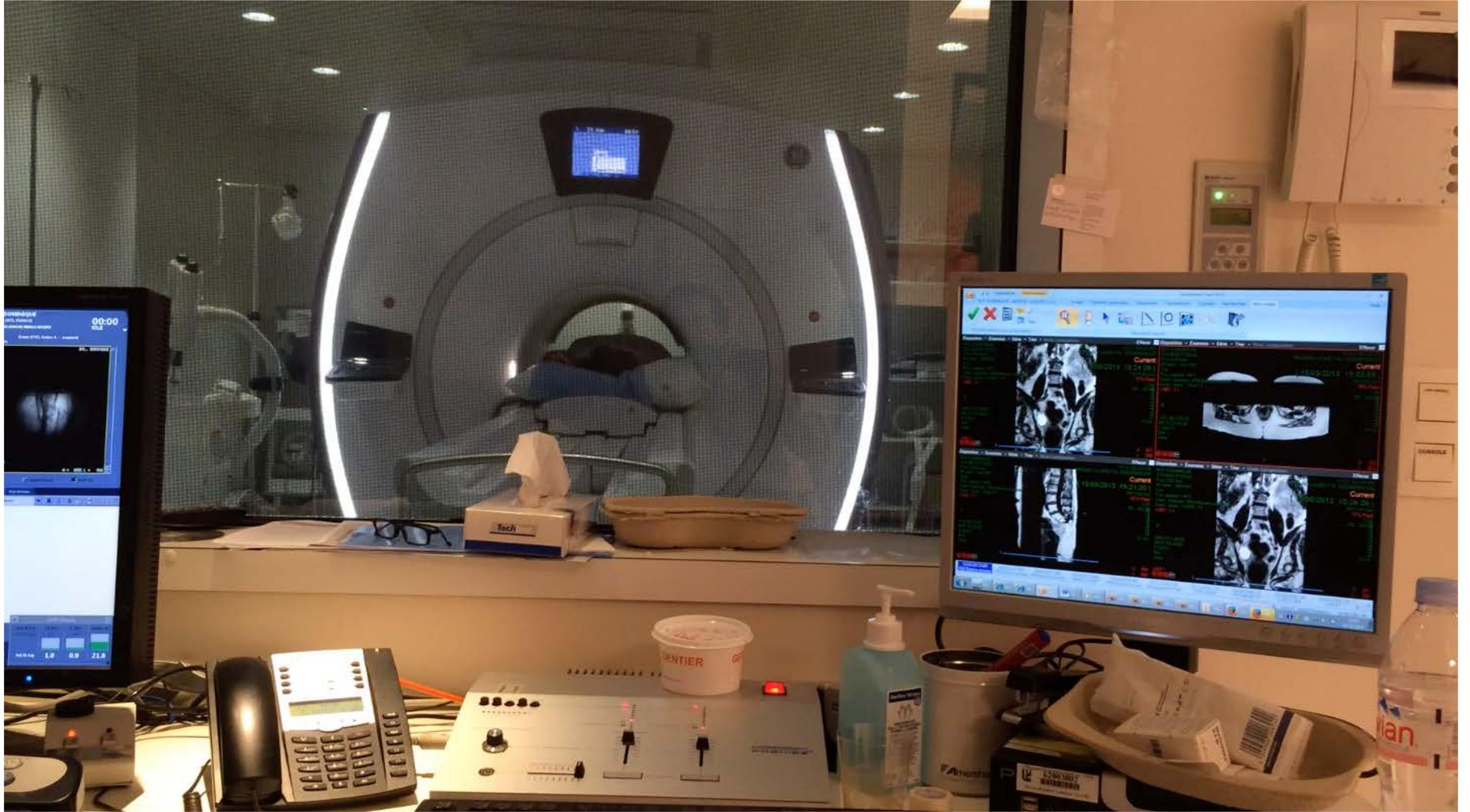
**CARTONS  
PAPIER**  
↓  
MERCI

Salle  
**IRM**  
**DANGER**  
CHAMP MAGNÉTIQUE POUSSANT  
AIMANT TOUJOURS  
ACTIF  
[www.securirm.com](http://www.securirm.com)



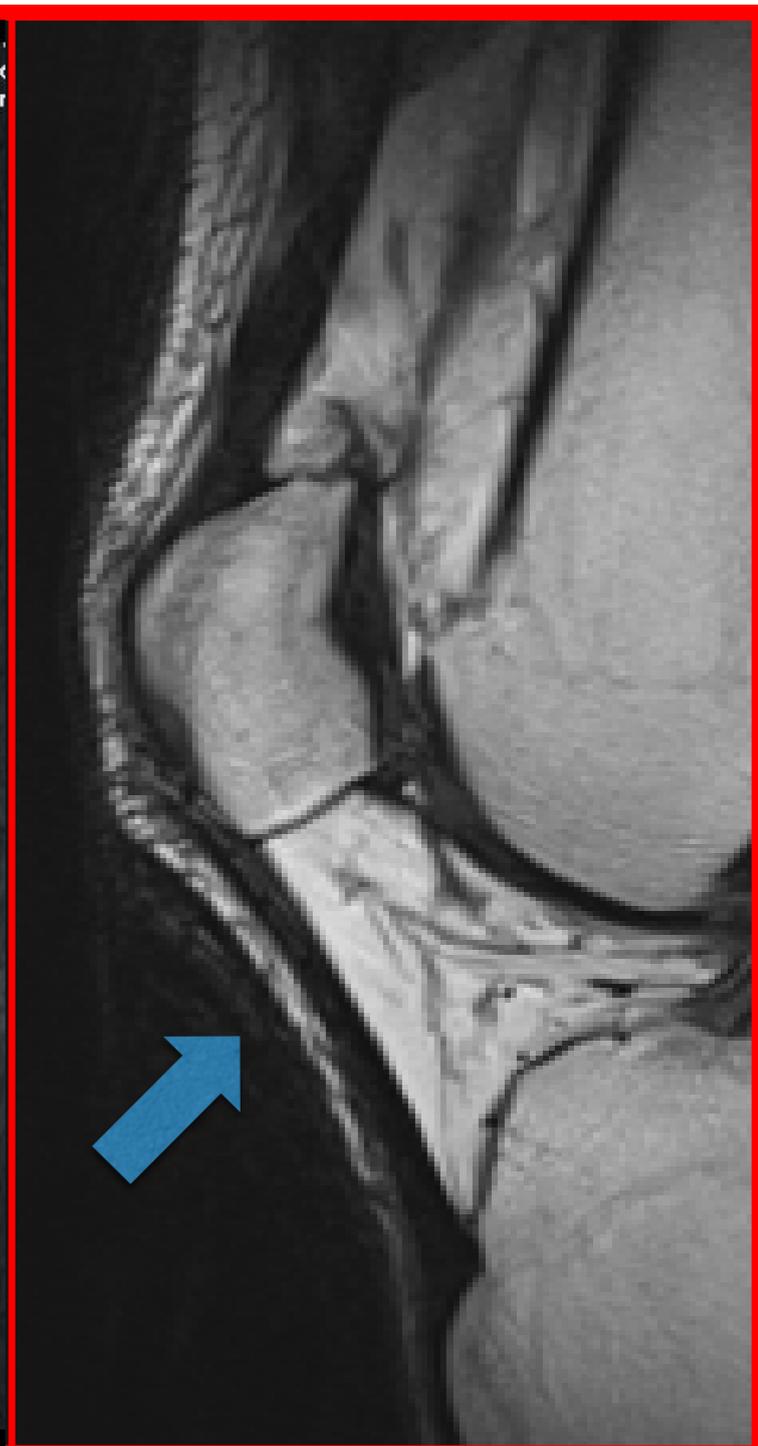
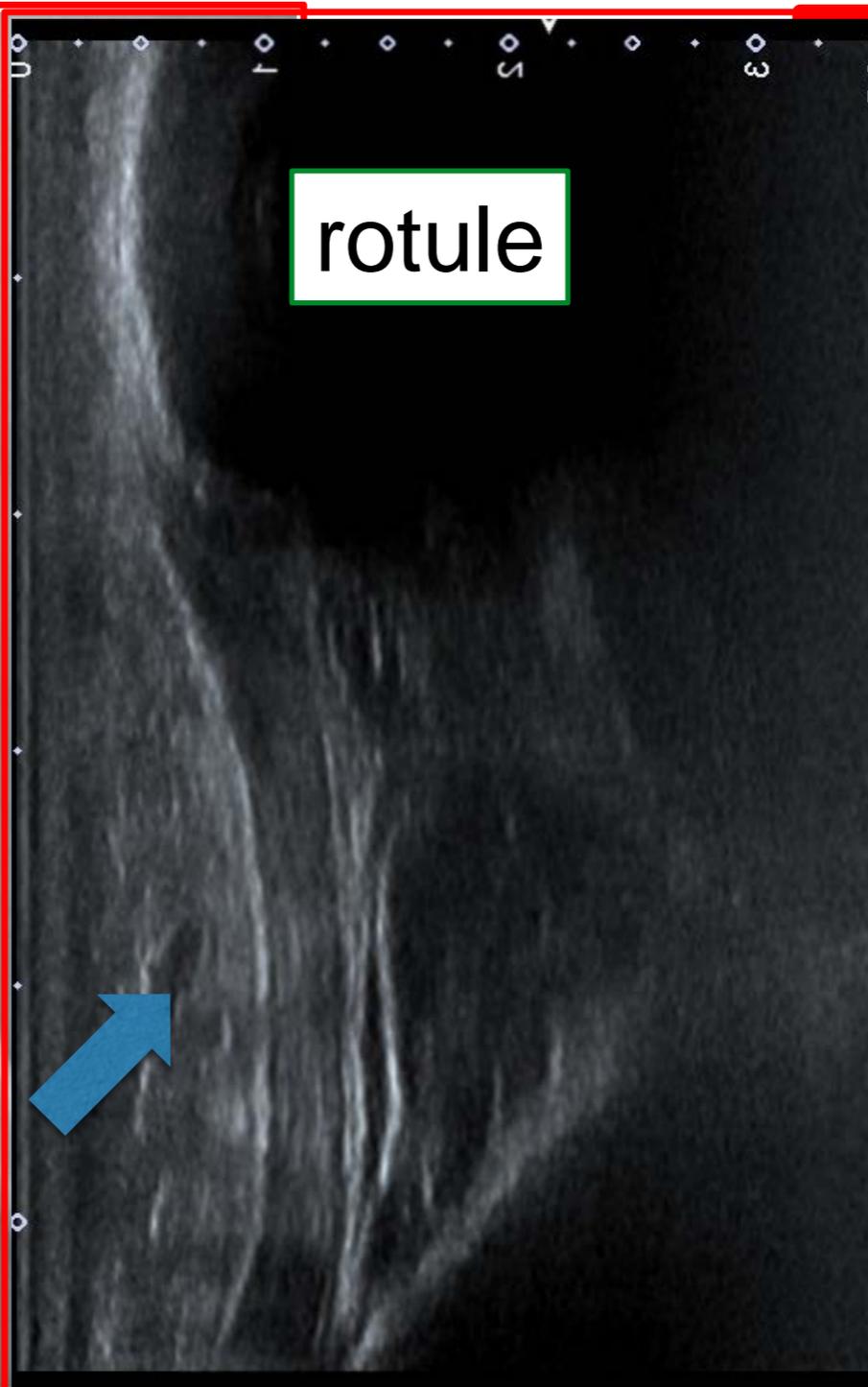
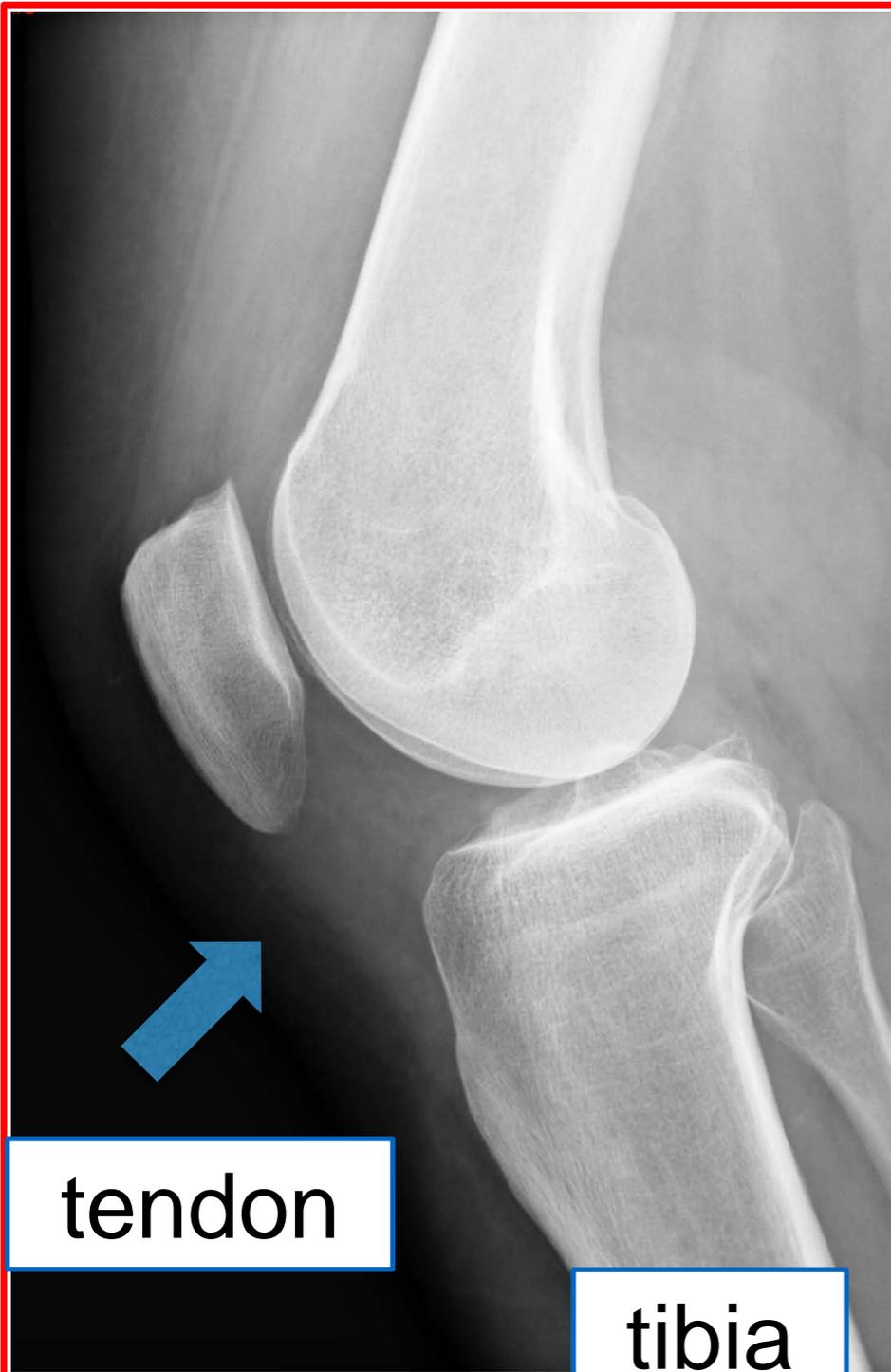
L'IRM pas à pas D Hoa et al, Sauramps Medical 2008

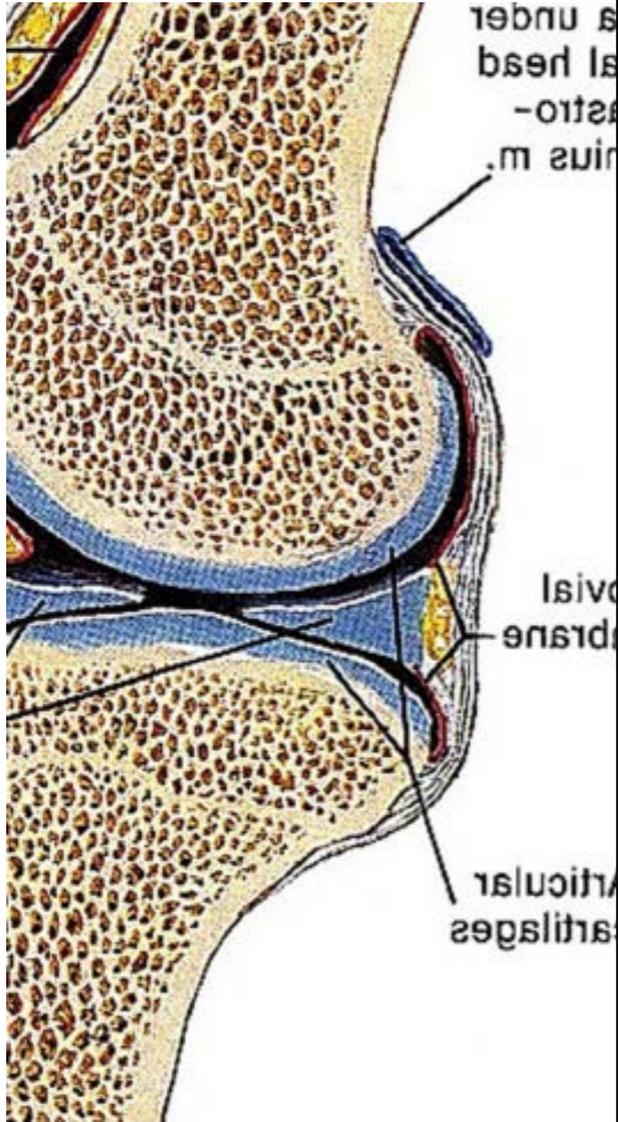




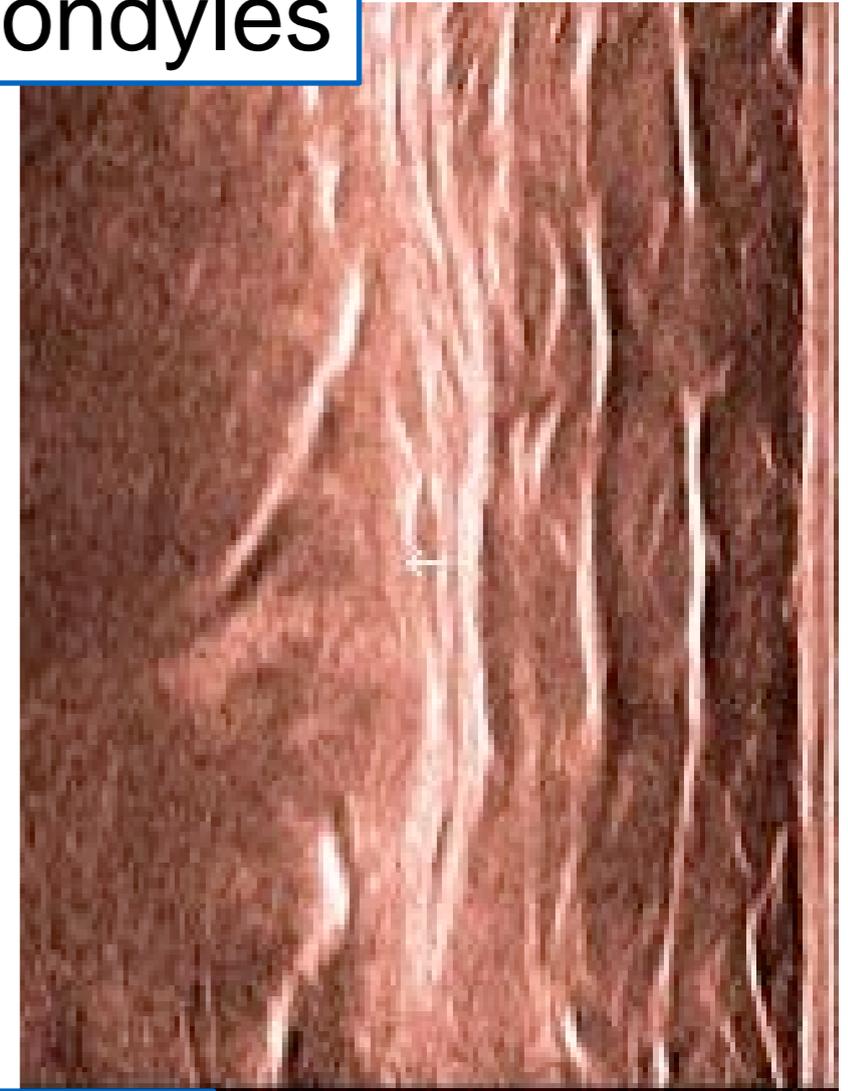






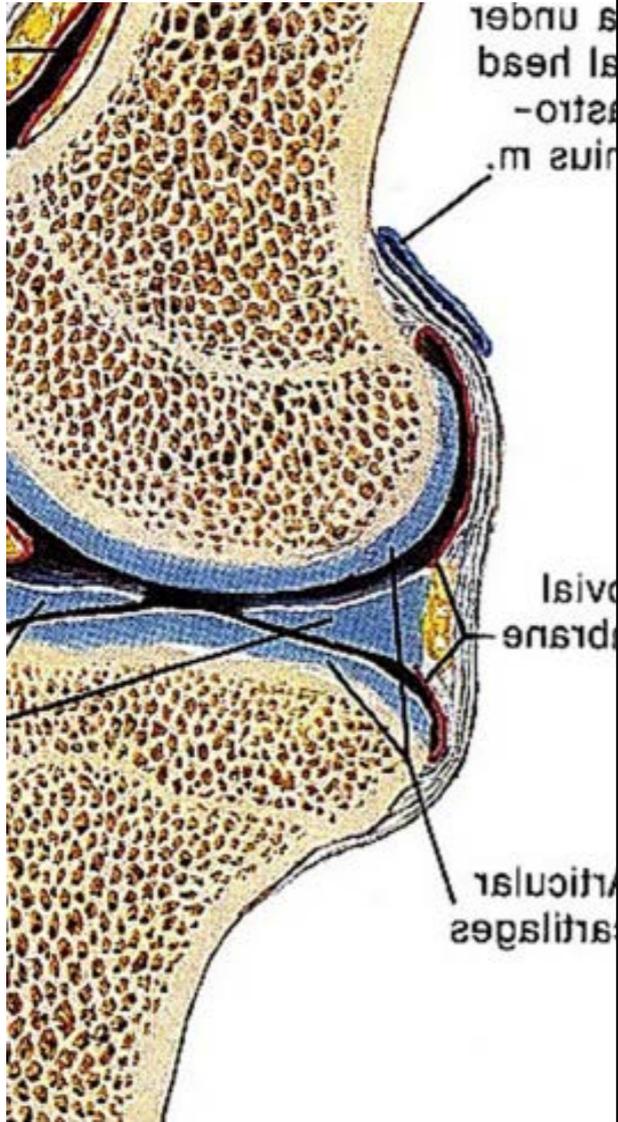


condyles

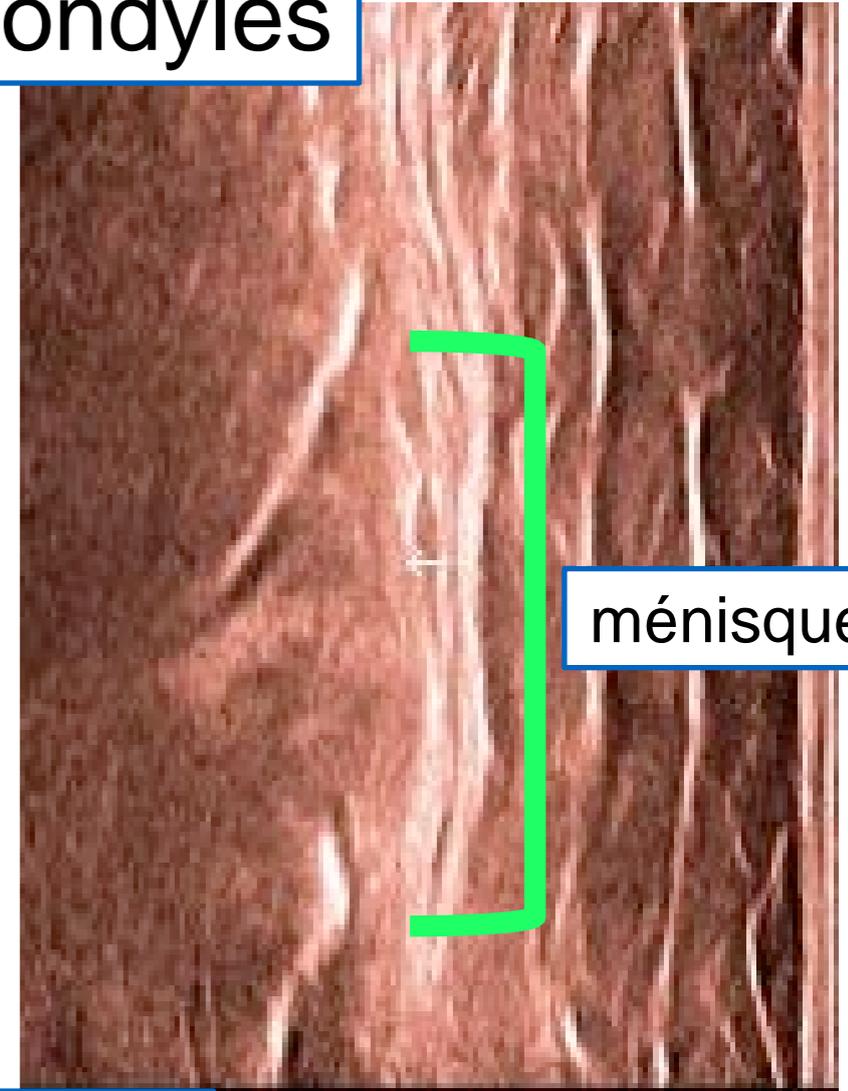


tibia

us



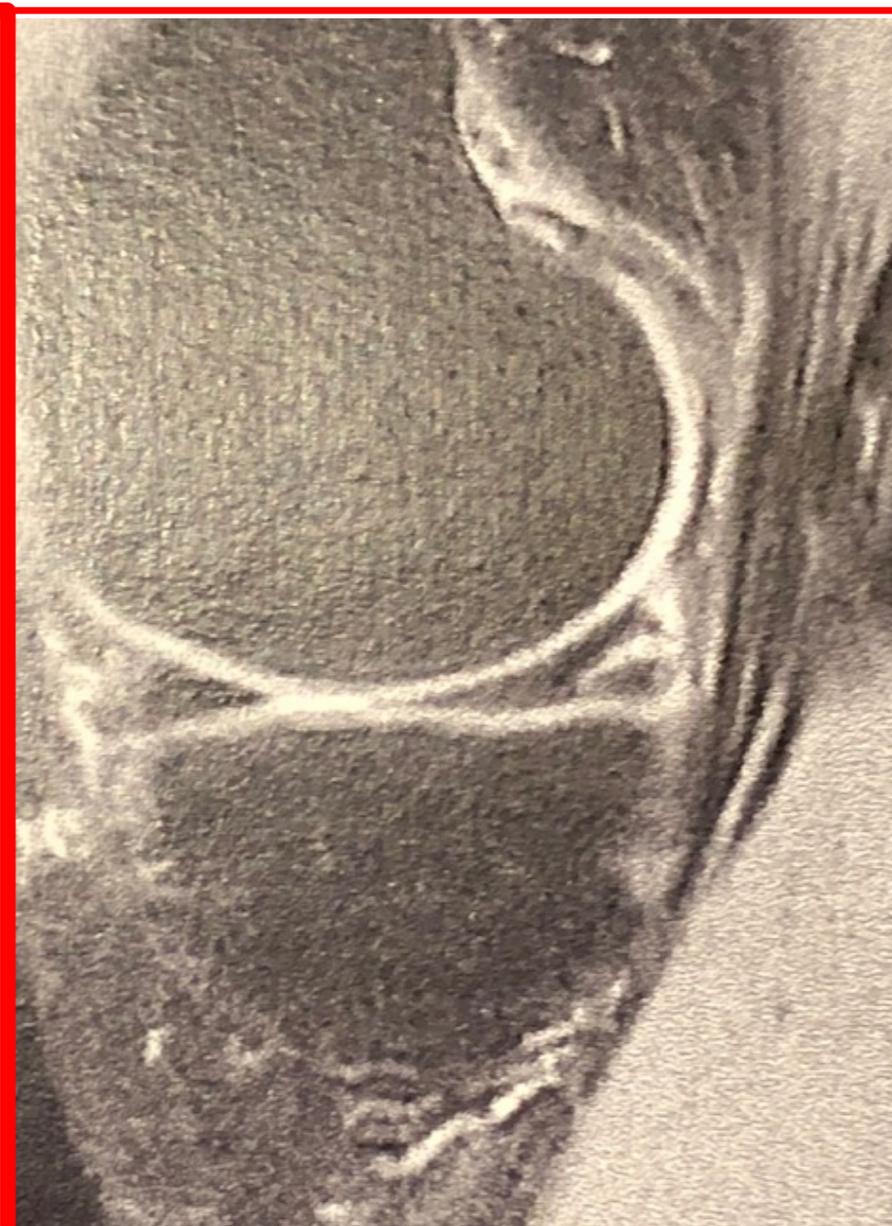
condyles



ménisque

tibia

us

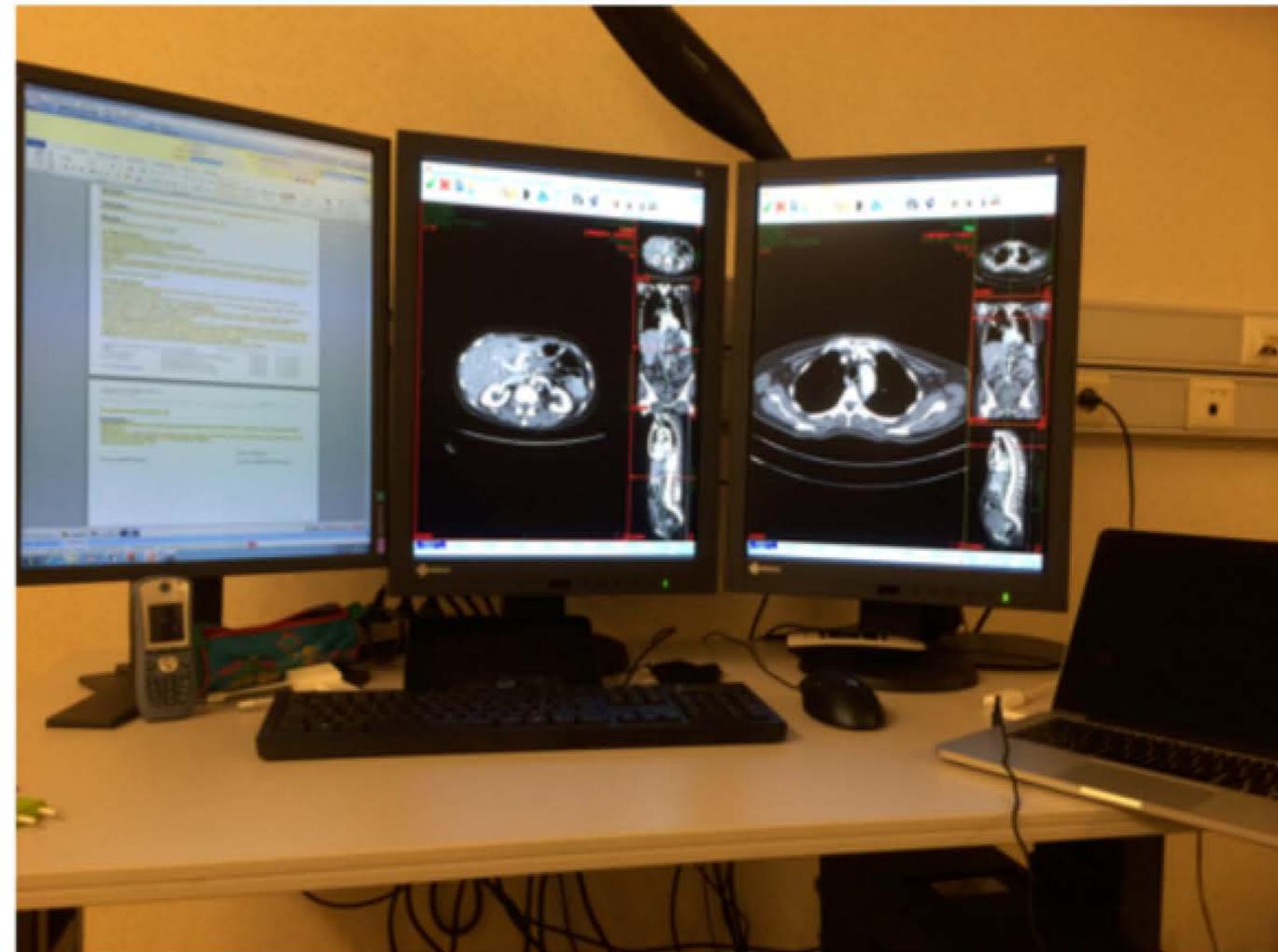
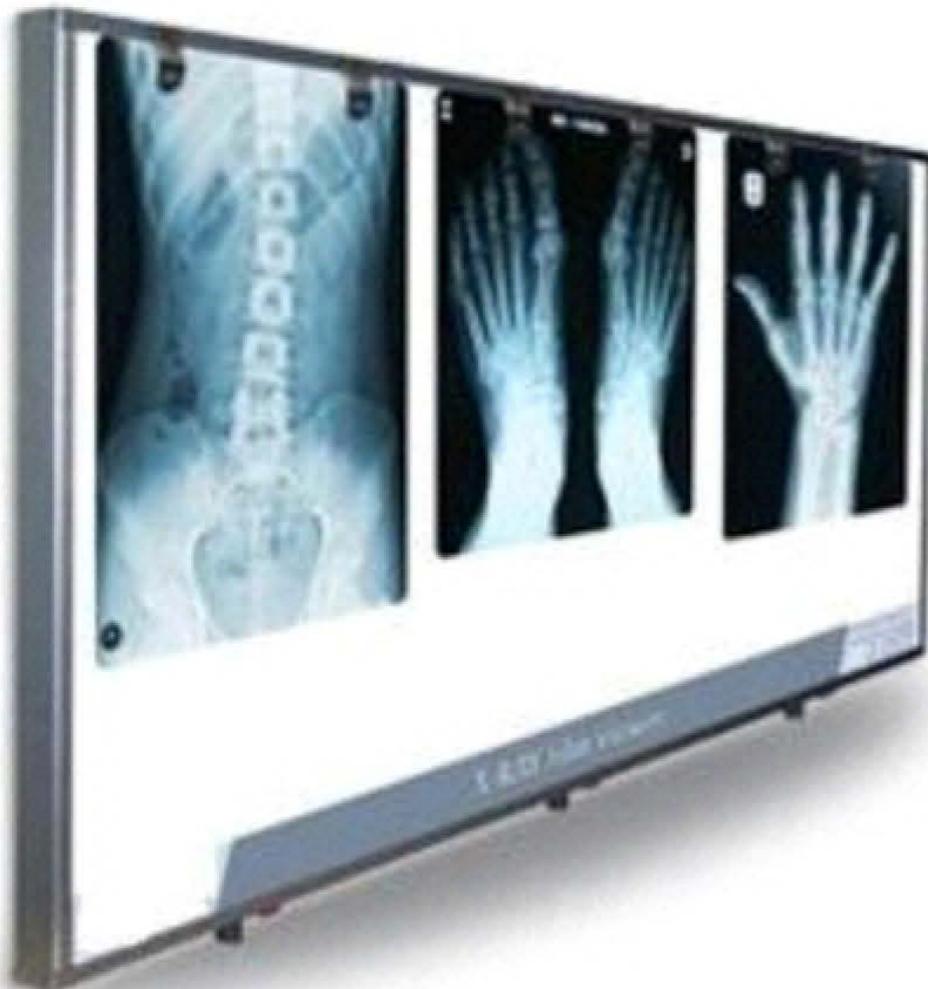


IRM

## Images

- Films imprimés = 0
- Data (big data) = Dicom => PACS
- CD,DVD, clés, liens web
- PACS = Picture Archiving and Communication System

Triple Frame







**Curt Langlotz**

@curtlanglotz



Will [#AI](#) replace radiologists? The answer is NO. But rads who use [#AI](#) will replace rads who don't [@RSNAInformatics](#) [@SIIM\\_Tweets](#)

3:55 AM - 8 Feb 2017

78 Retweets 95 Likes



Courtoisie Pr  
Th Duprez  
2018

# Final Considerations

- Research and AI research in particular is fast moving.
  - This almost didn't exist 2 years ago
  - Things we thought were problems a year ago are now likely strengths
  - This is a GREAT advance for Radiology and Medicine



RSNA  
11-  
2018

## Intelligence artificielle: de nouveaux outils pour les radiologistes

[FORUM](#) | LE 29 NOVEMBRE 2018 | UDEMNOUVELLES



EN **5** SECONDES

Déjà intégrée dans certaines tâches en radiologie, l'intelligence artificielle permettra des avancées grâce à l'apprentissage profond, selon le Dr An Tang, de la Faculté de médecine de l'UdeM.



PARTAGER

### DANS LA MEME SERIE

CE QUE L'IA CHANGERA DANS MAINTS VOILETS DE NOS VIES

Intelligence artificielle: un potentiel immense pour l'éducation



L'intelligence artificielle révolutionnera la chimie analytique en neurosciences



JusticeBot: vers un accès au droit et à la jurisprudence en matière de droit locatif



TOUS LES ARTICLES  11

[ACCUEIL](#)[TIMM](#)[ÉQUIPEMENTS](#)[SPÉCIALITÉS MÉDICALES](#)[EN PRATIQUE](#)[CONTACT](#)

# LA TÉLÉ IMAGERIE MÉDICALE MOBILE



Pour tous les territoires ruraux ou isolés en France et dans le monde.

[EN SAVOIR PLUS](#)[VOIR LA VIDÉO](#)