

## Diapos

### La place de l'imagerie en médecine

|                         | L'échographie [US]                                                          | La RMN                                                                 | La radiologie [RX]                                                                                      | La médecine nucléaire                                                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Principe physique       | Réflexion des ondes acoustiques de haute fréquence (MHz)                    | Variation induite de champ magnétique (loi de Lenz)                    | Atténuation par les tissus des photons                                                                  | Distribution d'une substance radioactive émettant des photons                                      |
| Paramètres mesurés      | <b>2</b><br>-Impédance acoustique<br>-Atténuation du son par les tissu      | <b>3</b><br>-densité $\rho$ en proton<br>-temps de relaxation T1 et T2 | <b>1</b><br>-coefficient d'atténuation $\mu$                                                            | <b>2</b><br>-concentration radioactive locale<br>-coefficient d'atténuation $\mu$                  |
| Les procédés d'imagerie | En coupe uniquement :<br>-échographie 2D et 3D<br>-imagerie Doppler couleur | En coupe uniquement :<br>-IRM<br>-spectroscopie RMN                    | En coupes :<br>-3D : TDM, scanner X<br><br>En projection :<br>-2D : radiographie<br>-Ostéodensitométrie | En coupes :<br>-TEMP (tomoscintigraphie)<br>-TEP<br><br>En projection :<br>-scintigraphie planaire |
| Irradiation             | Non                                                                         | Non                                                                    | Oui                                                                                                     | Oui                                                                                                |
| Type d'image            | Structural                                                                  | Fonctionnel & Structural                                               | Structural                                                                                              | Fonctionnel                                                                                        |

L'interprétation d'une image se base sur la comparaison avec une image « normale » (  $\Delta$  variabilité inter-individuelle et symétrie du corps imparfaite) et constitution d'une banque de données normale et pathologique.

### Utilisation médicale des ultrasons

#### Ultrasons

- Sons de fréquences > 20 kHz
- Fréquence utilisée en médecine : 1-10 MHz
- Onde élastique ne se propageant que dans les milieux matériels

#### Production des ultra-sons

- Une différence de potentiel crée une distorsion : émission
- Une pression crée une différence de potentiel : réception

#### Perte d'énergie des ondes US (atténuation) par

- diffraction géométrique (idéal : utilisation de la sonde à la limite entre champ proximal et distal)
- réflexion spéculaire et réfraction
- diffusion (réflexion non spéculaire= pluridirectionnelle)
- absorption par les tissus (**plus la fréquence est élevée, plus l'atténuation est importante pour une même distance**)

#### Résolution spatiale

- plus petite distance séparant deux points identifiables
  - résolution axiale (dans l'axe)
  - résolution transversale ou latérale (perpendiculaire à l'axe)
- la zone focale est l'endroit du faisceau où la résolution spatiale latérale est la meilleure

#### Profondeur d'exploration

- la durée de la période de réception de la sonde détermine la profondeur maximale d'exploration par ultrason
- la durée de l'impulsion ultrasonore est de 1  $\mu$ s, elle détermine la résolution axiale de l'appareil.

==> on peut étudier

- avec une grande précision les structures superficielles et de petite taille
- avec une moins bonne résolution les organes profonds et volumineux

#### Les échostructures

En fonction de l'intensité des différentes structures, on parle de structures

- anéchogènes (non ou mal visibles)
- hypo-échogènes (signal faible)
- hyper-échogène (signal fort)

NB : Possibilité d'utiliser des agents de contraste pour améliorer la détection de lésions

#### Différents modes

- Echographie B
- Echographie TM (time motion)
- Doppler continu (mesure des vitesses sanguines, sens d'écoulement, débit, sténoses artérielles)
- Doppler pulsé (couplé à une échoB, mesure de vitesse, couleur, précision ++ mais profondeur --)

#### Analyse du Doppler :

- acoustique (son aigu si rapprochement, grave si éloignement)
- visuelle (bleu si rapprochement ou veine, rouge si éloignement ou artère)

Applications thérapeutiques : voir fiche Jeff

# La résonance magnétique nucléaire

## Loi de Lenz – Courant induit

Il existe une relation entre courant électrique et champ magnétique (selon l'intensité du flux magnétique et de la vitesse de variation)

- *Rotation horizontale lente* : Le sens du courant dépend du sens du mouvement et du type de pôle magnétique (nord ou sud)
- *Rotation horizontale rapide* : Le courant maximal est obtenu quand toutes les lignes de champ traversent rapidement la spire
- *Rotation verticale* : Aucun courant n'est induit dans la spire si les lignes de champ ne la traversent pas

L'objectif de la RMN est de caractériser les tissus par des variations induites du champ magnétique. On utilise l'aimantation des **noyaux**.

On utilise seulement les noyaux possédant un moment magnétique dipolaire non nul, c'est à dire ayant un nombre impair de protons ou de neutrons :  $\text{spin} = \frac{1}{2}$   
La direction de  $B_0$  fixe par convention l'axe longitudinal z

## Usage de la radiofréquence

L'apport d'énergie (à la fréquence de résonance) se fait par l'envoi d'une onde électromagnétique dite de radiofréquence ou champ tournant  $B_1$ . Cette onde est appliquée un temps suffisant pour égaliser les « populations »  $E_p$  et  $E_a$  (résonance). Dans le même temps, les protons « basculés » se mettent en phase (synchronisation).

## Les 2 temps de relaxation

T1 ou longitudinal

- traduit l'état de liaison des noyaux avec le milieu environnant au niveau tissulaire
- l'échange d'énergie est relativement lent

T2 ou transverse

- traduit l'état de liaison des noyaux au niveau moléculaire
- la perte de phase dans échange d'énergie est plus rapide

T1 >> T2, ils sont **indépendants**

## Influence de TR et TE

Quand TR (temps de répétition) augmente, le contraste augment

Quand TE (temps d'écho) augmente, le contraste diminue

Le déphasage dans le plan transverse est sous l'influence de la relaxation T2 (**totalelement aléatoire**) et des hétérogénéités locales de  $B_0$  **fixes**

Une application plus longue de l'onde RF permet de compenser les hétérogénéités locales sans modifier la vraie relaxation.

L'écho de spin se mesure lorsque le rephasage est maximal : l'inversion doit intervenir exactement au milieu du délai entre le début du déphasage et l'instant de la mesure. Le déphasage résiduel observé lors de la mesure ne traduit que la relaxation T2 vraie.

# Imagerie par résonance magnétique

Comment obtenir un seul plan de coupe ?

- Le gradient de champ (un seul plan à la fois sauf multicoupe, orientation du plan libre)
- la résonance

Comment se limiter à cette coupe ?

- activation et lecture
- transformée de Fourier

Comment former l'image dans le plan ?

- Une ligne dans la coupe
- un pixel dans la ligne
- les gradients en lecture
- la résonance

Déroulement d'un IRM :

- Mise en place du patient dans le tunnel
- Repérage de la région à étudier
- Imagerie en T1 (courte)
- Imagerie en T2 (longue)
- Imagerie avec modificateur de contraste (Gadolinium)

|                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Le gadolinium n'est pas l'élément mis en évidence, il génère des hypersignaux en T1 mais ne modifie pas les images de T2 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Comment ça marche ?

- Aimant et bobine
- Cage de Faraday (voir fiche Jeff)

Contres-indications

- Absolues : *Pace-makers défibrillateurs, stimulateurs, pompes implantées, implants cochléaires, anciennes valves cardiaques, tout corps métallique étranger mobilisable, prothèses osseuses métalliques*
- Relatives : *Grossesse (injection Gadolinium), claustrophobie, enfant -6ans, agitation*

Bases physiques de l'imagerie planaire

La radiographie

La production de RayonsX

Lorsque l'on bombarde une cible métallique par un faisceau d'électrons accélérés, 2 mécanismes simultanés vont se produire : Le rayonnement de fluorescence (e- => e-, spectre de raie) et le rayonnement de freinage (e- => noyau, spectre continu). On obtient finalement un spectre total des rayons X, leurs productions s'accompagnant d'un fort dégagement de chaleur.

On utilise une anode tournante car :

- meilleure évacuation de la chaleur
- moindre détérioration de l'anode
- durée allongée de fonctionnement

La probabilité d'interagir

L'interaction d'un photon avec la matière n'est pas obligatoire. Chq interaction ne se produit qu'avec une certaine probabilité  $\mu$ . L'atténuation augmente en fonction de la distance parcourue par le photon dans la matière

Les détecteurs à RX

Film radiologique : plaque en bromure d'argent qui se transforme en Ag+ lorsque les photons X arrachent des électrons  
==> Plus il y a de photons, plus ça devient noir.

Principe de base

Mesure de la distribution spatiale de l'intensité des RX qui ont traversés le patient. C'est une imagerie par transmission.  
Le contraste est du à une différence de coefficient d'atténuation et d'épaisseur.  
Le noircissement du film est la traduction visuelle des variations locales du facteur d'atténuation.  
Dans les os, le  $\mu$  sera élevé, moyen dans les tissus mous et le sang et faible dans l'air des voies respiratoires.

Quand les rayons X atteignent le film, ils provoquent un noircissement, on parle de **clarté**  
Dans les zones non exposés, le film reste transparent, les rayons ont été arrêtés, on parle d'**opacité**

Les modificateurs de contraste :

- Adapter les réglages de la tension (kV) et de intensité x temps de pose (mA.s)
- Diminuer le  $\mu$  d'un milieu : air, eau gazeuse
- Renforcer le  $\mu$  d'un milieu : sel de barium (remplissent une cavités, ex tube digestif), composés iodés (se diluent dans le sang), repères métalliques
- Combiner les deux types d'agents
- Modifier le comportement de l'organisme

La scintigraphie

Elle utilise les rayons Y (radioactivité).

Elle allie un traceur Y (le radiopharmaceutique<sup>(1)</sup>) et un détecteur spécifique : la gamma-caméra. On obtient ainsi une image fonctionnelle et des informations quantitatives.  
Le produit radioactif est injecté dans l'organisme. Après distribution, les rayons Y émettront détectés à distance.

Les traceurs (ou marqueurs) sont sélectifs par rapport à un organe ou une fonction particulière et leur accumulation est proportionnelle au phénomène étudié. Ils peuvent être des éléments radioactifs simples, des molécules marquées, des cellules, des aliments, aérosols, gazs, anticorps, etc...  
Le plus utilisé est le **technétium** élément artificiel et métastable.

(1) radiopharmaceutique = molécule + traceur

L'examen se déroule de cette façon

- Injection IV
- Attente (de qqe min à une semaine)
- Enregistrement des images (un ou plusieurs clichés, parfois plusieurs temps)
- Traitement de l'image

La formation de l'image scintigraphique nécessite la présence d'un collimateur et d'une spectrométrie.  
Il ne faut pas que l'énergie soit trop élevée, au risque que l'atténuation par les tissus soient trop faible et que la visibilité en soit réduite.

L'irradiation médical.

- La mesure des risques se fait en Sievert (Sv)
- Aucun effet observable en dessous de 200mSv
- Irradiation naturelle en France : 2,5 mSv/an
- En scintigraphie, l'irradiation n'augmente pas avec le nombre de clichés et la durée de l'examen

|                     | Radiographie          | Scintigraphie   |
|---------------------|-----------------------|-----------------|
| Débit de photon     | Élevé                 | Faible          |
| Dutée d'examen      | 1s                    | 10 à 20min      |
| Durée d'exposition  | 1s                    | 10 à 72h        |
| Irradiation         | Comparable            |                 |
| Dose/cliché         | Proportionnelle       | Indépendant     |
| Renseignements      | Anatomiques           | Fonctionnelles  |
| Infos quantitatives | Non                   | Oui             |
| Origine des rayons  | Couronne électronique | Noyaux atomique |

