

IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE (IRM)

Dr. Ruud van Heeswijk, PhD, PD
CHUV - Radiologie



Première partie des examens de FMH en radiologie

Contact

- E-mail

Ruud.Van-Heeswijk@chuv.ch

Les applications les plus pertinentes:
Apple Store: k-Space Odyssey (Haselhoff)
Play Store: k-Spapp (Springorum)

- Diapositives du cours

www.unil.ch/cvmr → Links → «FMH radiology course slides»

- Ressources Supplémentaires:

www.unil.ch/cvmr → Links → «Understanding MRI»

« Comprendre l'IRM : Manuel d'auto-apprentissage » par *Bruno Kastler, Daniel Vetter, Zoltan Patay, Philippe Germain*

Composition du Cours

Le cours sera composé de 3 leçons de ~1h45min chacune, avec 15 minutes de pause chaque lecture.

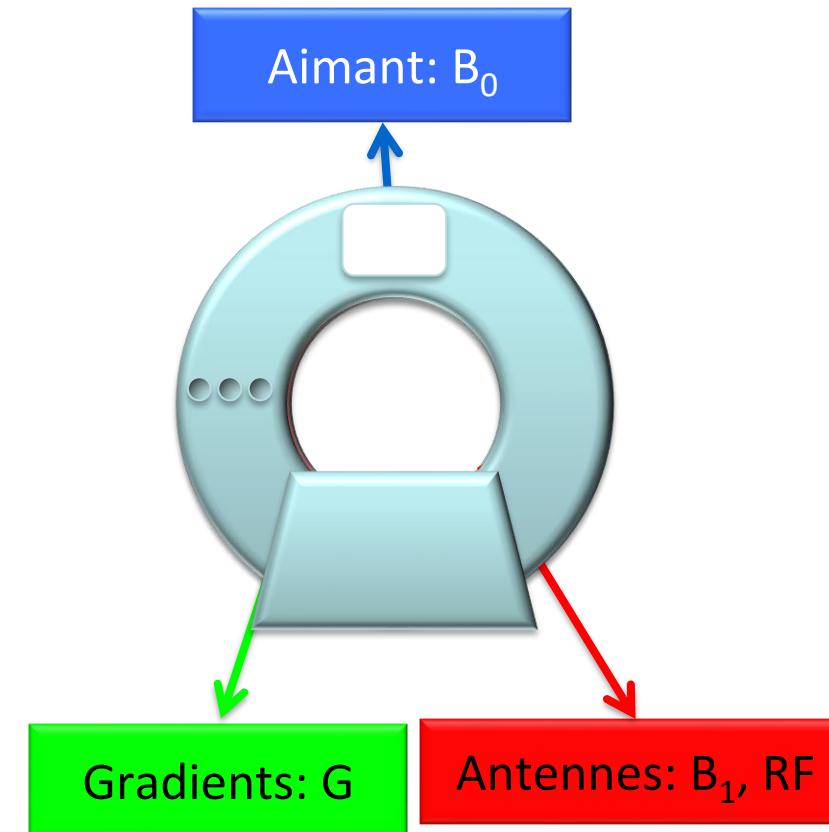
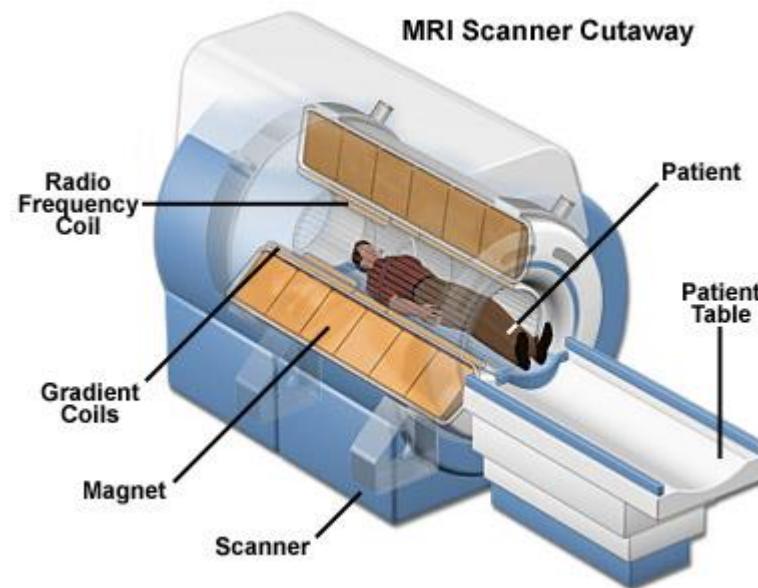
- 15.01.2024
 - Composition de l'appareillage
 - Principes de la relaxation
 - Production d'image et reconstruction
- 22.01.2024
 - Rapport signal-bruit
 - Séquences d'imagerie
 - Effet de flux
- 29.01.2024
 - Produits de contraste
 - Artefacts
 - Effets secondaires & dommages éventuels liés à l'IRM



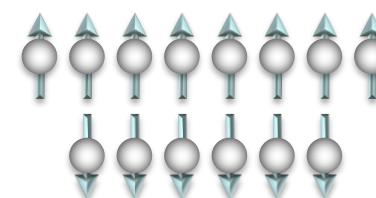
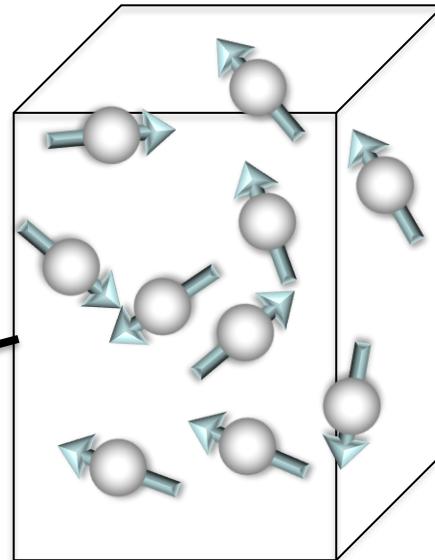
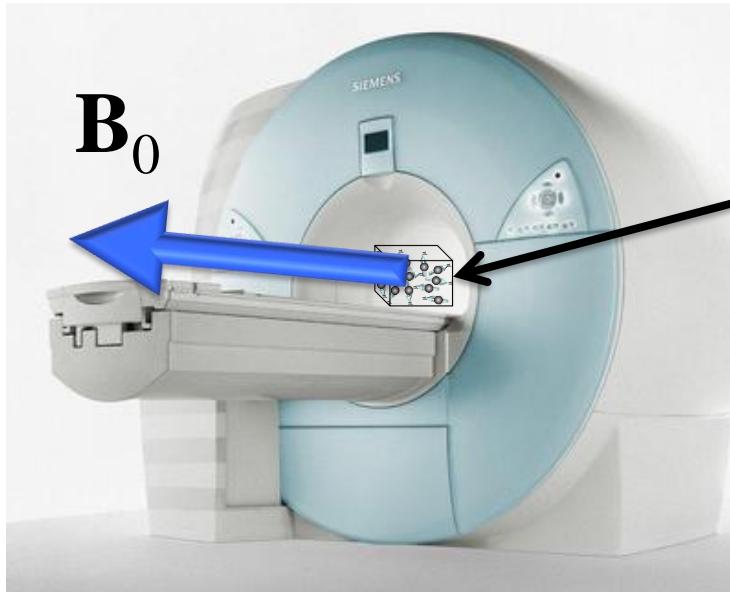
Révision des semaines passées

- Composition de l'appareillage
- Principes de la relaxation
- Production d'image et reconstruction
- Séquences d'impulsion
- Contrastes pondérées
- Effets de flux

Composition de L'Appareillage



Aimantation

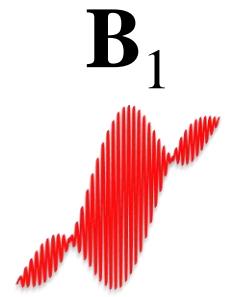
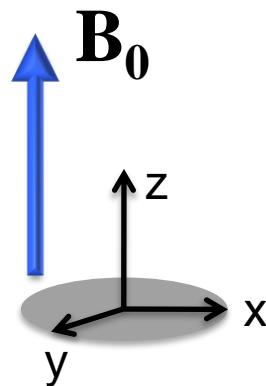
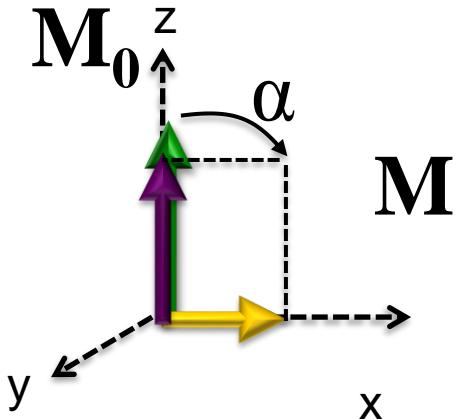


$$\sum \mu \neq 0$$

$$M_{z0} \neq 0$$

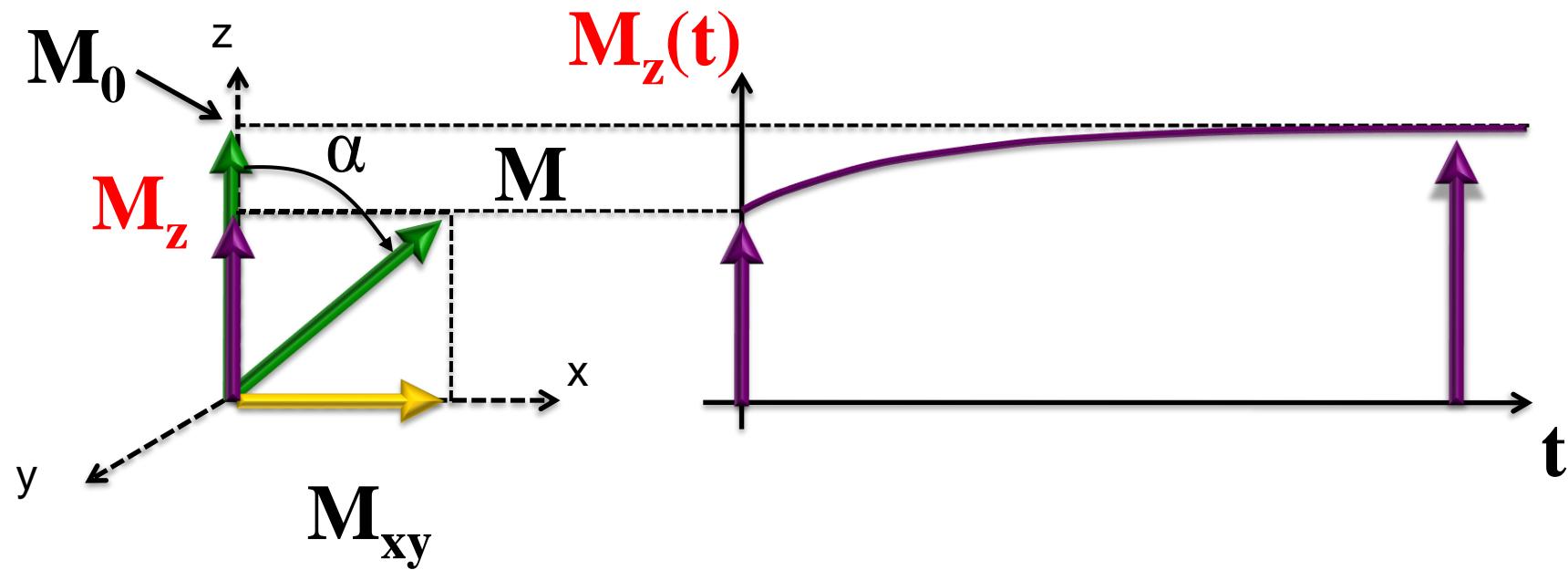
Angle de bascule, aimantation transversale & longitudinale

$$M_z = M_0 \cos(\alpha)$$



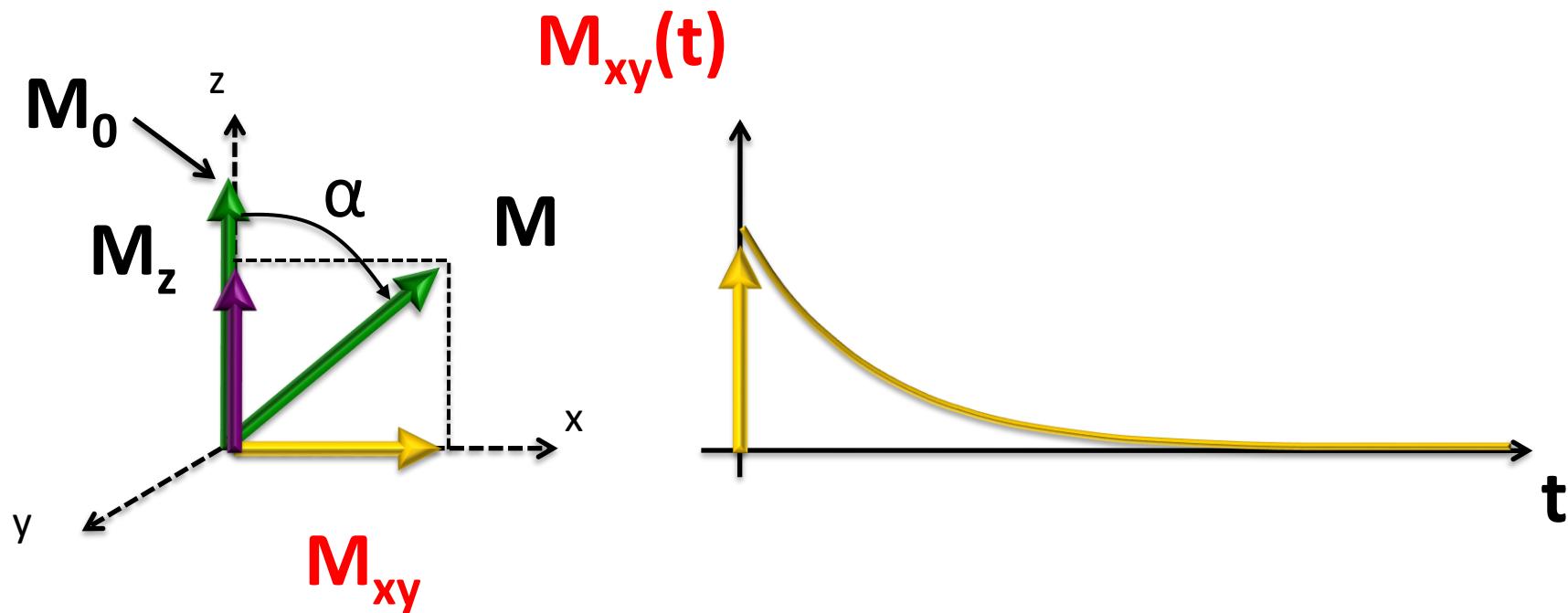
$$M_{xy} = M_0 \sin(\alpha)$$

Relaxation longitudinale ou T1



$$M_z(t) = (M_0 \cos(\alpha) - M_0) e^{-t/T_1} + M_0$$

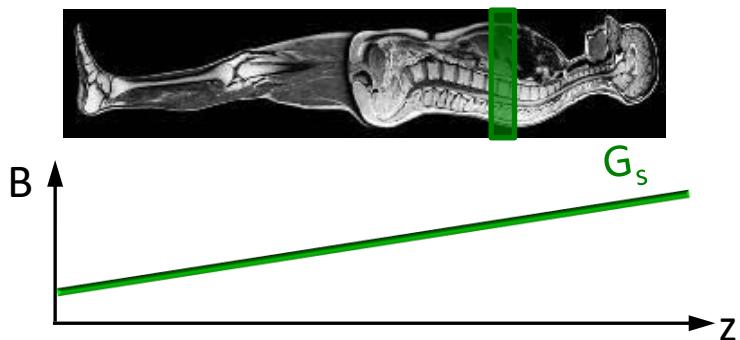
Relaxation transversale ou T2



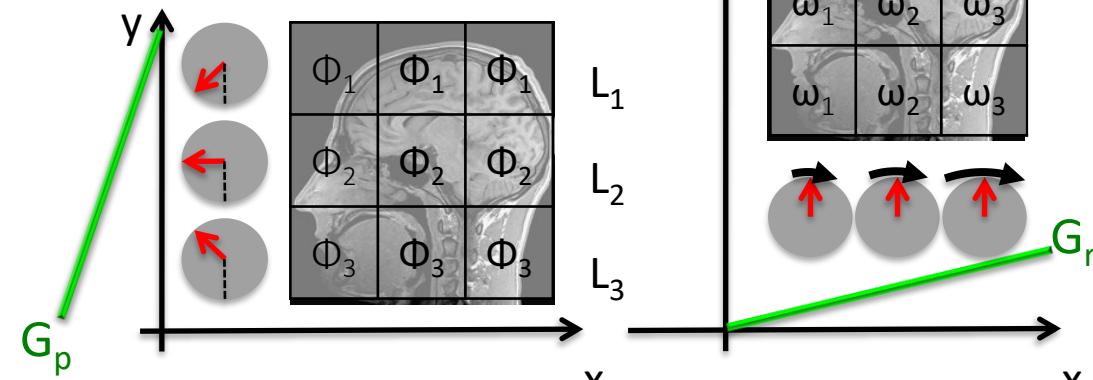
$$M_{xy}(t) = M_0 \sin(\alpha) e^{-t/T_2}$$

Production d'image

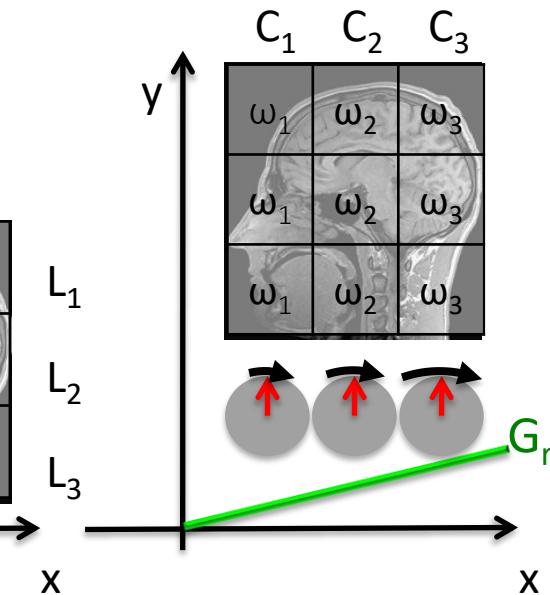
- Localisation spatiale du signal
 - 1. Sélection d'un plan de coupe
 - 2. Codage de phase
 - 3. Codage de fréquence



1.



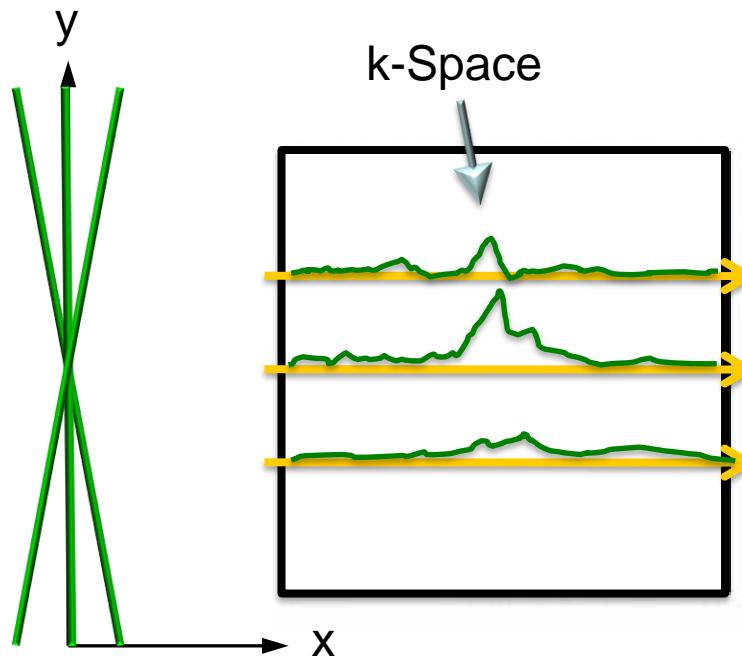
2.



3.

Plan de Fourier & Reconstruction

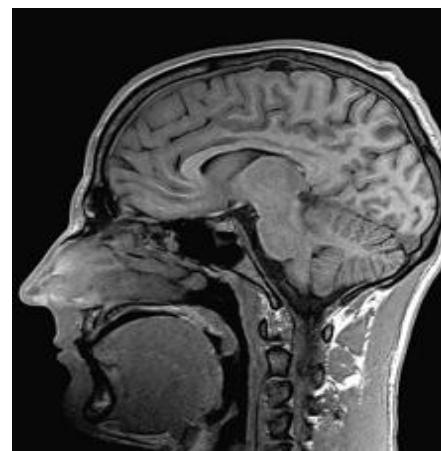
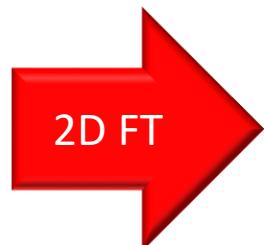
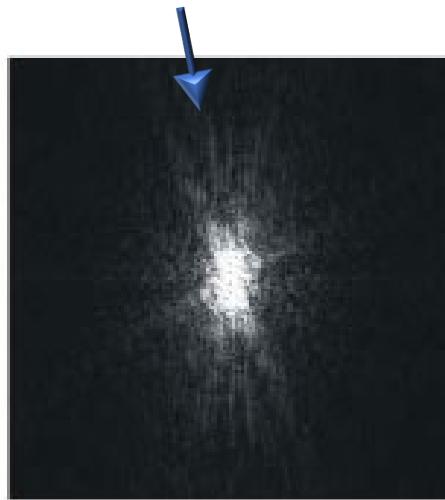
- Les signaux IRM mesurés à partir de **chaque étape de codage de phase** sont stockés dans une matrice de données brutes, connue sous le nom d'**espace k** ou d'espace de Fourier.



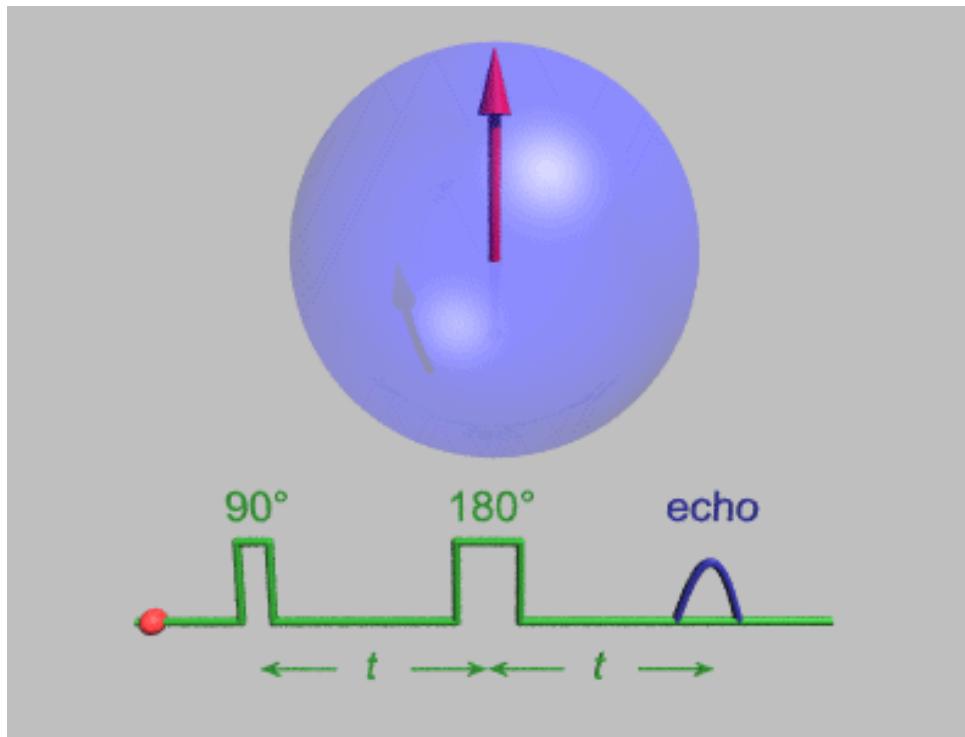
Plan de Fourier & Reconstruction

- Une transformation de Fourier bidimensionnelle de cette matrice résulte en la reconstruction de l'image.

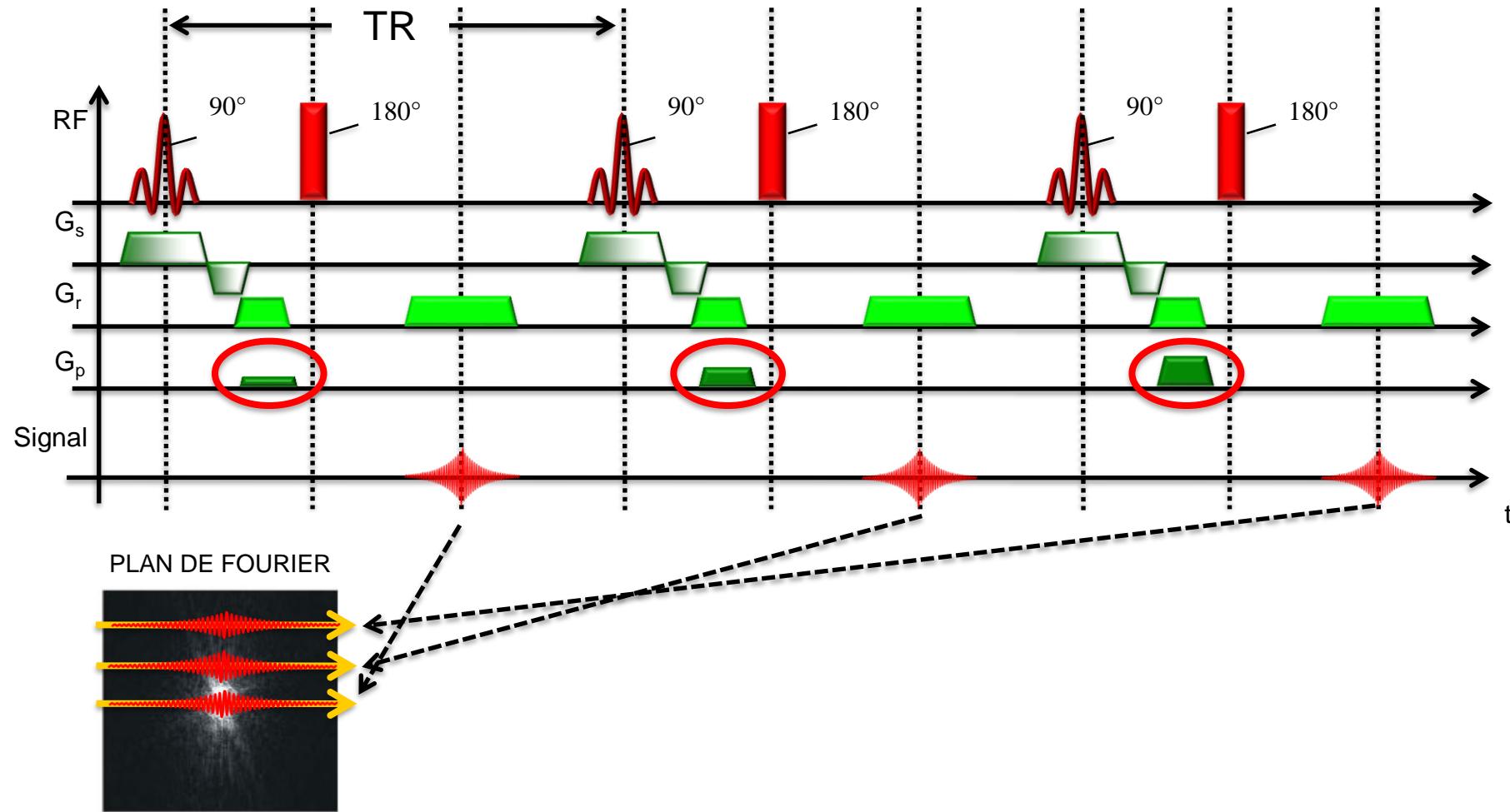
Plan de Fourier / k-space



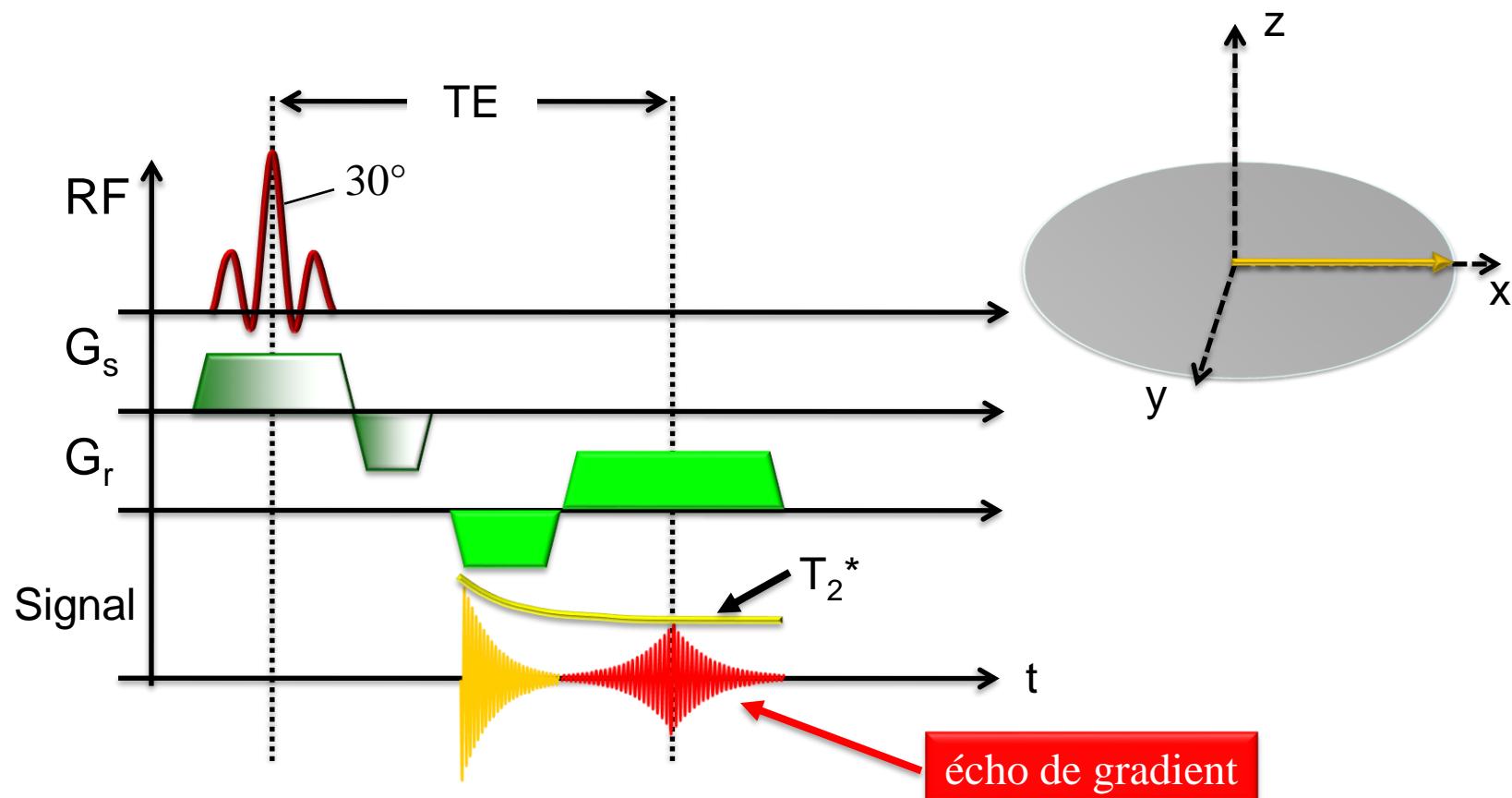
Séquence d'écho de spin



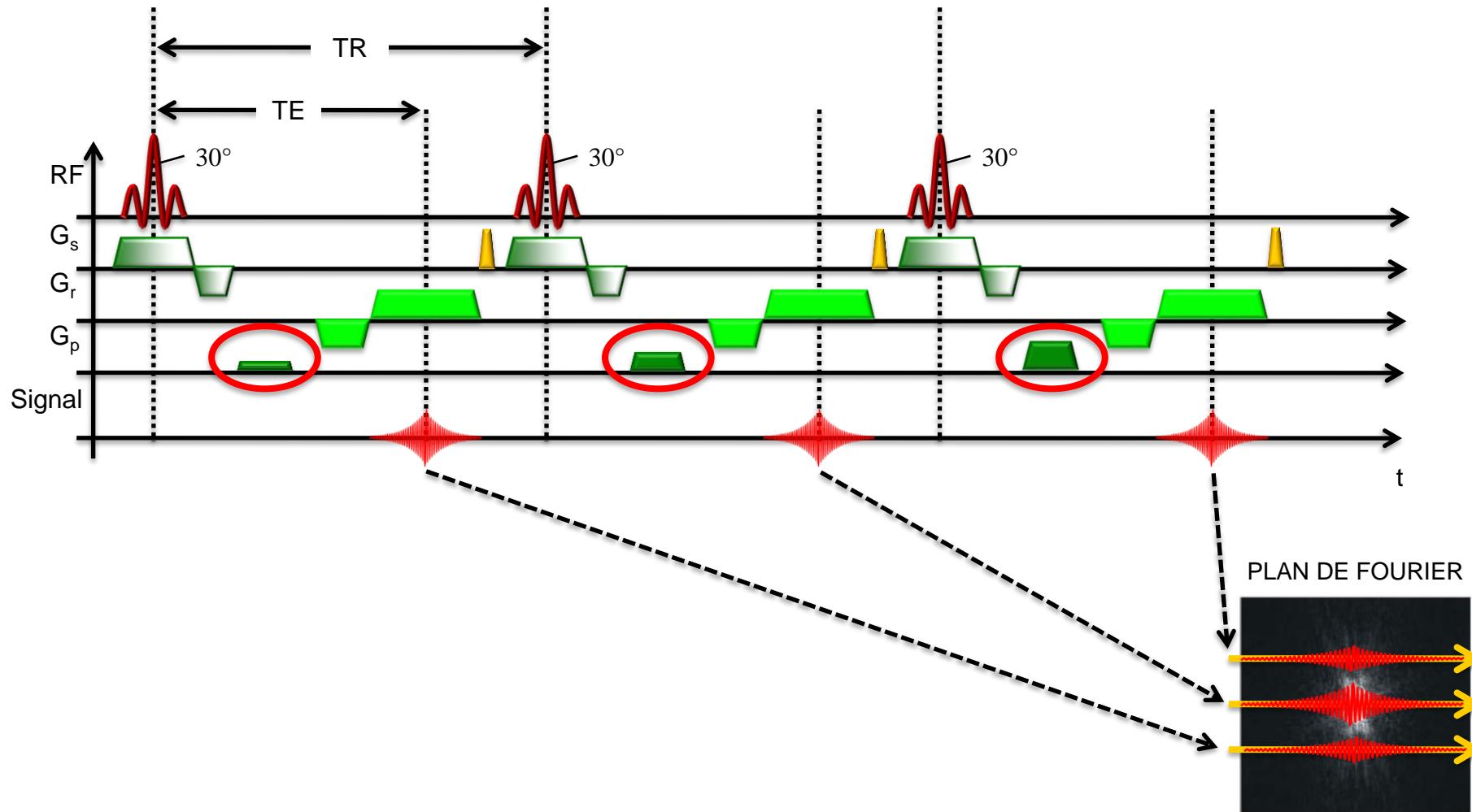
Formation d'une image avec une séquence d'écho de spin



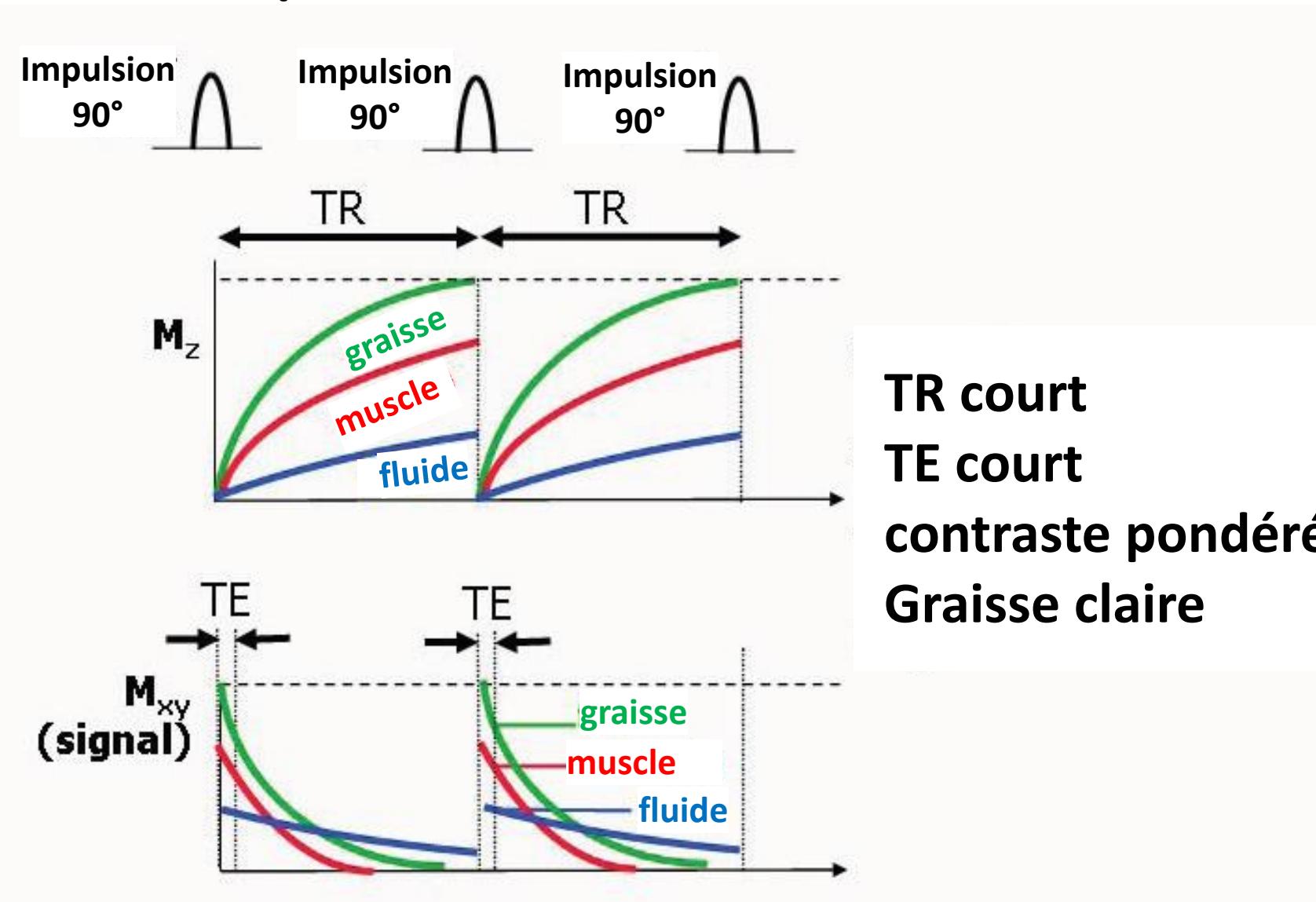
Séquence d'écho de gradient



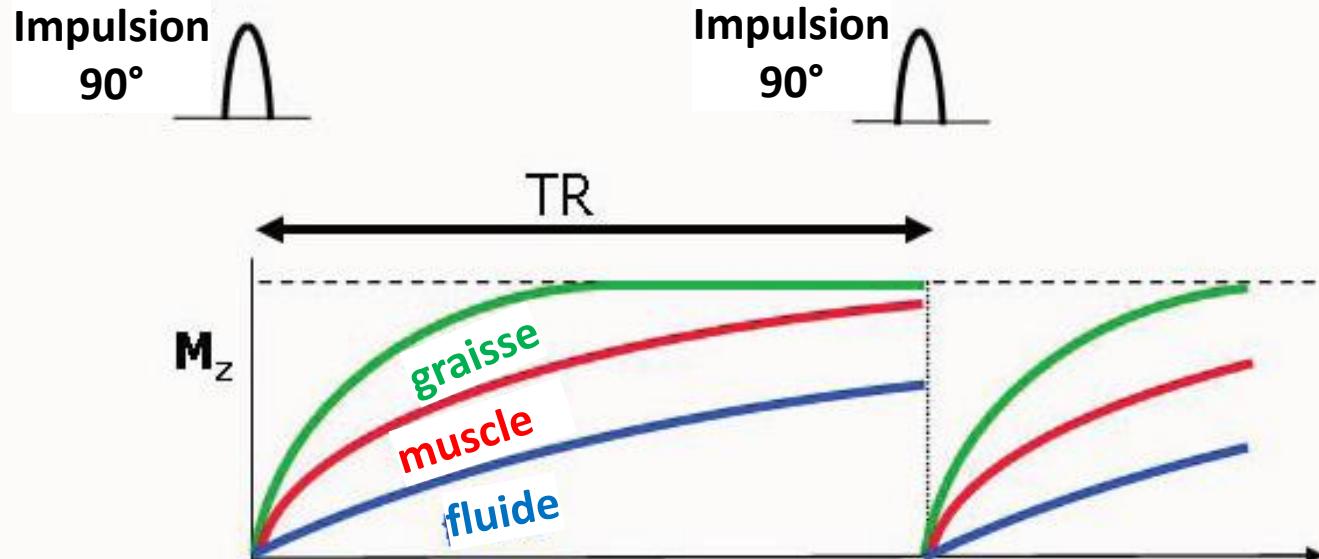
Formation d'une image avec une séquence d'écho de gradient



Contraste pondéré en T1



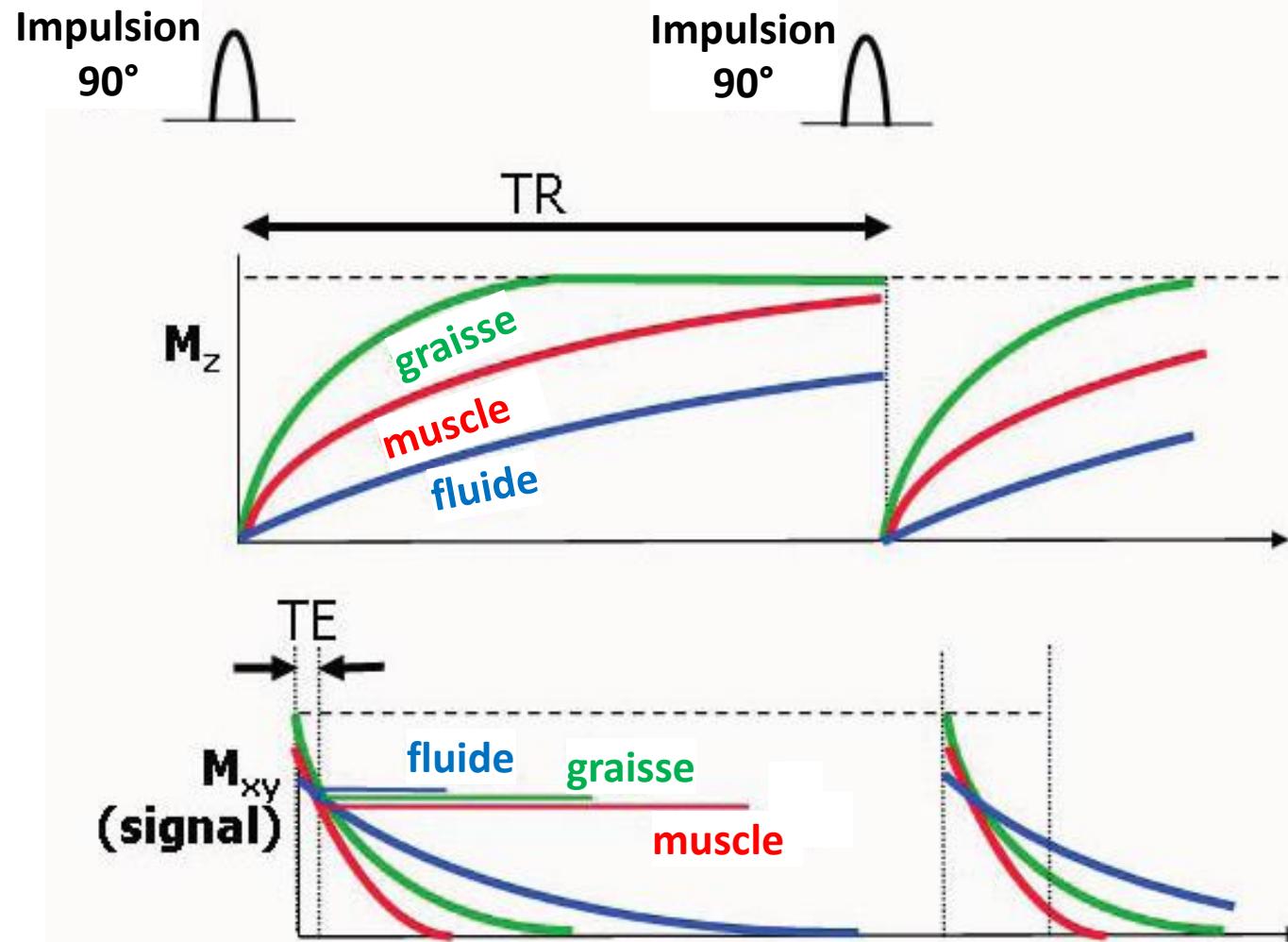
Contraste pondéré en T2



TR long
TE long
contraste pondéré en T2
Fluide clair



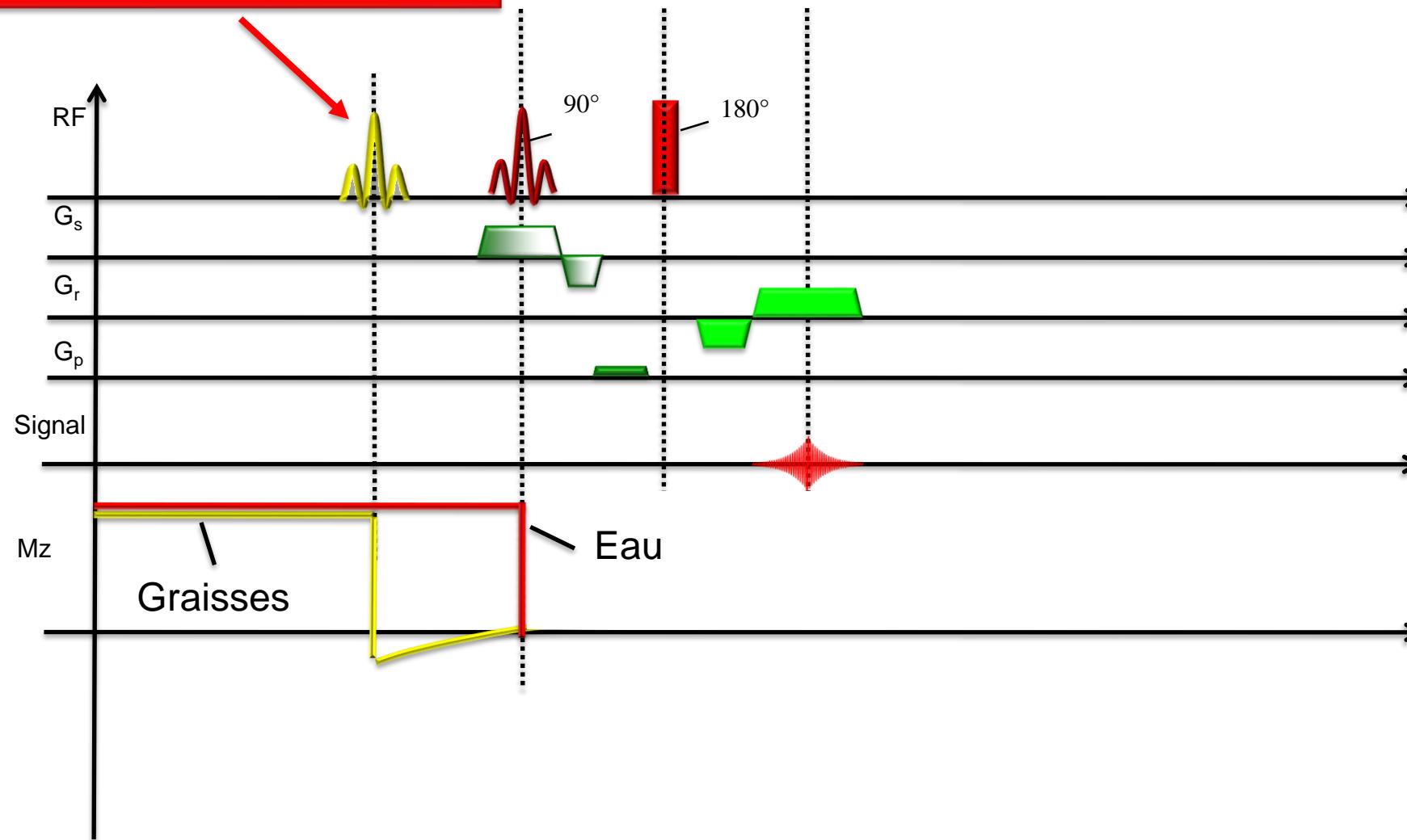
Contraste ponderé en densité de proton



**TR long
TE court
peu de contraste
“pondération
en densité de proton”**

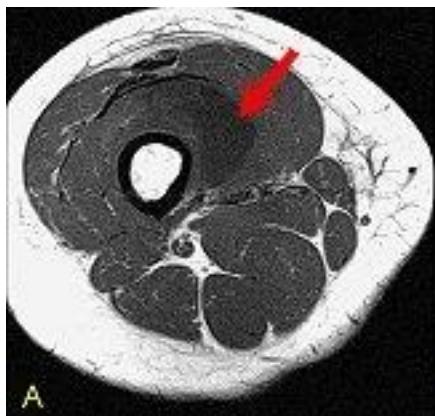
Avec saturation des graisses

Saturation sélective des graisses

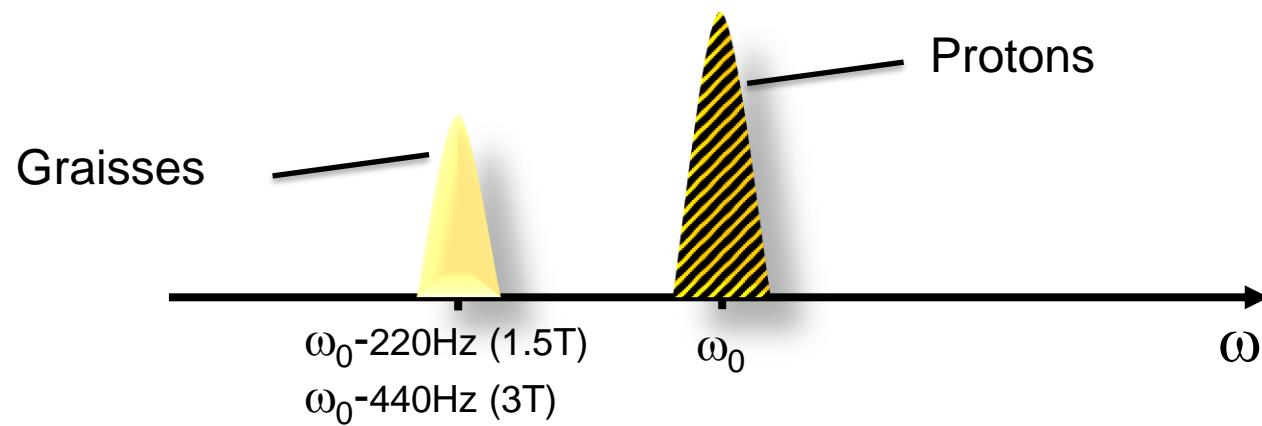


Saturation des graisses

œdème



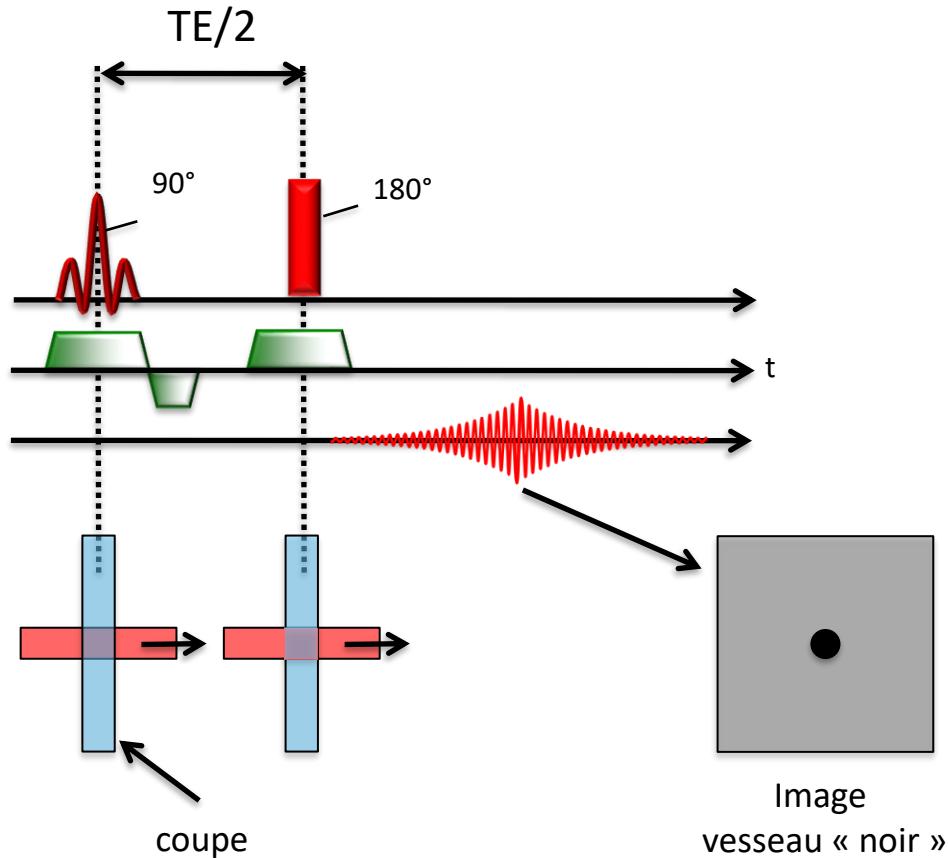
A



Effet de flux

- Absence de signal: Phénomène de sortie de coupe.

- Les protons quittent le plan de coupe (bleu) entre l'impulsion 90° et l'impulsion 180° .
Seuls les protons ayant subi **les deux impulsions** peuvent engendrer un écho de spin.
- Les protons stimulés par l'impulsion 90° (violet) quittent totalement le plan de coupe avant l'impulsion 180° et sont **remplacés par des protons** n'ayant pas d'aimantation transversale (pas de signal).



Effet de flux

- Absence de signal: Phénomène de sortie de coupe.

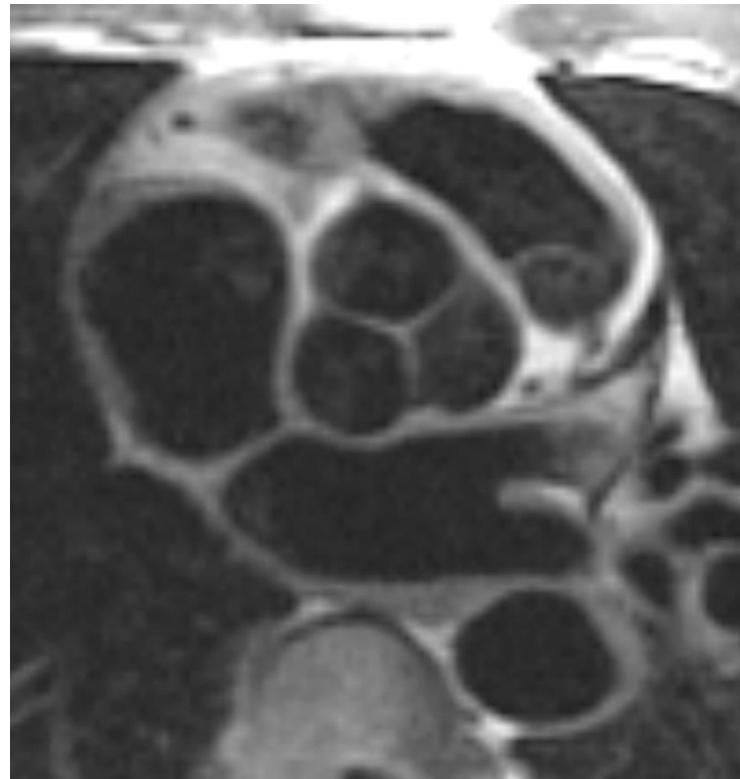
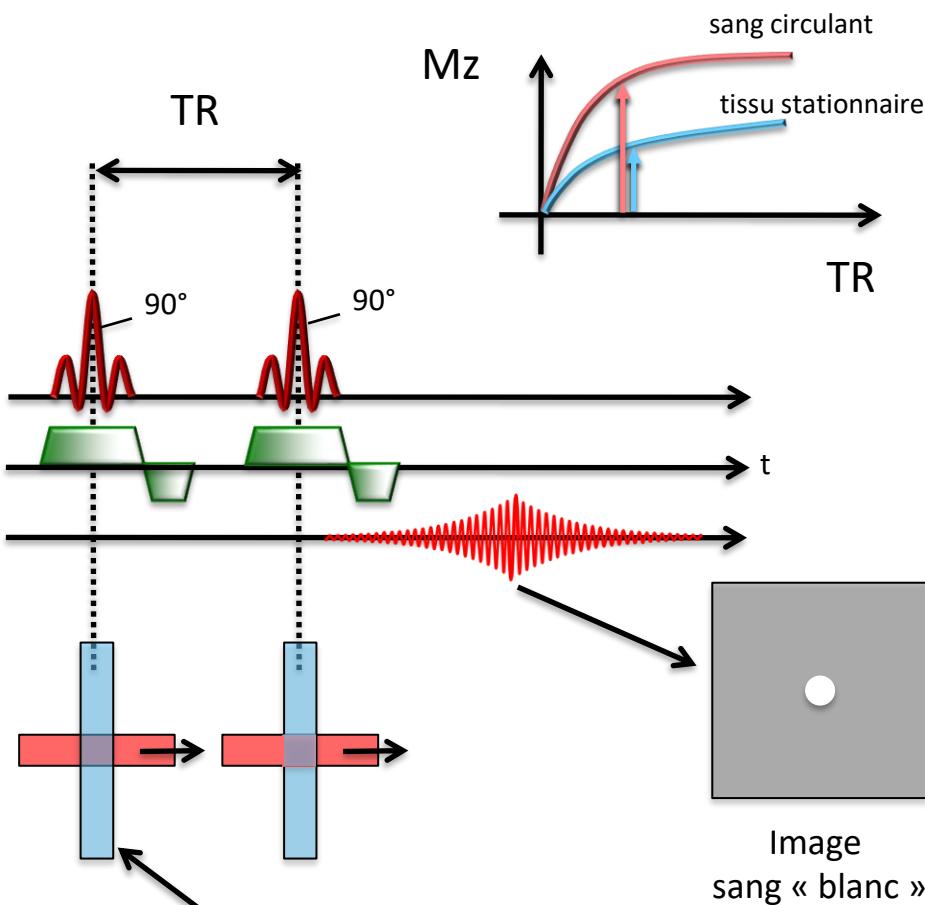


Image
sang « noir »

Effet de flux

- Renforcement paradoxal: Phénomène d'entrée de coupe.

- Pendant l'intervalle TR, il y a un **renouvellement des protons** circulant à travers le plan de coupe (rouge). Ce sont des protons « frais » et leur vecteur d'aimantation longitudinal est maximal et par conséquent aussi le signal qu'ils engendrent.
- Les protons stationnaires stimulés par les **multiples impulsions 90°** (bleu) sont partiellement saturés (signal diminué).



Effet de flux

- Renforcement paradoxal: Phénomène d'entrée de coupe.

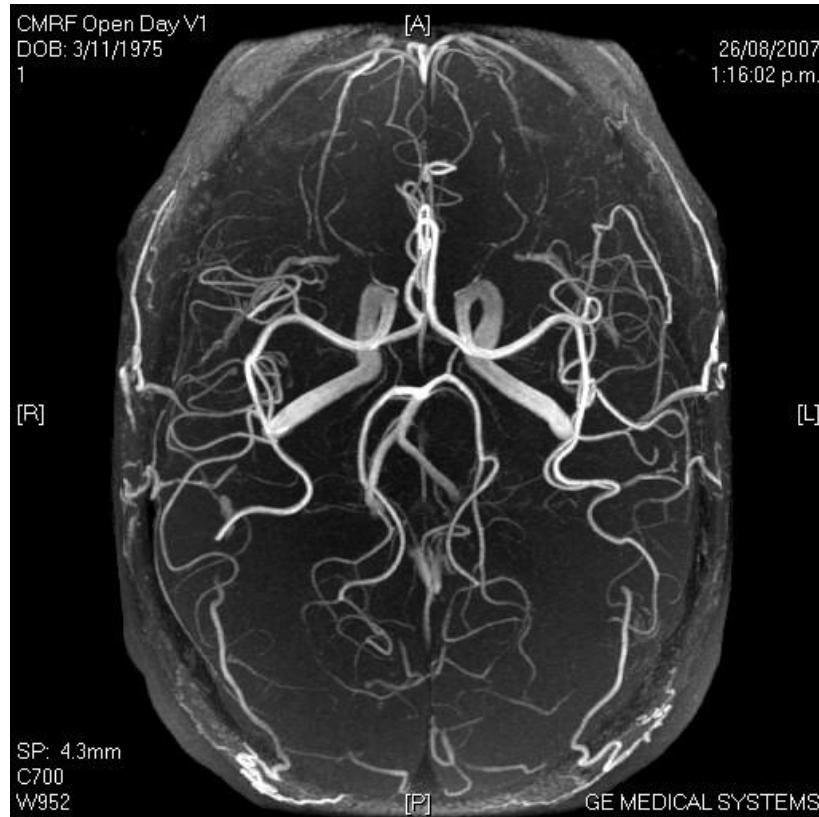
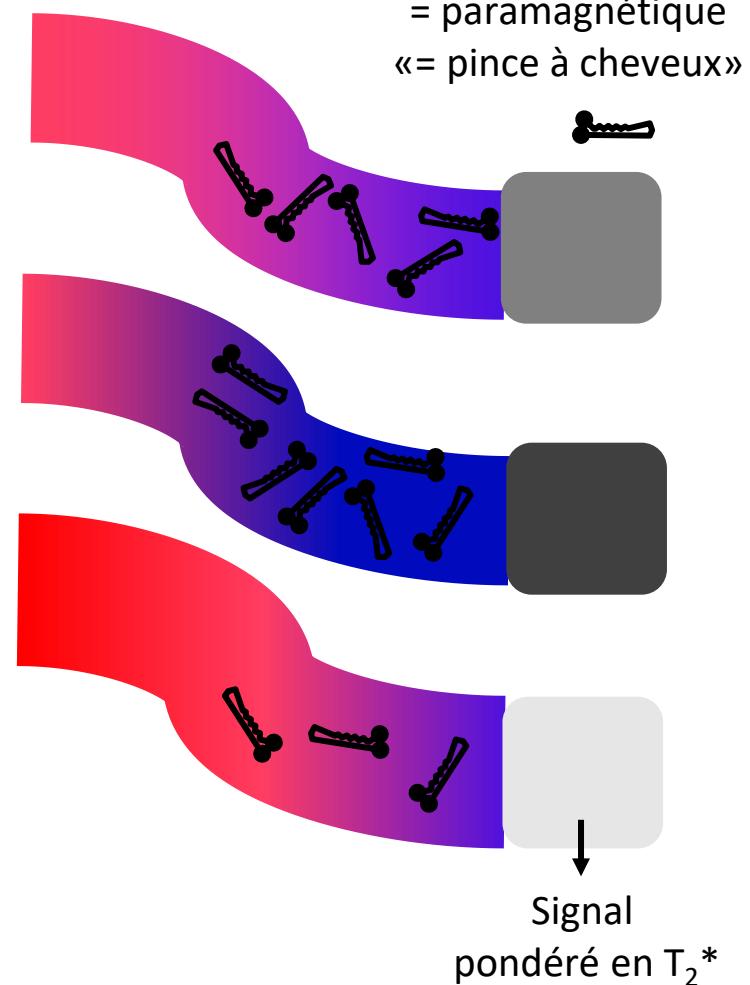
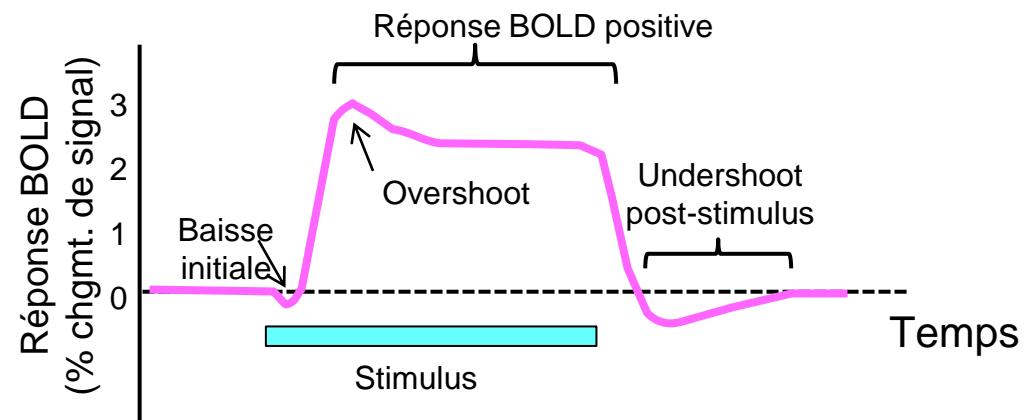


Image
sang «blanc»

«Temps de vol»

Effet BOLD

- BOLD = **différence** d'un image en repos et un image sous stimulation
- Stimulus d'un tissu (cerveau)
 - Consommation d'oxygène & augmentation de **déoxyhémoglobine**
 - Croissance de flux & augmentation de **oxyhémoglobine**



Déoxyhémoglobine
= paramagnétique
«= pince à cheveux»

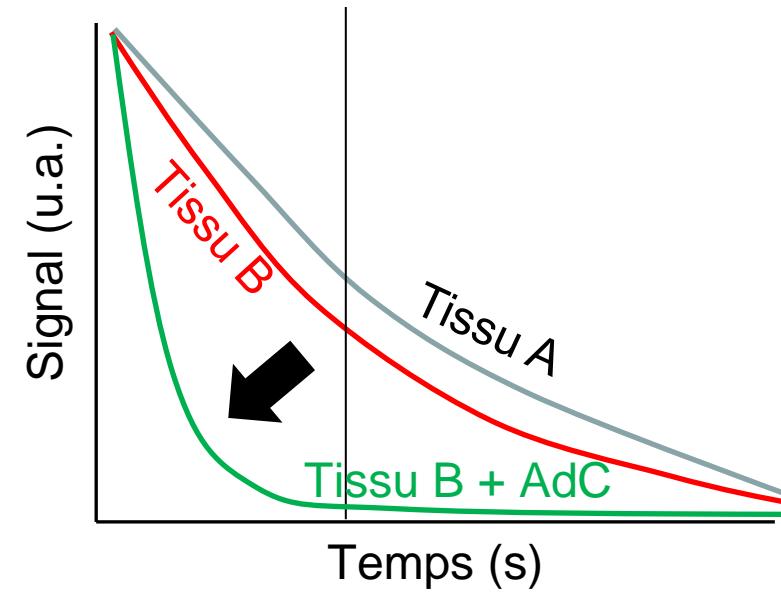
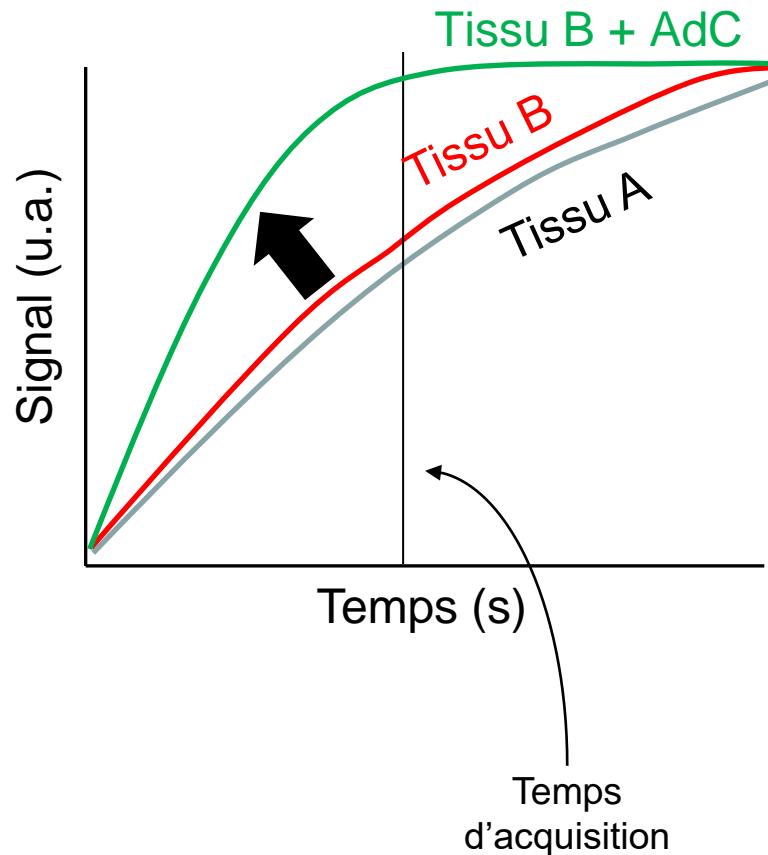
L'utilisation de l'IRM III/III

- **Produits de contraste**
- Accélération de l'acquisition
- Artefacts
- Effets secondaires & dommages éventuels liés à l'IRM
- QCMs

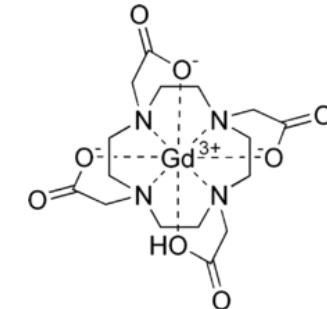
Produits de contraste

- Les produits de contraste en IRM augmentent souvent le rendement diagnostique de l'examen.
- Ils agissent en **diminuant** le temps de relaxation T1 ET T2.
 - Quand un agent de contraste diminue le **T1 autant que le T2**, il est utilisé avec l'imagerie pondérée en T1: les « **agents T1** ».
 - Quand un agent de contraste a un **effet beaucoup plus fort** sur le **T2**, il est utilisé avec l'imagerie pondérée en T2: les « **agents T2** ».

Produits de contraste T_1 et T_2



Produits de contraste

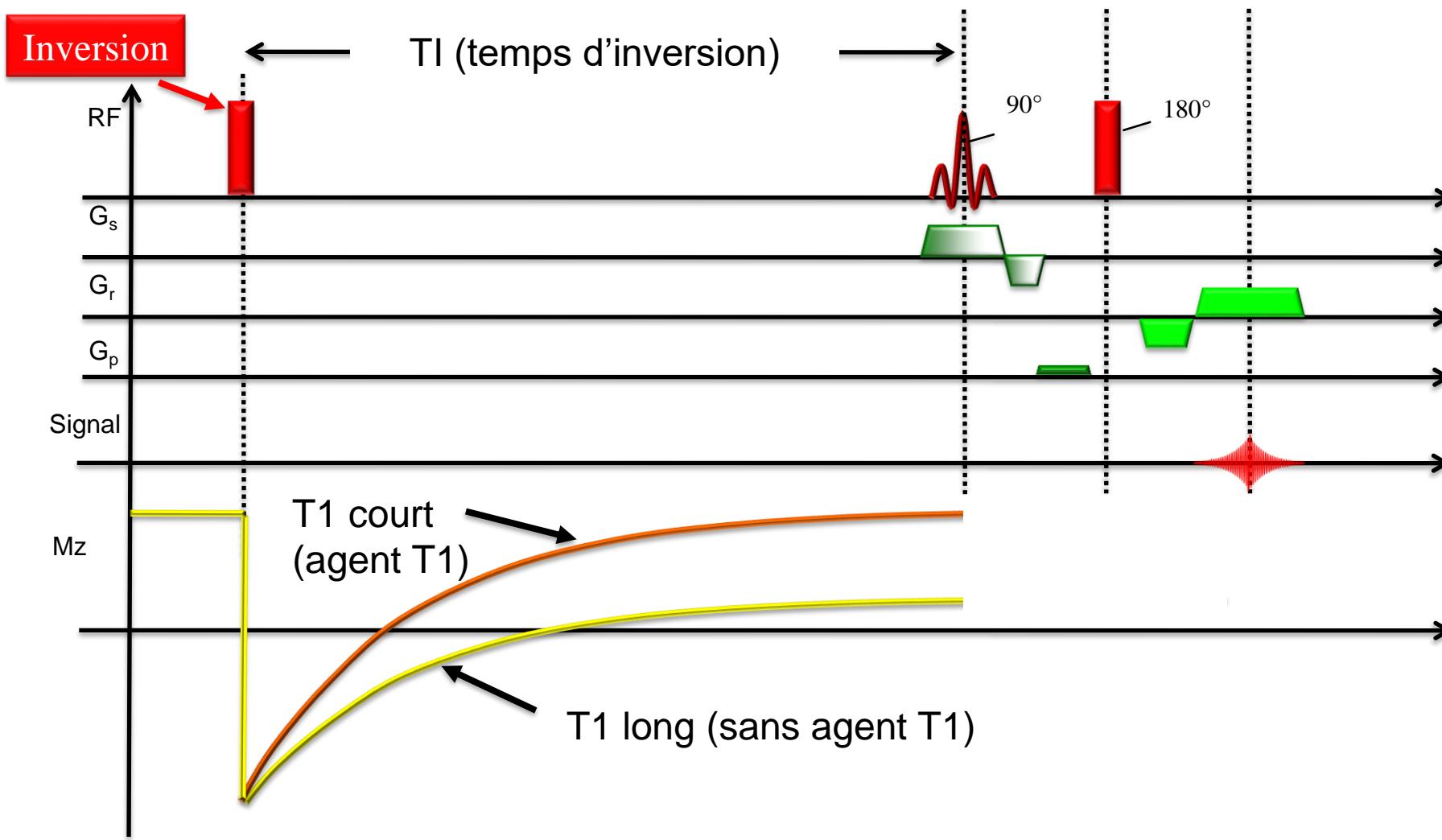


Agents T1

- Ce sont des substances **paramagnétiques**. Elles agissent en induisant un champ magnétique local qui entraîne une diminution du temps de relaxation T1. Elles augmentent donc le contraste en T1. Les chélates de l'élément **gadolinium** (Gd) sont utilisés couramment comme agent de contraste T1.
- **Contraste positif** dans les images pondérées en T1.
 - Dotarem, Gadovist, Primovist
 - Injectés par intraveineuse (0.1 à 0.2ml/kg)

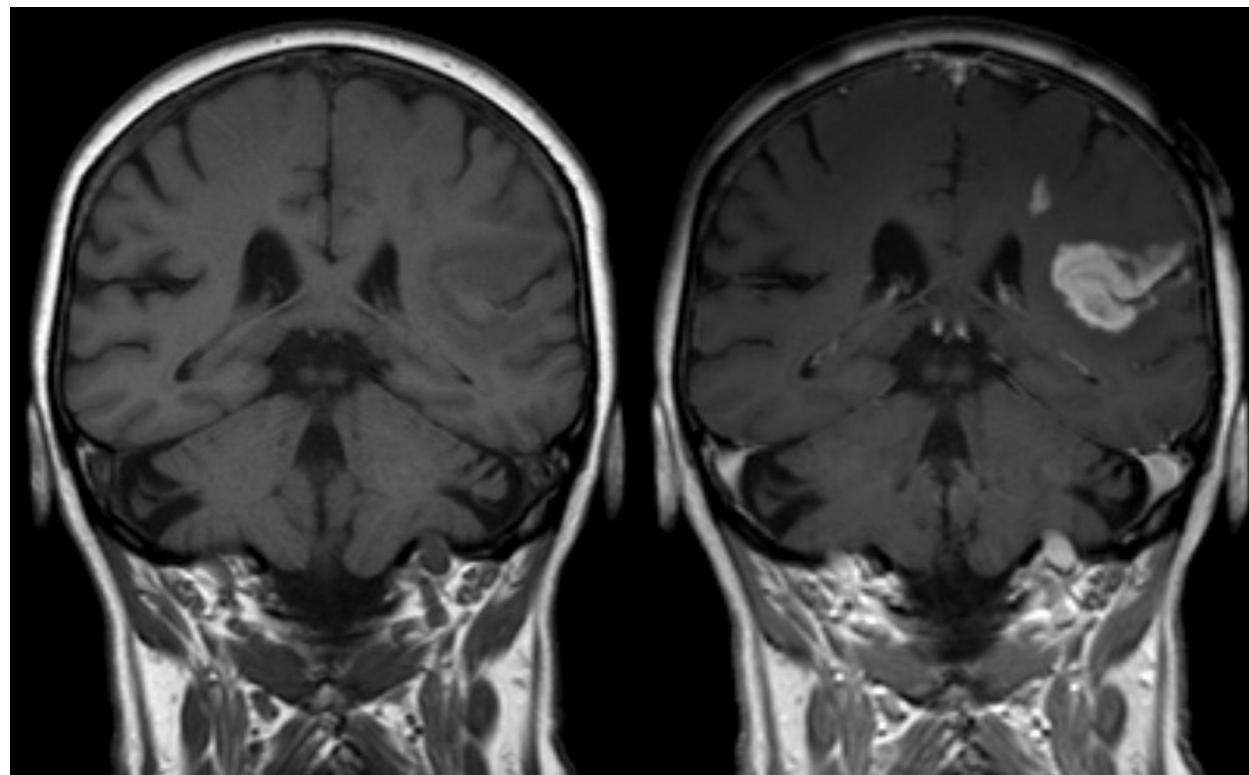


Produits de contraste



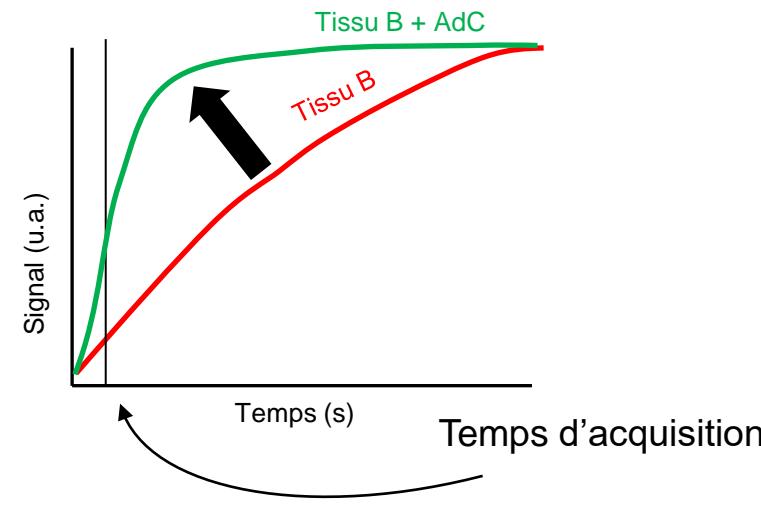
Agent de contraste T1 - exemple

- Ici - augmente le signal où la barrière hémato-encéphalique a été rendue perméable



Angiographie avec agent de contraste

- injection d'un **bolus** d'agent de contraste ($\sim 0.2 \text{ mL/kg}$) suivi d'un **rinçage** («flush/chase») de 10-20mL de solution saline
- T1 du sang **très court**
- **Echo de gradient** avec **angle de bascule élevé** ($30\text{-}90^\circ$) et **TR court**
- **Saturation** des tissus sans AdC
- Avec ou sans **soustraction** d'une image d'arrière-plan (=pré-contraste)

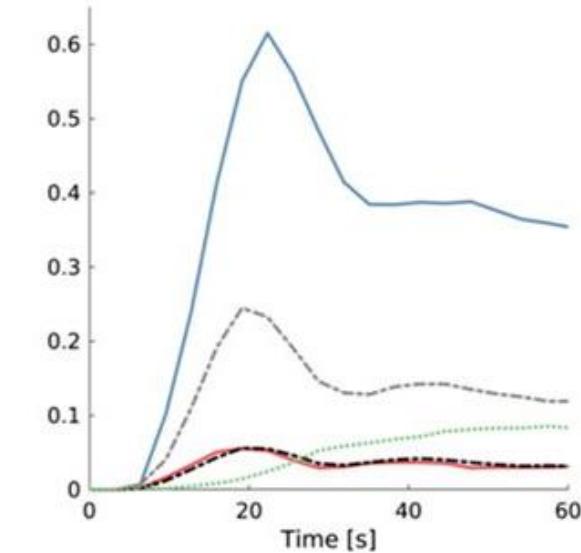


Angiographie avec agent de contraste

- Choix: angio **statique** (une seule phase) ou **dynamique**
- Défi: **dilution** progressive de l'AdC au fil du temps
- Nécessite:
 - **SOIT** bonne connaissance de l'arrivée de l'AdC
 - **SOIT** résolution temporelle élevée

Deux solutions pour l'angio **statique**:

- 1) **petit bolus** de test avec imagerie rapide en 2D
2) **noter** temps d'arrivée du signal de l'AdC
3) **Injection** du bolus diagnostique
4) Séquence déclenchée au **temps note** auparavant
- 1) imagerie rapide en 2D en **temps réel**
2) **injection** du bolus diagnostique
3) **detection** de l'arrivée du signal de l'AdC en temps réel
4) Changement rapide vers la séquence «propre»

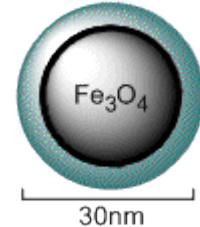


Angiographie avec agent de contraste dynamique

- Souvent imagerie en quatre dimensions (3D+ temps = 4D)
- Imagerie **déclenchée avant l'injection**
- **Résolution temporelle** de 1-4s
- Analyse **temporelle** post-hoc



Produits de contraste



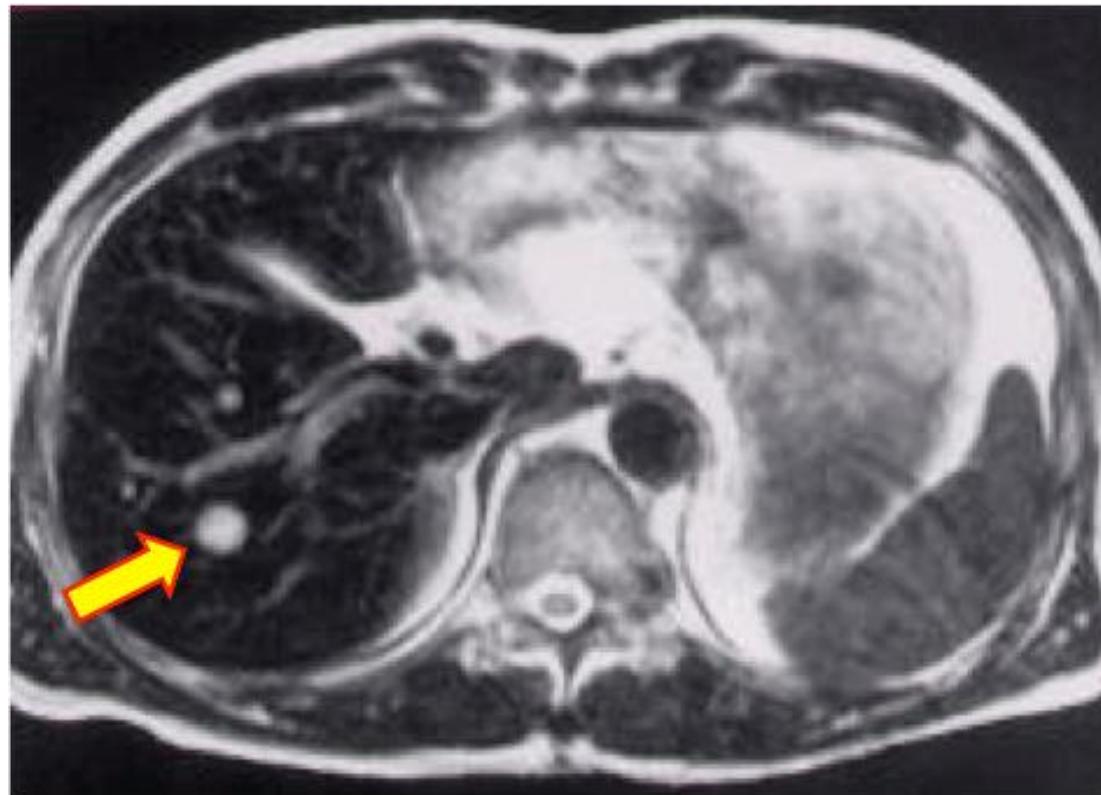
Agents T2

- Ce sont des substances superparamagnétiques ou ferromagnétiques qui induisent des **inhomogénéités** du champ magnétique. Celles-ci accélèrent le déphasage des protons et diminuent le temps de relaxation T2. Elles augmentent donc le contraste en T2.
- **Contraste négatif** dans les images pondérées en T2
- Peu disponible
 - Feridex, Feraheme, Ferumoxytol
 - Injecté par intraveineuse



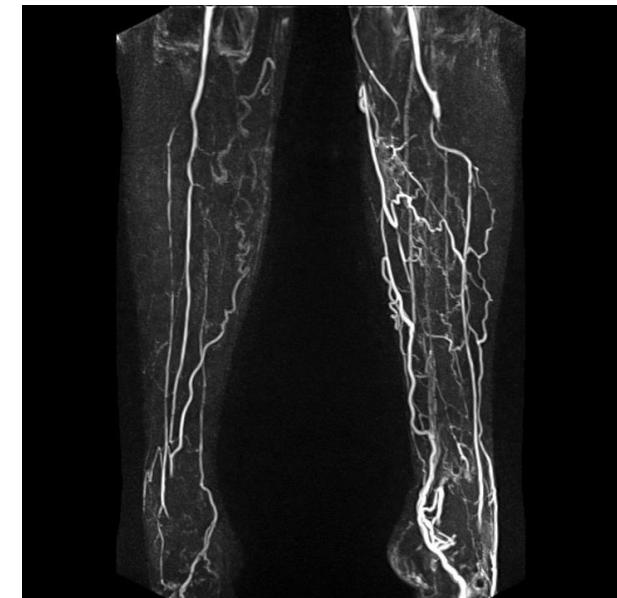
Agent de contraste T2 - exemple

- Ici - Feridex (oxyde de fer entouré par dextran); absorbé par le foie (cellules Kuppfer) sauf la lésion



Angiographie avec ferumoxytol

- Ferumoxytol = médicament pour le traitement de l'anémie
- Utilisé comme **AdC T1** malgré sa nature de particule de fer
- Nécessite **TE très court**
- Particule plus grande que AdC basé sur gadolinium, donc reste mieux intravasculaire
- **Caution:** petite risque d'anaphalaxie

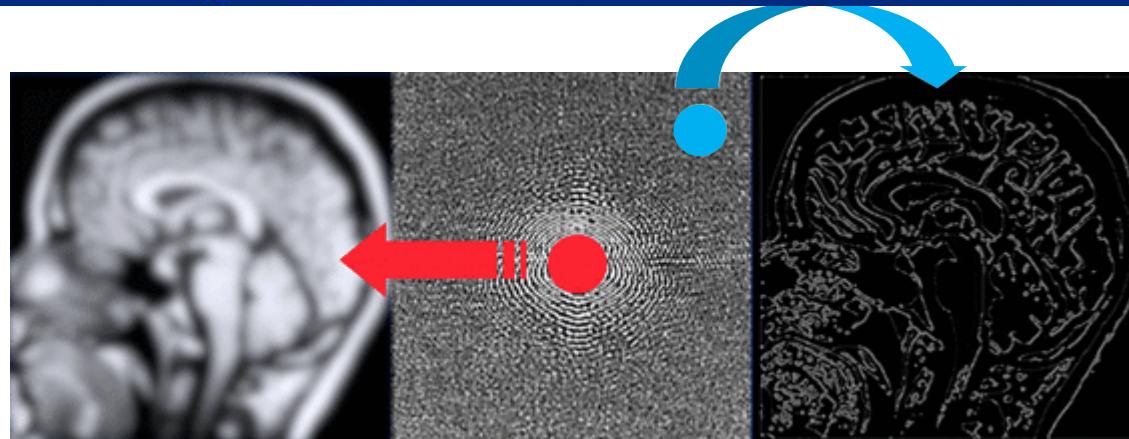
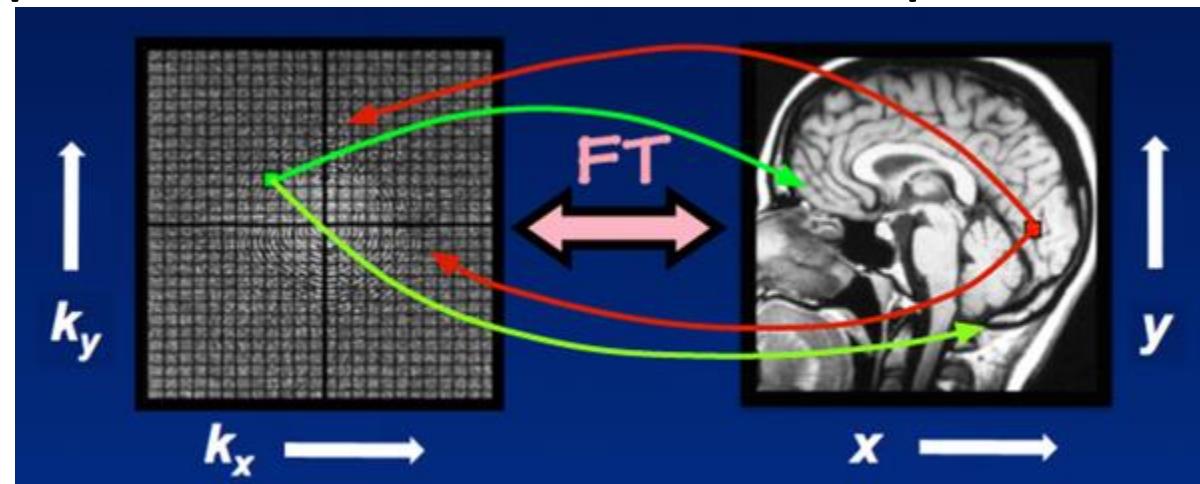
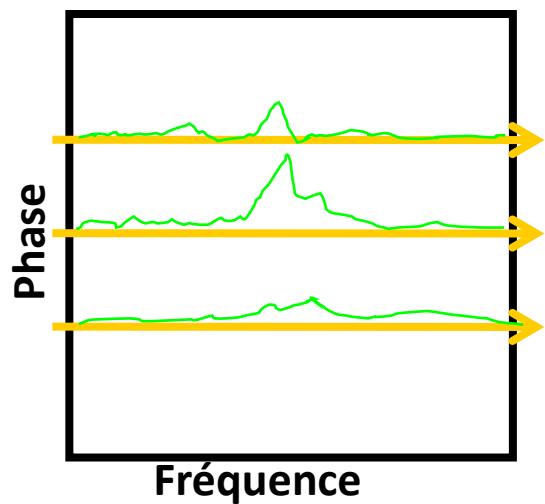


L'utilisation de l'IRM III/III

- Produits de contraste
- **Accélération de l'acquisition**
- Artefacts
- Effets secondaires & dommages éventuels liés à l'IRM
- QCMs

Rappel: le plan de Fourier

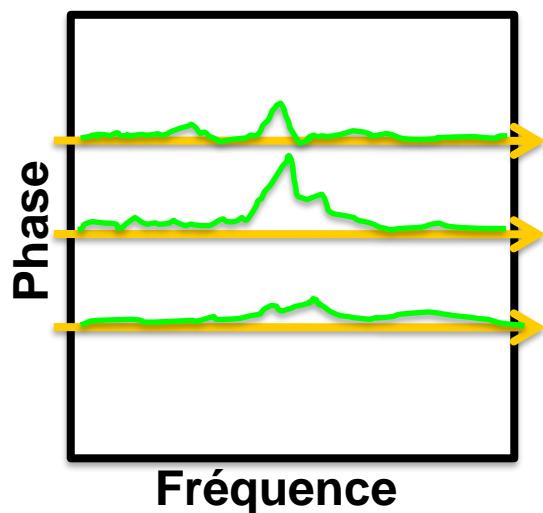
- Tous les points dans k-space ont de l'information pour l'image et vice versa



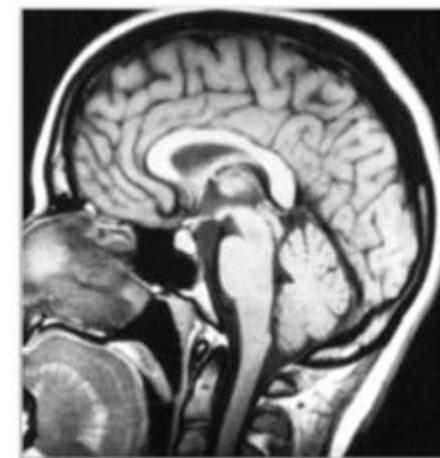
Pour tester les effets soi-même:
Apple Store: [k-Space Odyssey](#) (Haselhoff)
Web: <https://k-space.app/>

Accélération de l'acquisition

- Plusieurs façons pour accélérer l'acquisition
- Avantage: réduit le **temps d'examen** ou permet une **Résolution temporelle** élevée
- Désavantage: réduit rapport **signal-bruit** (RSB) ou **Résolution spatiale**, et invite des **artéfacts**

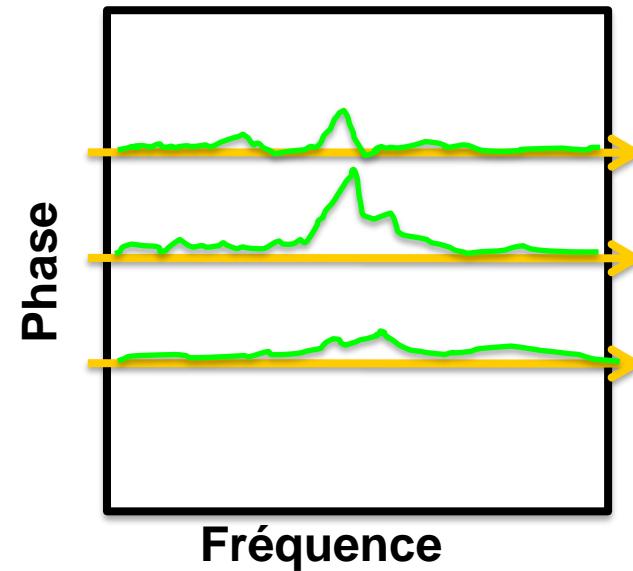


FT



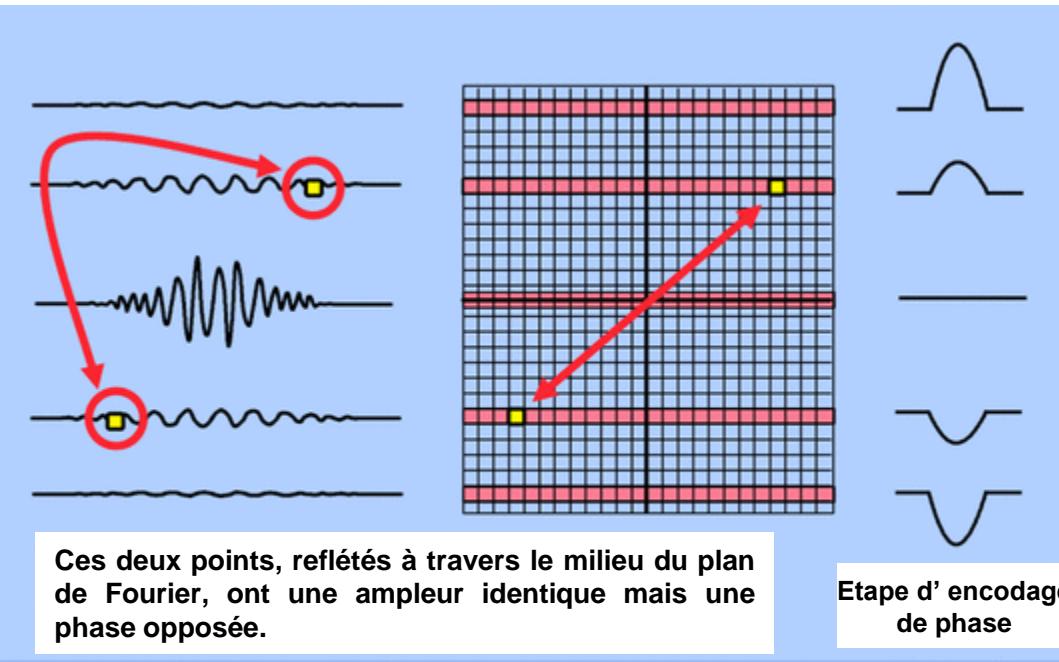
Accélération simple

- Réduire **TR**
 - + Moins de temps par encodage de phase
 - Changement de contraste
- Réduire **taille du plan de Fourier**
 - Moins d'encodages de phase à acquérir



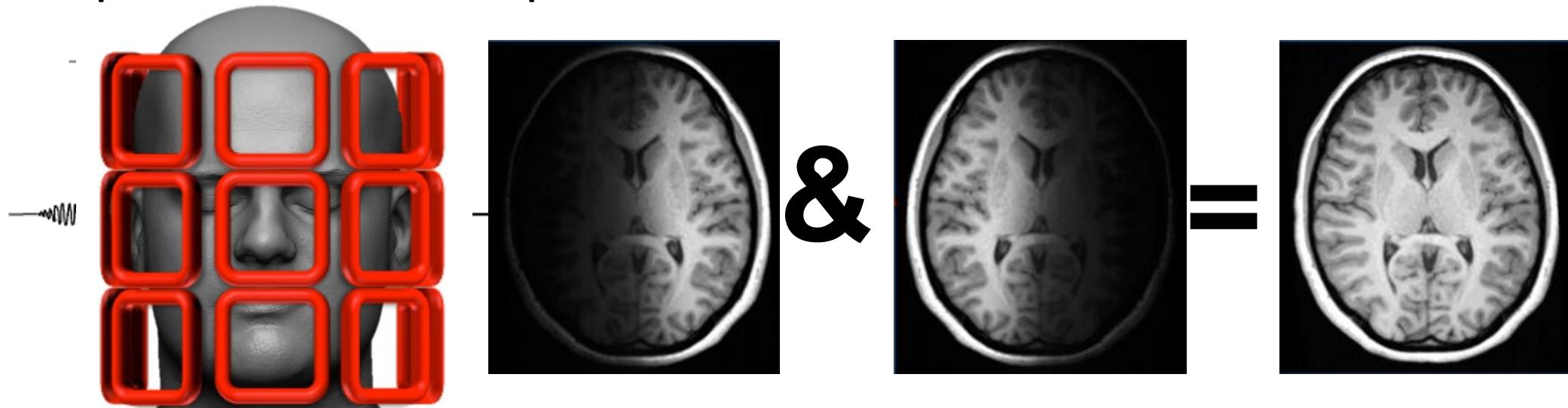
Accélération par Fourier partiel

- Le Plan de Fourier est symétrique (de façon conjugué complexe)
- La périphérie du plan de Fourier peut être copiée
- Cause une perte de RSB et des petits détails
- Accélération pratique de 1.1 à 1.5 fois



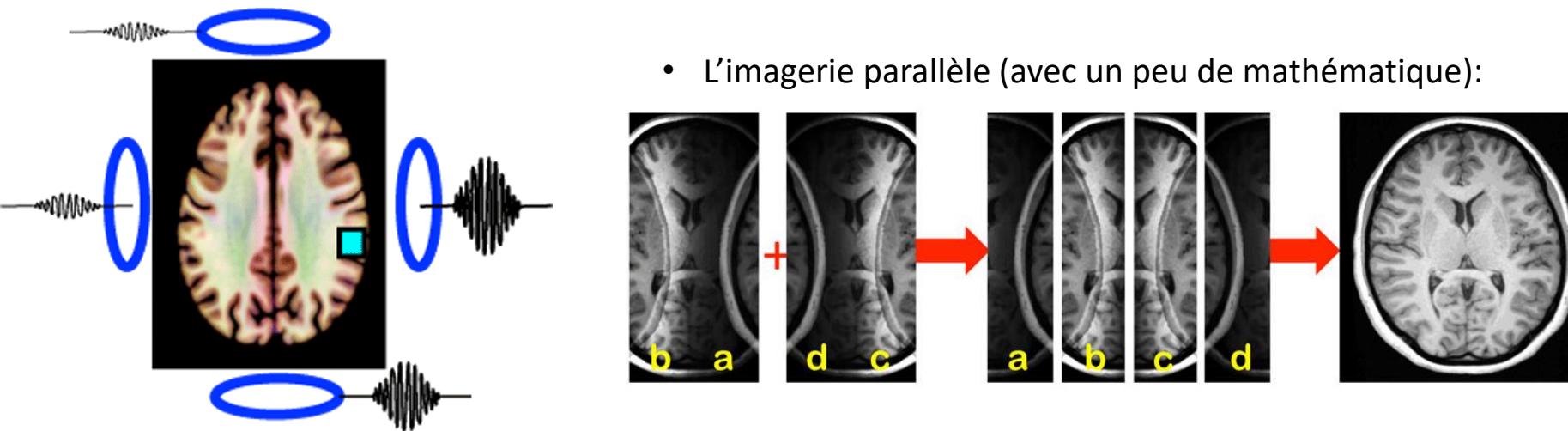
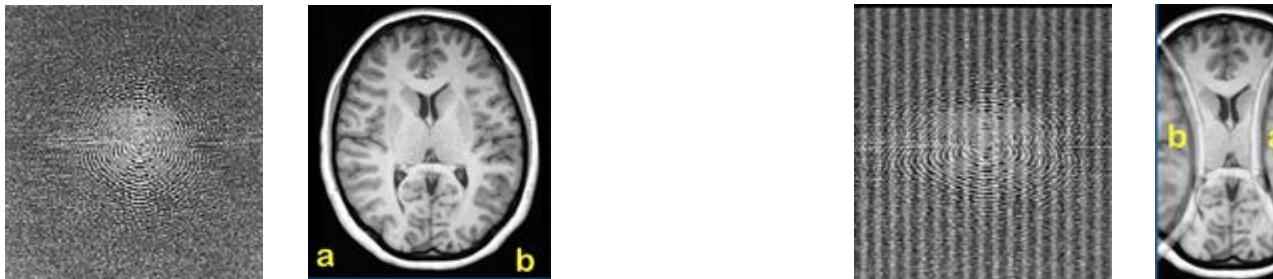
Accélération par imagerie parallèle

- Utiliser les sensitivités uniques et leurs **redondances** des éléments des antennes pour acquérir moins d'encodages de phase
- Nommée SENSE, SMASH, GRAPPA, etc.
- Accélération pratique 200-300%
- Risque d'artefacte: repliement incorrect



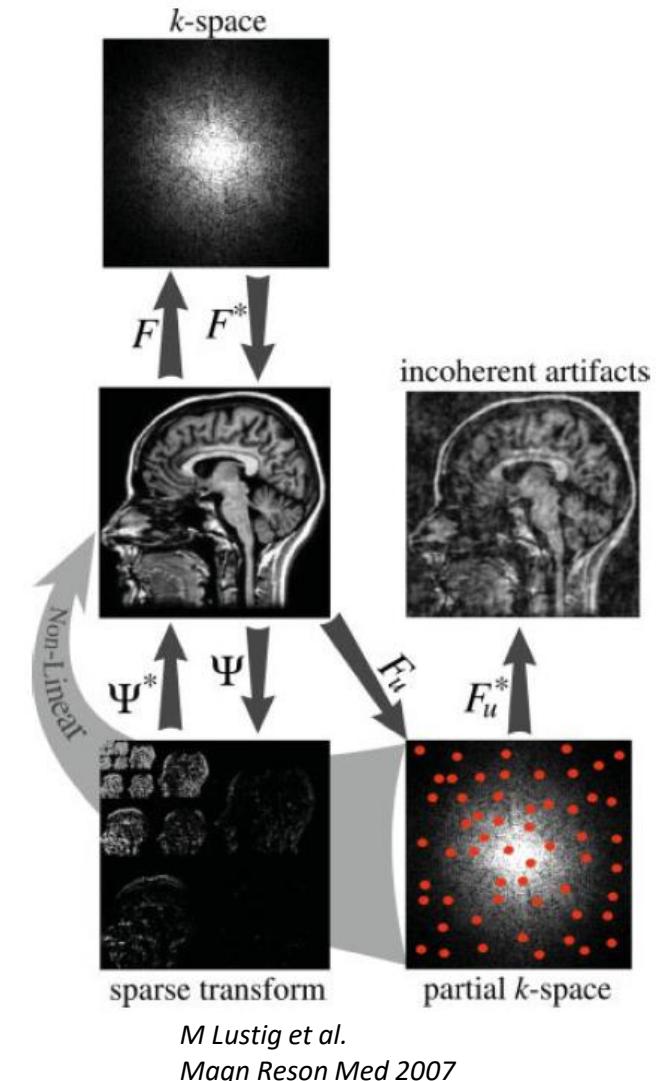
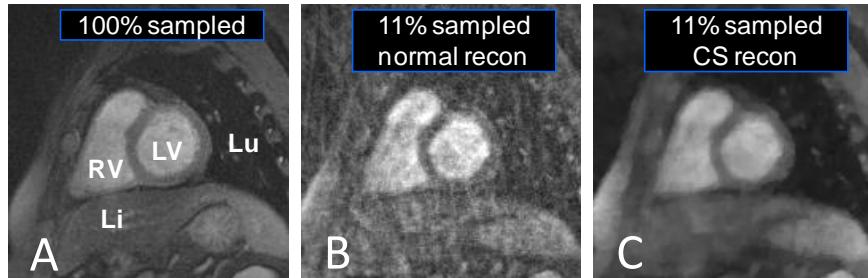
Accélération par imagerie parallèle

- Acquisition d'un encodage de phase sur deux réduit la taille de l'image par deux → repliement



Accélération par compressed sensing

- **Acquisition comprimée** - technique très récente (dans l'IRM clinique) d'acquisition et reconstruction
- Combinaison de sous-échantillonnage **aléatoire** (=acquisition plus rapide) et reconstruction **itérative**
- Permet 200-1600% d'accélération
- Risque: trop régularisé (« lissé »)

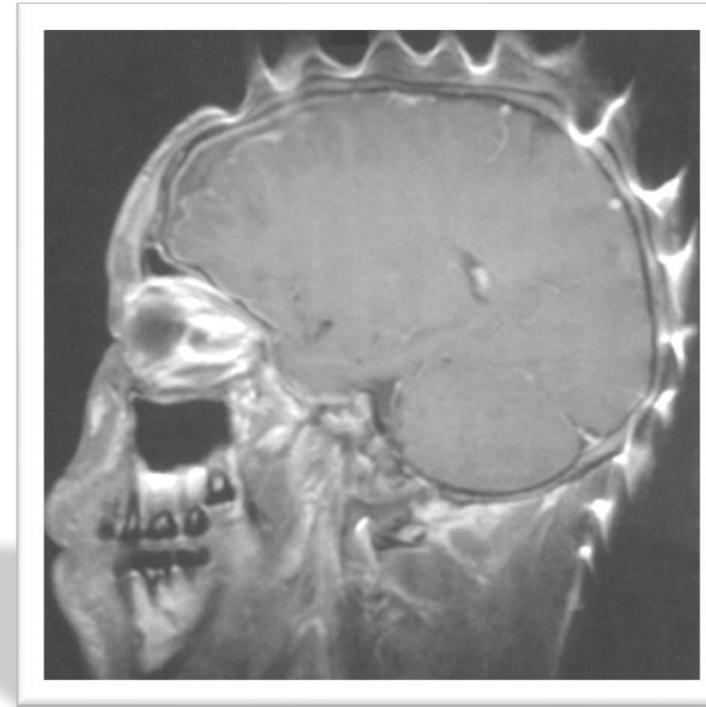


L'utilisation de l'IRM III/III

- Produits de contraste
- Accélération de l'acquisition
- **Artéfacts**
- Effets secondaires & dommages éventuels liés à l'IRM
- QCMs

Artefacts

- Perturbations de l'image d'origines diverses, se traduisant par l'apparition de fausses images.

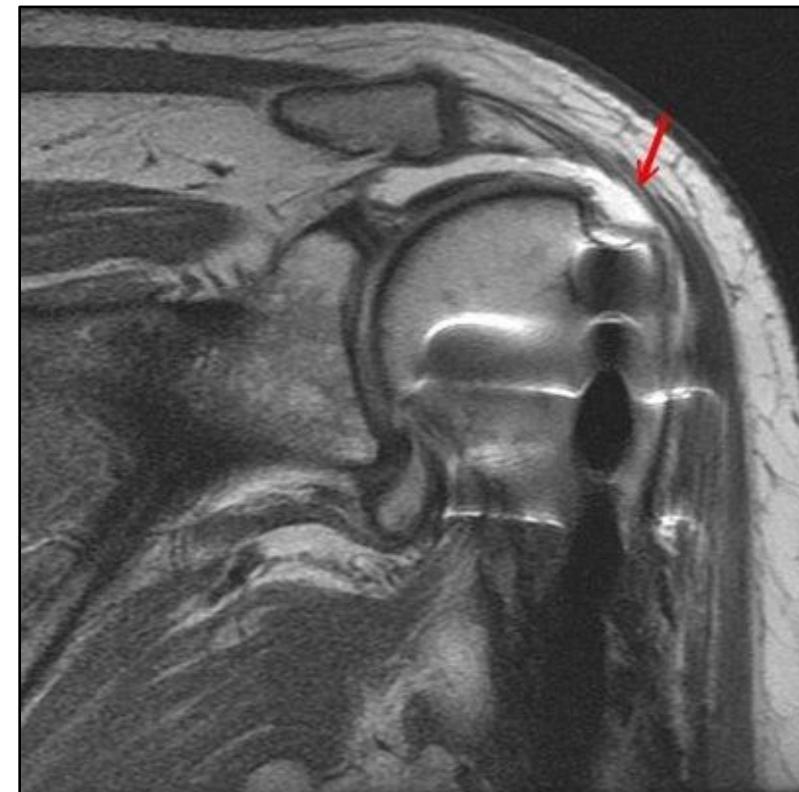


Artéfacts

- Ces artefacts peuvent **déformer** l'image anatomique réelle ou **simuler** un processus pathologique.
- La compréhension de leur origine permet d'**éviter des erreurs d'interprétation**, d'améliorer la qualité de l'image et d'optimiser le rendement clinique de la technique.

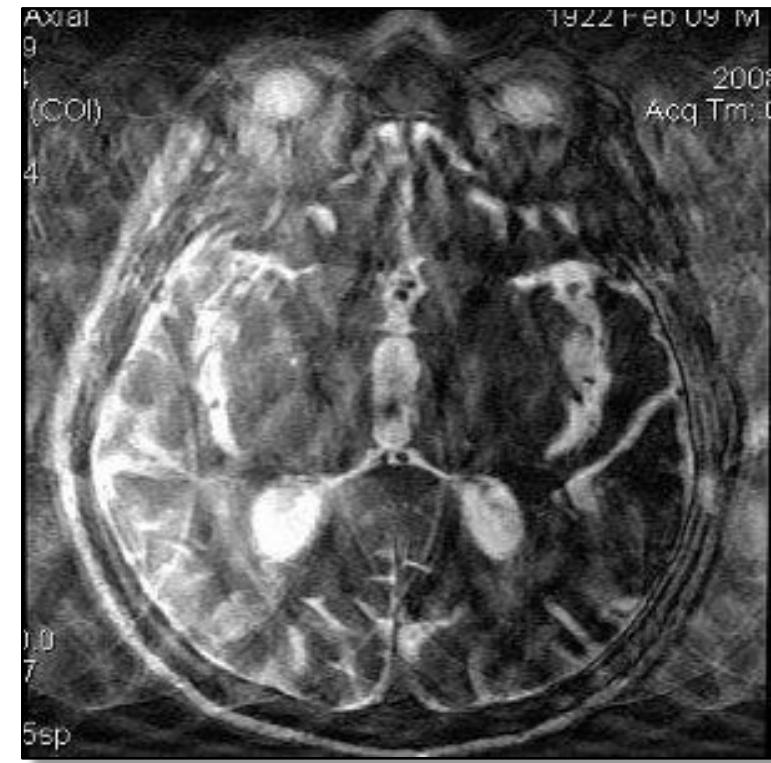
Artefacts métalliques

- Origine:
 - **Distorsion du champ B0** due à la présence de matériel ferro-magnétique (épingle à cheveux, plombages, fermeture-éclair, piercing, tatouage, ceinture, soutien-gorge...).
- Conséquence:
 - **Zone de vide** de signal avec renforcement en périphérie.
- Solutions:
 - Retirer tout matériel ferro-magnétique externe (si possible)
 - Utiliser des séquences en **écho de spin** et non en écho de gradient.



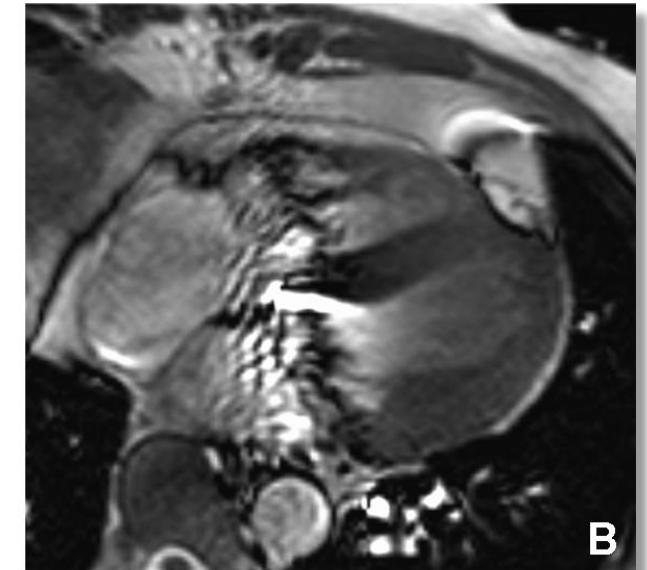
Artefacts de mouvements

- Origine:
 - **Mouvements de structures** pendant l'acquisition de l'image entraînant une erreur de codage spatial.
- Conséquence:
 - Flou et images fantômes le long du codage de phase.
- Solutions:
 - Sédation
 - Synchronisation cardiaque ou respiratoire
 - Séquences rapides
 - Augmenter le # d'excitation (Nex)
 - Gradient de compensation de flux
 - Présaturation
 - Changer l'orientation du codage de phase.

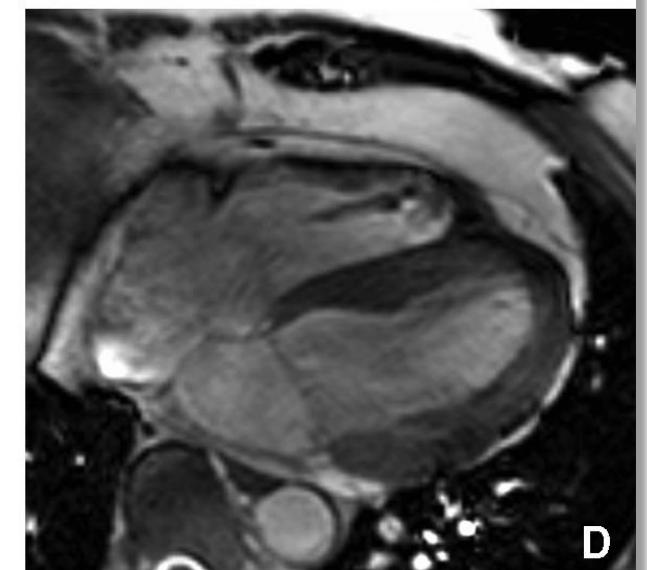


Artefacts liés aux phénomènes de flux

- Origine:
 - **Flux pulsatile** du sang engendre des artefacts divers dans la direction du codage de phase.
- Conséquence:
 - Images fantômes hypo- ou hyperintenses le long du codage de phase. Plus marqués sur les séquences d'écho de gradient.
- Solutions:
 - Synchronisation cardiaque
 - Gradients de compensation de flux
 - Minimiser le TE et le TR
 - Présaturation.



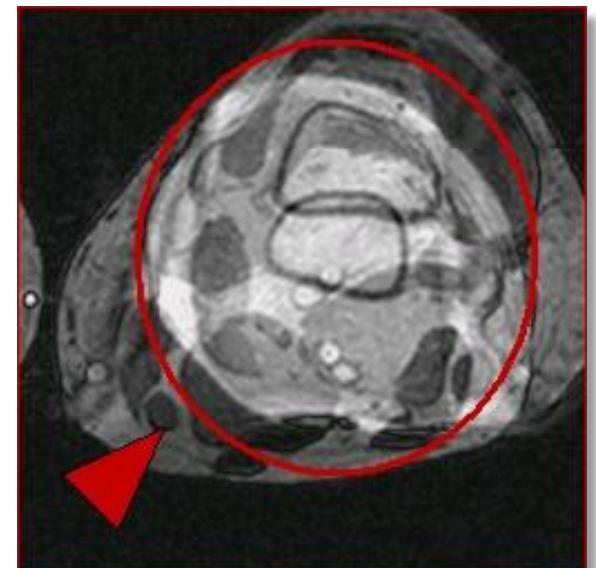
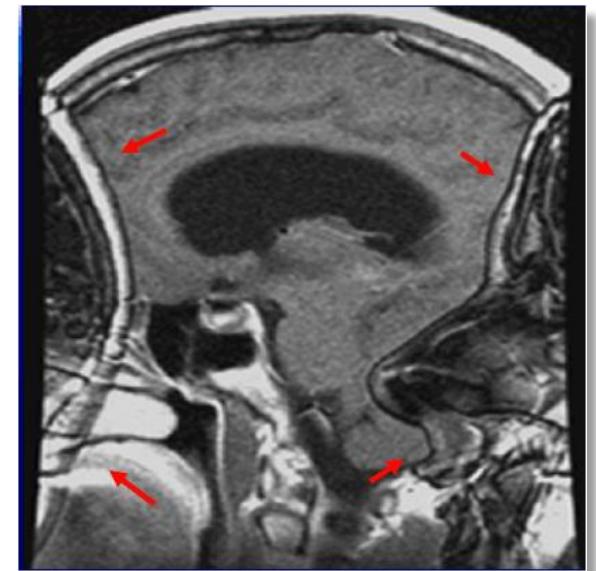
B



D

Artefacts d'aliasing

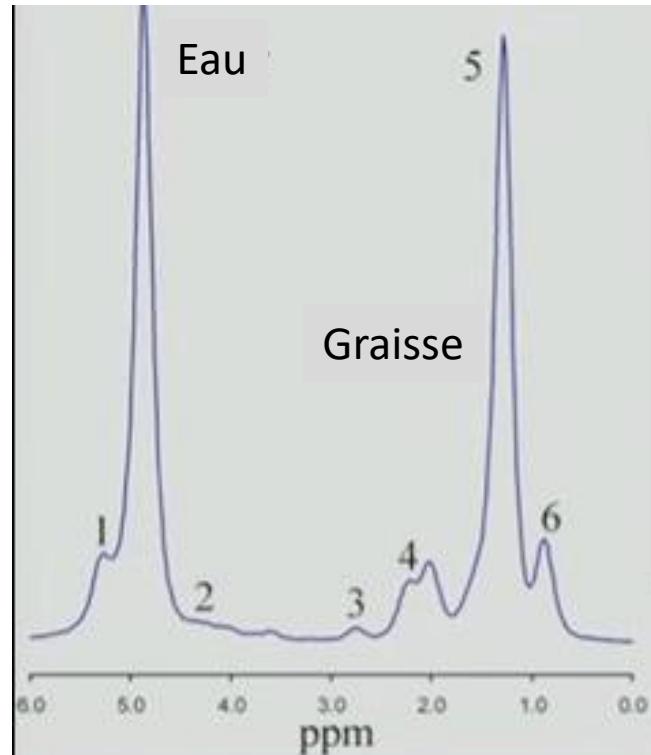
- Origine:
 - L'objet à examiner est plus grand que le champ de vue.
- Conséquence:
 - **Repliement** des structures hors champ; apparaît dans la direction de codage de phase. Peut simuler un processus pathologique.
- Solutions:
 - Bien orienter les axes de codage de phase et de fréquence pour couvrir tout l'objet
 - Technique antirepliement
 - Élargir le champ de vue
 - Sélection d'antenne de surface.



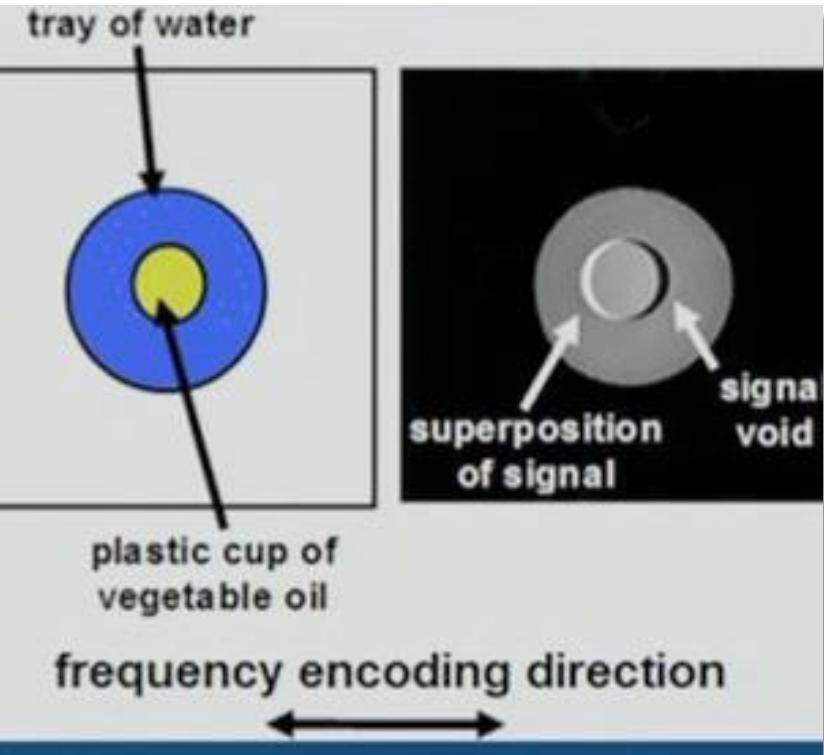
Artefacts de déplacement chimique

- Origine:
 - Différence de fréquence de résonance des protons de l'eau et de la graisse ($\omega_{0\text{graisse}} < \omega_{0\text{eau}}$).
- Conséquence:
 - Déplacement au niveau d'une interface graisse/eau des protons de la graisse et de l'eau le long du gradient de codage de fréquence.
- Solutions:
 - Séquences pour séparer la graisse et l'eau: FatSat, Dixon, STIR...
 - Augmenter le gradient de codage de fréquence (=augmenter la largeur de bande (Hz/pixel)).



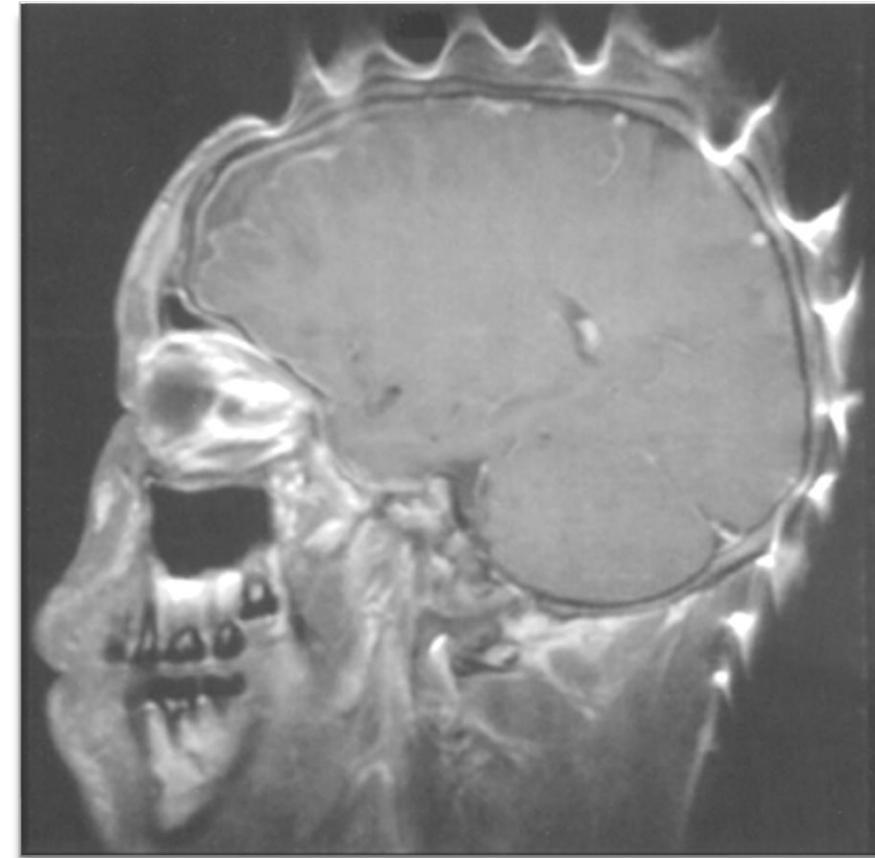


Peak	ppm	Assignment
1	5.3	-CH=CH- -C(=O)-O-CO-
Water	4.7	H ₂ O
2	4.2	-CH ₂ -O-CO-
3	2.75	-CH=CH-CH ₂ -CH=CH-
4	2.1	-CO-CH ₂ -CH ₂ - -CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -
5	1.3	-CO-CH ₂ -CH ₂ - -(CH ₂) _n
6	0.9	-(CH ₂) _n -CH ₃



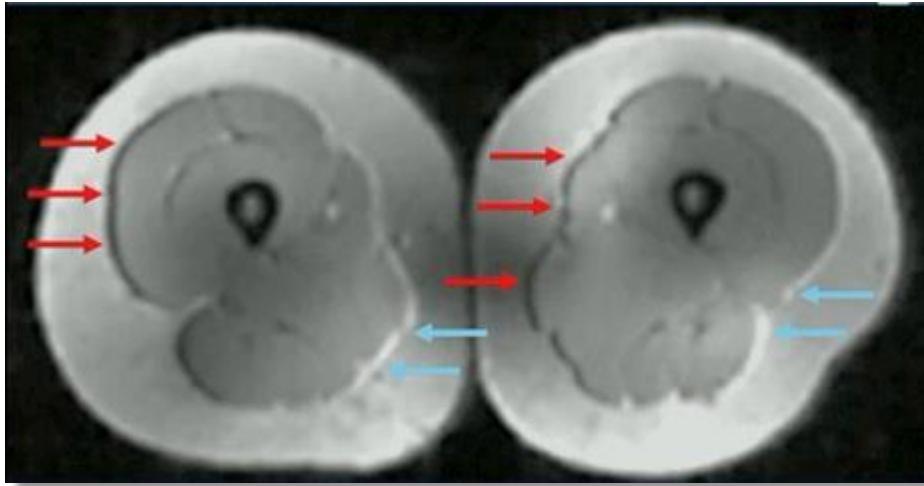
Artefacts de susceptibilité magnétique

- Origine:
 - Gradient de champ magnétique intrinsèque à l'interface de deux structures de susceptibilités magnétiques très différentes (ex. air/eau).
- Conséquence:
 - Zones élargies de signal hypo-intense (cavités aériennes du crâne, poumons...)
- Solutions:
 - Séquences écho de spin
 - TE court
 - Augmenter la résolution spatiale.

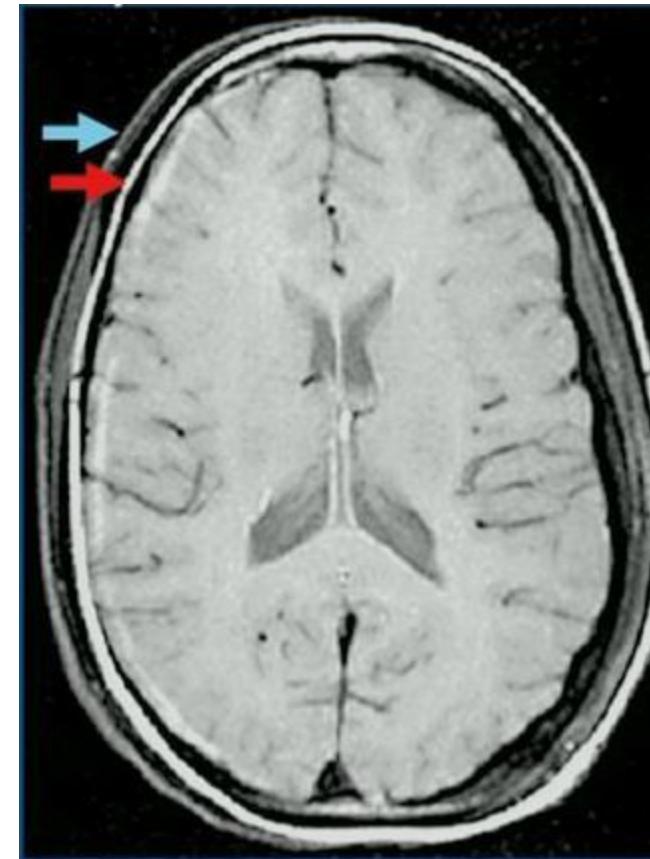


Qu'est-ce que c'est comme artefact?

Jambes

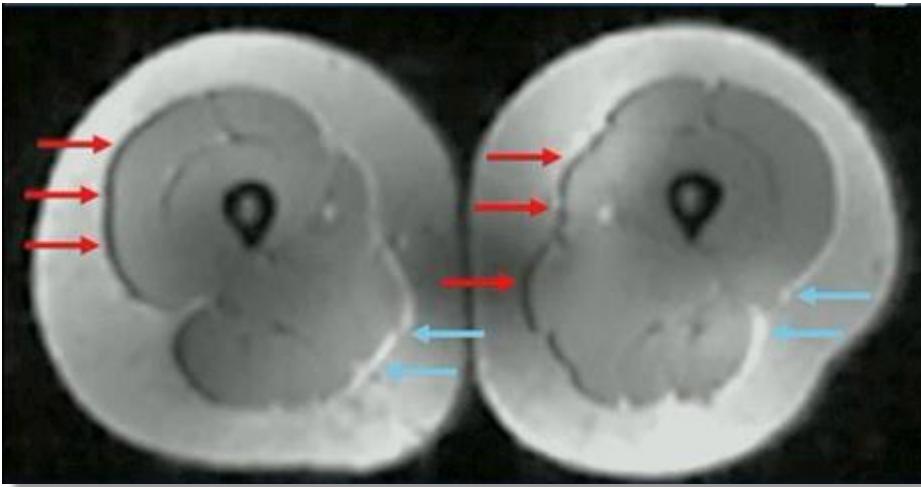


Cerveau

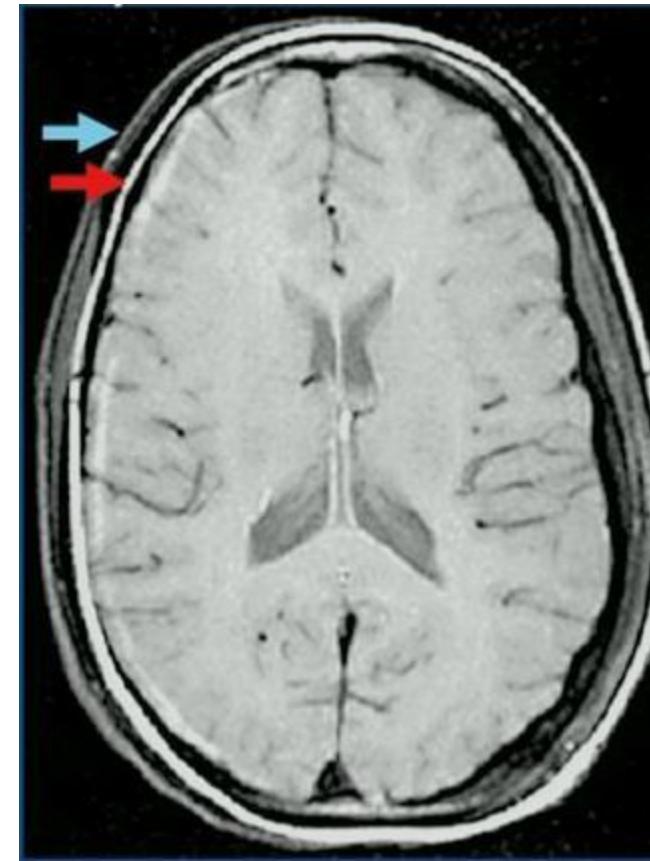


- Rép: déplacement chimique entre eau et graisse

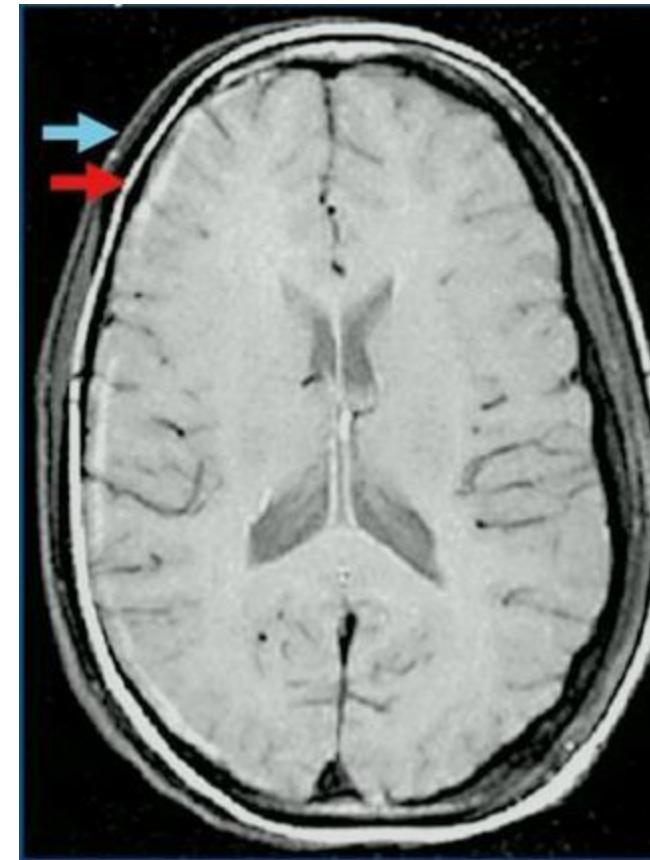
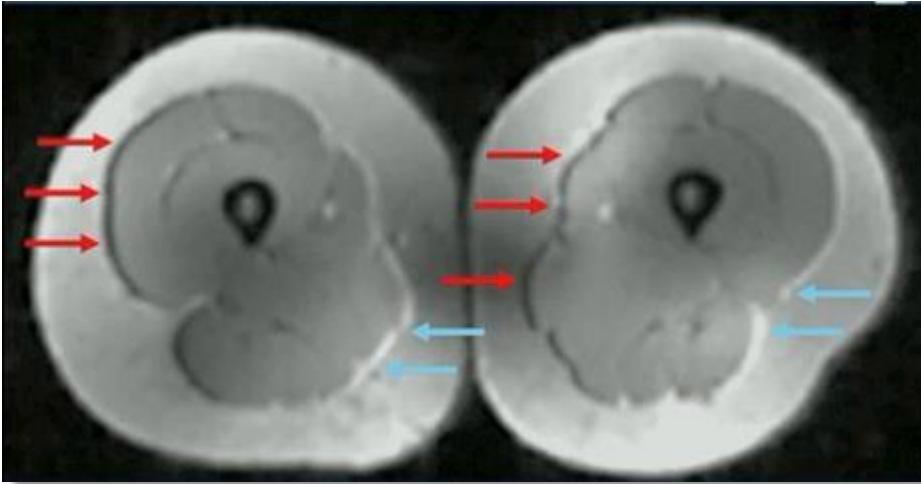
Qu'est-ce qui cause l'artefact?



- Rép: Différence en résonance (fréquence Larmor) entre l'eau et la graisse



Comment peut-on le minimiser?

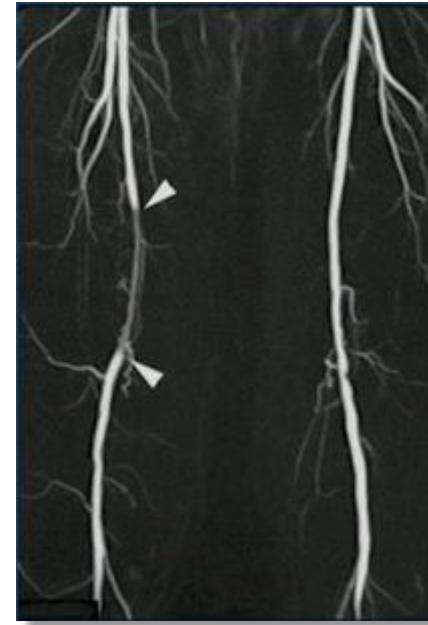


- Rép: augmenter la bande passante(Hz/pixel) ou saturer les graisses

Qu'est-ce que c'est comme artefact?

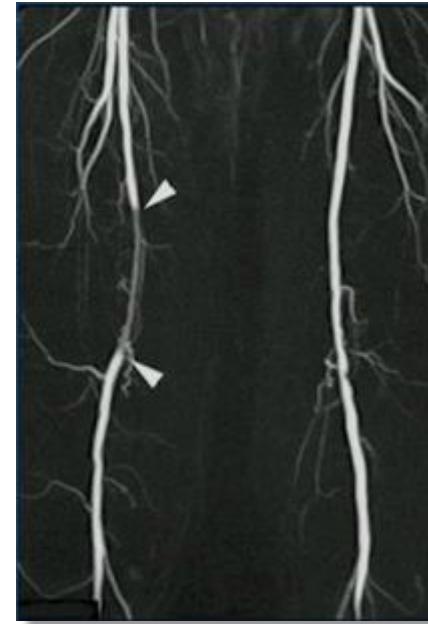
Jambes

- Rép: endoprothèse vasculaire (stent)



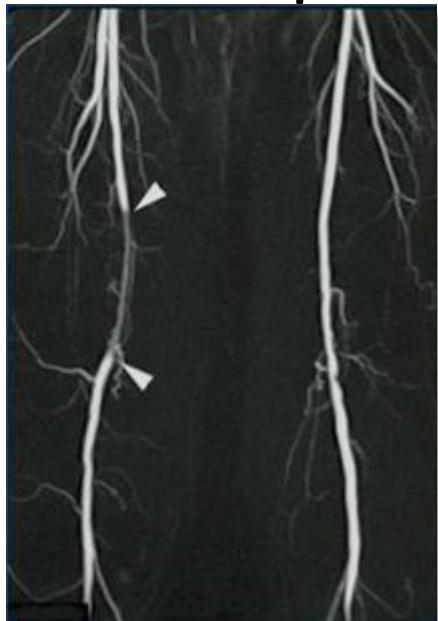
Qu'est-ce qui cause l'artefact?

- Rép: isolation de RF à cause du métal dans le stent



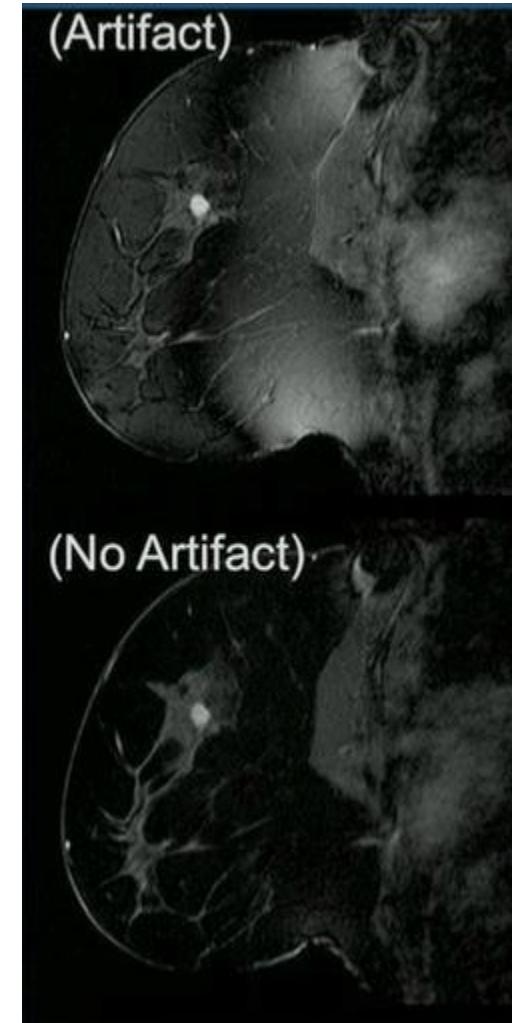
Complications de ce type d'artefact

1. Ressemble à une sténose (réduction de flux) → on doit savoir si les patients ont des sténoses
2. Ressemble à un artefact à cause d'un trop petit volume d'acquisition



Qu'est-ce que c'est comme artefact?

Sein



- Rép: mauvaise suppression de la graisse

Qu'est-ce qui cause l'artefact?

Sein

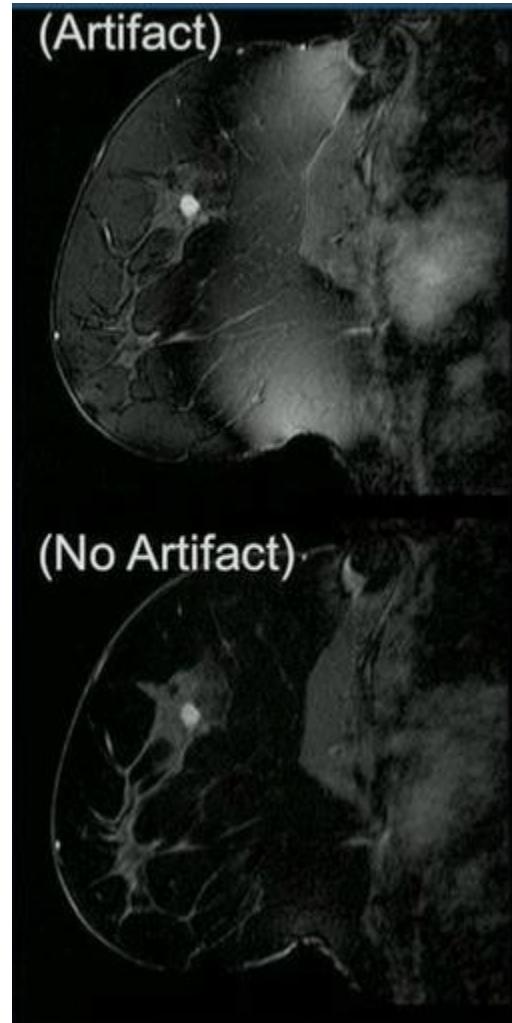


- Rép: inhomogénéité du champ magnétique (un mauvais 'shim')

Comment minimiser l'artefact?

Sein

- Réponses:
 - Shimming ciblé
 - Shimming d'ordre plus élevé
 - Peut-être que ce n'est pas possible



Qu'est-ce que c'est comme artefact?

- Rép: perte de signal et distorsion spatiale

Genou (artefact dans les deux images!)



Qu'est-ce qui cause l'artefact?

- Rép: variation spatiale de B0 à cause des vis en acier dans le genou

Genou (artefact dans les deux images!)



Comment minimiser l'artefact?

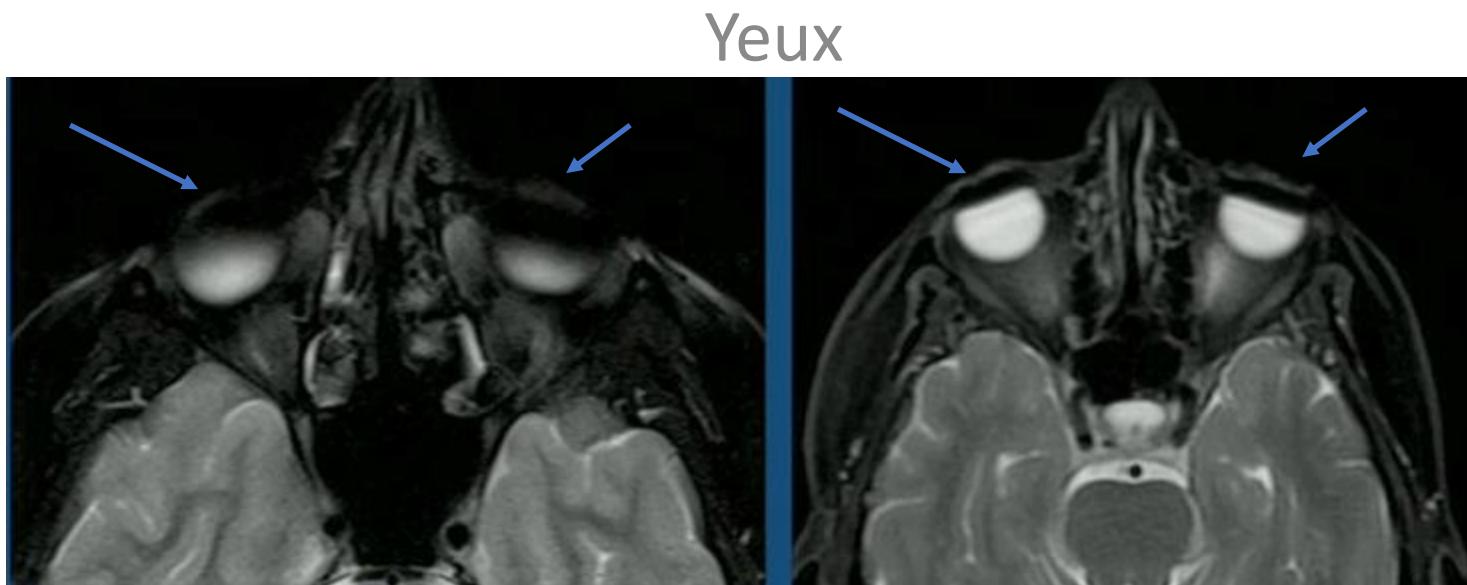
- Rép: TE plus court (réduire un peu) et changer l'angle de coupe

Genou (artefact dans les deux images!)



Qu'est-ce que c'est comme artefact?

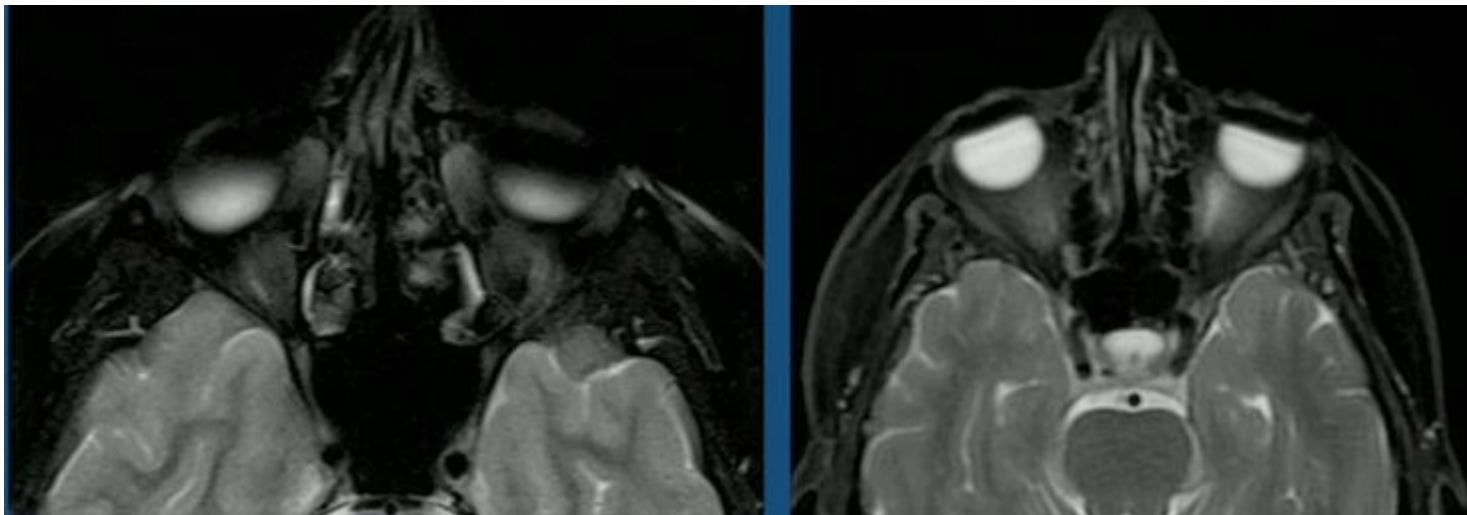
- Rép: inhomogénéité de B0



Qu'est-ce qui cause l'artefact?

- Rép: ombre à paupière cosmétique (peut contenir cyanure de fer, oxyde de fer, monoxyde d'étain, dioxyde de titane et/ou mica)

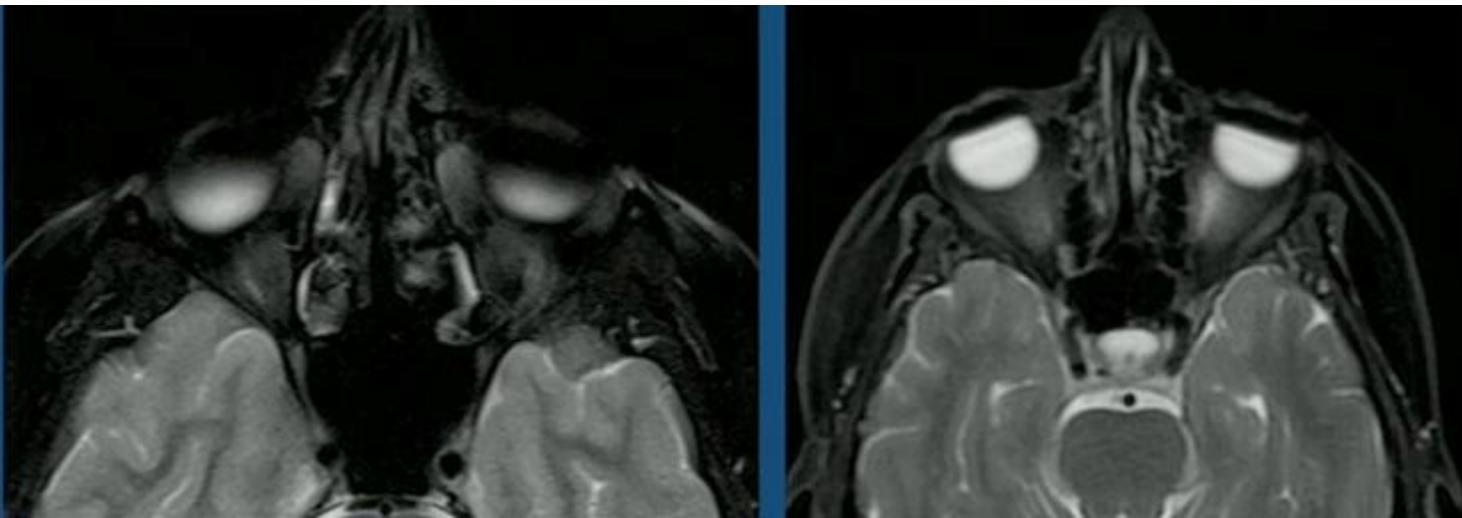
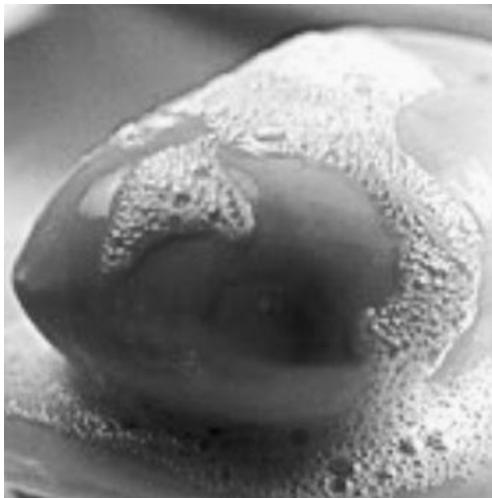
Yeux



Echo de spin

Echo de gradient

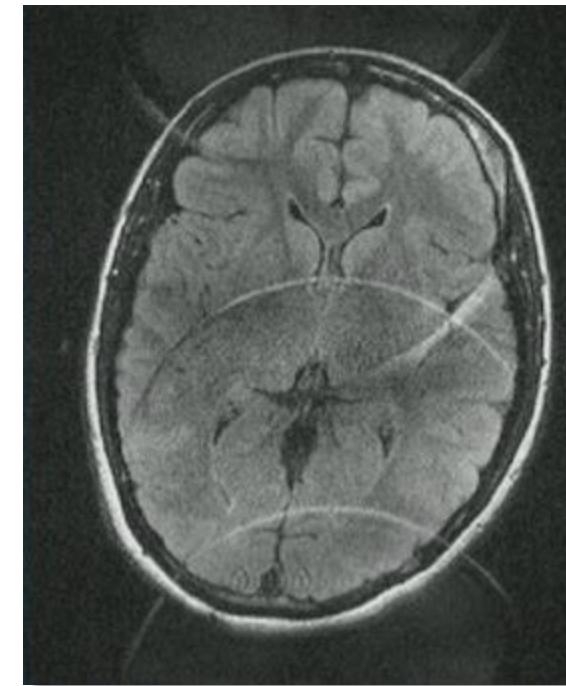
Comment minimiser l'artefact?



Qu'est-ce que c'est comme artefact?

- Rép: recouvrement résiduel ('aliasing')

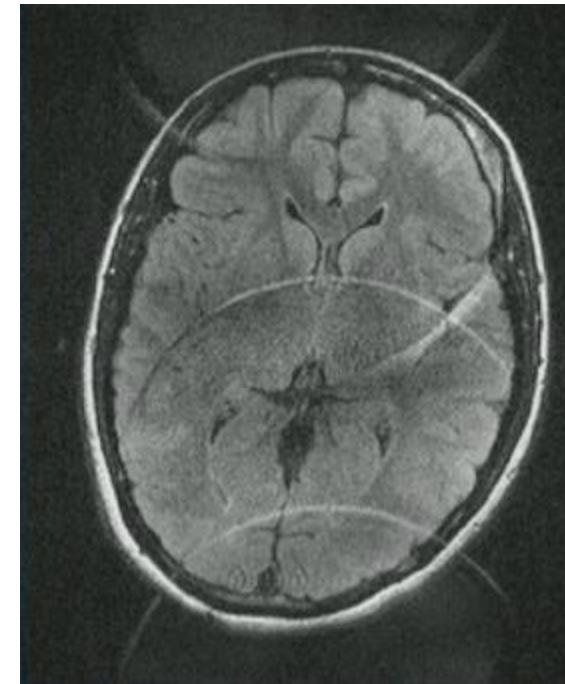
Cerveau



Qu'est-ce qui cause l'artefact?

- Rép: acquisition partielle de l'image ou échec d'imagerie parallèle

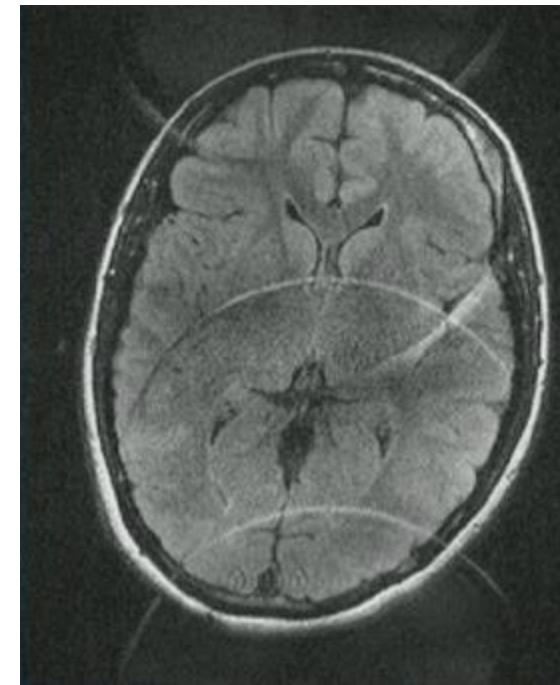
Cerveau



Comment diminuer l'artefact?

- Rép: acquérir le reste des données ou réduire l'accélération

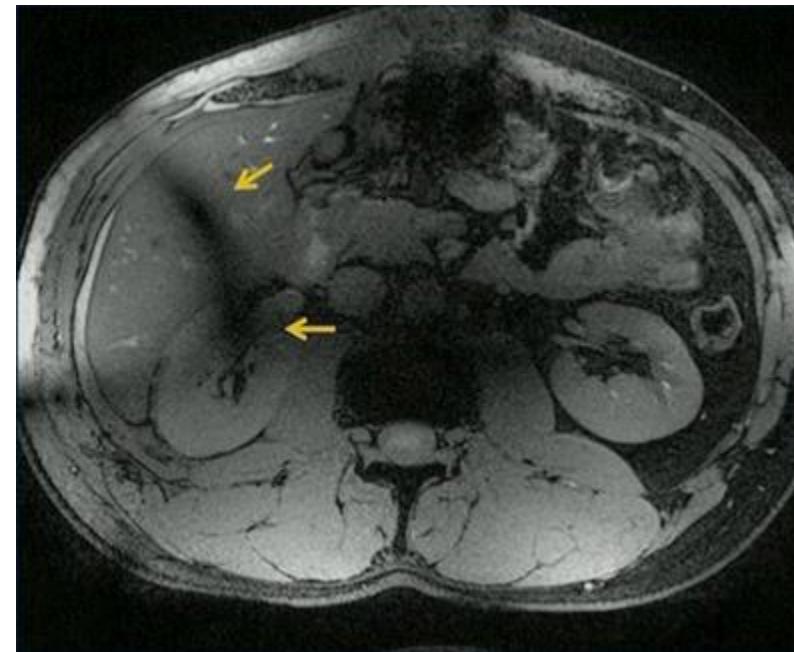
Cerveau



Qu'est-ce que c'est comme artefact?

- Rép: inhomogénéité de B1

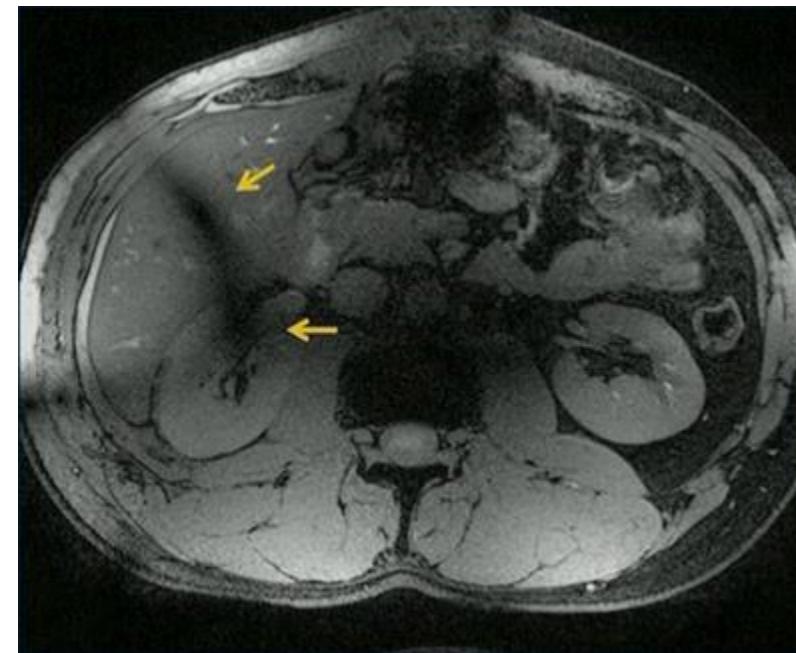
Abdomen



Qu'est-ce qui cause l'artefact?

- Rép: variation en angle de bascule

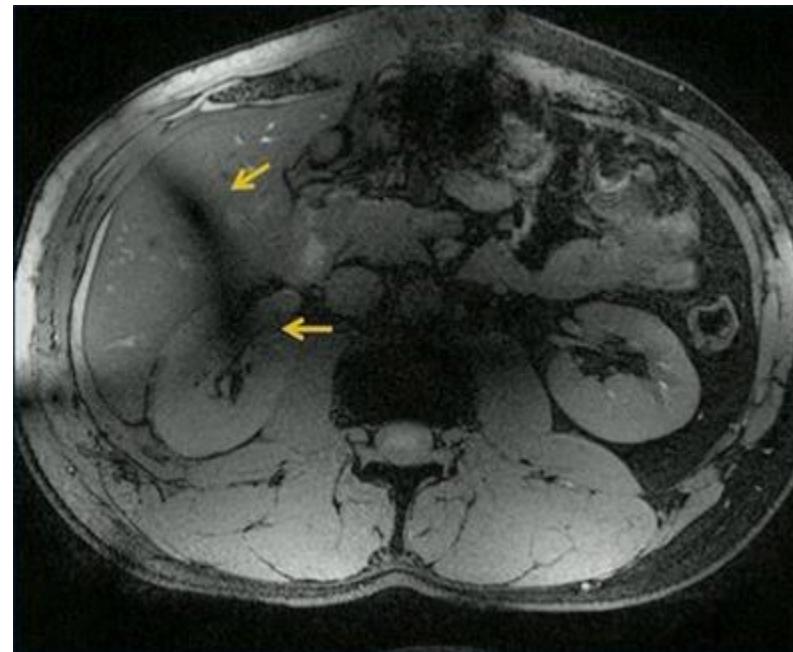
Abdomen



Comment corriger l'artefact?

- Rép: shimming et transmission parallèle

Abdomen



L'utilisation de l'IRM III/III

- Produits de contraste
- *Accélération de l'acquisition
- Artefacts
- **Effets secondaires & dommages éventuels liés à l'IRM**
- QCMs

Effets secondaires & dommages éventuels liés à l'IRM

- Liés à la présence du **champ magnétique**.
- Liés aux effets de l'**onde RF** (échauffement du tissu aux fréquences élevées). Plus sévère pour les appareils à haut champs. Limité à une élévation de 1°C.
- Liés aux effets des **changements des gradients rapides**. Stimulations nerveuses.
- Liés aux **produits de contraste**.
- **Vertige temporaire**.
- **Bruit** → protection des oreilles



Contre-indications



Les contre-indications au passage d'un examen IRM sont:

1. la **présence de métaux** susceptibles de se mobiliser dans le corps:
 - **clips vasculaires cérébraux** surtout chez les patients opérés d'un anévrisme cérébral.
 - **corps étranger métallique** ferro-magnétique intra-oculaire ou dont le mouvement exposerait le patient à des blessures. (Accident de chasse, accident de meulage...).
 - **valves cardiaques** non compatibles, ce qui est le cas de la valve Starr-Edwards pré 6000. La plupart des valves cardiaques sont compatibles avec l'examen IRM.
 - Les différentes prothèses (hanche, genou) **ne sont pas** des contre-indications. On respectera, malgré une compatibilité avérée, un délai après chirurgie, celui-ci se situant généralement **entre 3 et 6 semaines** après la pose du matériel. Ce délai correspond au temps nécessaire pour que les différents tissus de l'organisme adhèrent au matériel et le "stabilisent".

Contre-indications

2. Certains **dispositifs** biomédicaux:

- **stimulateur cardiaque** et défibrillateur cardiaque dont le fonctionnement peut être altéré par le champ magnétique et conduire à des troubles du rythme cardiaque potentiellement mortels.
- **pompe** à insuline
- **neuro-stimulateur**
- Dispositifs **transdermiques** (patches). Certains de ces dispositifs possèdent un mince halo métallique de protection dans leurs couches superficielles qui peut être cause de brûlures.

Contre-indications

3. L'état du patient:

- impossibilité de **rester allongé** (insuffisance cardiaque ou respiratoire avec orthopnée).
- impossibilité de **rester immobile** (patient pusillanime, enfants, troubles psychiatriques). Les examens d'imagerie peuvent le cas échéant être réalisés sous prémédication, voire sous anesthésie générale. Il convient alors d'utiliser uniquement le matériel d'anesthésie homologué pour entrer dans la salle d'IRM.
- la **claustrophobie**, qui peut faire l'objet des mesures citées précédemment.
- l'**allergie au gadolinium** ou insuffisance rénale sévère (uniquement en cas d'injection de produit de contraste).

Contre-indications

3. L'état du **patient** (suite):

- la **grossesse**, en dehors d'indication formelle. Il n'a jamais été démontré d'effet délétère des champs magnétiques sur le fœtus. Mais, par précaution, seules les indications mettant en jeu le pronostic vital ou fonctionnel de la mère sont validées. En cas d'injection de gadolinium : il y a un passage lent de la barrière placentaire (constaté uniquement sur spécimen murin).
- **allaitement** : en cas d'injection de gadolinium uniquement : excrétion faible dans le lait maternel (constaté uniquement sur spécimen murin), recommandation de traite et élimination du lait pendant 24 à 48 heures suivant l'injection.

Dispositifs conditionnels



Sur
Aucune interaction
avec l'IRM, toujours sur



Conditionnel
IRM possible dans situations
très spécifiques (organes,
champ magnétique,
séquences)



Non-compatible
inapproprié pour l'IRM,
soit jamais testé, soit
dangereux

Dommages



Dommages





Force (B0, champ statique)

Dommages



Brûlure (B1, ondes RF)



Nephrogenic Systemic Fibrosis (NSF, très rare)
(anciens produits de contraste)

L'utilisation de l'IRM III/III

- Produits de contraste
- *Accélération de l'acquisition
- Artefacts
- Effets secondaires & dommages éventuels liés à l'IRM
- **QCMs**

6) Laquelle des phrases suivantes est vraie?

- A. L'effet principal du gadolinium est d'allonger T1, augmentant donc le contraste en T1.
- B. En angio-IRM, on utilise des spins venant de l'extérieur de la coupe d'IRM.
- C. Les agents de contraste T1 sont habituellement des substances super-paramagnétiques ou ferromagnétiques.
- D. La formation des images «sang blanc» utilise une impulsion de 90° suivie par une impulsion de 180° pour former un écho.
- E. Les séquences de saturation des graisses sont utilisées strictement pour les patients en surpoids.

6) Laquelle des phrases suivantes est vraie?

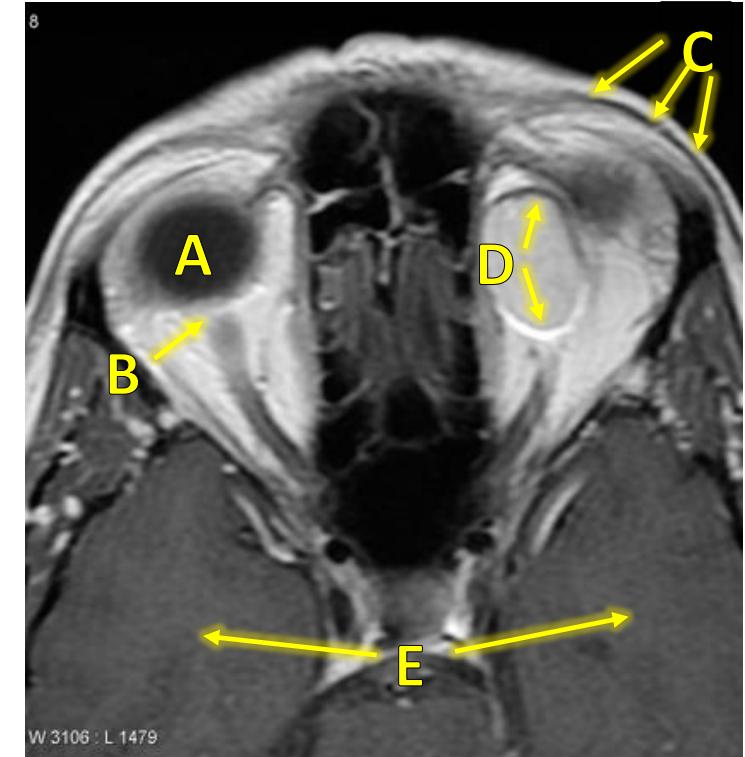
- A. L'effet principal du gadolinium est d'allonger T1, augmentant donc le contraste en T1.
- B. **En angio-IRM, on utilise des spins venant de l'extérieur de la coupe d'IRM.**
- C. Les agents de contraste T1 sont habituellement des substances super-paramagnétiques ou ferromagnétiques.
- D. La formation des images «sang blanc» utilise une impulsion de 90° suivie par une impulsion de 180° pour former un écho.
- E. Les séquences de saturation des graisses sont utilisées strictement pour les patients en surpoids.

6) Réponses Corrigées.

- A. L'effet principal du gadolinium est **de réduire** T1, augmentant donc le contraste en T1.
- B. En angio-IRM, on utilise des spins venant de l'extérieur de la coupe d'IRM.
- C. Les agents de contraste T1 sont habituellement des substances **paramagnétiques**. Les agents de contraste **T2** sont des substances **super-paramagnétiques ou ferromagnétiques**.
- D. La formation des images «sang **noir**» utilise une impulsion de 90° suivie par une impulsion de 180° pour former un écho.
- E. Les séquences de saturation des graisses sont utilisées pour **les patients de poids normal aussi**.

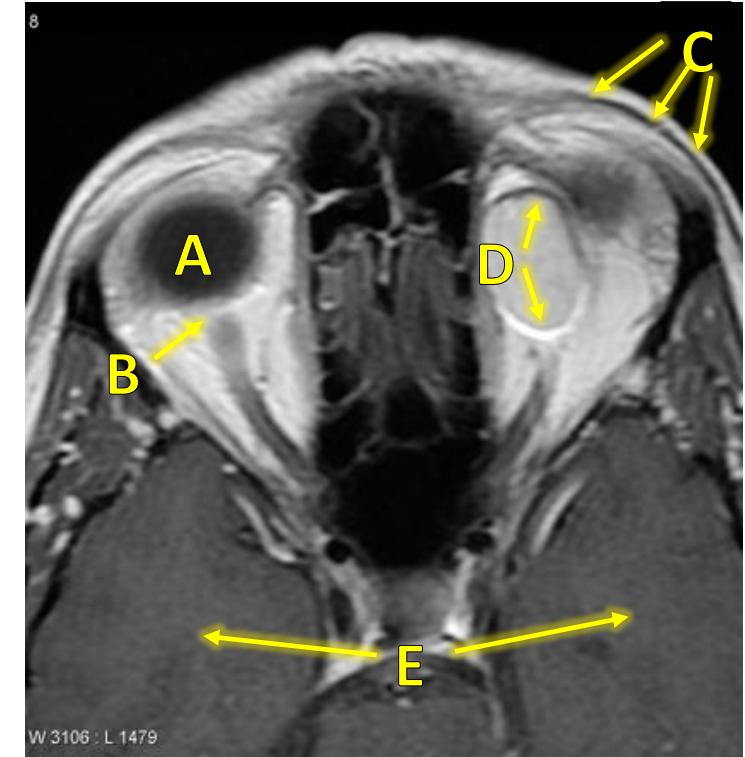
7) Laquelle des phrases suivantes est vraie?

- A. La présence d'un object ferro- magnétique (probablement un implant) cause une hypointensité dans l'endroit marqué A).
- B. La disparition de la connexion au point marqué par B) est causé par un artefact de flux.
- C. La ligne indiquée par C) est due à un artefact de mouvement.
- D. Les régions indiquées par D) sont dues à un déplacement chimique.
- E. La similarité des deux grandes régions grises, indiquées par E), est due à un artefact d'aliasing.



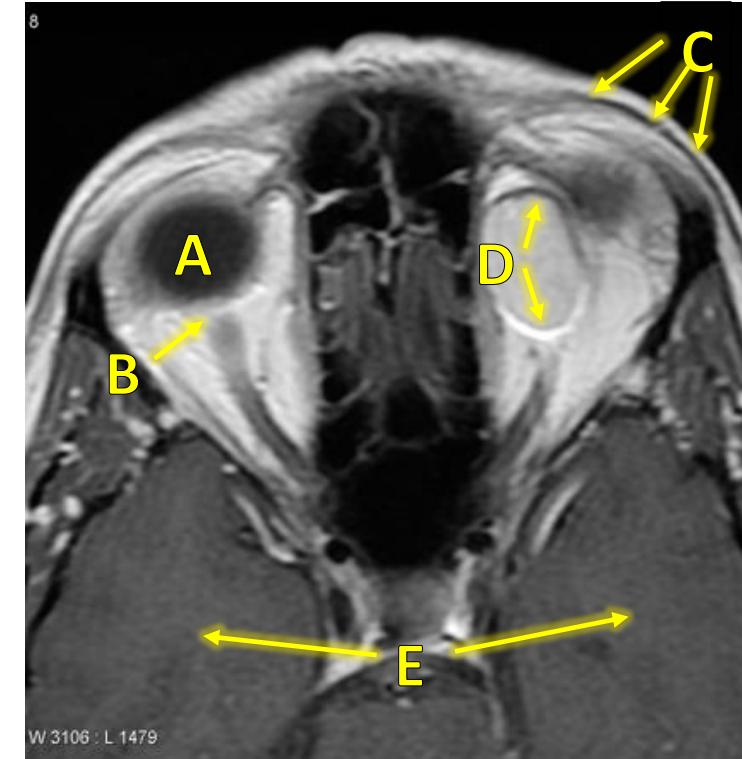
7) Laquelle des phrases suivantes est vraie?

- A. La présence d'un object ferro- magnétique (probablement un implant) cause une hypointensité dans l'endroit marqué A).
- B. La disparition de la connexion au point marqué par B) est causé par un artefact de flux.
- C. La ligne indiquée par C) est due à un artefact de mouvement.
- D. **Les régions indiquées par D) sont dues à un déplacement chimique.**
- E. La similarité des deux grandes régions grises, indiquées par E), est due à un artefact d'aliasing.



7) Laquelle des phrases suivantes est vraie?

- A. A) est le globe oculaire. Il est hypo-intense parce qu'une concentration d'eau élevée crée un T1 long.
- B. B) est le nerf optique. Il disparaît dans une coupe adjacente.
- C. C) est le crâne. Il est noir parce que l'os a très peu de signal utilisable
- D. Les régions indiquées par D) sont dues à un déplacement chimique.
- E. E) est le cerveau. Il n'y a pas d'aliasing dans cette image.



8) Laquelle des phrases suivantes est vraie?

- A. La plupart des valves cardiaques sont compatibles avec l'examen IRM.
- B. L'énergie RF nécessaire pour exciter un spin est plus faible à haut champ, donc l'échauffement du tissu est réduit.
- C. Il n'a jamais été démontré qu'il y a une excrétion faible de gadolinium dans le lait maternel, mais, par précaution, seules les indications mettant en jeu le pronostic vital ou fonctionnel de la mère sont validées.
- D. La plupart des clips vasculaires cérébraux (par ex: chez les patients opérés d'un anévrisme cérébral) sont compatibles avec l'examen IRM.
- E. Malgré une compatibilité avérée, il faut attendre entre 3 et 6 mois après la chirurgie avant de faire passer un examen IRM à un patient avec une prothèse (par ex: hanche, genou).

8) Laquelle des phrases suivantes est vraie?

- A. **La plupart des valves cardiaques sont compatibles avec l'examen IRM.**
- B. L'énergie RF nécessaire pour exciter un spin est plus faible à haut champ, donc l'échauffement du tissu est réduit.
- C. Il n'a jamais été démontré qu'il y a une excrétion faible de gadolinium dans le lait maternel, mais, par précaution, seules les indications mettant en jeu le pronostic vital ou fonctionnel de la mère sont validées.
- D. La plupart des clips vasculaires cérébraux (par ex: chez les patients opérés d'un anévrisme cérébral) sont compatibles avec l'examen IRM.
- E. Malgré une compatibilité avérée, il faut attendre entre 3 et 6 mois après la chirurgie avant de faire passer un examen IRM à un patient avec une prothèse (par ex: hanche, genou).

8) Réponses Corrigées.

- A. La plupart des valves cardiaques sont compatibles avec l'examen IRM. **Il y a certainement des exceptions (par ex: Starr-Edwards, pré-6000).**
- B. L'énergie RF nécessaire pour exciter un spin est plus **élevée** à haut champ, donc l'échauffement du tissu est **augmenté**.
- C. Il n'a jamais été démontré **d'effet délétère des champs magnétiques sur le fœtus, mais il y a une excrétion faible de gadolinium dans le lait maternel et à travers la barrière placentaire (constaté uniquement sur spécimen murin).**
- D. La plupart des clips vasculaires cérébraux **surtout** chez les patients opérés d'un anévrisme cérébral **ne sont pas compatibles avec l'examen IRM.**
- E. Malgré une compatibilité avérée, il faut attendre entre 3 et 6 **semaines** après la chirurgie avant de faire passer un examen IRM à un patient avec une prothèse (par ex: hanche, genou).