

Correction ON

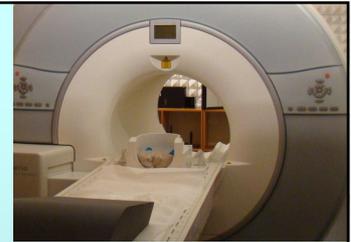
Correction OFF

Images IRM d'objets en mouvement

Applications à l'imagerie cérébrale morphologique et fonctionnelle

D.Gounot, Biophysique, Faculté de Médecine de Strasbourg
L.Hebrard, InESS, Strasbourg

Un appareil d'IRM n'image en fait ... que lui-même, c.à.d son espace intérieur.



- Les gradients permettent de parcourir cet espace (en fait son espace fréquentiel spatial).
- S'il s'y trouve un objet, et que cet objet est fixe par rapport aux gradients, il sera imagé correctement.
- Si l'objet bouge durant l'acquisition de l'image, l'espace fréquentiel de l'objet est mal échantillonné → artefacts de mouvement.

- **Les artefacts de mouvement sont la cause la plus commune d'artefacts en IRM.**
- De multiples stratégies ont été développées pour les combattre, mais elles conduisent à une augmentation de la durée du scan sans éviter une dégradation partielle des images.
- L'augmentation de résolution des images d'IRM (submillimétrique) augmente encore la vulnérabilité de l'IRM face aux mouvements.

Méthodes de correction :

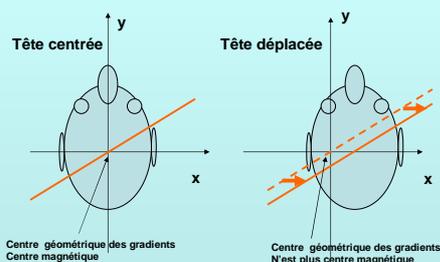
Rétrospectives :

Consiste à analyser à posteriori le signal IRM pour replacer les signaux dans le référentiel de l'organe. Ne permet qu'une atténuation des artefacts.

Prospectives :

Correction on-line des gradients, de l'excitation et de la réception RF, pour aligner en permanence l'acquisition sur l'organe.

Correction prospective : un exemple simple



Une révolution copernicienne

- Faire en sorte que l'appareil d'IRM s'adapte au sujet vivant qu'il doit imager :
 - il doit parcourir l'espace fréquentiel du sujet et non le sien propre.

Considérations généralisables à d'autres appareils d'imagerie médicale, dès que le temps d'acquisition n'est pas négligeable devant les durées de mouvements

- Permet l'étude du patient en conditions plus naturelles.
 - un point essentiel pour l'étude des fonctions cérébrales.

Système de tracking : système permettant de suivre un objet en déplacement dans l'IRM.

Tracking interne à l'IRM :

écho-navigateur (1D,2D,3D)

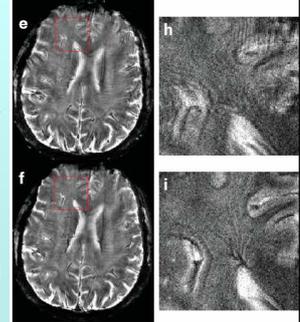
Acquisitions IRM supplémentaires à l'imagerie, pour localiser l'organe à scanner.

Tracking externe à l'IRM :

Système non IRM supplémentaire, utilisant des capteurs optiques, ultrasonores, radiofréquences, RMN, à effet Hall,...

Corriger complètement l'imagerie

- Il faut corriger complètement :
 - Pour l'imagerie IRM morphologique.
 - Pour les « petits » artefacts qui apparaissent en IRM fonctionnelle (EPI) et détruisent le signal fonctionnel.
- Cette correction implique :
 - Une correction prospective
 - L'utilisation d'un tracking externe, pour assurer une haute cadence de mesure et de correction, à chaque acquisition de signal RMN (période de tracking < TR/n).



Lei Quin & all MRM, 12 jun 2009

Buts du projet

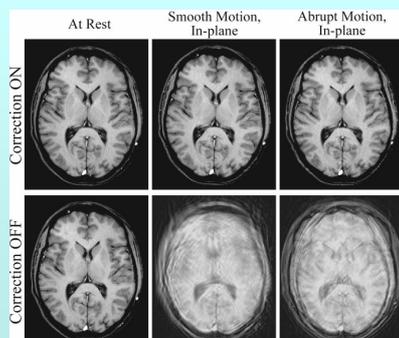
- Réaliser un système de tracking par capteur à effet Hall et le connecter fonctionnellement sur une IRM.
- Développer une imagerie IRM cérébrale autorisant les (grands) mouvements en IRM.
 - Réduire/Abolir les artefacts de mouvement.
 - Permettre l'imagerie morphologique du crâne à haute résolution.
 - Augmenter la sensibilité de l'IRM fonctionnelle cérébrale.
 - Libérer les expériences d'IRM fonctionnelle de contraintes d'environnement sévères et non naturelles.

Performances du tracking externe

- Fonctionnement en parallèle avec l'IRM.
- Précision sub-millimétrique de la localisation et reproductibilité.
- Donc :
 - Compatibles avec le champ magnétique
 - Compatible avec les commutations de gradient
 - Compatible avec la RF
 - Compatible avec les sondes (notamment l'exiguïté des sondes crâne multi-canaux)



Résultats attendus



Magn Reson Med. 2009 Jun 1;62(4)
Prospective real-time correction for arbitrary head motion using active markers. Ooi MB & al.

**Capteurs à effet HALL :
Mesure du champ magnétique
des gradients**

Capteurs à effet Hall (INESS)

- Capteurs semi-conducteurs développés à l'INESS (L. Hébrard et C. Blondet, Campus Cronenbourg)
- Projet XYZ-IRM (ANR) IRCAD
- Chaîne de traitement du signal, codage et sorties optiques intégrées.

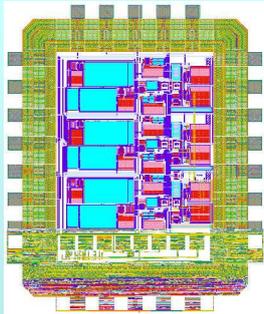
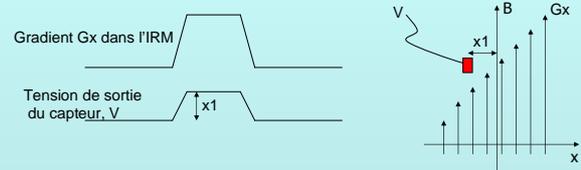


Fig.2 : Layout of the prototype

Principes de localisation utilisant les gradients de l'IRM

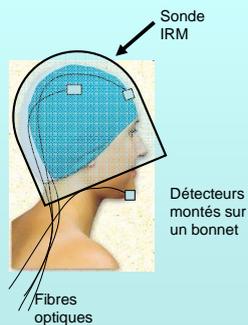
- Impulsions de localisation des capteurs



- Commutations sur les 3 gradients : x, y, z

Réseau de capteurs à effet Hall

- Réseau de détecteurs à effet Hall à l'intérieur de la sonde.
- Mesure du champ des gradients (position)
- Mesure du champ statique (orientation)



Sensibilité de la mesure de position

- Signal d'un senseur
- Sensibilité max. du capteur : $\sim 10 \mu\text{T}$
- Utilisant un gradient de 30 mT/m : $\sim 0.3 \text{ mm}$

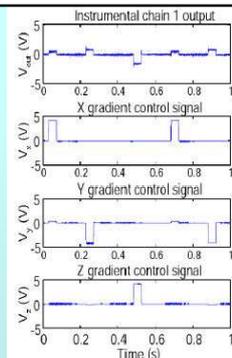


Fig.4 : Gradients measurement carried out along one dimension with one instrumental chain
The instrumental chain gives three different amplitudes for the three gradients. These amplitudes are proportional to the coordinate of the chip along the three orthogonal axes within the MRI tunnel.

Avantages des capteurs à effet Hall :

- Petits capteurs, faciles à insérer dans une sonde crâne, sortie fibre optique.
- Pas d'interférences avec le système IRM : simultanéité du tracking avec l'imagerie.
- Synchronisation des mesures sur l'IRM.
- Cadence de mesure très rapide.
- Repérage de position direct sur les gradients.

Conclusions

- Développement d'un système de tracking spécifique à l'IRM, permettant une cadence de mesure élevée et la correction de mouvements rapides.
- Assemblage des capteurs en réseau non limité, permettant la mesure de un ou plusieurs objets en mouvement (par exemple dans une articulation)
- Ou la mesure de déformation d'une surface corporelle externe.