



## COMPARAISON DES MESURES DE DEBIT HEPATIQUE PAR IRM ET DOPPLER

*T. Yzet, R. Bouzerar, F. Demuyne, JD. Allart, C. Sabbagh, M-E Meyer, O. Balédent*

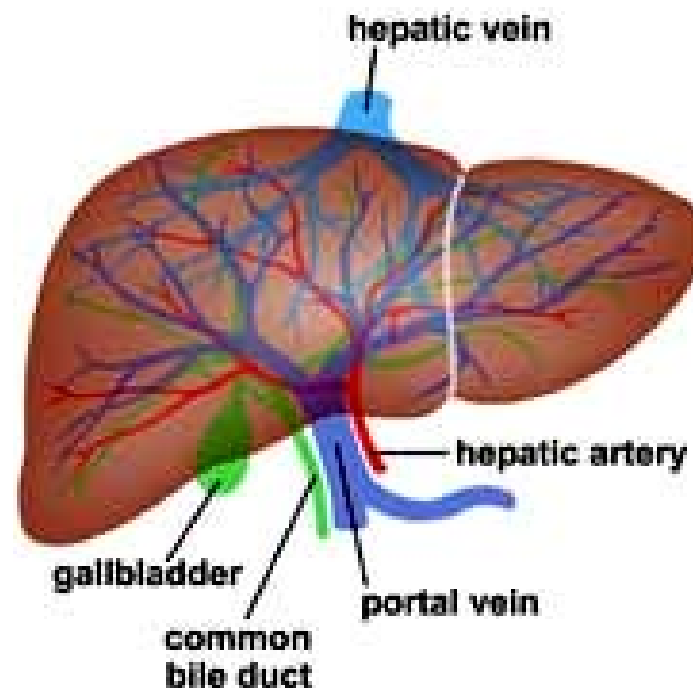
Service de Radiologie  
Service de Biophysique et Traitement de l'image  
CHU Nord Amiens

# FLUX HEPATIQUES : Généralités

- **Anatomie:** Le foie est vascularisé par l'intermédiaire d'une double vascularisation dépendant de l'artère hépatique et de la veine porte

- **Débit:**

- Le foie normal reçoit **25% du flux cardiaque total**. Le débit sanguin hépatique total mesuré par la clairance plasmatique du vert d'indocyanine est d'environ **1 860 ml/min** chez l'adulte jeune et **1 550 ml/min** chez la femme.
- Le **flux hépatique artériel** normal est de **30 ml/100 g** de foie (approximativement 25 % du flux hépatique total) et le flux portal correspond à 75% du flux hépatique (90 ml/min/100g de foie)



- **Modification du flux hépatique et pathologie « courante »:**

- La **cirrhose** entraîne d'importantes modifications hémodynamiques: diminution du débit splanchnique, de l'index de résistance hépatique et une augmentation de la pression portale. L'hyperpression portale, secondaire à l'augmentation de la résistance dans les sinusoides, induit le développement de voies de dérivation veineuses et par conséquent une diminution du flux portal . Cette diminution du flux est partiellement compensée par l'augmentation du flux artériel du fait d'une auto régulation (phénomène « tampon ») . Ces modifications hémodynamiques dépendent de la sévérité de la cirrhose.
- La présence de **micro métastases** non détectables par les examens morphologiques entraîne des modifications hémodynamiques hépatiques liées à l'angiogénèse tumorale. Ces modifications hémodynamiques apparaissent expérimentalement pour des lésions multiples de 0,5 mm.

# FLUX HEPATIQUES: méthodes d'exploration non invasives

- **Rinçage des gaz inertes** : utilise les gaz inertes comme le Krypton et le Xénon.
- **Pharmacocinétique orale intraveineuse** : basé sur le principe de la clairance hépatique
- **Echo-Doppler** : la méthode de l'écho-Doppler fournit des informations sur les mouvements des globules rouges. Elle mesure la direction et la vitesse du sang. En utilisant l'écho-Doppler en mode B pour mesurer la surface de coupe d'un vaisseau sanguin, le débit peut être calculé par le produit vitesse x surface. Les mesures de la veine porte seule ne sont pas très fiables, puisqu'il existe de grosses variations du débit et du diamètre dans des conditions physiologiques .
- **L'IRM** : peut être utilisée pour estimer le flux portal par imagerie en temps de vol avec injection en bolus d'un traceur.
- **IRM en Contraste de Phase (IRM de flux)** :
  - Utilise la sensibilité intrinsèque de l'IRM aux déplacements des tissus
  - L'IRM de flux mesure la phase du vecteur en plus de l'amplitude du vecteur d'aimantation de l'IRM conventionnelle
  - Elle permet donc le calcul des vitesses de déplacement des liquides biologiques
  - En synchronisation avec le rythme cardiaque, le calcul des débits est possible grâce à plusieurs mesures à des instants différents du cycle et par mesure des surfaces des vaisseaux

**La mise en place des deux premières techniques en routine clinique s'avère difficile et seule l'écho-doppler, malgré ses insuffisances, est utilisée.**



# MATERIEL ET METHODES

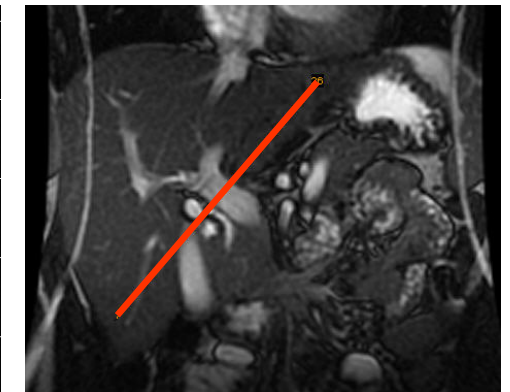
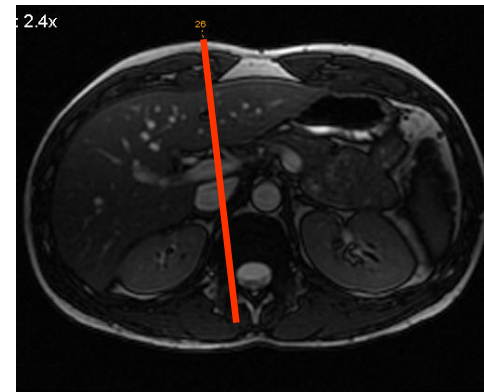
- **8 volontaires** sains (extraits d'une population témoin ayant bénéficié d'une exploration de l'artère hépatique et du tronc porte par IRM et Doppler), âgés de 25 ans à 28 ans, en décubitus dorsal ont bénéficié d'une évaluation du flux hépatique par:
  - Deux explorations par IRM de flux à un an d'intervalle (2007-2008)
  - Trois évaluations Doppler:
    - une en 2007 par un opérateur (A)
    - à un an (2008) par deux opérateurs (A et B) en aveugle (même jour)
- **IRM de flux** hépatique réalisée *après 6 heures de jeûn et 15 minutes de repos*
  - \* IRM 3T GE Medical Systems, (Milwaukee, Wis.)
  - \* Séquences réalisées en synchronisation cardiaque et respiratoire
  - \* Antenne de surface en réseau phasé
- **Échographie Doppler** réalisée dans les mêmes conditions  
(*Philips HDI 5000, Eindhoven, Pays Bas, Date de mise en service : 2004*)

# IRM des flux hépatique: Plans de coupe

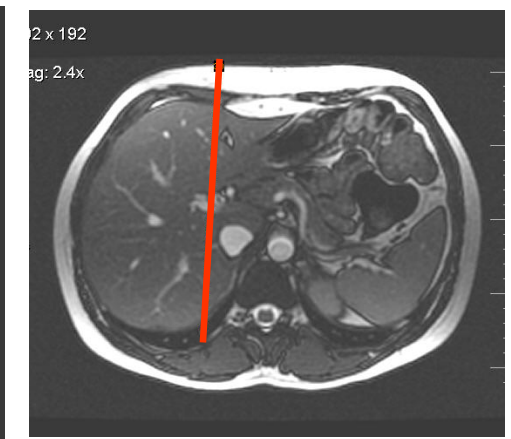
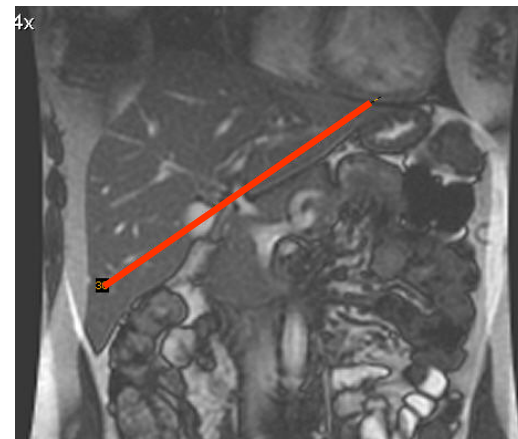
## Repérage:

- Séquence en écho de gradient à l'équilibre de type FIESTA dans les plans axial et coronal, en apnée permettant le repérage des structures vasculaires (temps d'acquisition inférieur à 20 secondes).

- Les plans de coupe des séquences vasculaires ont été positionnés dans le plan perpendiculaire aux vaisseaux repérés (artère hépatique propre et veine porte).



**Coupe de repérage (FIESTA):  
tronc porte**



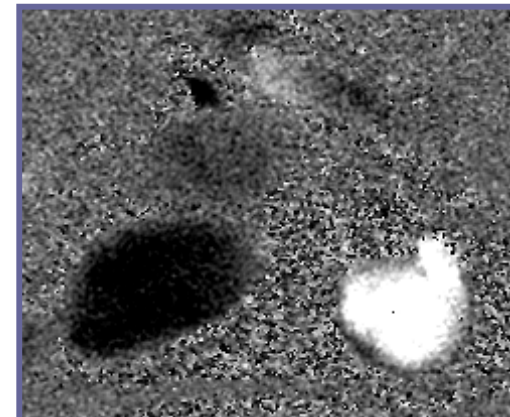
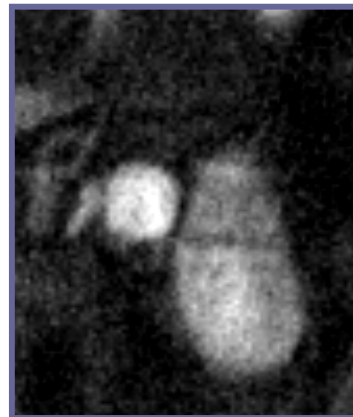
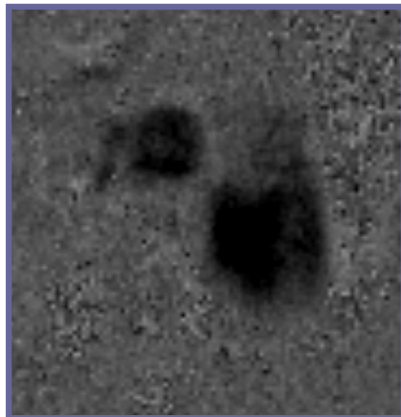
**Coupe de repérage (FIESTA):  
artère hépatique propre**

# Protocole d'acquisition des séquences de flux hépatique

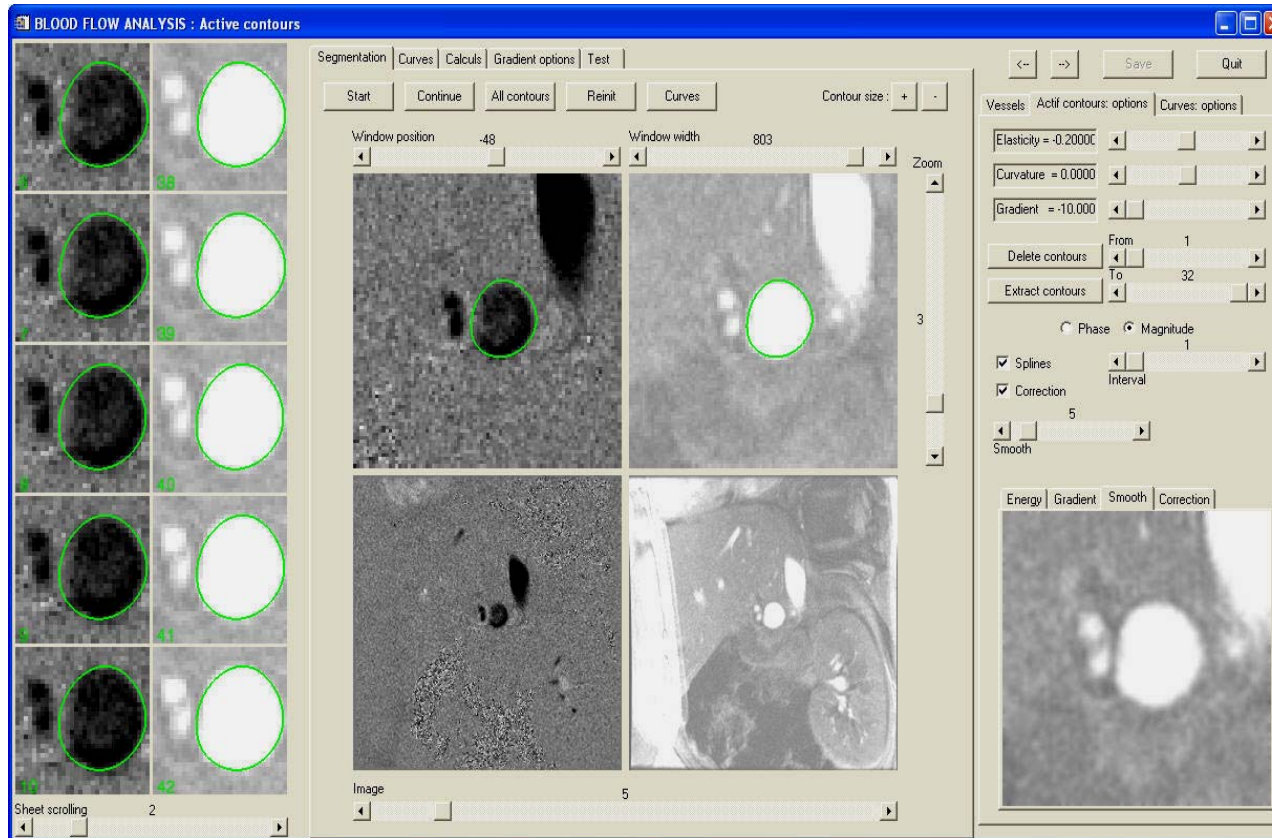
- Séquences en écho de gradient 2D fast cine PC 4 view per segment 1 NEX
- Temps de répétition : minimum
- Temps d'écho : minimum
- Angle de bascule : 25°
- Nombre de phase : 32
- FOV :  $\approx 18 \times 18 \text{ cm}^2$
- Épaisseur de coupe : 4 mm
- Matrice :  $256 \times 256$
- Sens de la phase : droite-gauche
- Bande passante : 31,25 Hz
- Vitesse d'encodage : Artère Hépatique : 70 cm/sec  
Tronc Porte : 40 cm/sec



***Durée de chaque  
séquence : 2'30***

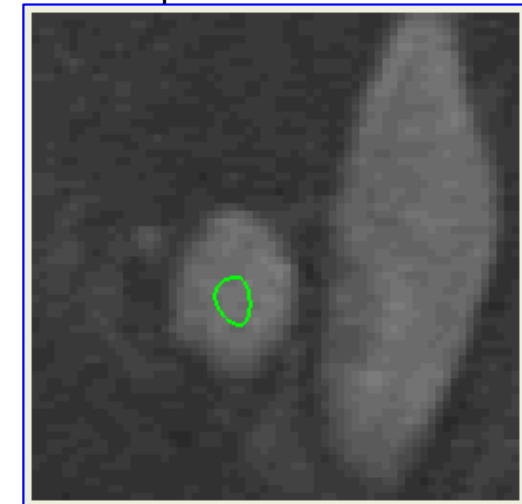


# Traitement des images de flux



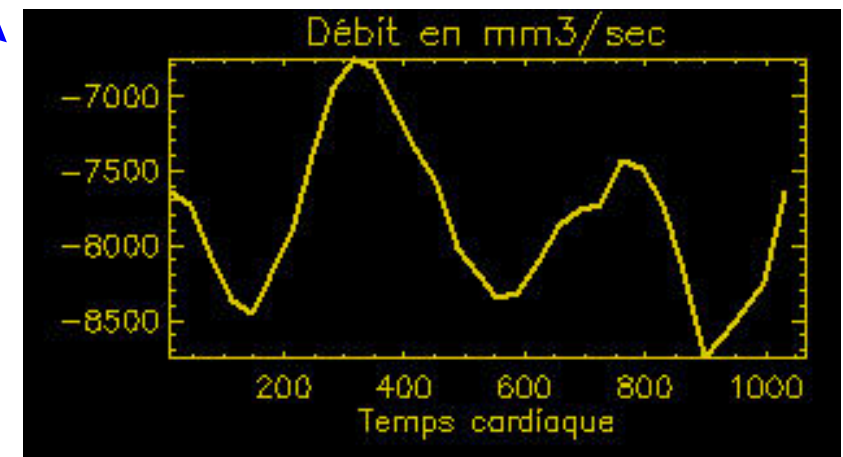
Segmentation semi-automatique des régions d'intérêts (méthode des contours actifs). Suivi des vaisseaux mobiles au cours du temps. Analyse et extraction des données réalisées sur un logiciel développé sur site (langage *IDL*).

Cliquez sur la video



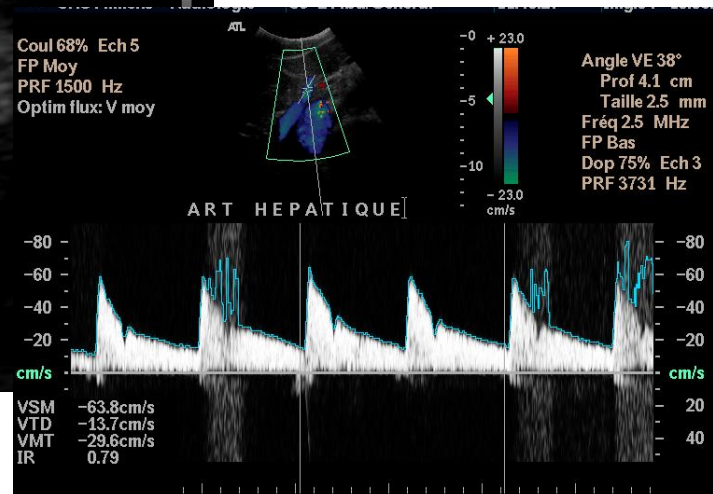
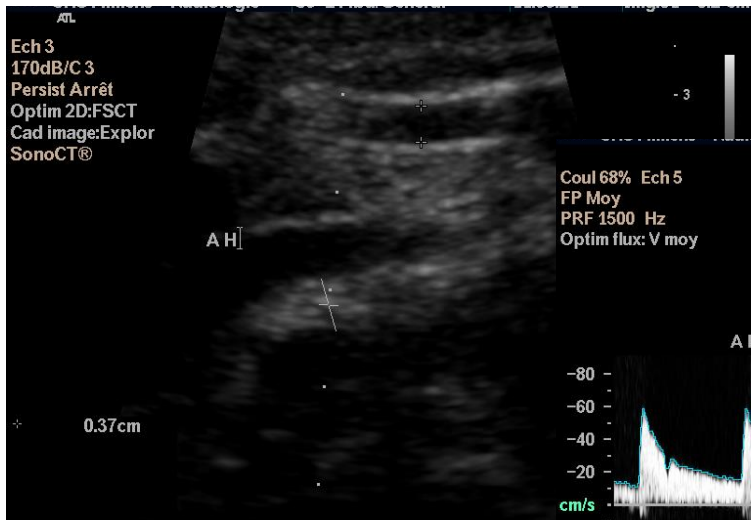
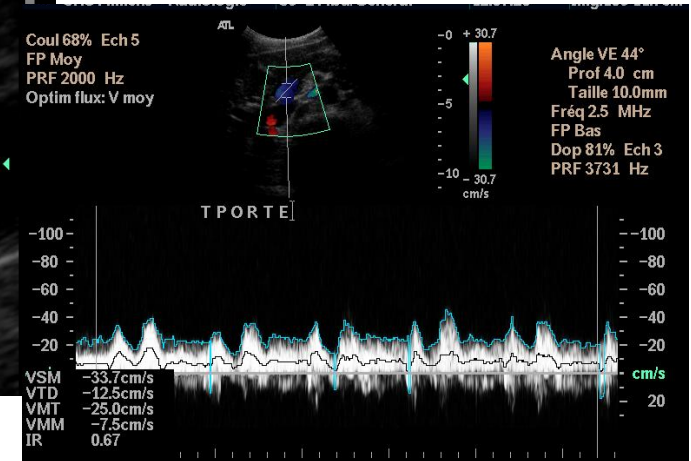
Après traitement des images, l'IRM de flux permet la mesure des paramètres suivants :

- \* Débit moyen
- \* Vitesse maximale
- \* Aire de la section
- \* Vitesse moyenne





# Echographie Doppler hépatique:



Paramètres mesurés par écho-doppler pour la veine porte et l'artère hépatique:

- Vitesse maximale
- Vitesse moyenne
- Diamètre
- Débit moyen

# ***RESULTATS***

# *Echographie Doppler*

## *Tronc porte*

	<i>DOPPLER 2007</i>	<i>DOPPLER 2008</i>	<i>≠ 2007 vs 2008 (*)</i>	<i>Corrélation (°) Opérateur A vs A</i>
<i>Vitesse Maximale / Ecart type (cm/sec)</i>	46,6 ± 22,6	51,4 ± 16,7	NS	NS
<i>Vitesse moyenne / Ecart type (cm/sec)</i>	31,5 ± 14,2	37,1 ± 9,5	NS	NS
<i>Surface / Ecart type (cm<sup>2</sup>)</i>	1,07 ± 0,44	1,13 ± 0,24	NS	NS
<i>Débit calculé / Ecart type (ml/min)</i>	1540 ± 753	1696 ± 479	NS	<i>p = 0,08</i>
<i>Débit calculé rapporté au poids / Ecart type (ml/min/kg)</i>	21,1 ± 9,9	24,5 ± 11	NS	NS

*(\*) Test Student apparié, (°) Test Pearson, NS : Non significatif*

# Echographie Doppler

## Artère Hépatique

	<b>DOPPLER 2007</b>	<b>DOPPLER 2008</b>	<b>≠ 2007 vs 2008 (*)</b>	<b>Corrélation (°) Opérateur A vs A</b>
<i>Vitesse Maximale / Ecart type (cm/sec)</i>	132 ± 59	136 ± 53	NS	NS
<i>Vitesse moyenne / Ecart type (cm/sec)</i>	47 ± 29	64 ± 22	NS	NS
<i>Surface / Ecart type (cm<sup>2</sup>)</i>	0,19 ± 0,08	0,19 ± 0,09	NS	NS
<i>Débit calculé / Ecart type (ml/min)</i>	461 ± 483	720 ± 385	NS	NS
<i>Débit calculé rapporté au poids / Ecart type (ml/min/kg)</i>	8,9 ± 6,9	10 ± 6,1	NS	NS

(\*) Test Student apparié, (°) Test Pearson, NS : Non significatif

# *Echographie Doppler*

## *Tronc porte*

	<i>DOPPLER 2008</i>	<i>DOPPLER 2008</i>	<i>≠ 2008 vs 2008 (*)</i>	<i>Corrélation(°) Opérateur A vs B</i>
<i>Vitesse Maximale / Ecart type (cm/sec)</i>	51,4 ± 16,7	53,8 ± 14,9	NS	<i>p=0,086</i>
<i>Vitesse moyenne / Ecart type (cm/sec)</i>	37,1 ± 9,5	37,6 ± 10,1	NS	NS
<i>Surface / Ecart type (cm<sup>2</sup>)</i>	1,13 ± 0,24	1,33 ± 0,31	NS	NS
<i>Débit calculé / Ecart type (ml/min)</i>	1696 ± 479	2152 ± 667	NS	NS
<i>Débit calculé rapporté au poids / Ecart type (ml/min/kg)</i>	24,5 ± 11	30,2 ± 11,7	NS	<b><i>p=0,02</i></b>

*(\*) Test Student apparié, (°) Test Pearson, NS : Non significatif*

# *Echographie Doppler*

## *Artère Hépatique*

	<i>DOPPLER 2008</i>	<i>DOPPLER 2008</i>	<i>≠ 2008 vs 2008 (*)</i>	<i>Corrélation(°) Opérateur A vs B</i>
<i>Vitesse Maximale / Ecart type (cm/sec)</i>	136 ± 52,5	128 ± 49,9	NS	<i>p=0,06</i>
<i>Vitesse moyenne / Ecart type (cm/sec)</i>	63,8 ± 21,5	66,2 ± 30,8	NS	NS
<i>Surface / Ecart type (cm<sup>2</sup>)</i>	0,19 ± 0,09	0,16 ± 0,07	NS	NS
<i>Débit calculé / Ecart type (ml/min)</i>	719 ± 385	900 ± 683	NS	NS
<i>Débit calculé rapporté au poids / Ecart type (ml/min/kg)</i>	10 ± 6,1	12,9 ± 10,4	NS	NS

*(\*) Test Student apparié, (°) Test Pearson, NS : Non significatif*

# IRM de flux

## Tronc porte

	<i>IRM 2007</i>	<i>IRM 2008</i>	<i>≠ 2007vs 2008 (*)</i>	<i>Corrélation(°) 2007-2008</i>
<i>Vitesse Maximale / Ecart type (cm/sec)</i>	32,1 ± 6,9	29 ± 10,1	NS	NS
<i>Vitesse moyenne / Ecart type (cm/sec)</i>	11,3 ± 2,8	11,3 ± 3,7	NS	p=0,08
<i>Surface / Ecart type (cm<sup>2</sup>)</i>	1,44 ± 0,32	1,56 ± 0,34	NS	<b>p&lt; 0,02</b>
<i>Débit calculé / Ecart type (ml/min)</i>	949 ± 195	1023 ± 237	NS	<b>p&lt;0,05</b>
<i>Débit calculé rapporté au poids / Ecart type (ml/min/kg)</i>	13,1 ± 1,6	14 ± 2,9	NS	p=0,2

(\*) Test Student apparié, (°) Test Pearson, NS : Non significatif

# *IRM de flux*

## *Artère Hépatique*

	<i>IRM 2007</i>	<i>IRM 2008</i>	<i>≠ 2007 vs 2008 (*)</i>	<i>Corrélation (°) 2007-2008</i>
<i>Vitesse Maximale / Ecart type (cm/sec)</i>	56,9 ± 14,8	68,5 ± 33,5	NS	NS
<i>Vitesse moyenne / Ecart type (cm/sec)</i>	17,3 ± 6,9	11,6 ± 6,3	NS	NS
<i>Surface / Ecart type (cm<sup>2</sup>)</i>	0,25 ± 0,11	0,23 ± 0,06	NS	NS
<i>Débit calculé / Ecart type (ml/min)</i>	232 ± 74	285 ± 125	NS	NS
<i>Débit calculé rapporté au poids / Ecart type (ml/min/kg)</i>	3,4 ± 1,2	4,1 ± 2,1	NS	NS

*(\*) Test Student apparié, (°) Test Pearson, NS : Non significatif*



# DISCUSSION

- **E**n échographie Doppler, la valeur la plus reproductible reste comme l'on peut s'y attendre la vitesse maximale.
- **E**n Doppler, les erreurs sur le calcul du débit sont plus souvent liées à la mesure de la section du vaisseau.
- **D**ans notre étude, aucune corrélation entre les mesures Doppler et IRM n'a pu être mise en évidence.
- **L**a difficulté d'obtention de corrélations entre les séries de mesures reste liée à la faible taille de la population qui nous autorise une marge de déviation infime. Ceci est d'autant plus vrai au niveau de l'artère hépatique où le détournement du vaisseau reste une étape critique.
- **L'**impact de la mesure en apnée / respiration libre doit être évalué de manière précise.

# DISCUSSION

## ETUDE DU TRONC PORTE :

- L'IRM de flux permet d'obtenir des valeurs proches mais légèrement inférieures de celles connues notamment concernant la débitmétrie portale
- L'IRM possède des écarts types moins importants qu'en doppler
- Les mesures de vitesses maximales semblent sous estimées en IRM de flux
- Pas de différence significative inter et intra-observateur en Doppler ( $p > 0.05$ ) mais absence de corrélation entre ces mesures (limite de significativité pour  $V_{\max}$ )
- En IRM pas de différence significative entre les séries de mesures et il existe une bonne corrélation entre les mesures de débits et sections du vaisseau

## ETUDE DE L'ARTERE HEPATIQUE :

- L'étude des paramètres hémodynamiques de l'artère hépatique apparaît délicate tant en échographie-doppler qu'en IRM du fait de la taille du vaisseau, de sa localisation et d'éventuelles variantes anatomiques
- Les écarts types sont inférieurs en IRM de flux comparativement au doppler
- Les valeurs obtenues en IRM hépatique pour la  $V_{\max}$  ainsi que pour le débit rapporté au poids sont proches de celles de la littérature
- Pas de différence significative inter et intra-observateur en Doppler et sur les deux séries de mesure en IRM
- Dispersion des mesures plus importante que pour le tronc porte tant en IRM qu'en Doppler
- Aucune corrélation directe n'a été mise en évidence tant en IRM que pour le Doppler

# CONCLUSION

Bien que la population soit limitée, la variabilité des mesures de débitmétrie par IRM est moindre avec une corrélation supérieure aux données Doppler.

Au cours de la prochaine étape, une augmentation du nombre de sujets sera effectuée afin de confirmer la tendance observée.

Une évaluation en pratique clinique apparaît donc possible : évaluation de sévérité de cirrhose, modification des flux au cours des pathologies tumorales,...