

POCUS EN SOINS INTENSIFS NEPHRO

Responsable : Paul Gabarre, Soins Intensifs Néphrologiques et Rein Aigu,
Tenon

Comité de pilotage : Cédric Rafat, Cyril Mousseaux, Alice Doreille, Yosu
Luque, Laurent Mesnard, Soins Intensifs Néphrologiques et Rein Aigu, Tenon

Relecture :

Marseille : Mickael Bobot

Montpellier : Jean-Emmanuel Serre

Nantes : Agnès Chapelier

Rouen : Jonathan Nicolas

Reims : Loic Lièvre

Saint-Etienne : Guillaume Claisse

Strasbourg : Thierry Krummel

Toulouse : Chloé Medrano

Valenciennes : Marie-Flore Hennino

L'échographie de
débrouillage en Soins
Intensifs
Néphrologiques

Table des matières

Echographie cardiaque de débrouillage	2
Echographie doppler veineux	18
POCUS pleuro-pulmonaire.....	29
Echographie rénale.....	35
Echographie doppler de Fistule artério-veineuse	41
Schémas récapitulatifs et liens utiles.....	45

Echographie cardiaque de débrouillage

1. Préambule

L'échographie est un outil important au lit du patient. En néphrologie aigue, elle offre de nombreux avantages. Par exemple :

- Estimation de la fonction VG avant remplissage
- Optimisation de l'évaluation volémique dans le syndrome cardio-rénal
- Recherche d'un épanchement péricardique dans le cadre de l'IRCt

Cependant, cet outil ne doit se substituer en aucun cas à l'examen clinique, mais doit plutôt s'intégrer comme un prolongement de celui-ci.

2. Obtention des différentes coupes

a. Coupe quatre et cinq cavités

Le patient est en décubitus latéral gauche ou à défaut allongé à plat

Positionnement de la sonde sous le mamelon gauche du patient, le pointeur vers l'aisselle. La sonde est légèrement inclinée vers le haut. Penser à bien naviguer entre les cotes

En inclinant un peu plus vers le haut, on dégage la coupe cinq cavités, en visualisant en plus des 4 cavités la chambre de chasse aortique

En effectuant une rotation de 90 degrés vers le haut à partir de la coupe 4 cavités, on tombe sur la coupe deux cavités, permettant de dégager les parois inférieures et antérieures du VG

b. Coupe para sternale grand axe

La sonde est « parasternale » gauche, au niveau du 4° EIC gauche avec le capteur axé vers l'épaule droite du patient

La coupe para sternale grand axe permet d'apprécier :

- La valve mitrale
- La contraction du VG
- La valve aortique
- La chambre de chasse aortique

c. Coupe para sternal petit axe

Même position de la sonde avec une rotation de la sonde de 90 ° vers le haut

La coupe para sternale petit axe est la coupe qui permet de couper le VG comme un saucisson. Elle est la seule coupe qui permet une vision simultanée de toutes les parois du VG, et de détecter une dysfonction segmentaire.

Elle permet également d'évaluer le rapport entre le VD et le VG et de rechercher un septum paradoxal à l'aide du « D sign ».

En becquant vers le haut, nous retrouvons la valve mitrale, puis la valve aortique (détection de bicuspidie).

d. Coupe sous xiphoidienne

Patient en décubitus dorsal, curseur vers la gauche avec sonde sous la xiphoïde : On repère le massif cardiaque et les cavités droites en orientant la sonde vers le cœur. Une rotation de 90 degrés en regard de l'oreillette droite permet de dégager la VCI

La coupe sous xiphoidienne est probablement la coupe la plus simple à obtenir, notamment chez les patients présentant des morphologies particulières (obésité, distension thoracique liée à de l'emphysème) rendant difficile la visualisation de la coupe 4 cavités.

Elle permet :

- d'analyser la fonction VD et VG visuellement,
- De rechercher un épanchement péricardique

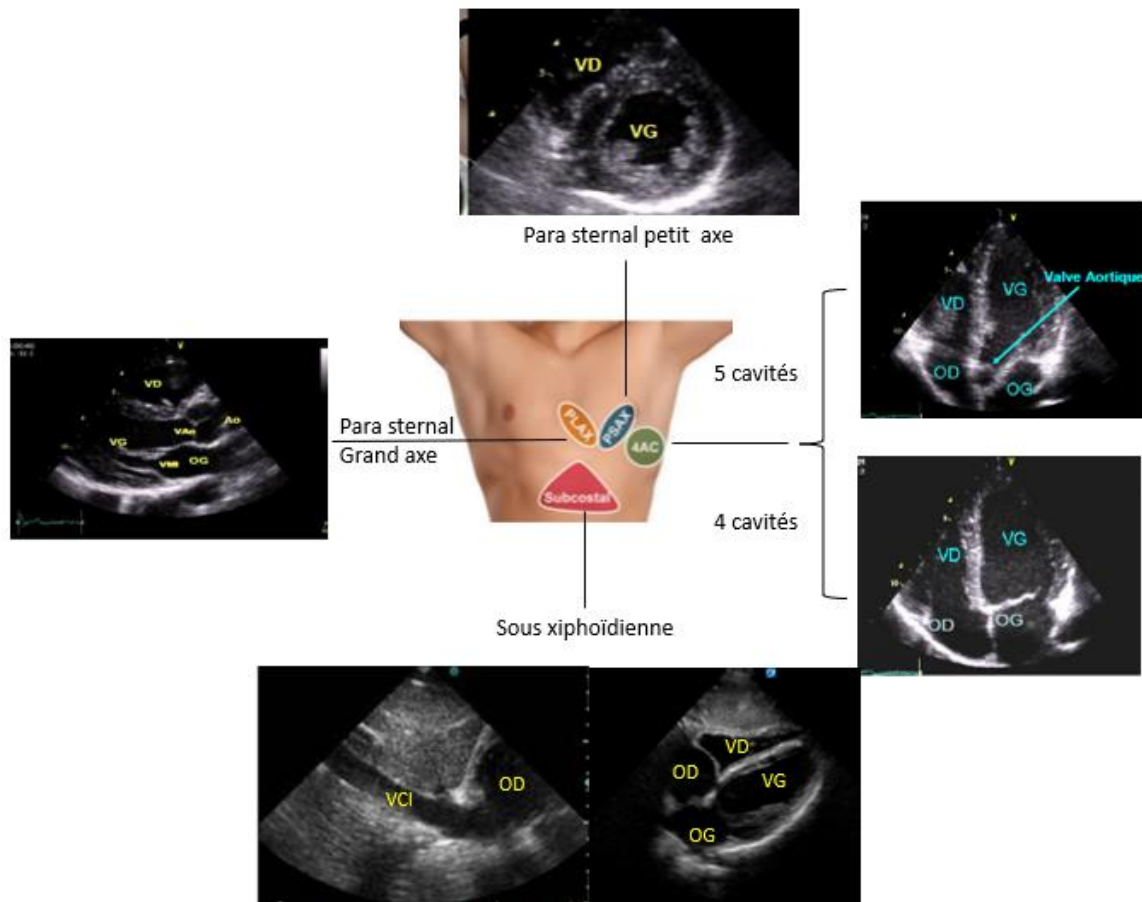


Figure 1 : différentes coupes ETT

3. Evaluation de la fonction VG

L'évaluation **visuelle** de la fonction du ventricule gauche par le néphrologue est suffisante pour déterminer si celle-ci est fonction est normale, modérément altérée ou très altérée.

L'évaluation visuelle de la FEVG doit à l'aide de toutes les coupes. L'objectif est d'évaluer la contraction du VG/l'épaississement du myocarde parois par parois.

a. Mesure de l'ITV sous aortique

L'intégrale temps vitesse sous aortique représente le volume d'éjection systolique du VG. Elle correspond à la distance en cm parcourue par les globules rouges en 1 seconde au niveau de la chambre de chasse aortique. Couplée à la fréquence cardiaque et la surface sous aortique elle permet d'estimer le débit cardiaque.

En pratique : Se mettre en coupe 5 cavités. Placer le curseur de doppler pulsé au niveau de la chambre de chasse aortique. On obtient en doppler couleur une courbe dont on peut mesurer l'aire sous la courbe.

Critères de bonne qualité de l'ITV : centre de l'AUC noire, visualisation du clip de fermeture de la valve aortique.

Valeurs normales : entre 14 et 20cm (mais dépend des conditions de charge)

En effet, Une ITV sous aortique diminuée peut correspondre à une dysfonction VG ou à une hypovolémie. Test dynamique de pré-charge dépendance simple : Une augmentation de l'ITV de plus de 10-12% après un test de remplissage vasculaire est en faveur d'une précharge-dépendance (Muller et al. Anesthesiology 2011).

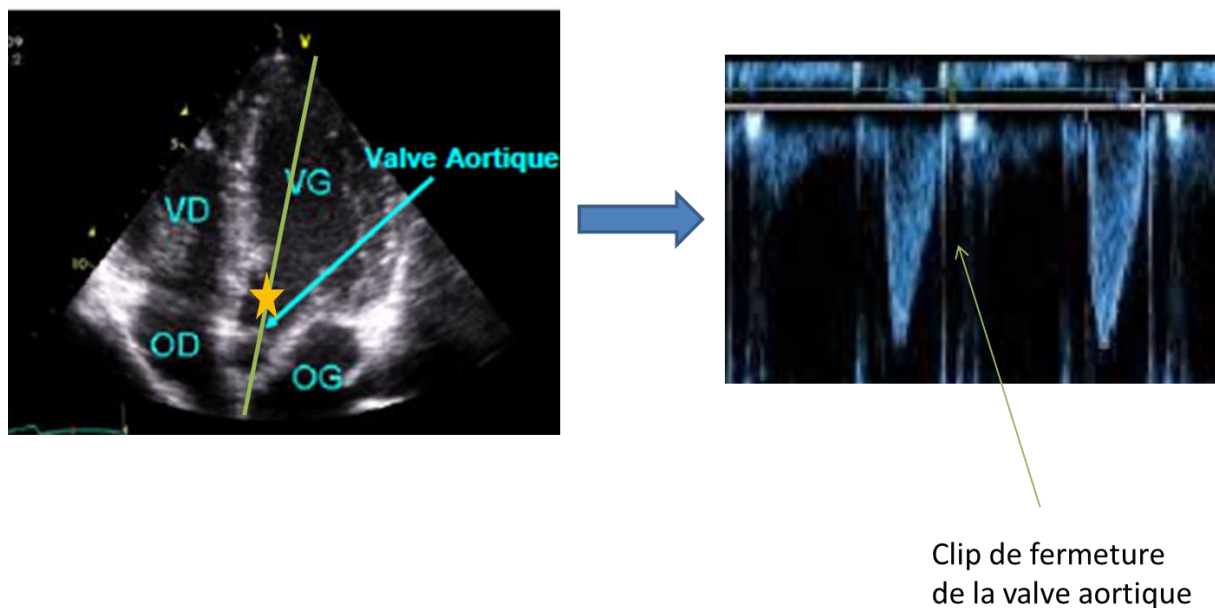


Figure 2 : Mesure de l'ITV sous-aortique

b. Evaluation des pressions de remplissage

i. E/A

Placer le curseur de doppler pulsé au centre d'ouverture de la valve mitrale. Attention à bien être aligné avec le grand axe du VG et la valve mitrale.

En tirant avec le doppler pulsé, on obtient un flux bi phasique, constitué d'une onde E (correspondant à la première phase de vidange atriale, « Early ») et d'une onde A correspondant à la systole auriculaire.

Attention, si le patient est très tachycarde ou est en fibrillation atriale, l'onde A disparaît.

L'analyse du rapport E/A permet d'évaluer la fonction diastolique du patient et de différencier trois patterns différents:

o Flux normal ou pseudo normal

o Trouble de relaxation (patients âgés)

o Flux restrictif

Le profil mitral doit être interprété avec prudence car plusieurs facteurs l'influencent :

Age / épanchement péricardique/valvulopathie mitrale/arythmie

ii. E/e'

L'onde e' analysée au bord latéral du VG en regard de la valve mitrale est le reflet du mouvement systolo-diastolique de la paroi du VG. L'onde e' est la première onde négative.

Pour obtenir l'onde e' : se mettre en coupe 4 cavités, en mode doppler tissulaire « TDI ». Tirer avec le mode doppler pulsé sur le bord latéral de la valve mitrale. On obtient l'image suivante, constituée de trois « vagues » : L'onde s' représentant la systole, L'onde e' représentant la relaxation lors de la première phase de la diastole , l'onde a' représentant la contraction atriale lors de la dernière phase de la diastole

L'analyse du rapport E/e' permet d'évaluer les pressions de remplissage du VG :

$E/e' < 8$: pressions de remplissage non élevées

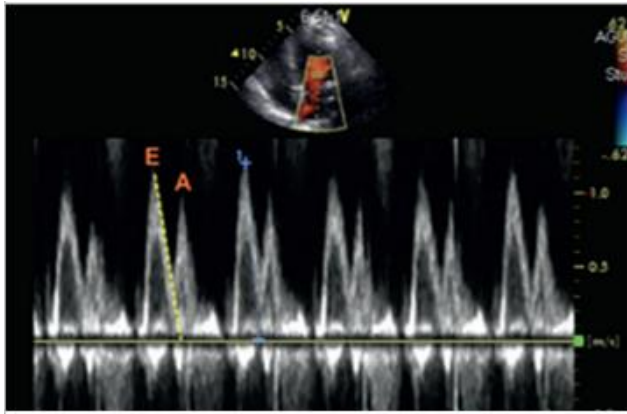
$8 < E/e' < 15$: zone grise

$E/e' > 15$: pressions de remplissage élevées

NB : La valeur supérieure du E/e' varie entre 13 et 15 en fonction des auteurs

Limites de l'analyse de du rapport E/e'

Calcification mitrale, insuffisance mitrale sévère, troubles de la cinétique segmentaire en regard...



Doppler pulsé



Doppler pulsé TDI
 Bord latéral (tir jaune) de
 l'anneau mitral
 Bord médial : Tir bleu

Figure 3 : Mesure de E/A et E/e'

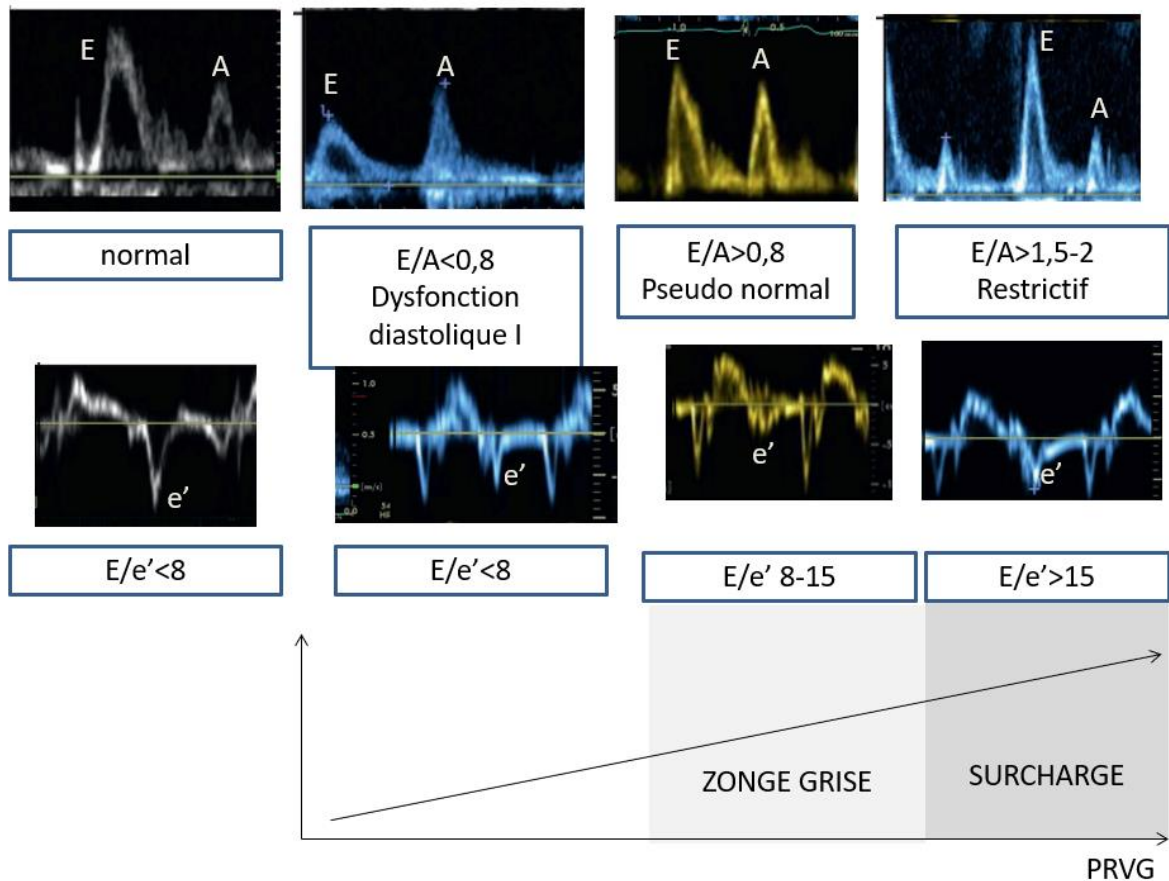


Figure 4 : Evaluation de la fonction diastolique du VG

Ces mesures sont validées chez le patient IRC terminal, les valeurs seuils pour l'évaluation des PRVG étant semblables à la population générale.

NB : La présence de pressions de remplissage VG non élevées n'est pas synonyme d'hypovolémie ni de précharge-dépendance.

4. Evaluation visuelle du VD

L'évaluation visuelle du VD permet :

- d'évaluer visuellement sa contraction.
- De rechercher une dilatation du VD. Pour cela il faut comparer la taille du VD par rapport au VG. Un rapport $VD > VG$ témoigne d'une dilatation pathologique de ventricule droit.
- De rechercher un septum paradoxal (septum inter-ventriculaire bombant de la droite vers la gauche en diastole)

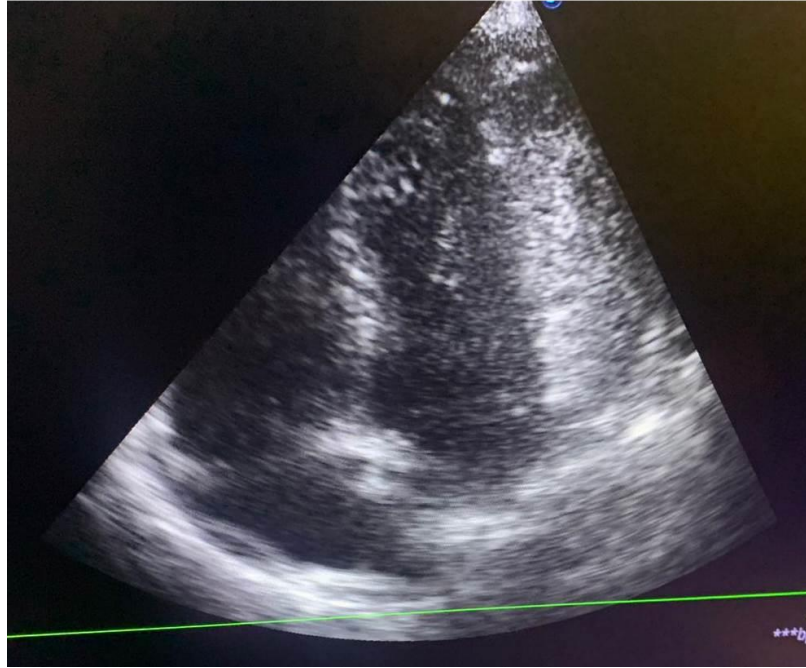


Figure 5 : dilatation du VD

Dilatation du VD

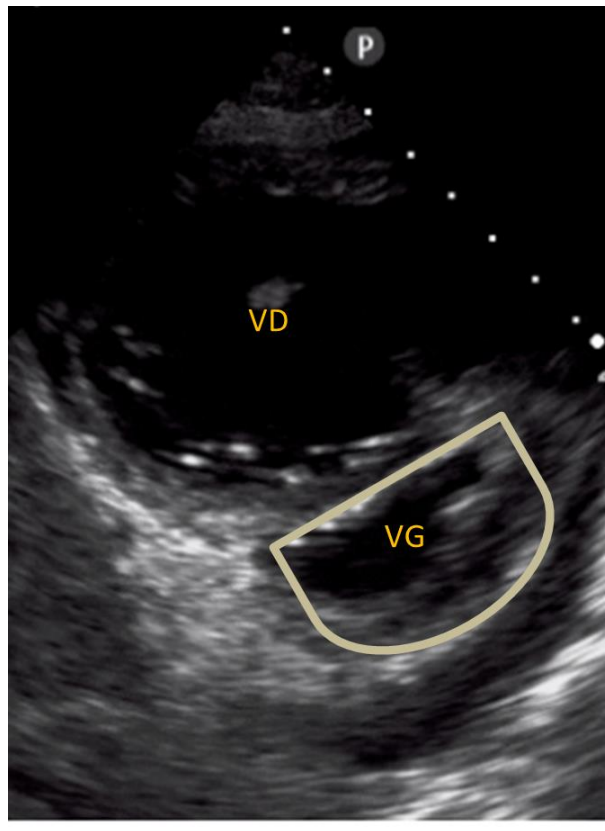


Figure 6 : D sign

a. Mesure de la PAPS

Il est possible d'estimer la PAPS à partir du flux d'insuffisance tricuspidiennne.

En pratique :

- En coupe 4 cavités, repérer le flux d'IT à partir du doppler couleur.
- Tirer en doppler continu sur le flux d'IT
- On obtient une courbe en parabole à partir de laquelle on calcul la Vmax de la fuite tricuspidiennne (pic de vélocité de régurgitation tricuspidiennne)
- A cette Vmax, il faut ajouter la pression dans l'OD que l'on estime à partir du diamètre de la VCI :

POD estimée	VCI
5 mmHg	fine < 10 mm ou virtuelle
10 mmHg	VCI < 20 mm compliante > 40 %
15 mmHg	VCI > 20 mm compliante < 40 %
20 mmHg	VCI > 20 mm non compliante

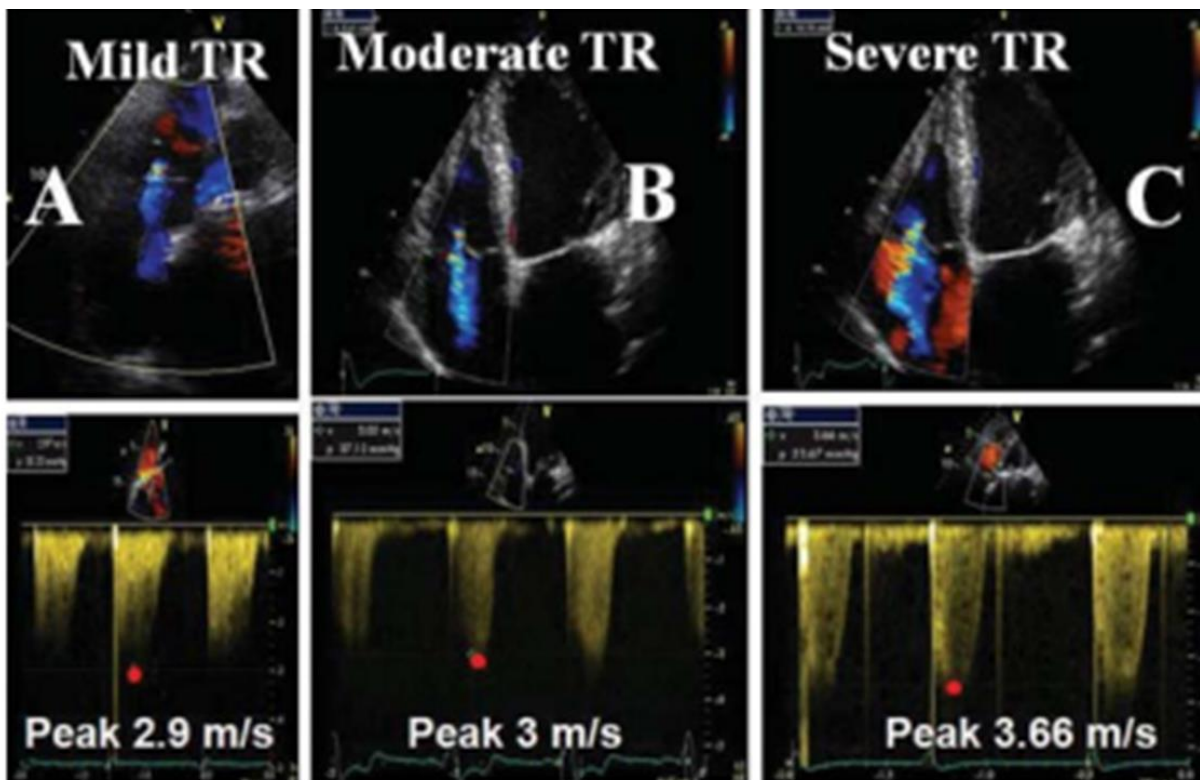


Figure 7 : Analyse de la PAPS à partir du flux d'IT

b. TAPSE (tricuspid annular plane systolic excursion)

Il s'agit d'une mesure simple, fiable, reproductible pour évaluer quantitativement la fonction VD

En pratique :

- Tirer en mode temps-mouvement TM sur la partie latérale de la valve tricuspide
- Le TAPSE correspond à la hauteur de la vague induite par l'excursion systolique du VD (en mm)
- Si le TAPSE < 17 mm la fonction VD est altérée

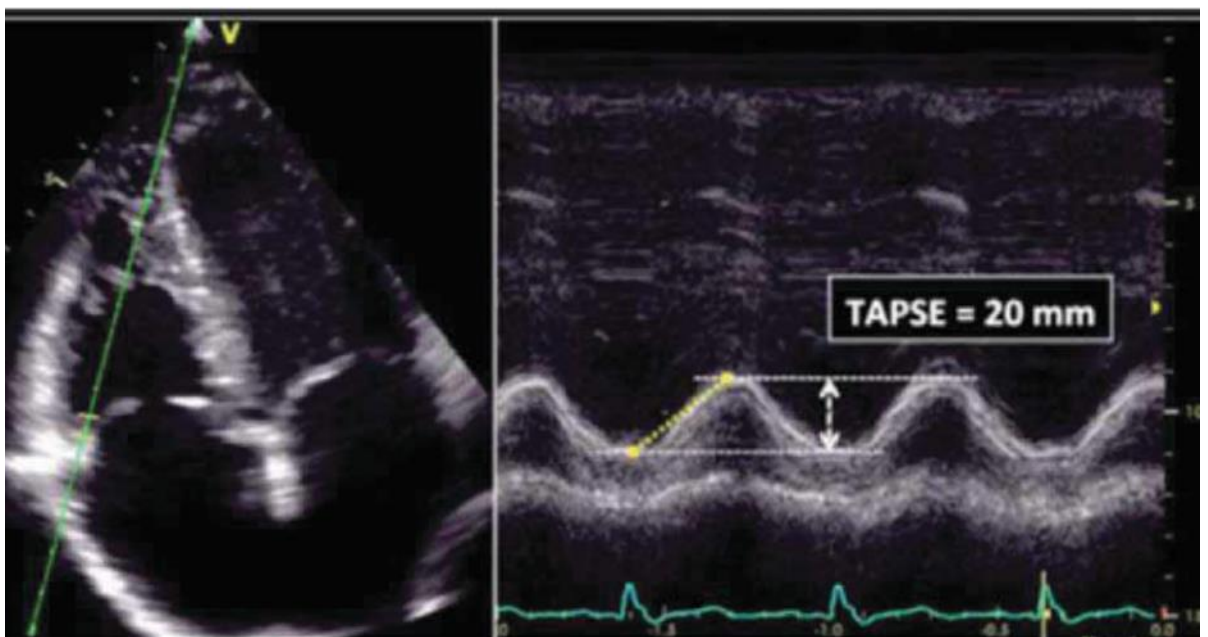


Figure 8 : Mesure du TAPSE

c. Onde S'

. Mesure au même endroit que le TAPSE, en mode doppler pulsé TDI, et mesure du pic : norme 10cm/s. L'onde S' est la deuxième onde positive (figure 9)

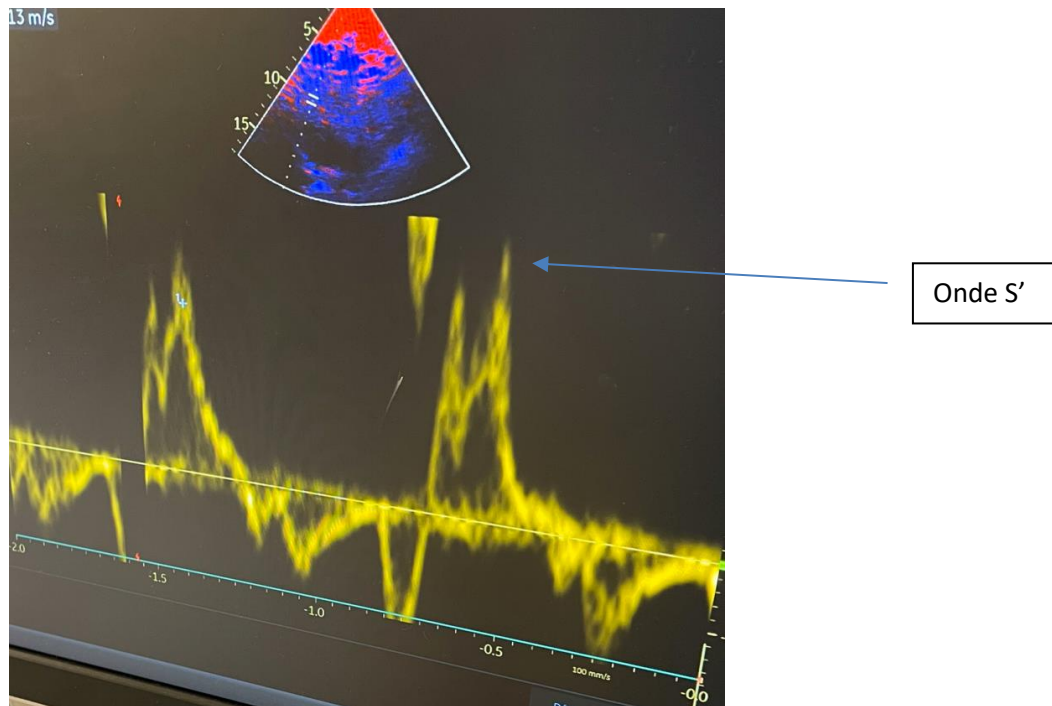


Figure 9 : Onde S'

5. Recherche de valvulopathie mitrale ou aortique

En coupe 4 cavités, il est possible de rechercher une fuite mitrale ou aortique en mettant le mode doppler couleur sur la valve, pour détecter une fuite.

L'analyse visuelle de la valve peut également permettre de rechercher une végétation.

a. Coupe sous xiphœidienne

La coupe sous xiphœidienne est probablement la coupe la plus simple à obtenir, notamment chez les patients présentant des morphologies particulières (obésité, distension thoracique liée à de l'emphysème) rendant difficile la visualisation de la coupe 4 cavités.

Elle permet :

- d'analyser la fonction VD et VG visuellement,
- De rechercher un épanchement péricardique

6. Épanchement péricardique (figure 10-11)

La détection d'un épanchement péricardique est un enjeu important en néphrologie aigue puisqu'il peut être un signe de gravité du syndrome urémique, de même que la détection précoce d'une tamponnade devant une hypotension artérielle.

Péricarde normal : Normalement, le péricarde apparait comme deux fines lignes échogènes entourant le myocarde

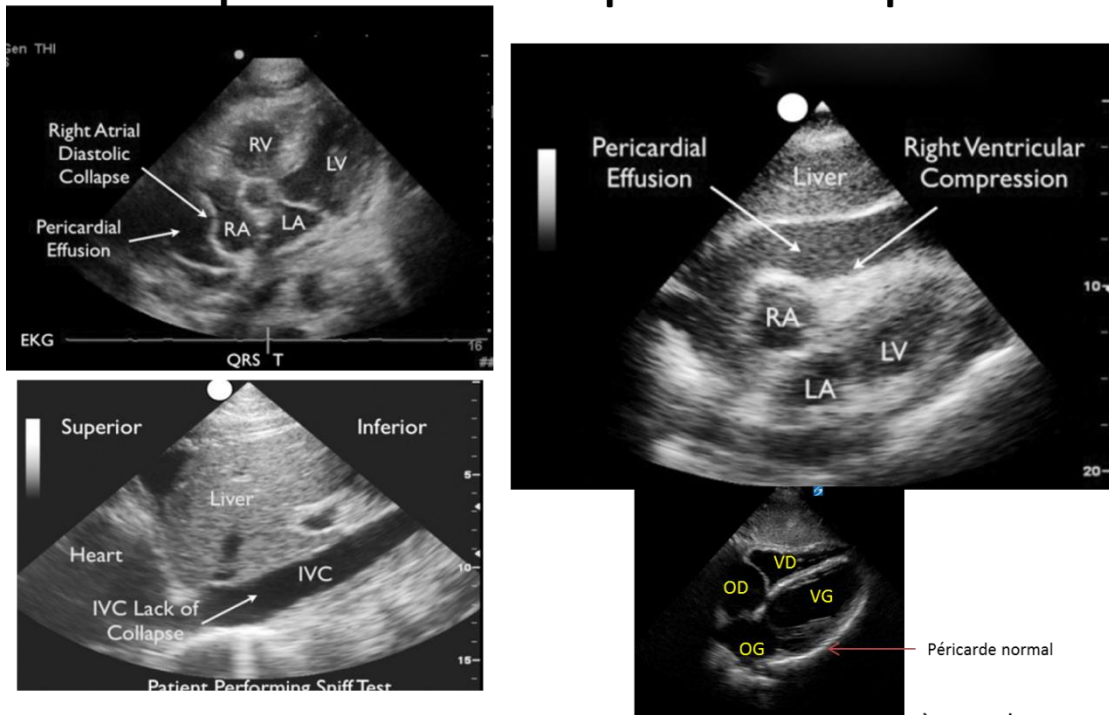
Le plus souvent un épanchement non abondant sera surtout visualisable en coupe sous-xiphœidienne en regard des cavités droites. Un épanchement circonférentiel sera également visible sur les autres coupes.

En cas d'épanchement péricardique, il est important de décrire :

- la taille (épaisseur maximale et si elle varie selon la localisation)
- la localisation (circonférentielle ou localisée)
- Le retentissement sur les cavités cardiaques droites puis gauche
 - o Collapsus diastolique de l'OD
 - o Collapsus diastolique du VD
- Le retentissement sur la veine cave (pas de tamponnade tant que la VCI est compliant)
- Le retentissement sur le débit cardiaque (ITV sous Aortique)

Attention : La distinction entre un épanchement péricardique avec un épanchement pleural n'est parfois pas évidente.

Epanchement péricardique



D'après goodman et al, 2012

Figure 10 : épanchement péricardique. En haut à gauche : compression de l'OD par l'épanchement. En haut à droite : Compression du VD par l'épanchement. En bas à gauche : perte de compliance de la VCI. En bas à droite : péricarde normal

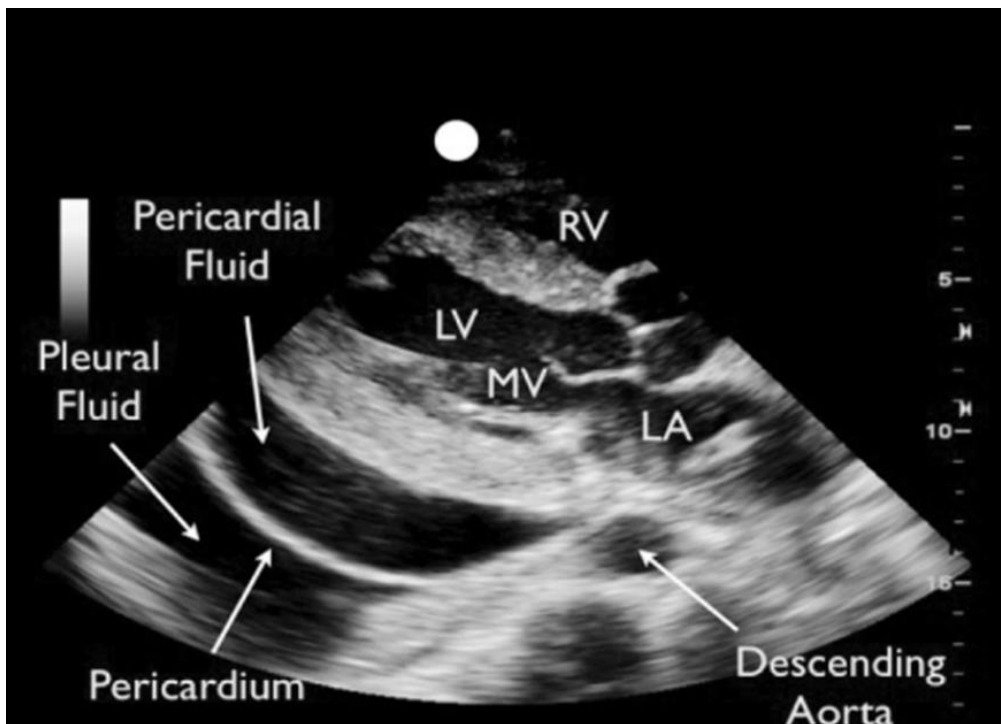


Figure 11 : Epanchement péricardique associé à un épanchement pleural

7. Analyse de la veine cave inférieure en ventilation spontanée (figure 12)

Le diamètre de la veine cave inférieure se mesure par voie sous costale. La mesure doit être faite à 1-2cm de la jonction atrio-cave en utilisation le mode TM, ce qui permet « d'allonger » les mouvements de la veine cave. Le tir TM doit croiser perpendiculairement la VCI

En situation physiologique, la dépression thoracique induite par la contraction du diaphragme en inspiration induit un passage du sang de la VCI vers les cavités droites, et donc une diminution du diamètre de la VCI.

La VCI et les variations respiratoires de son diamètre reflètent donc la pression dans l'oreillette droite.

Ainsi, une VCI « virtuelle » pourrait refléter une hypovolémie, tandis qu'une VCI dilatée (>2cm de diamètre), non compliant reflèterais une surcharge vasculaire.

Attention :

La VCI est dilatée indépendamment de la volémie en cas de Cœur pulmonaire et de tamponnade.

Au final, Les index statiques d'évaluation de la volémie à l'ETT comme l'évaluation des PRVG en doppler pulsé ou le diamètre de la VCI ont une faible valeur discriminante pris isolément, en particulier pour la recherche d'une hypovolémie. Ces index doivent être évalués de façon globale et faire partie d'un faisceau d'arguments.

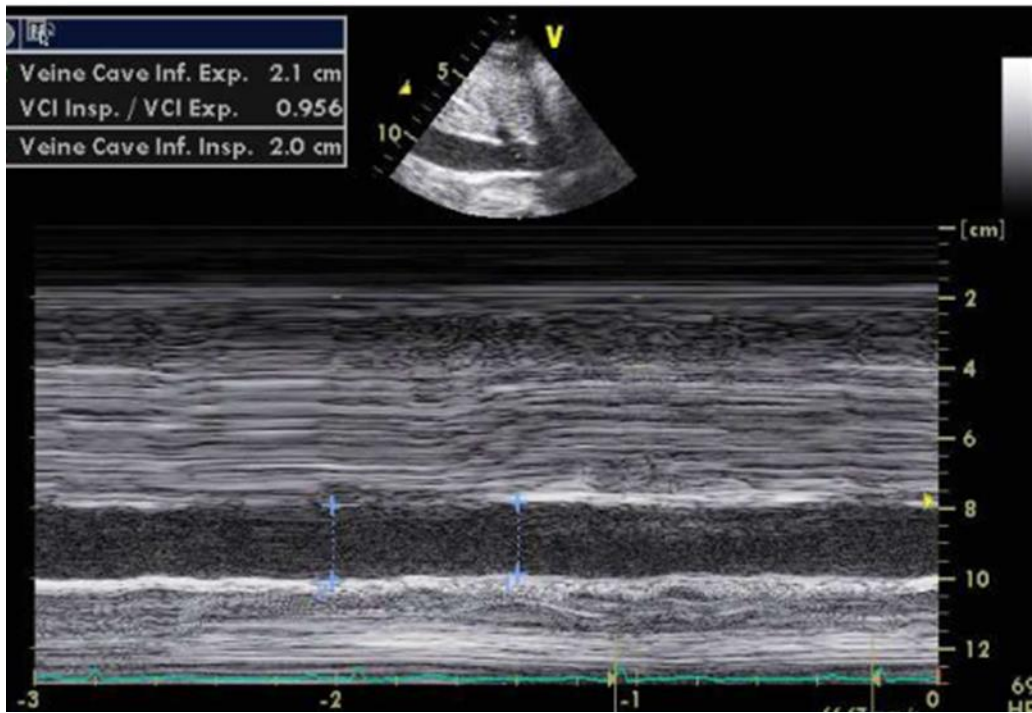
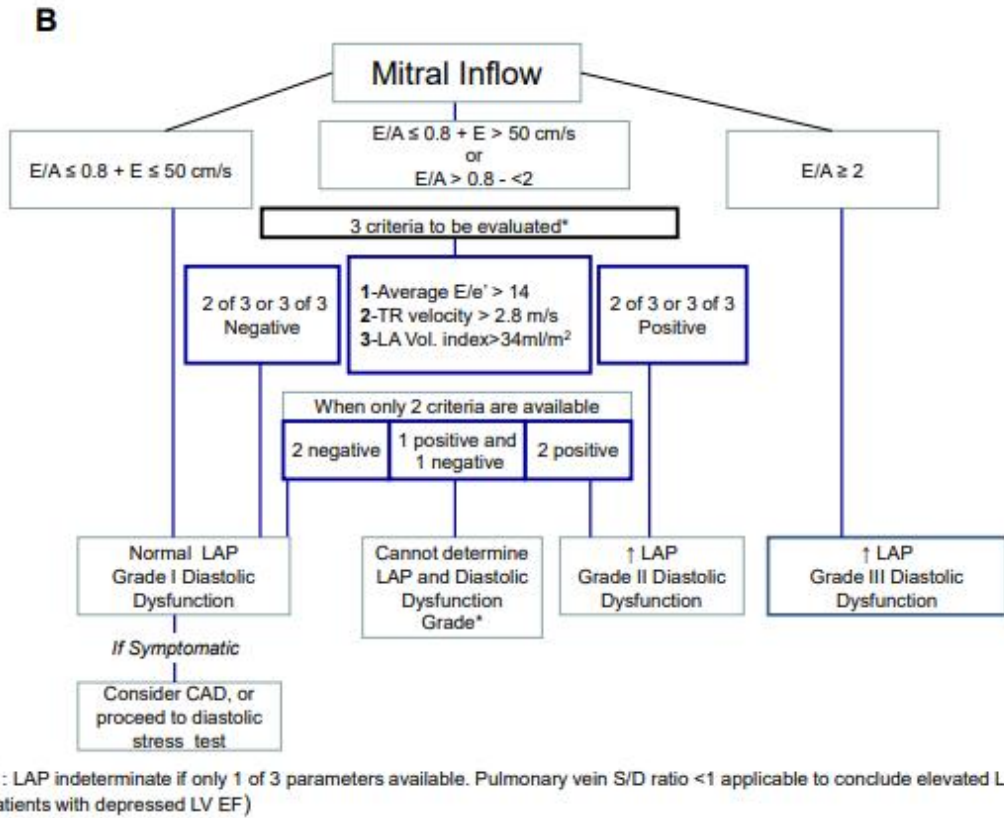


Figure 12 : Analyse de la VCI en mode TM

Pour en savoir plus : Il existe un algorithme décisionnel pour l'évaluation des PRVG qui ne se base pas uniquement sur le rapport e/e' mais tient compte en premier lieu du doppler mitral E/A (en l'absence de FA donc) +/- associé à la mesure du E/E', de l'ITVmax et du volume de l'OG indexé.



Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging, Journal of the American Society of Echocardiography 2016

Doppler des veines sus-hépatiques

Il y a trois veines sus-hépatiques : droite, médiane et gauche.

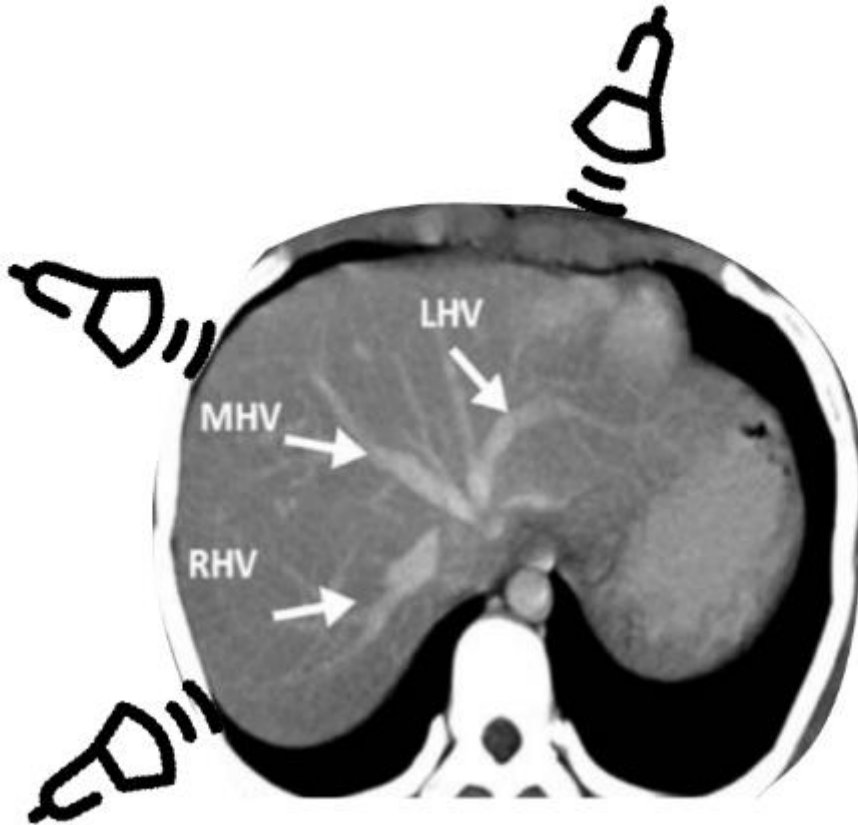


Figure 13. Disposition des veines sus-hépatiques. Figure issue de <https://www.pocus101.com/vexus-ultrasound-score-fluid-overload-and-venous-congestion-assessment/>.

1. Technique d'étude

- Deux voies d'abord (**Figure 13**) sont possibles avec la **sonde abdominale** :
 - a. Abord latéral sur ligne médio-axillaire avec marqueur pointant vers le haut. Permet d'imager dans l'axe la veine sus-hépatique droite
 - b. Sous-xiphoidien. Permet d'imager dans l'axe la veine sus-hépatique médiane.
- Les veines sus-hépatiques se jettent dans la veine cave inférieure.
- Afficher le doppler couleur en regard des veines sus-hépatiques. Il faut obtenir un tracé bleu.
- Effectuer un tir doppler (PW) sur les veines sus-hépatiques.
- Respiration calme ou demander au patient de retenir son expiration

2. Profil physiologique (Figure 14)

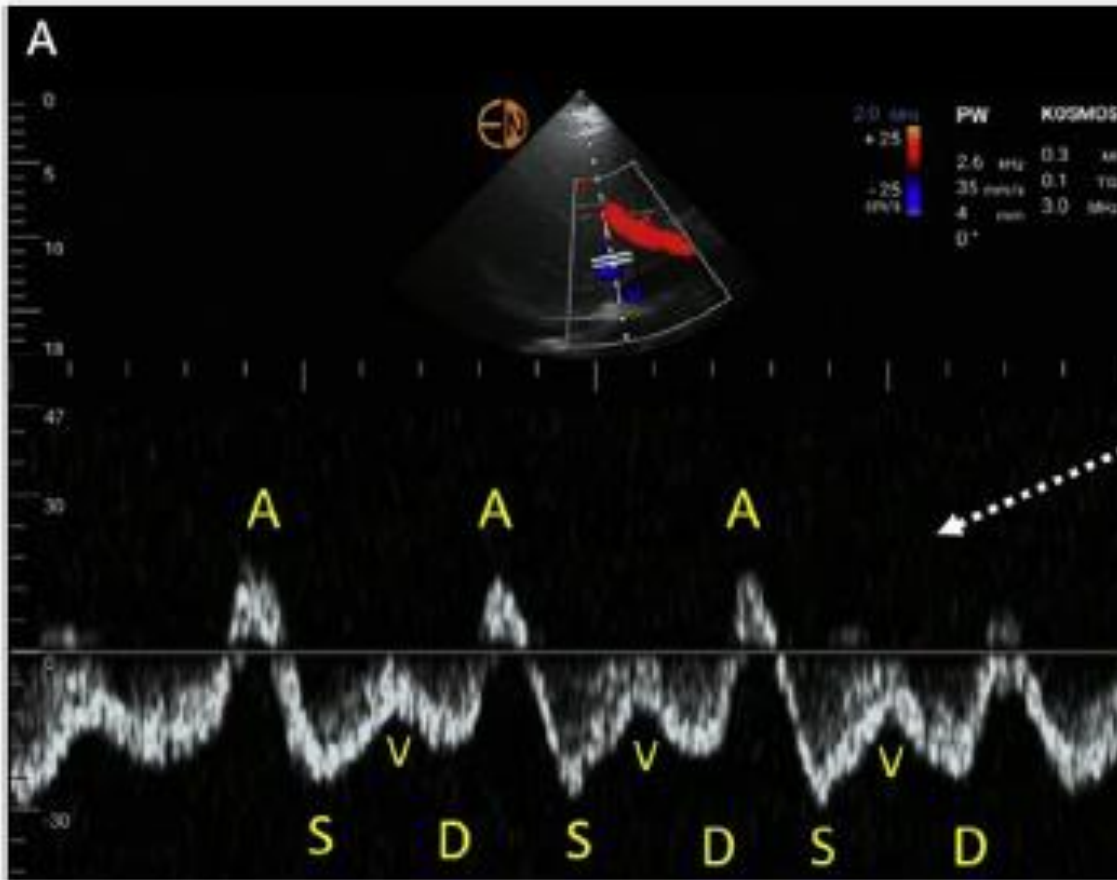


Figure 14. Aspect physiologique du doppler sus-hépatique. Issu de Koratala et Reisinger *Kidney Medicine* 2022

4 ondes physiologiques sont observées :

- **S** (comme systolique) : déflexion négative due au fait que lors de la systole ventriculaire droite, l'anneau de la valve tricuspide descend vers l'apex. Ceci engendre une succion du sang de la VCI vers l'oreillette droite. (onde R de l'ECG)
- **V** : Survient en fin de systole, lorsque l'anneau tricuspide revient à sa place, ce qui augmente la pression de l'OD. Cette onde est parfois au dessus ou en dessous de la ligne de base
- **D** (comme diastolique): Déflexion négative survenant en diastole lorsque la valve tricuspide s'ouvre. Elle représente donc le remplissage passif de l'OD. (onde T de l'ECG)
- **A** : Déflexion positive correspond à la systole auriculaire de fin de diastole (onde P de l'ECG)

Normalement, l'onde S est supérieure à l'onde D.

Attention :

- L'onde V est souvent manquante.
- L'ajout d'un tracé ECG aide à distinguer l'onde S de l'onde D. Il faut pour cela utiliser la sonde d'échocardiographie.

3. Profils pathologiques (figure 15)

- La congestion vasculaire va engendrer une augmentation de la pression de l'oreillette droite (OD).
- En conséquence, le gradient de pression hydrostatique entre les veines sus-hépatiques et l'OD diminue, **ce qui diminue l'amplitude de l'onde S.**
- **Au maximum, l'onde S peut se positiver**

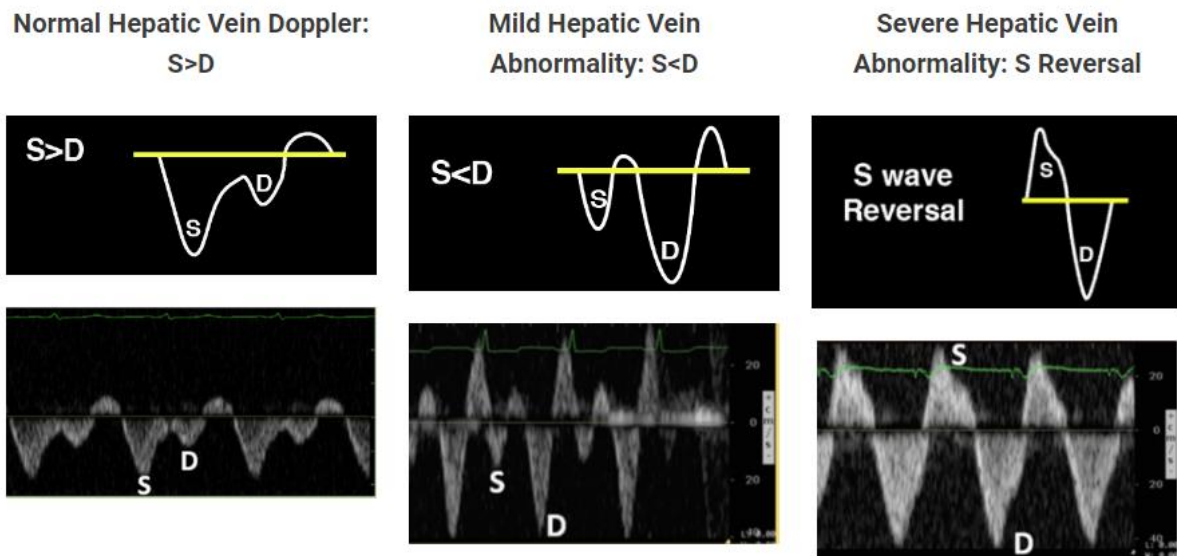


Figure 15. Profil de congestion vasculaire apprécié par le doppler sus-hépatique. Figure issue de <https://www.pocus101.com/vexus-ultrasound-score-fluid-overload-and-venous-congestion-assessment/>. L'obtention d'un tracé ECG aide grandement à l'interprétation.

4. Pièges et limites

- Il est parfois difficile de distinguer l'onde S de l'onde D : intérêt d'avoir un tracé ECG concomitant.
- Ne pas oublier de demander au patient de retenir sa respiration.
- Une insuffisance tricuspidiennne ou un cœur pulmonaire chronique ou péricardite restrictive peut engendrer une onde S < D, et donc majorer cet aspect.

5. Littérature

- L'intérêt du doppler sus-hépatique a été surtout évalué dans des études cardiologiques corrélant l'aspect S>D à l'élévation de la POD et au degré de l'insuffisance tricuspideenne.
- Surtout utilisé dans le score VEXUS, quatre articles ont étudié le lien entre IRA et doppler hépatique :
 - o Aspect S>D associé à un plus grand risque d'IRA post-chirurgie cardiaque (Beaubien-Souigny et al 2019)
 - o La positivité de l'onde S est associé au critère MAKE30 (EER, mort, creat >40% à J30) en réanimation. (Spiegel et al 2020)
 - o Deux autres études n'ont pas retrouvé de lien avec l'IRA en post-chirurgie cardiaque (Petty et al 2021) et en réanimation (Andrei et al 2023).

Doppler de la veine porte

1. Technique d'étude

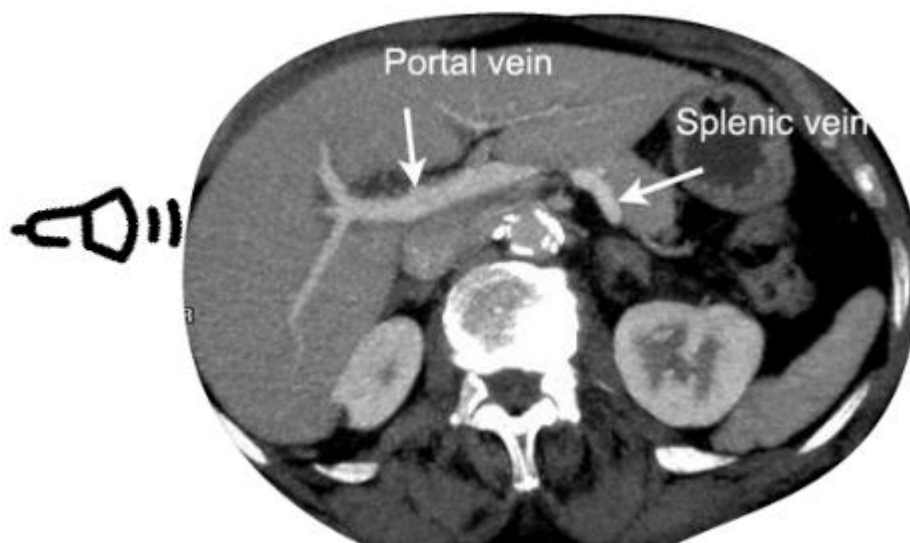


Figure 16

- Deux voies d'abord (**Figure 4**) sont possibles avec la **sonde abdominale** :
 - 1) Abord latéral sur ligne médio-axillaire avec marqueur pointant vers le haut.
 - 2) Sous-xiphoïdien.
- La veine porte est reconnaissable à ses **parois hyperéchogènes**
- La veine porte croise au-dessus de la VCI.
- En doppler couleur, la VP apparait en rouge.
- Effectuer un tir doppler (PW).

2. Profil physiologique

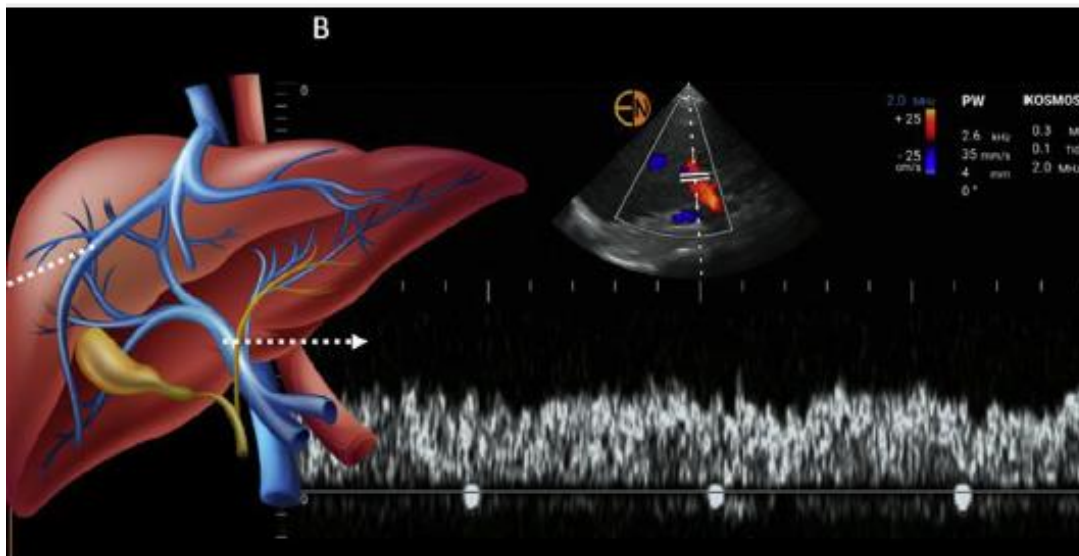


Figure 17. Aspect physiologique du doppler porte. Issu de Koratal et Reisinger. *Kidney Medicine* 2022

- Le **flux porte est continu** et est au-dessus de la ligne de base. Ce flux continu s'explique par une absence d'interdépendance entre POD et système porte à l'état physiologique (à la différence des veines sus-hépatiques qui s'abouchent dans la VCI).

3. Profil pathologique

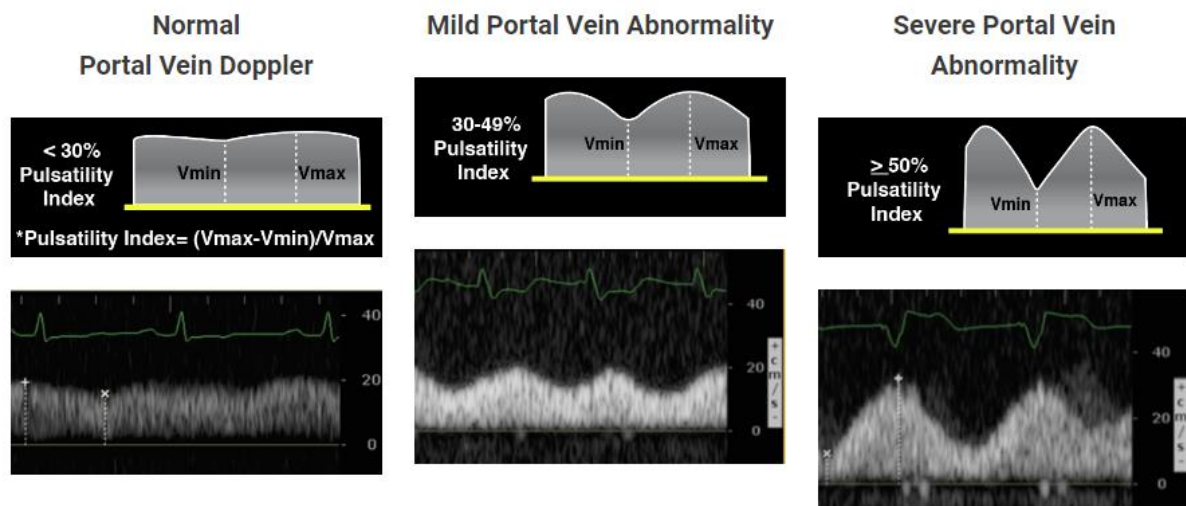


Figure 18. Aspect du flux porte en fonction du degré de congestion. Issu de <https://www.pocus101.com/vexus-ultrasound-score-fluid-overload-and-venous-congestion-assessment/>.

- L'élévation de la POD en cas de congestion va engendrer un flux porte de plus en plus pulsatile.
- L'index de pulsatilité permet de l'objectiver : $IP = (V_{max} - V_{min}) / V_{max}$

4. Pièges et limites

- Une augmentation de la pulsatilité peut s'observer chez des sujets sains avec un IMC bas.
- Les patients atteints de cirrhose peuvent avoir un flux pulsatile du fait du bloc intra-hépatique ou avoir un flux normal en dépit d'une congestion veineuse.
- L'insuffisance tricuspидienne et/ou le cœur pulmonaire chronique majorent cette pulsatilité.
- Ne pas la confondre avec l'artère hépatique qui est à proximité.

5. Littérature

- Comme pour les veines sus-hépatiques, le doppler porte a surtout été étudié dans l'insuffisance cardiaque et la chirurgie cardiaque.
- Deux études associent le degré de pulsatilité de la VP et le risque d'insuffisance rénale aiguë :
 - o Association de l'IP au critère MAKE30 (EER, mort, creat >40% à J30) en réanimation. (Spiegel et al 2020)
 - o Association de l'IP à l'IRA sévère en chirurgie cardiaque (Hermansen et al 2021).

Doppler des veines rénales interlobaires

1. Technique d'étude

- Voie d'abord sur la ligne médio-axillaire avec acquisition dans le sens de la longueur et en petit axe avec la sonde curvilinéaire.
- La veine (flux bleu) et l'artère interlobaires (flux rouge) sont proches et donc l'acquisition en doppler pulsé combine les deux ondes.
- L'acquisition débute par le doppler couleur puis par un tir en doppler pulsé.
- L'échelle du doppler doit être réglé entre 10 et 25cm/s.
- On privilégie l'étude du rein droit car les études du débit dans le rein gauche peut être altéré par l'enclavement des aisseaux dans la pince aorto-mésentérique (Fig 20).

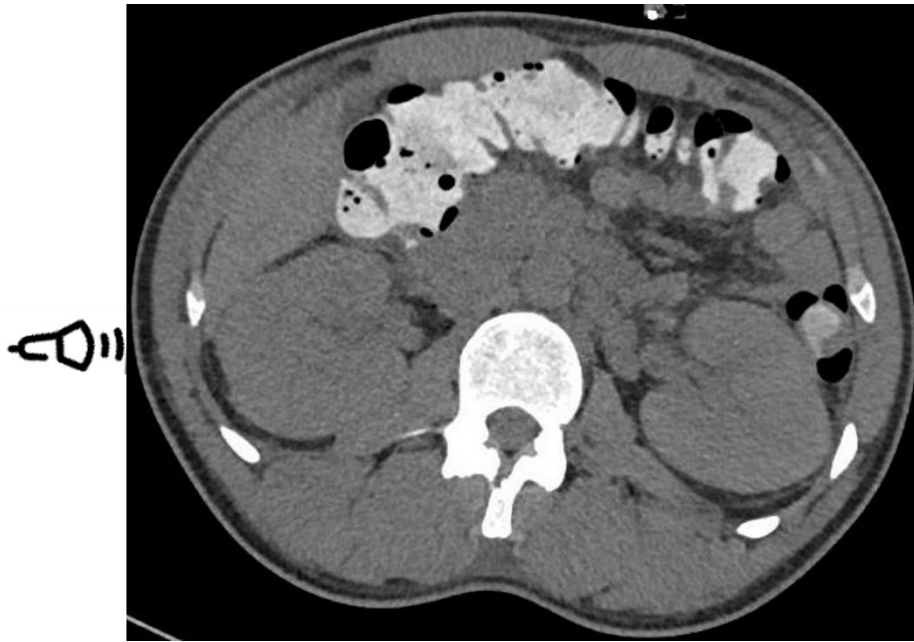


Figure 19. Positionnement de la sonde pour l'échographie des veines rénales interlobaires

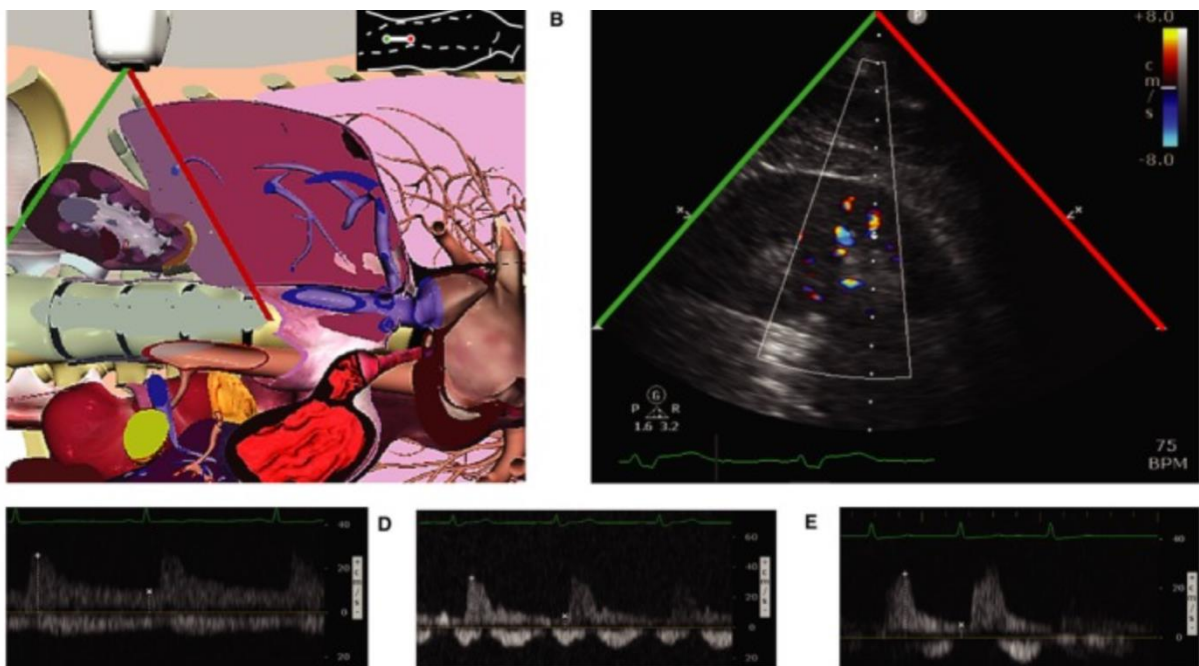


Figure 20: Positionnement de la sonde, image ultrasonore et enregistrements doppler rénal

2. Profil physiologique

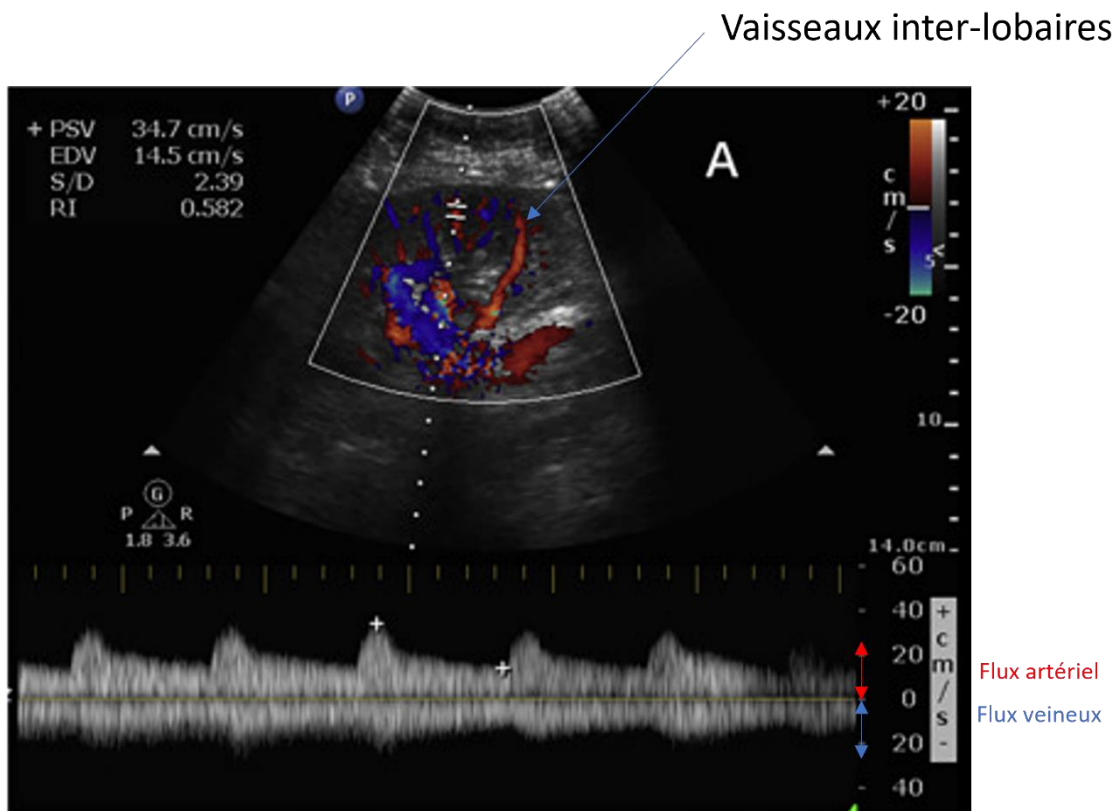


Figure 21. Echographie doppler rénal normal

- Le doppler pulsé va donner deux ondes :
 - o Au-dessus de la ligne de base : le flux artériel
 - o En dessous de la ligne de base : le flux veineux qui doit être continu à l'état basal en l'absence d'augmentation des pressions dans l'oreillette droite.

3. Profils pathologiques

En situation physiologique, le flux veineux rénal est monophasique et continu, comme le débit de la veine porte. Avec l'augmentation des pressions de l'OD et de congestion le flux doppler va devenir de plus en plus pulsatile avec l'apparition d'un flux biphasique le flux veineux rénal devient pulsatile : biphasique mais continu dans un premier temps, puis biphasique et discontinu ensuite et enfin monophasique à mesure que la congestion s'aggrave. La classification VExUS ne retient que 3 catégories (voir figure 9) selon la nature du flux : continu, biphasique et monophasique. Cela correspond au doppler sus-hépatique où l'onde S devient positive mais celle-ci est masquée par le flux artériel. Certains auteurs préconisent d'établir qui rapporte la durée pendant laquelle un flux veineux est observé à la durée d'un cycle cardiaque (4) : il s'agit de l'index de stase veineuse rénale (figure 22)

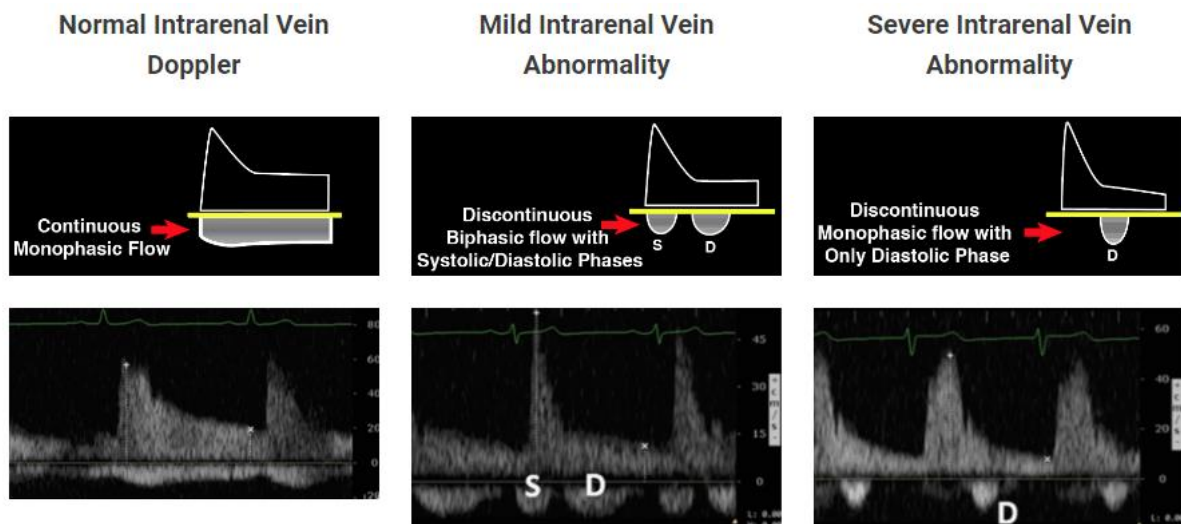


Figure 22. Profils pathologiques du doppler veineux en fonction du degré de congestion. Adapté de <https://www.pocus101.com/vexus-ultrasound-score-fluid-overload-and-venous-congestion-assessment/>.

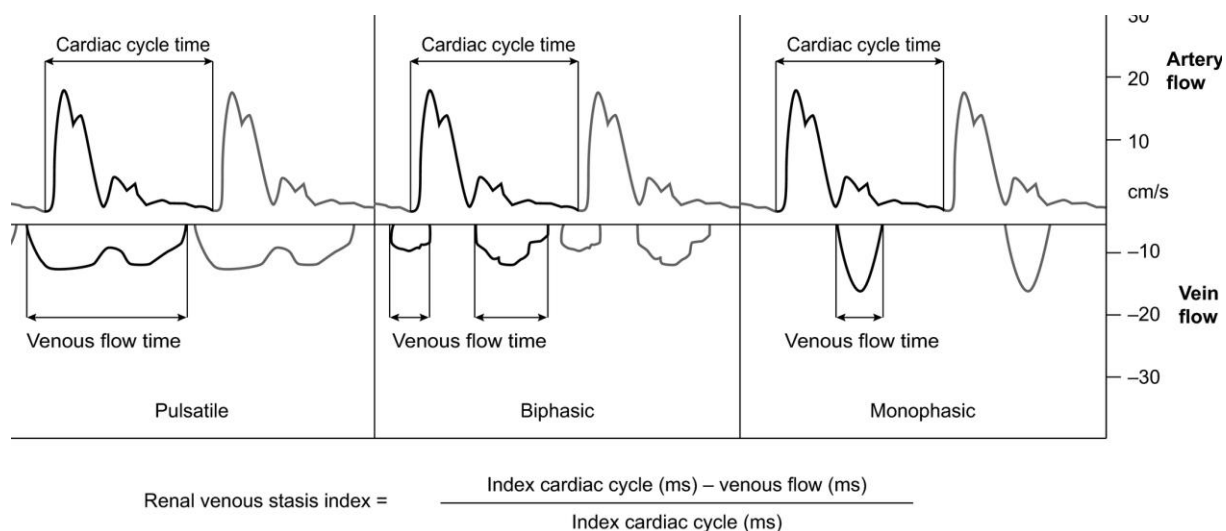


Figure22 : Détermination de l'index de stase veineuse rénale

4. Pièges et limites

- Les vaisseaux interlobulaires sont difficiles à évaluer du fait de leur faible calibre : un moyen d'améliorer la technique est de demander au patient de retenir sa respiration. A l'instar du VExUS hépatique, la modification de l'aspect du flux veineux reflète directement une modification des pressions atriales droit. L'interprétation du VExUS repose sur l'hypothèse que les pressions atriales et la volémie efficace sont corrélées : en toute rigueur le VExUS ne permet pas de faire la part entre la surcharge de pression et celle de volume
- **L'examen est difficile techniquement chez les patients insuffisants rénaux chroniques, et l'apnée est difficile à tenir chez les patients polypnéiques**
- Cette évaluation n'est pas validée chez le patient transplanté rénal et en IRC.
- Enfin ces stratégies d'évaluation volémique ont été développées pour quantifier la surcharge et non l'évaluation de l'hypovolémie.

5. Littérature

- Le doppler intra-rénal a surtout été évalué dans l'insuffisance cardiaque, en chirurgie cardiaque et en réanimation.
- Trois études se sont intéressées au profil intra-rénal et à l'IRA :
 - o En réanimation, l'interruption du flux n'est pas associée à plus d'évènement rénal à J30 (Spiegel et al ; Wiersema et al)
 - o En chirurgie cardiaque, l'interruption du flux est associée à l'IRA post-opératoire (Beaubien-Souligny et al).

6. Références

<https://www.pocus101.com/vexus-ultrasound-score-fluid-overload-and-venous-congestion-assessment/>

Abhilash Koratala and Nathaniel Reisinger, "Venous Excess Doppler Ultrasound for the Nephrologist: Pearls and Pitfalls," *Kidney Medicine* 4, no. 7 (2022): 100482, accessed June 23, 2023, <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S259005952200098X>.

Jean Deschamps et al., "Venous Doppler to Assess Congestion: A Comprehensive Review of Current Evidence and Nomenclature," *Ultrasound in Medicine & Biology* 49, no. 1 (January 2023): 3–17.

Stefan Andrei et al., "Prevalence of Systemic Venous Congestion Assessed by Venous Excess Ultrasound Grading System (VExUS) and Association with Acute Kidney Injury in a General ICU Cohort: A Prospective Multicentric Study," *Critical Care* 27, no. 1 (June 8, 2023): 224, accessed June 9, 2023, <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04524-4>.

Spiegel R, Teeter W, Sullivan S, Tupchong K, Mohammed N, Sutherland M, Leibner E, Rola P, Galvagno SM Jr, Murthi SB. The use of venous Doppler to predict adverse kidney events in a general ICU cohort. *Crit Care*. 2020 Oct 19;24(1):615. doi: 10.1186/s13054-020-03330-6. PMID: 33076961; PMCID: PMC7574322.

Beaubien-Souigny W, Benkreira A, Robillard P, Bouabdallaoui N, Chassé M, Desjardins G, Lamarche Y, White M, Bouchard J, Denault A. Alterations in Portal Vein Flow and Intrarenal Venous Flow Are Associated With Acute Kidney Injury After Cardiac Surgery: A Prospective Observational Cohort Study. *J Am Heart Assoc*. 2018 Oct 2;7(19):e009961. doi: 10.1161/JAHA.118.009961. PMID: 30371304; PMCID: PMC6404886.

Hermansen JL, Pettey G, Sørensen HT, Nel S, Tsabedze N, Hørlyck A, Chakane PM, Gammelager H, Juhl-Olsen P. Perioperative Doppler measurements of renal perfusion are associated with acute kidney injury in patients undergoing cardiac surgery. *Sci Rep*. 2021 Oct 5;11(1):19738. doi: 10.1038/s41598-021-99141-y. PMID: 34611205; PMCID: PMC8492663.

Wiersema, R., Kaufmann, T., van der Veen, H. N., de Haas, R. J., Franssen, C. F., Koeze, J., ... & SICS Study Group. (2020). Diagnostic accuracy of arterial and venous renal Doppler assessment for acute kidney injury in critically ill patients: a prospective study. *Journal of critical care*, 59, 57-62.

1. Technique d'étude :

Le patient doit être placé en décubitus dorsal, idéalement avec les bras repliés derrière la tête, ou bien en position assise. La sonde curvilinéaire d'échographie abdominale doit être privilégiée (2-5 MHz) mais une sonde d'échocardiographie est également utilisable (1). La sonde est placée perpendiculaire à la paroi thoracique (2). On tend à privilégier une segmentation thoracique systématique suivant des repères simples et symétriques (Figure 1), plutôt qu'une segmentation anatomique. On décrit une étude selon 4 X 2 quadrants ou 2 X 3 lignes (Figure 23). Aucune étude doppler n'est utile.

2. Objectif :

Semi-quantification de la congestion veineuse pulmonaire en détectant la présence et le nombre de lignes B. Il s'agit d'artefacts verticaux mobiles, fugaces et hyperéchogènes d'où le terme de « queues de comète », correspondant à la réflexion d'onde d'ultrasons sur les septas pulmonaires gorgés de liquide.

3. Profil physiologique/pathologique & interprétation :

L'examen d'une plèvre normale est marquée par la détection de lignes A qui sont la signature échographique d'une plèvre normale. L'absence de lignes A peut faire évoquer la présence d'un pneumothorax. Par ailleurs, la présence d'une image de condensation pulmonaire (poumon « hépatisé ») évoque une atélectasie pulmonaire ou une condensation alvéolaire importante (ex : pneumonie lobaire). La présence de ligne B traduit une surcharge interstitielle, à l'instar des lignes B de Kerley à la radiographie de Thorax. Elles sont typiquement diffuses plutôt que focales. Si l'existence d'une ligne B isolée peut être bénigne la détection de > 2 lignes B est toujours pathologique(1). Leur nombre est corrélée au degré de congestion veineuse. Ainsi, un tableau d'œdème pulmonaire est évoqué lorsque sont réunis, de lignes B multiples (> 2 lignes B dans un champs d'échographie) diffuses (dans

plusieurs champs d'échographie) et bilatérales (dans les 2 poumons). A mesure que l'état de surcharge s'aggrave, les lignes B peuvent confluer pour donner un aspect en feuillet (Figure 25). Elles sont réputées très « dynamiques », augmentant et régressant selon l'état clinique de surcharge du patient, faisant de cette technique un bon outil de monitoring (3,4).

4. Pièges & limites :

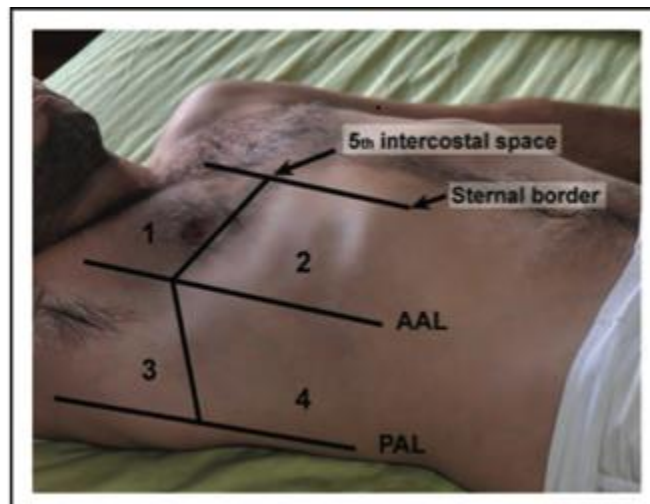
La quantification de lignes B ne fait pas partie intégrante du score Vexus. La présence de lignes B n'est pas spécifique de surcharge cardiaque gauche. Les autres causes de pneumonie interstitielle peuvent se traduire par des lignes B diffuses (pneumonie interstitielle, fibrose pulmonaire). La présence de lignes B en territoire peri-hilaire est évocateur d'un œdème pulmonaire cardiogénique. La présence de lignes B focales doit faire rechercher d'autres causes anomalies pleurales ou parenchymateuses (maladie pleurale, néoplasie, atélectasie, SDRA, pneumonie et infarctus pulmonaire). Les bases physiques et anatomiques des lignes B ne sont pas connues avec précision (5).

5. Données de la littérature :

La reproductibilité de l'examen entre différents examinateurs est très satisfaisante (6). La recherche de ligne B a été intégrée dans plusieurs recommandations de société savante. La mise en évidence de ligne B est bien corrélée avec les paramètres écho cardiographiques indicatifs de surcharge et la PAPo mesurée par cathétérisme de Swan Ganz (2,7). La technique de référence consiste à dénombrer le nombre de lignes B sur les 28 régions intercostales bilatérales entre 0 et 10 par région. On obtient donc un score sur 280 sur l'ensemble du thorax. Un score < 5 correspond à l'absence d'œdème pulmonaire, entre 5 et 15 à un œdème pulmonaire léger, entre 15 et 30 à un œdème modéré, >30 à un œdème sévère. Des protocoles d'évaluation simplifiés sur 4 à 8 régions semblent également efficaces, chez les patients en hémodialyse chronique. La prise en main de la technique est rapide au point où il a été envisagé de faire réaliser l'échographie pleurale par les patients eux-mêmes (8). Cette étude a été menée en hémodialyse chronique, ou la détection de

lignes B a été validée dans plusieurs reprises comme étant bien corrélée au degré de surcharge vasculaire (9). Dans ce contexte les lignes B se sont relevées plus discriminantes quant à l'existence d'une surcharge cardiaque que l'auscultation pulmonaire ou la recherche d'œdèmes des membres inférieurs (10). La recherche de lignes B a été également étudiée en soins critiques ou il a été montré que leur détection prédisait l'existence d'une surcharge cardiovasculaire avec une très bonne sensibilité et spécificité (Se et Sp > 95%)(11). Il a été montré que la présence résiduelle de nombreuses lignes B (> 30) à la sortie d'hôpital étaient associées à des complications (ré-hospitalisation et mortalité) (12).

Figure 23: segmentation thoracique



On distingue 2 X 4 quadrants suivant les lignes

- 5^e espace intercostal (horizontale)
- Ligne sternale (verticale, la plus médiale)
- Ligne axillaire antérieure (verticale, AAL)
- Ligne axillaire postérieure (verticale, PAL)

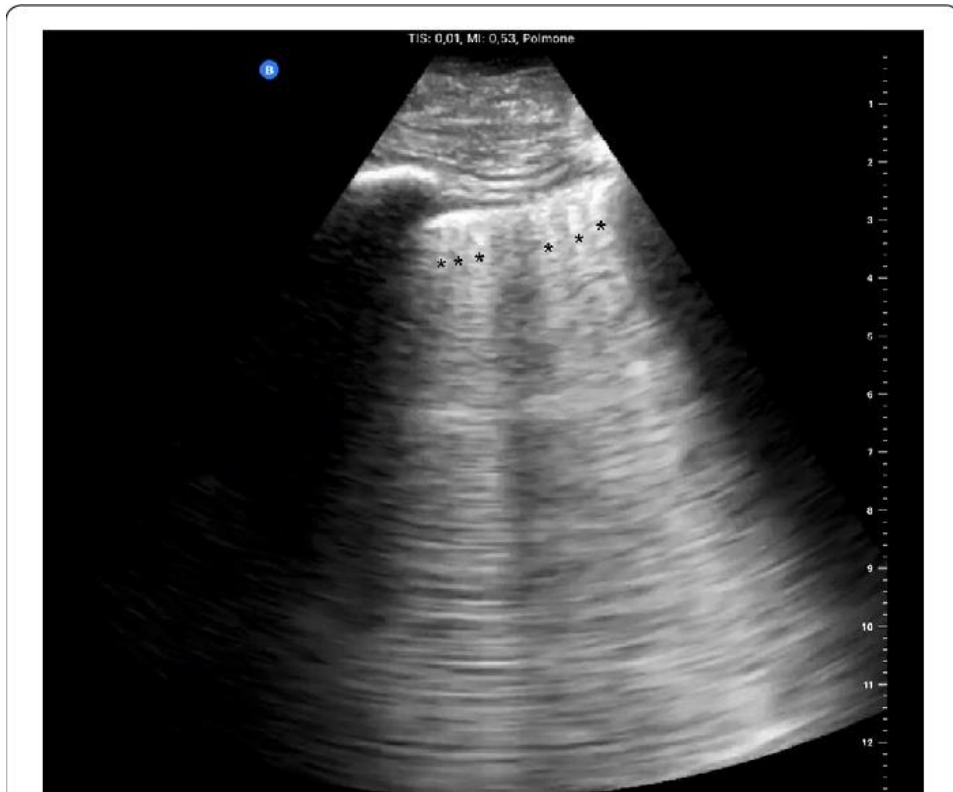


Figure 25: Lignes B confluentes en feuillets

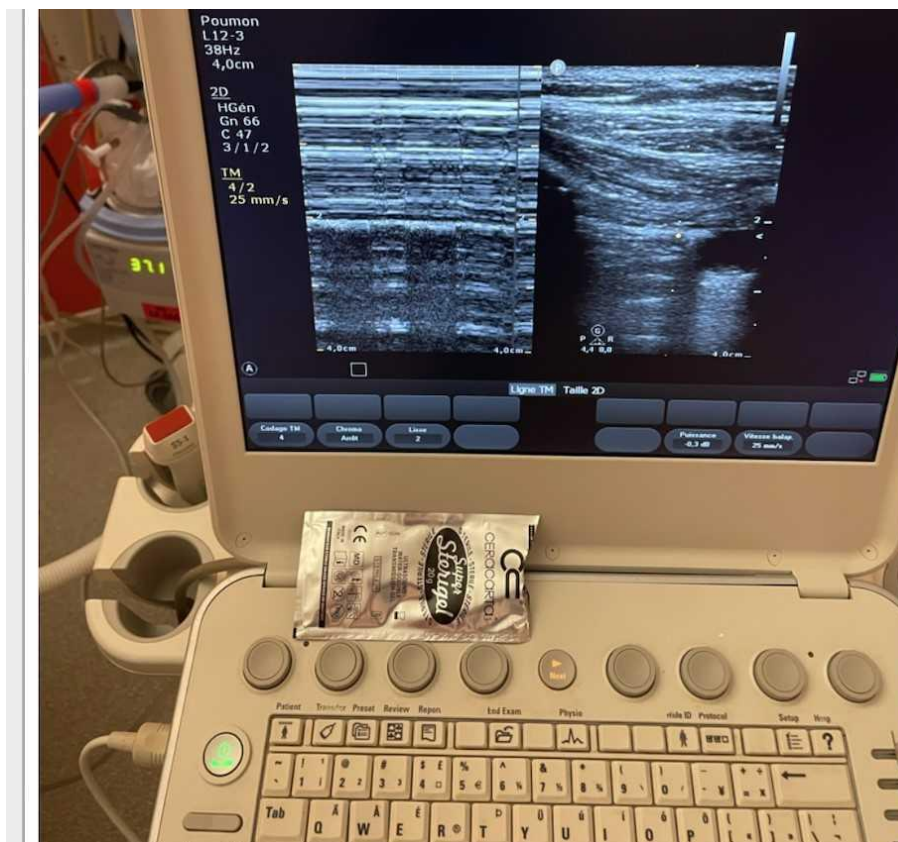


Figure 26 : Pneumothorax

--Bibliographie et liens

1. Stassen J, Bax JJ. How to do lung ultrasound. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 1 avr 2022;23(4):447-9.
2. Picano E, Scali MC, Ciampi Q, Lichtenstein D. Lung Ultrasound for the Cardiologist. *JACC: Cardiovascular Imaging*. nov 2018;11(11):1692-705.
3. Gargani L. Lung ultrasound: a new tool for the cardiologist. *Cardiovasc Ultrasound*. 27 févr 2011;9(1):6.
4. Platz E, Merz AA, Jhund PS, Vazir A, Campbell R, McMurray JJ. Dynamic changes and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in acute and chronic heart failure: a systematic review. *European Journal of Heart Failure*. 2017;19(9):1154-63.
5. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*. avr 2012;38(4):577-91.
6. Miglioranza MH, Picano E, Badano LP, Sant'Anna R, Rover M, Zaffaroni F, et al. Pulmonary congestion evaluated by lung ultrasound predicts decompensation in heart failure outpatients. *International Journal of Cardiology*. 1 août 2017;240:271-8.
7. Lichtenstein DA, Mezière GA, Lagoueyte JF, Biderman P, Goldstein I, Gepner A. A-lines and B-lines: lung ultrasound as a bedside tool for predicting pulmonary artery occlusion pressure in the critically ill. *Chest*. oct 2009;136(4):1014-20.
8. Schneider E, Maimon N, Hasidim A, Shnaider A, Migliozi G, Haviv YS, et al. Can Dialysis Patients Identify and Diagnose Pulmonary Congestion Using Self-Lung Ultrasound? *Journal of Clinical Medicine*. janv 2023;12(11):3829.
9. Beaubien-Souligny W, Rhéaume M, Blondin MC, El-Barnachawy S, Fortier A, Éthier J, et al. A Simplified Approach to Extravascular Lung Water Assessment Using Point-of-Care Ultrasound in Patients with End-Stage Chronic Renal Failure Undergoing Hemodialysis. *Blood Purif*. 2018;45(1-3):79-87.
10. Torino C, Gargani L, Sicari R, Letachowicz K, Ekart R, Fliser D, et al. The Agreement between Auscultation and Lung Ultrasound in Hemodialysis Patients: The LUST Study. *Clin J Am Soc Nephrol*. 7 nov 2016;11(11):2005-11.
11. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. *Annals of Intensive Care*. 9 janv 2014;4(1):1.
12. Coiro S, Rossignol P, Ambrosio G, Carluccio E, Alunni G, Murrone A, et al. Prognostic value of residual pulmonary congestion at discharge assessed by lung ultrasound imaging in heart failure. *European Journal of Heart Failure*. 2015;17(11):1172-81.

<https://www.pocus101.com/lung-ultrasound-made-easy-step-by-step-guide/https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.7863/jum.2013.32.1.165>

Echographie rénale

1. Positionnement du patient

Comme pour les autres sites anatomiques d'étude VExUSs, la sonde curvilinéaire d'échographie abdominale doit être privilégiée (2-5 MHz). Le positionnement en décubitus ventral du patient, idéal pour l'étude morphologique et doppler des reins n'est pas toujours praticable. En décubitus dorsal, la sonde peut être placée sur la ligne axillaire.

2. Objectif de l'échographie rénale

a. Dater l'insuffisance rénale :

- Taille des reins
- Différenciation cortico-médullaires
- Epaisseur corticale

Limites : Plusieurs causes d'IRC à rein de taille conservée : Diabète+++, amylose

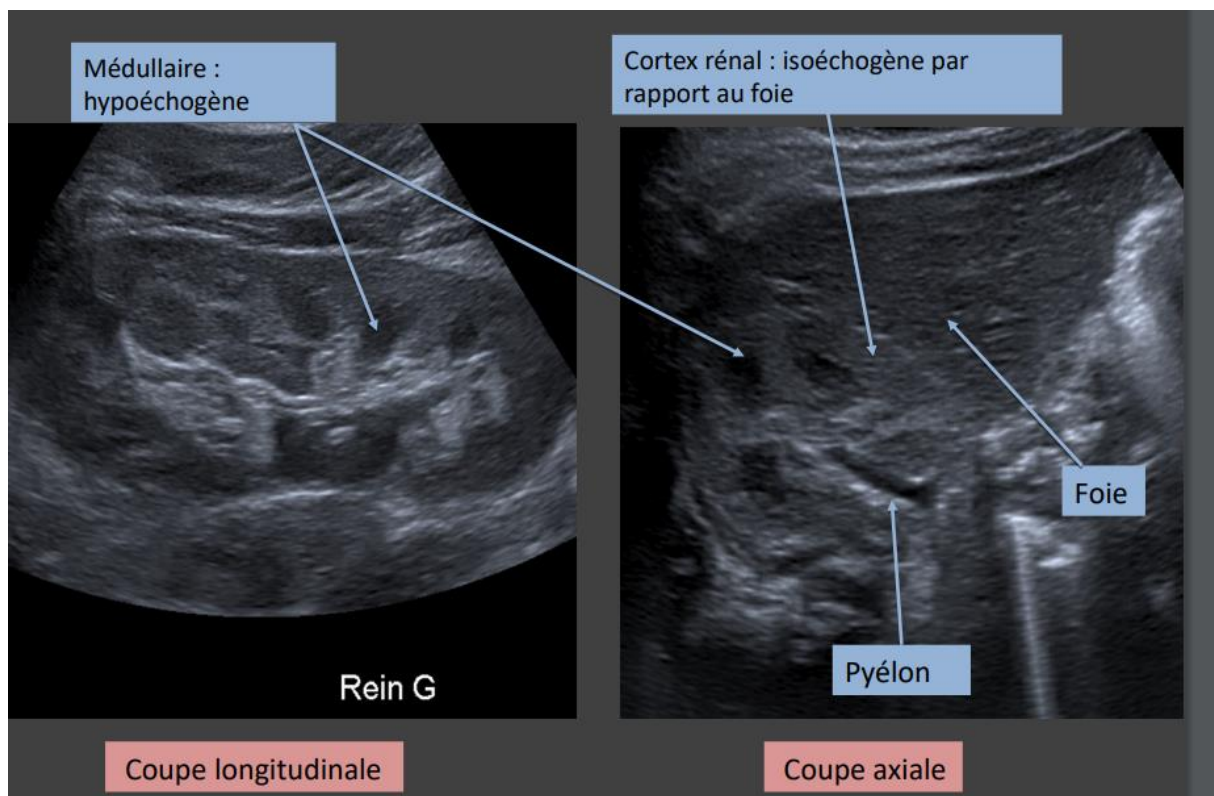


Figure 27 : échographie rénale normale

b. Rechercher une obstruction (Fig 28-29)

Rechercher une dilatation des cavités pyélocalicielles

Attention l'absence de dilatation n'élimine pas l'obstruction notamment chez les patients très hypovolémiques ou ayant une fibrose rétropéritonéale. Répéter l'examen après correction volémique si persistance d'un doute (28B)

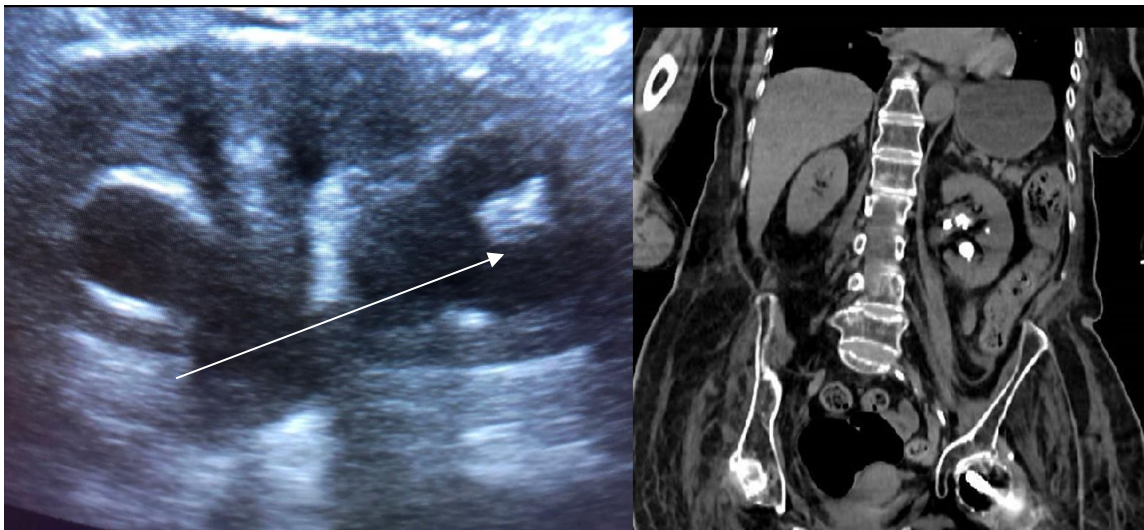
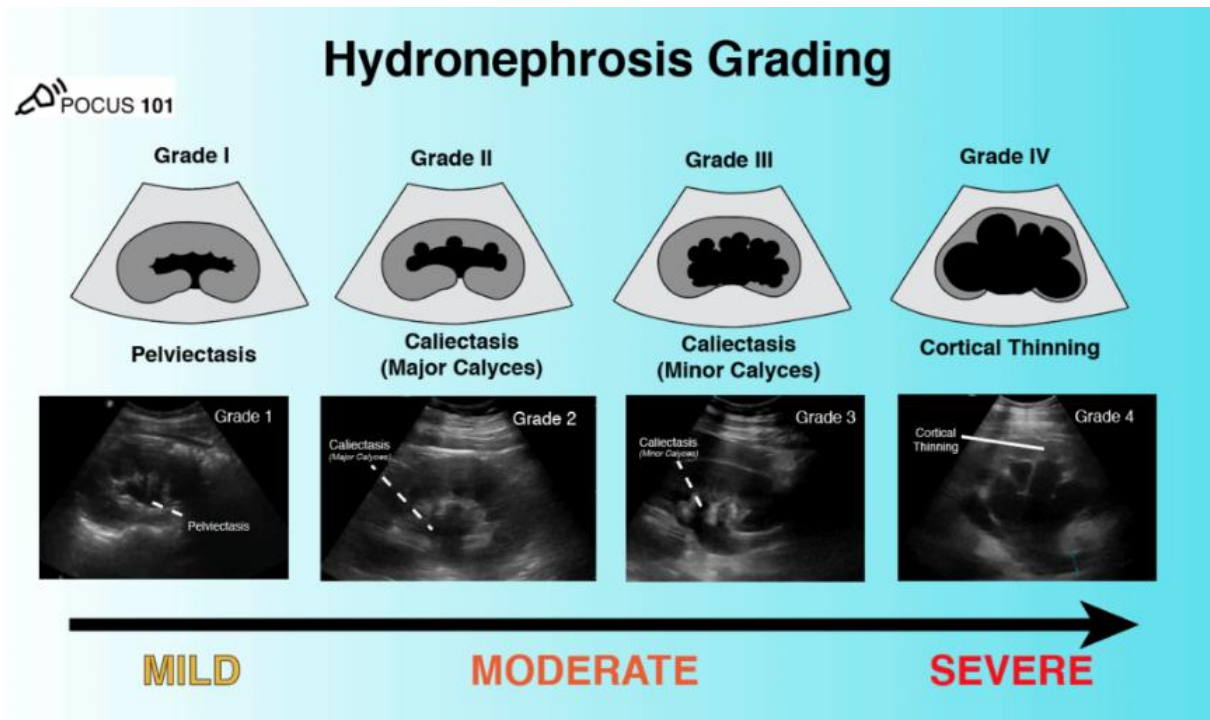


Figure 28 A: Pyélonéphrite obstructive. Dilatation des cavités pyélocalicielles du rein gauche. Visualisation d'un calcul enclavé dans les cavités pyélocalicielles

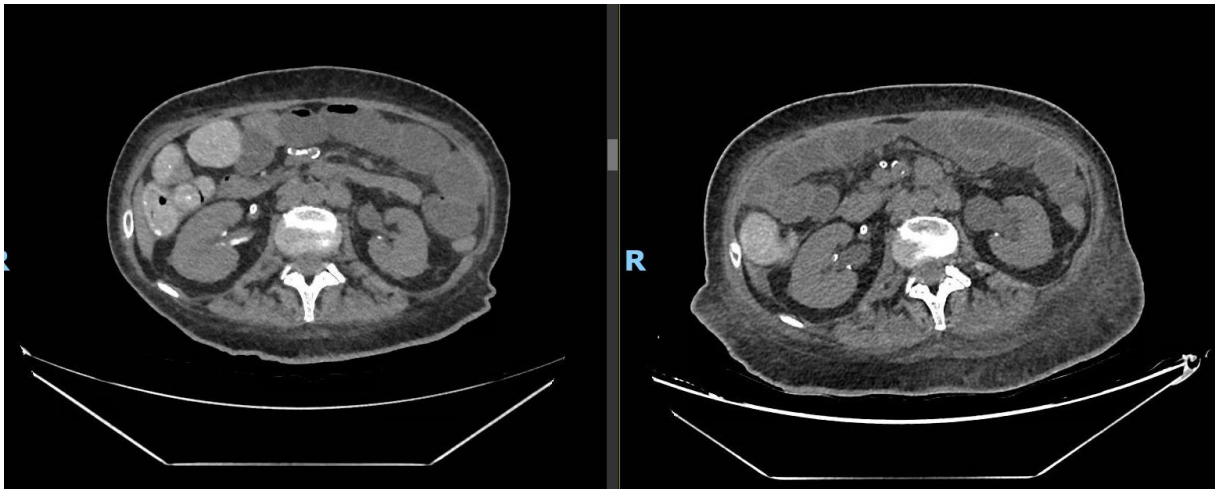


Figure 28 B: Patiente hospitalisée pour IRA sur hypovolémie. Doute sur part obstructive initiale (Image de gauche). Réévaluation scanner (image de droite) après réhydratation retrouvant l'apparition/majoration de la dilatation des cavités pyélocalicielles



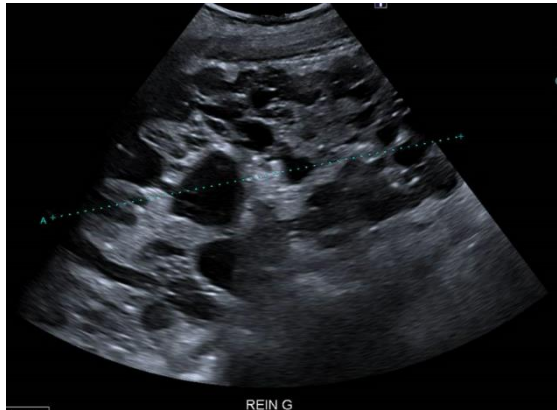
Figure 29 : Dilatation du pyélon en amont d'une sonde JJ

c. Rechercher des anomalies parenchymateuses

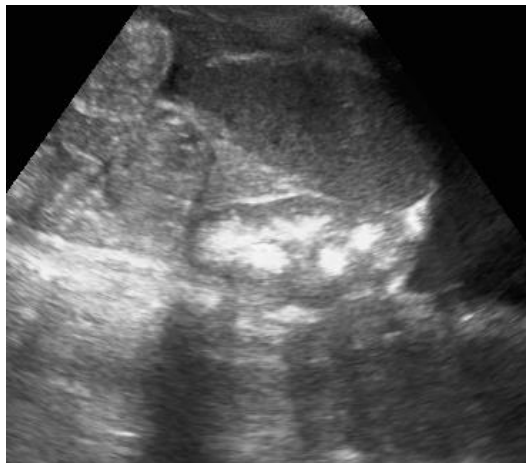
Plusieurs anomalies du parenchyme rénal en échographie peuvent orienter vers la cause de l'insuffisance rénale.

Quelques exemples :

- Kystes



- Micro-calcifications



- Hyper-échogénicité du cortex



d. Recherche globe vésical ou d'une Obstruction de sonde urinaire

L'échographie vésicale permet de détecter :

- Un globe urinaire
- Le bon positionnement de la sonde urinaire dans la vessie
- Une obstruction de sonde urinaire, devant être systématiquement recherchée chez un patient anurique sondé (Fig 30).

A noter : la vessie vide a une forme triangulaire tandis que la vessie pleine à une forme arrondie. Il est possible de mesurer le volume intra vésical : (Hauteur(cm) x largeur (cm x diamètre antéro-postérieur(cm)) / 2

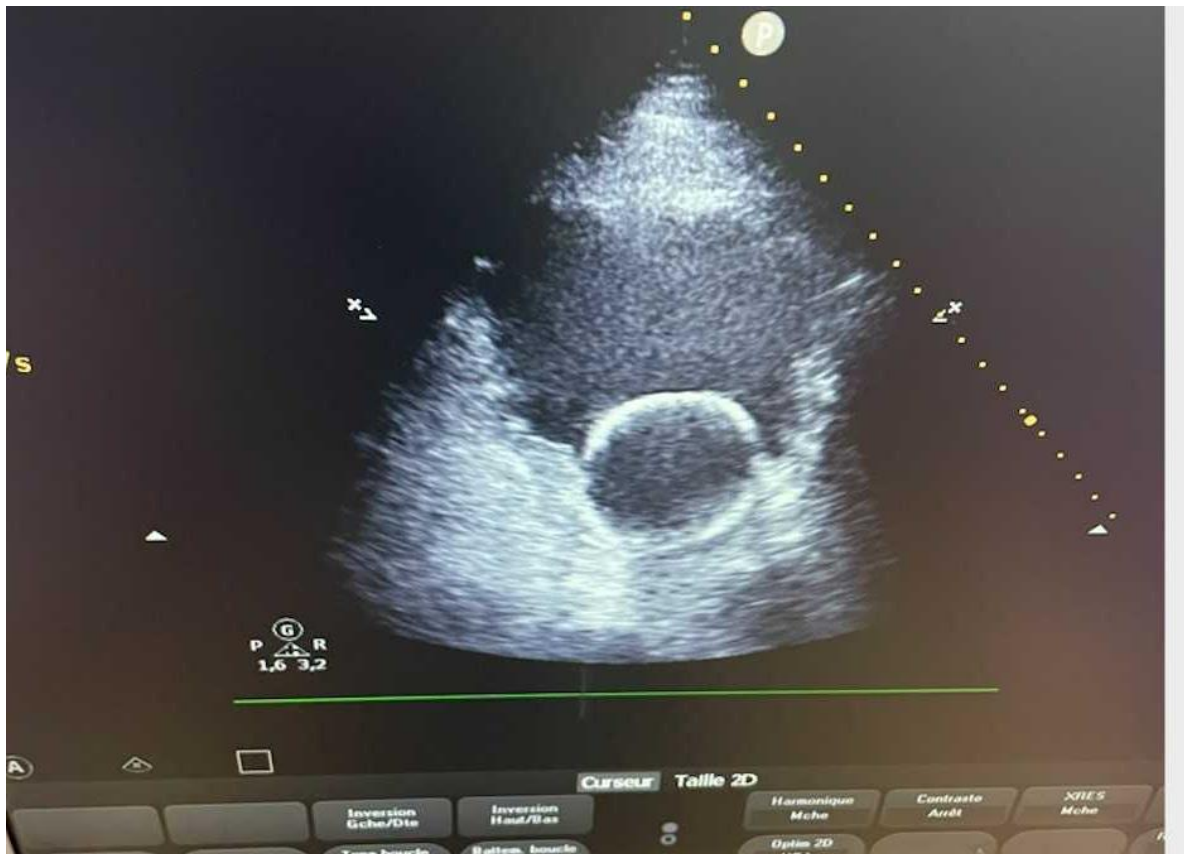


Figure 30 : Ballonnet de sonde urinaire intra vésicale. Vessie non vide : sonde urinaire bouchée

e. Repérage échographique avant PBR

Le repérage des reins avant biopsie rénale est systématique et permet d'anticiper des difficultés anatomiques avant la PBR : Distance entre la peau et le rein, présence de kystes, repérage doppler des vaisseaux rénaux.

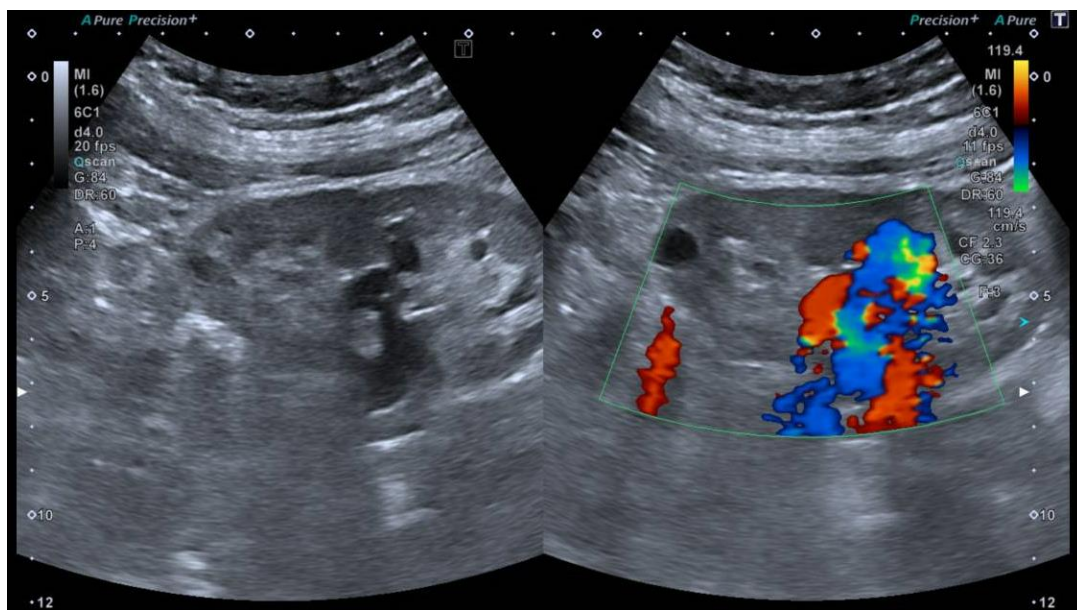
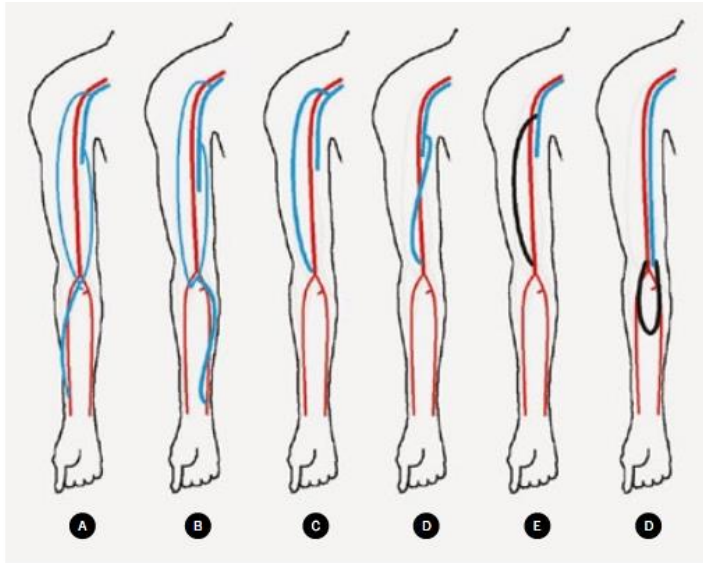


Figure 31 : Echographie pré-biopsie : volumineuse MAV du rein gauche sur une ancienne biopsie

Echographie doppler de Fistule artérioveineuse

A noter : brachiale = humérale ; ulnaire = cubitale



Les différentes FAV (source : lettre du Médecin vasculaire)

- A : radio-céphalique à l'avant-bras,
- B : ulno-basilique à l'avant-bras,
- C : brachio-céphalique au coude,
- D : brachio-basilique superficialisé au coude (la chirurgie de superficialisation permet aussi de translater la veine vers la face antérieure du bras),
- E : pontage prothétique brachio-axillaire,
- F : pontage prothétique brachio-brachial en boucle (loop).

1. Déroulement pratique d'un examen de FAV

a. Examen clinique de FAV :

- i. Montage chirurgical – état cutané points ponction – variation calibre
- ii. Bon thrill qui diminue en s'éloignant de l'anastomose
- iii. Vidange veineuse à l'épreuve de levée bras
- iv. Absence œdème bras ou main
- v. En dialyse : temps saignement, PA et PV

b. Echo-doppler FAV sonde superficielle/vasculaire (3 à 12 Hz)

- i. **Visualiser l'anastomose** : vérifier perméabilité (*mode B + doppler couleur*)
- ii. **Suivre la veine de drainage** sur tout son trajet jusqu'en axillaire :
- iii. Quel tronçon est ponctionnable ? diamètre et profondeur veine (*mode B*)
- iv. Complications ? sténose, thrombose veineuse (*mode B, doppler couleur +/- pulsé*)

Attention à ne pas appuyer sur la veine, ce qui diminue le calibre et donne image sténose

c. Débit de FAV et IR au niveau artère brachiale (quel que soit FAV) (*mode B +d pulsé*)

2. Fistule Normale - Règle des 6 :

Pour permettre une dialyse dans de bonnes conditions, à 6 semaines de sa création :

≥ 6 mm de diamètre minimum de la veine de drainage

≤ 6 mm de profondeur de la veine de drainage à l'endroit où la ponction est prévue

≥ 600 mL/min de débit

3. Mesure du débit de Fistule : ml/min selon la formule suivante : Vitesse X surface X 60

Se mesure sur l'artère brachiale quelque soit le niveau de la FAV.

Se positionner à la face interne du bras, à partir du milieu du biceps et plus proximal, « dérouler » l'artère pour obtenir un tronçon rectiligne. *Le tronçon ne doit pas être strictement parallèle à la sonde. Penser à corriger l'angle de tir doppler et bien mettre la fenêtre de tir au centre de l'artère.*

Mesurer le diamètre de l'artère au niveau du tir doppler.

Mesurer la vitesse moyenne en doppler pulsé sur plusieurs cycles cardiaques.

Si les calculs débit et IR n'est pas disponible, contactez l'ingénieur d'application ou représentant de votre appareil pour les faire ajouter.

Débit normal : FAV radiale 500 à 800 mL/min ; FAV brachiale 800 à 1200 mL/min

4. Fistule pathologique

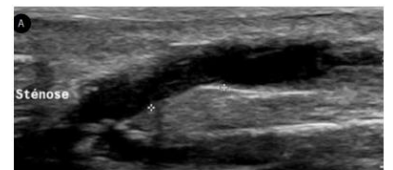
Hyperdébit de FAV > 1500mL/min

L'hyperdébit peut entrainer une décompensation cardiaque et un vol vasculaire d'aval.

Hypodébit de FAV < 500 mL/min

Dialyse moins efficace (baisse KT/V) et favorise les thromboses.

Rechercher sténose / thrombose artérielle ou veineuse en amont de la ponction.



Hyperplasie myo-intimale

Sténose veineuse : *clinique diffère selon localisation sténose par rapport ponction*

- **Analyse visuelle** de la veine de drainage post-anastomotique jusqu'en axillaire : **diminution du diamètre** de la veine par hyperplasie myo-intimale, compression extrinsèque par hématome, hypertrophie valvule veineuse, invagination

- **Doppler** : flux turbulent et rapide au niveau de la sténose

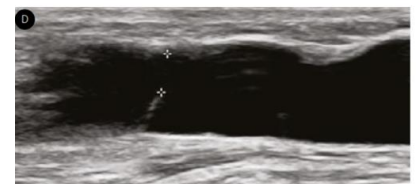
-> **aliasing** en doppler couleur alors que l'échelle des vitesses est au maximum

-> **augmentation des vitesses** en doppler pulsé avec pic systolique > 5m/s

Ratio Vmax au niveau sténose/Vmax d'amont pour juger degré sténose

Au niveau anastomose, les flux sont turbulents et peuvent atteindre >5m/s sans sténose

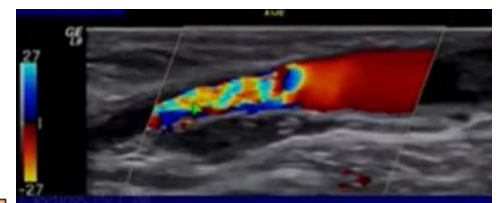
IR > 0.7 au niveau artère brachiale



Valvule calcifiée



Hématome veine drainage



Aliasing

	Sténose > 50%	Sténose > 75%
VS max	≥ 5 m/s	
Ratio VS max (Vmax sténose/Vmax amont)	≥ 2	≥ 3
Diamètre	Haut risque dysfonctionnement < 3 mm	

A noter : Hyperdébit majore les paramètres hémodynamiques d'une sténose en y ajoutant part fonctionnelle. Corriger sténose serrée sur FAV en hyperdébit, risque de majorer hyperdébit.

Sténose artérielle

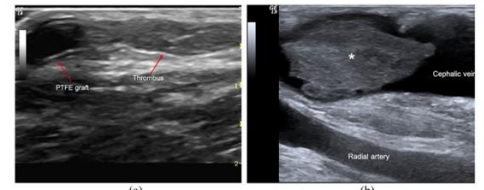
Pas de valeur seuil diagnostique. Certaines équipes utilisent ratio VS max, identique à la veine drainage.

Thromboses : FAV inutilisable -> fistulographie / chir vasc en urgence

- Analyse visuelle : **matériel hyperéchogène intravasculaire**

- Doppler : **absence de flux** en doppler couleur

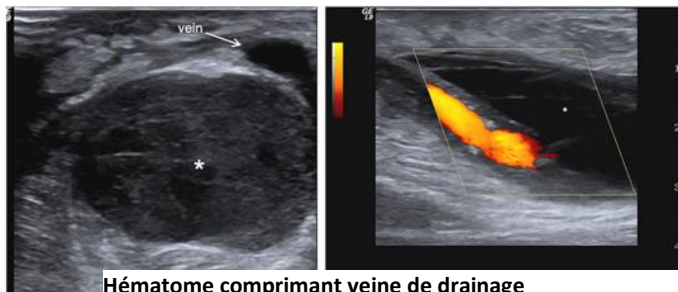
IR > 0.7 au niveau artère brachiale, voire à 1 si thrombose totale



Thrombose veine drainage

Hématome : impose mise au repos FAV

Matériel hétérogène extravasculaire (hyperéchogène +/- anéchogène si frais), en continuité avec paroi vasculaire



Hématome comprimant veine de drainage

Présentation clinique selon localisation sténose veine de drainage :

	LOCALISATION STÉNOSE VEINEUSE	AMONT DES POINTS DE PONCTION	ENTRE LES POINTS DE PONCTION	AVAL DES POINTS DE PONCTION
	TYPE DE TABLEAU	HYPODÉBIT		HYPERPRESSION VEINEUSE
HORS DIALYSE	PALPATION	Veine plate/molle	Veine tendue jusqu'au point de ponction artériel	Veine tendue et pulsatile tout le long du trajet
			Veine molle à partir du point de ponction veineux	Progression lente des anévrysmes
				+/- œdème de la main
	ELÉVATION DU BRAS	Vidange complète	Pas de vidange en amont de la sténose, vidange complète en aval	Pas de vidange
EN DIALYSE	PONCTION DE LA VEINE	Difficile	Normale	Facile
	DÉBIT	Abaissé	Normal ou abaissé	Normal ou abaissé
	PA*	Elevée	Normale ou abaissée	Abaissée
	PV	Abaissée	Normale ou abaissée	Elevée
	TAUX DE RECIRCULATION	Elevé	Normal	Elevé
	EFFICACITÉ DE DIALYSE	Abaissée	Normale ou abaissée	Normale
	TEMPS DE COMPRESSION	Normal	Normal (ou élevé au point artériel)	Elevé

Tableau 1 : Tableaux cliniques en fonction de la localisation de la sténose veineuse (PA : pression dans l'aiguille artérielle, PV : pression dans l'aiguille veineuse). * La PA est un paramètre négatif qui traduit la résistance à l'aspiration.

Texte type d'examen de la Fistule Artério-Veineuse

Cliniquement :

Fistule artério-veineuse huméro/radio-céphalique / huméro/ulno-basilique droite/gauche.
 Thrill perçu jusqu'à XX cm post-anastomotique, diminuant à distance de l'anastomose. Bonne vidange de la veine à l'épreuve de levée de bras.

Variations de calibre :

Etat cutané des points de ponction : (érythème, nécrose, ecchymose, hématome)

Pas d'augmentation du temps de saignement post-ponction à l'interrogatoire.

PA et PV de dialyse non augmentés.

Échographie de FAV :

Anastomose artério-veineuse visualisée, sans particularité.

Pas de thrombus visualisé sur la veine de drainage.

Pas de sténose veineuse significative visualisée jusqu'en axillaire.

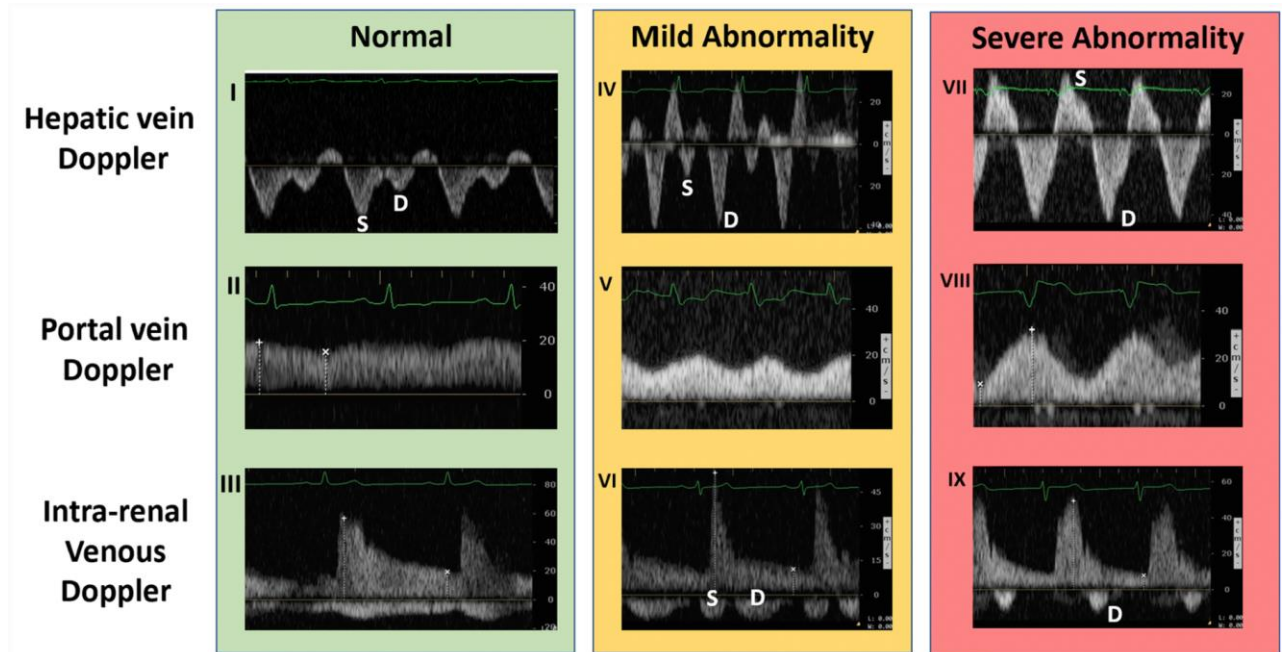
IR à XX. (N<0.7)

Débit à XX ml/min (moyenné sur 3 mesures). (N : radiale 500-800 mL/min, brachiale 800-1200 mL/min)

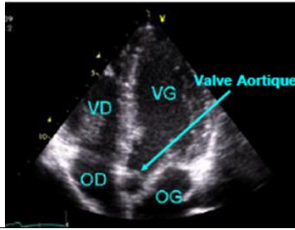
Bibliographie

1. Meola M, Marciello A, Di Salle G, Petrucci I. Ultrasound evaluation of access complications: Thrombosis, aneurysms, pseudoaneurysms and infections. J Vasc Access. nov 2021;22(1_suppl):71-83.
2. La Lettre du Médecin Vasculaire n°40 - Septembre 2017 – Fabrice ABBADIE

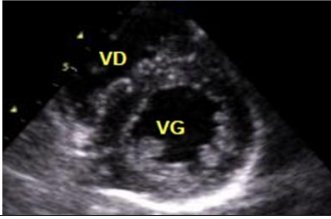
Schémas récapitulatifs



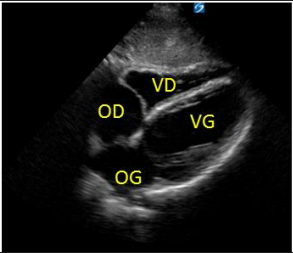
Flux doppler hépatiques et rénal physiologiques et pathologiques



Estimation visuelle FEVG, cinétique segmentaire
 Mesure de l'ITV ssAo
 Evaluation des pressions de remplissage
 Evaluation visuelle de la VM, et de la VT (fuite, élément végétant, calcification)
 Recherche dilatation VD, septum paradoxal
 Estimation de la PAPS
 péricarde



Estimation visuelle FEVG, cinétique segmentaire VG++
 Cœur pulmonaire
 Péricarde
 Evaluation visuelle de la valve aortique et mitrale

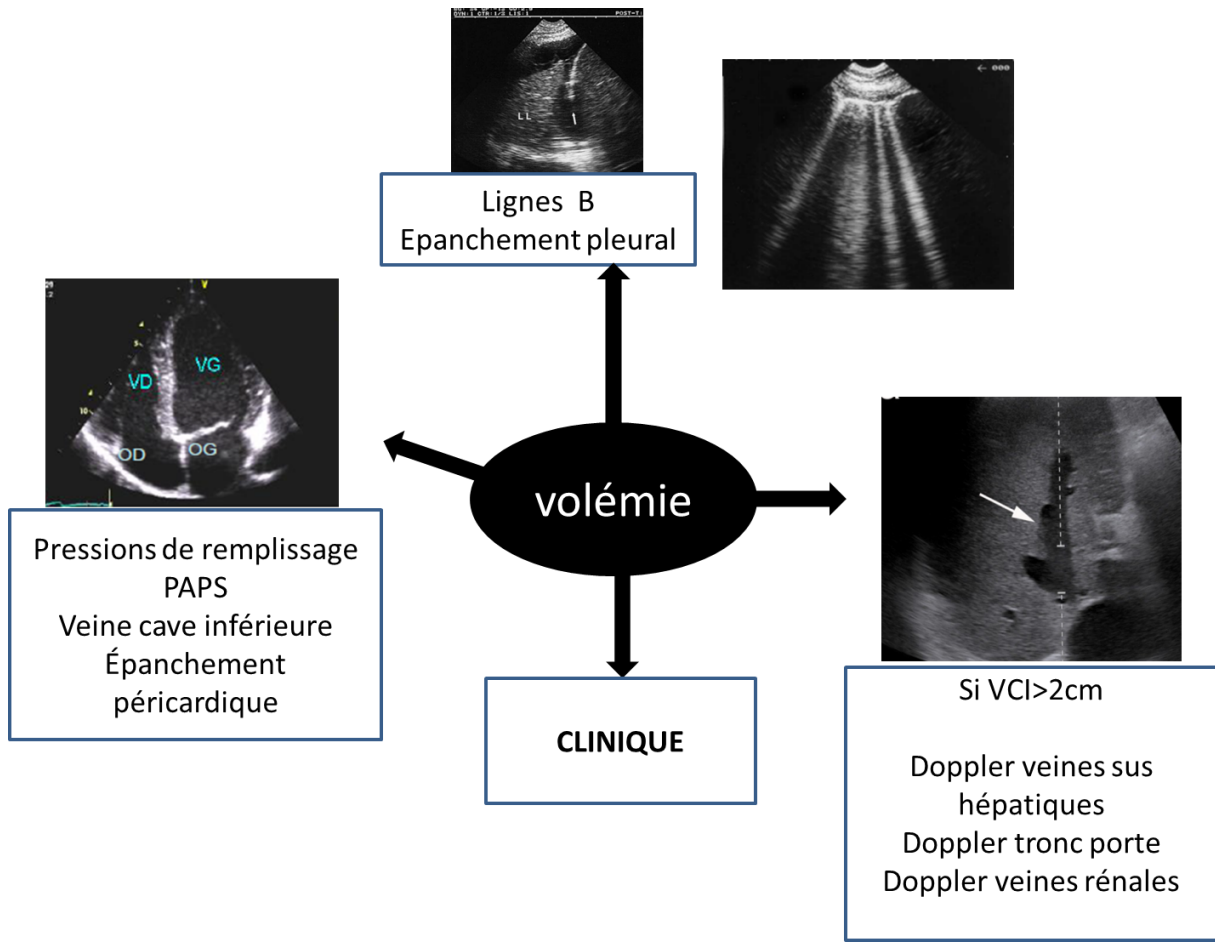


Fonction VG visuelle, cinétique segmentaire VG
 Evaluation visuelle de la VM, et de la VT (fuite, élément végétant, calcification)
 Péricarde
 Dilatation VD
 Veine cave inférieure



Fonction VG visuelle, cinétique segmentaire VG
 Evaluation visuelle de la VM, et de la VT (fuite, élément végétant, calcification)
 Péricarde
 Aorte ascendante
 Dilatation VD

Echographie cardiaque



Evaluation volémique

Liens

<https://npath.eu/#project-overview> : cours et vidéos d'échographie et de néphrologie interventionnelle. Inscription gratuite

<https://www.youtube.com/watch?v=UkebB2a0mgw> : Coupes cardiaques et mesures basiques

X : « Nephropocus »

<https://www.pocus101.com/vexus-ultrasound-score-fluid-overload-and-venous-congestion-assessment/>