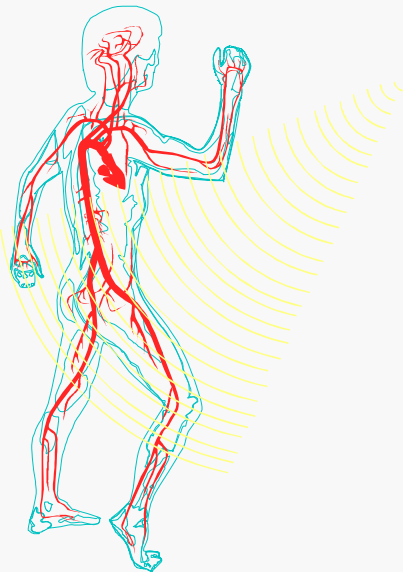
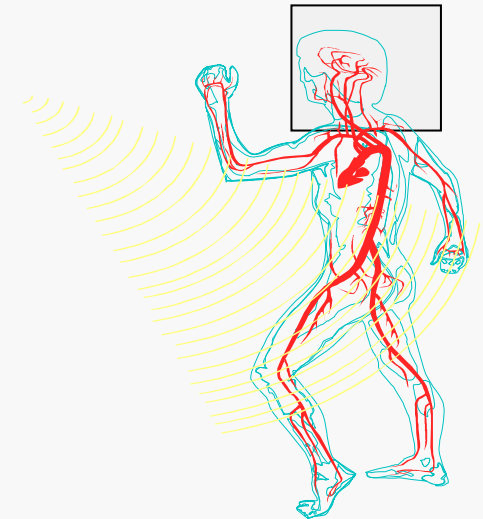


Carotide: Paroi et plaques

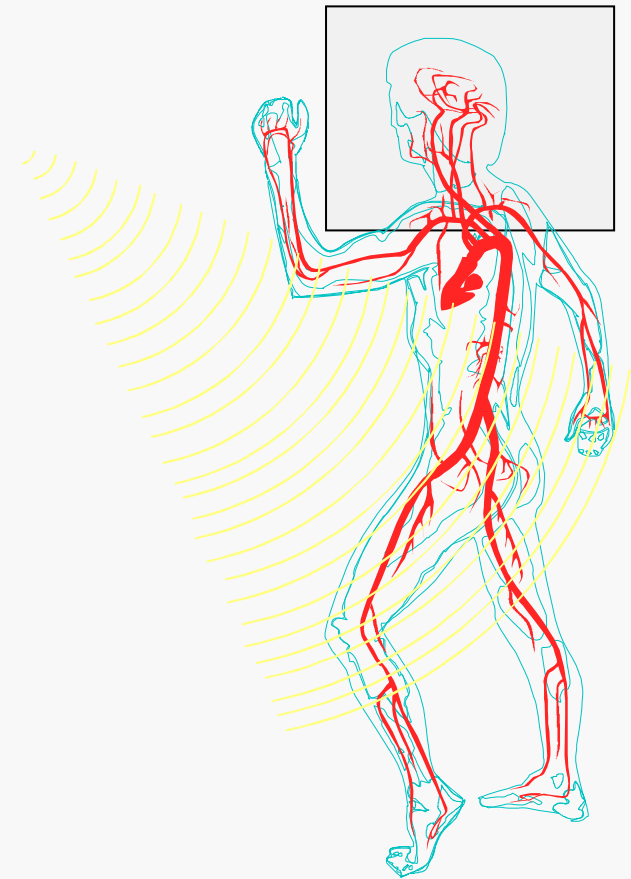


DIU échographie
Module vasculaire
Mars 2017
Dr Sarah Coudray



Examen Ultrasonographique des Axes Artériels Cervico-Céphaliques

Paroi

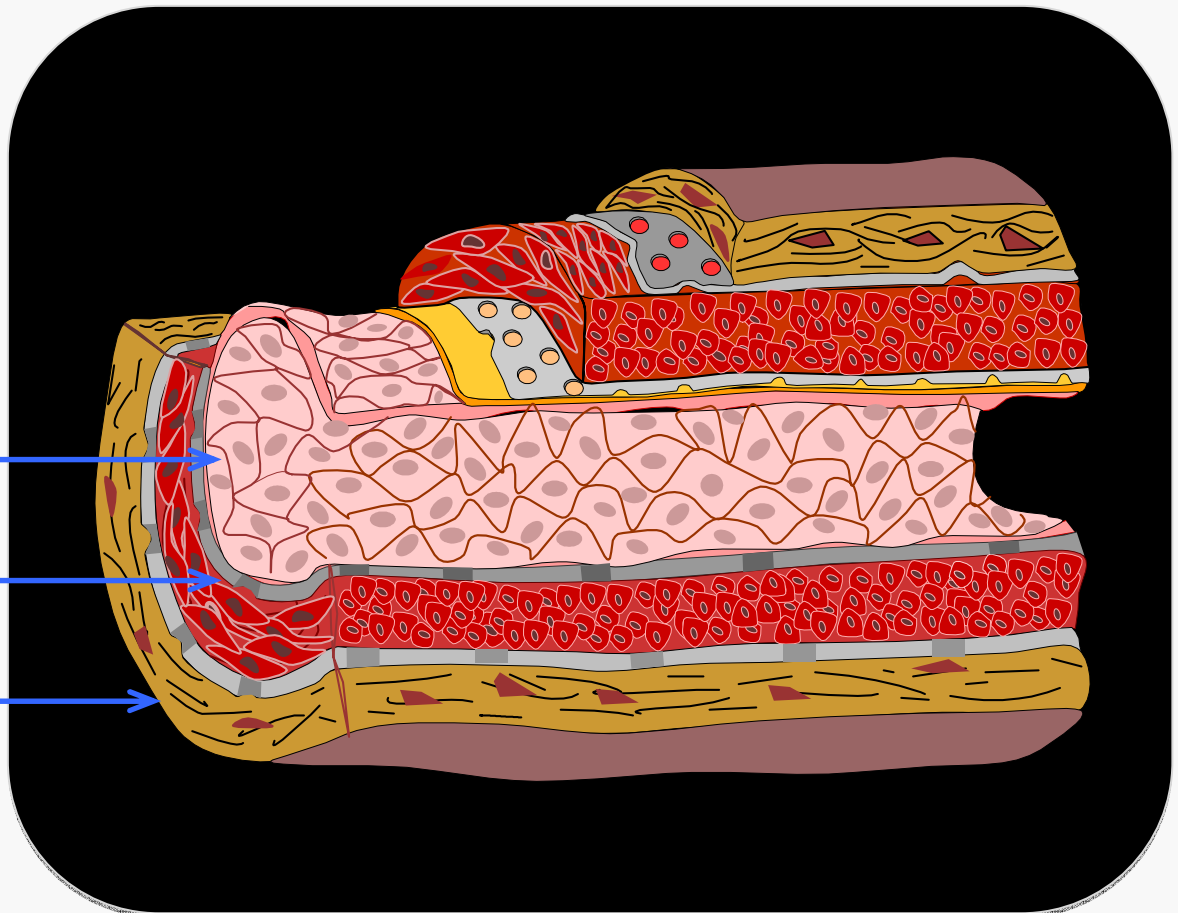


Paroi Artérielle

- Paroi Artérielle Normale:

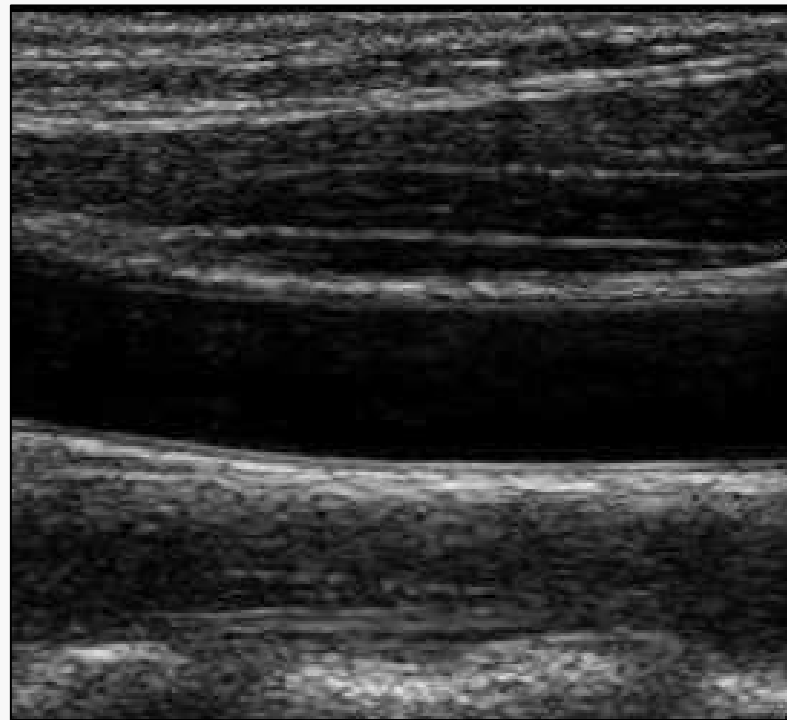
Histologie

- Intima
- Média
- Adventice



Anatomie Fonctionnelle

- Paroi Artérielle Normale: Histologie
 - Intima
 - Média
 - Adventice



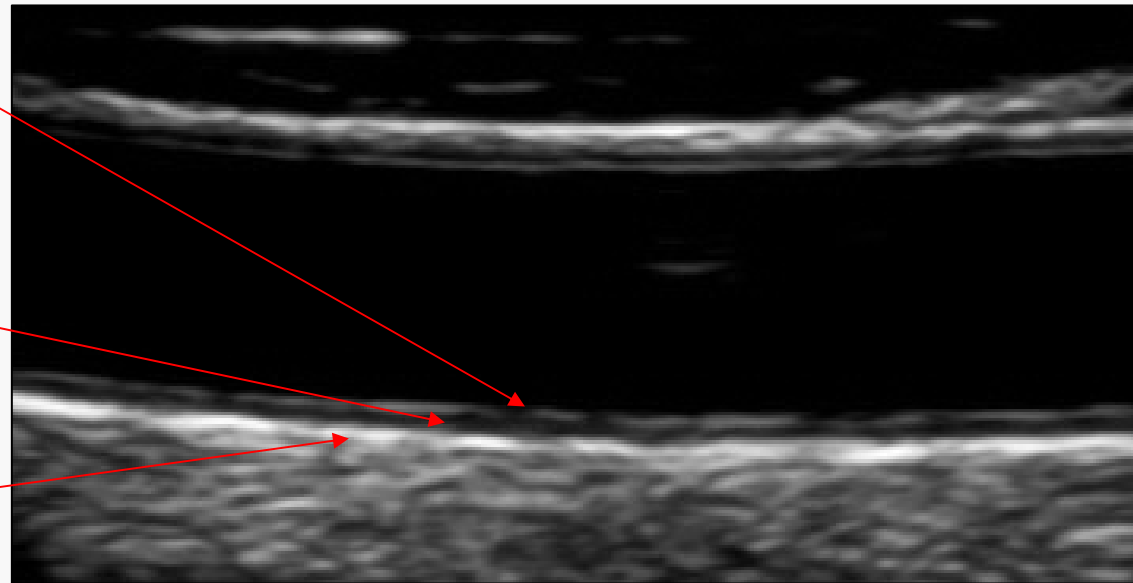
Anatomie Fonctionnelle

- Paroi Artérielle Normale: Interface échographiques

- Interne,
 - Grise
 - Interface sang -intima

- Intermédiaire,
 - Anéchogène
 - Intima-média

- Externe,
 - Hyperéchogène
 - Interface média- adventice

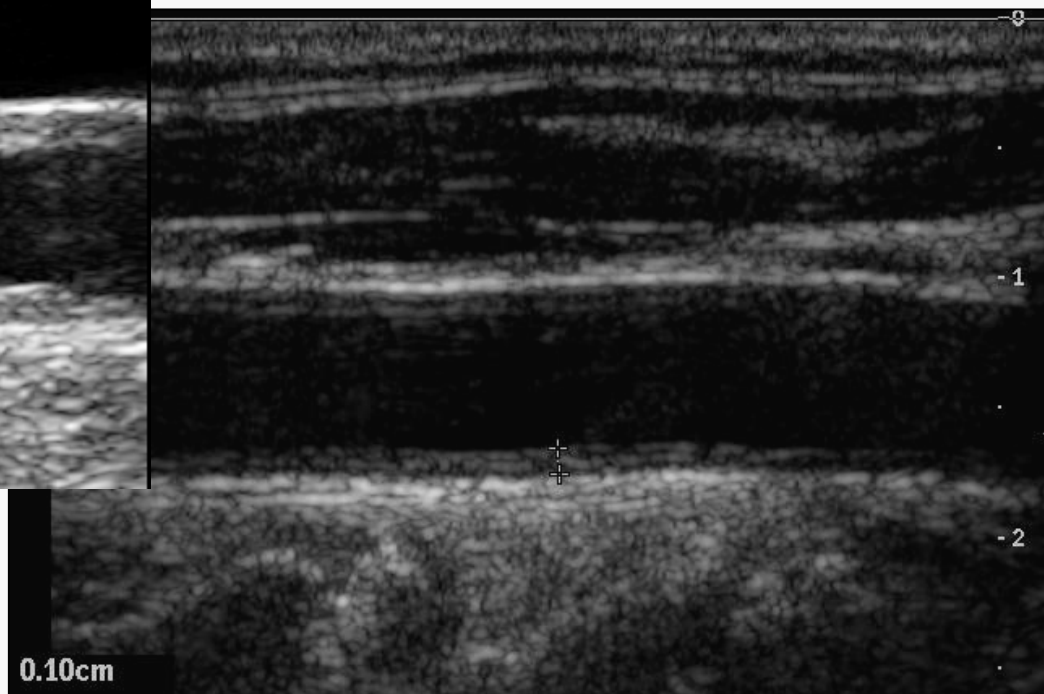


Épaisseur Intima-Média



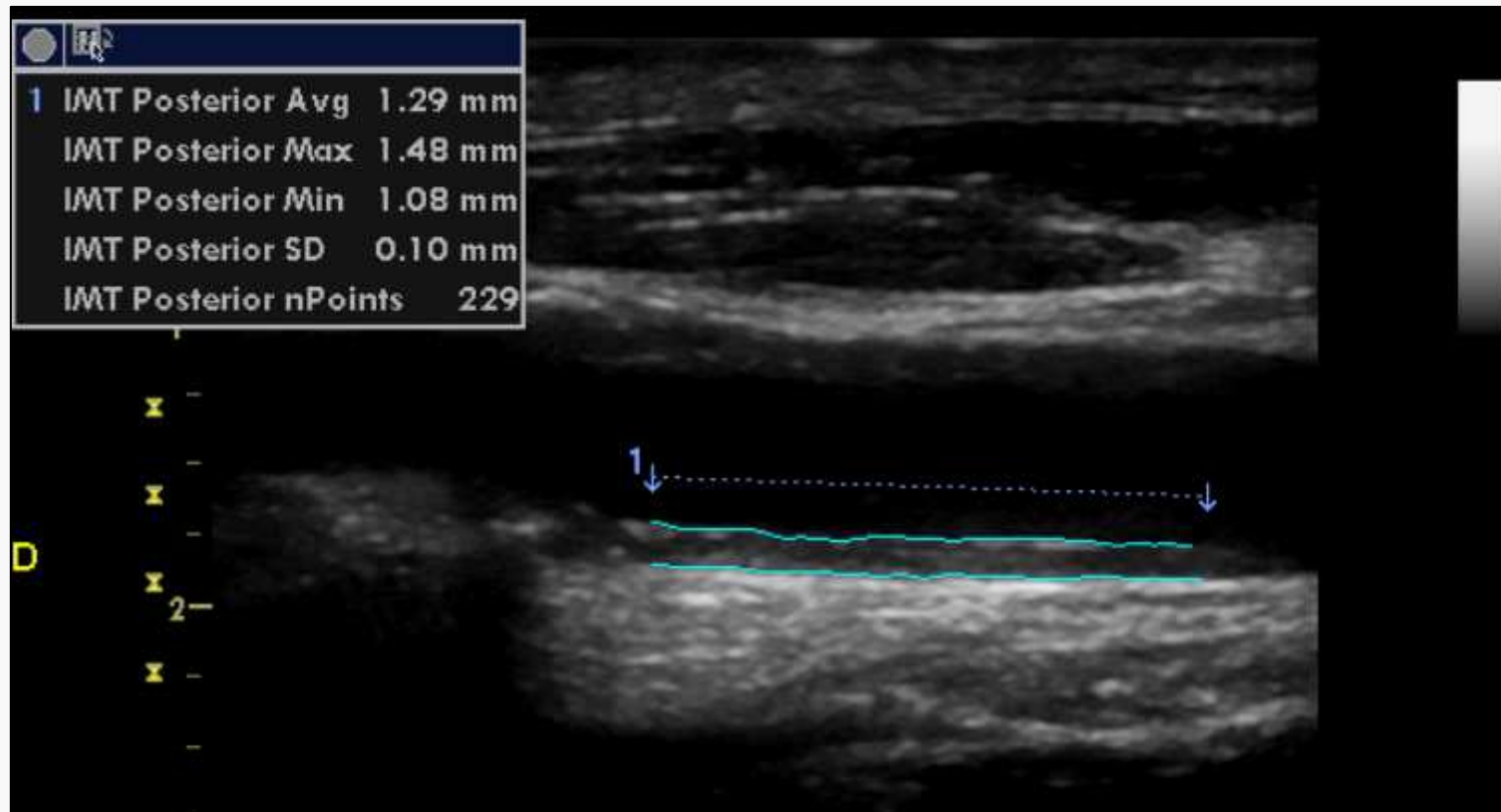
Mesure automatique

Epaisseur Intima-Média



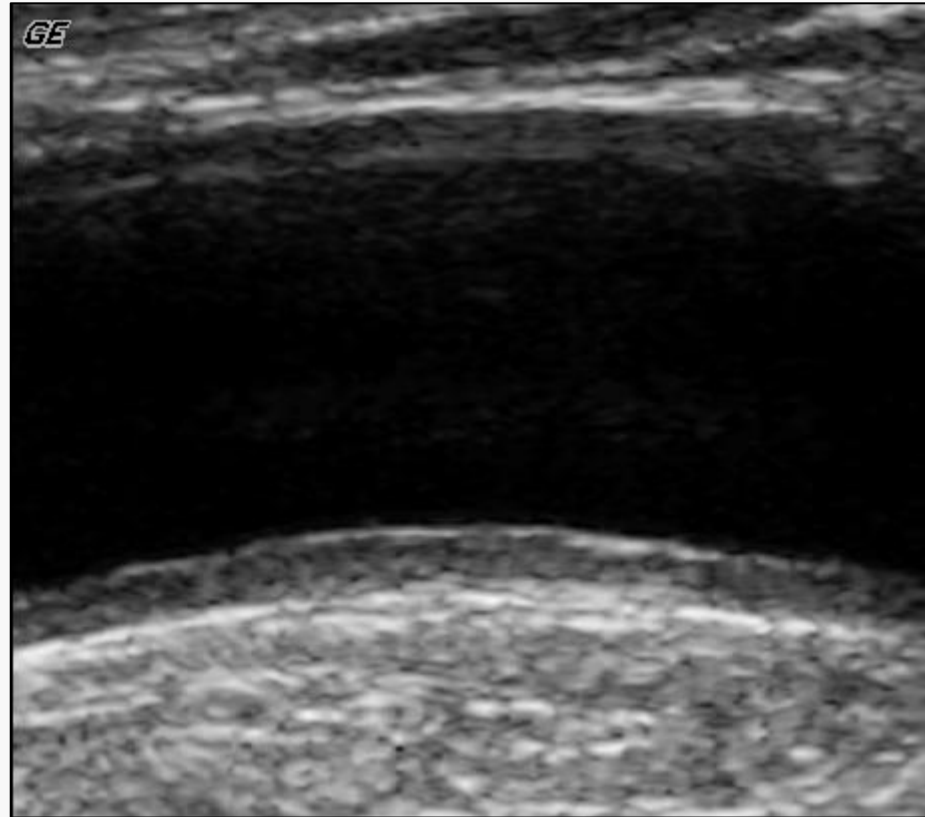
Carotide Commune

Épaisseur Intima-Média



Carotide Commune

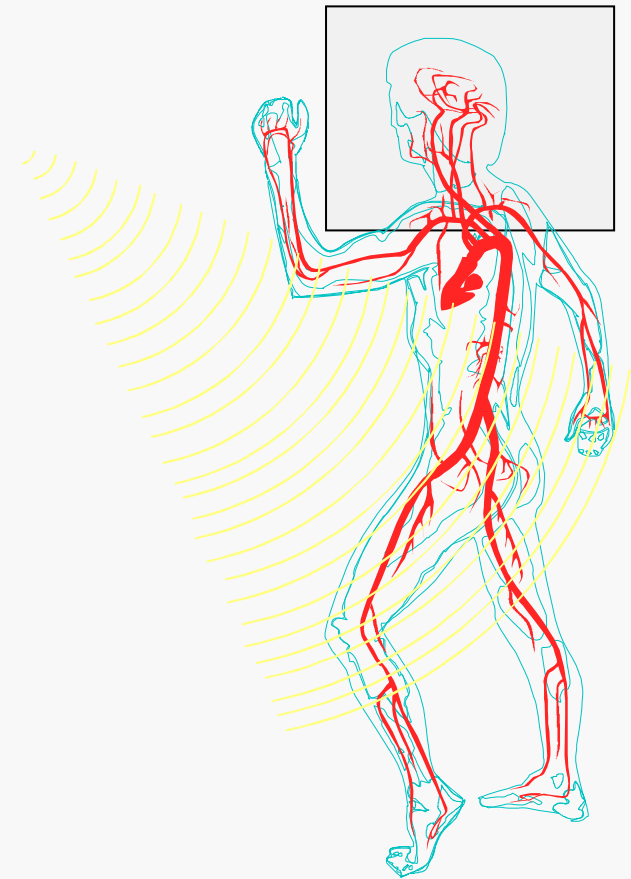
Épaississement pariétal



Épaississement régulier du complexe Intima-Média (IMT) de la carotide commune

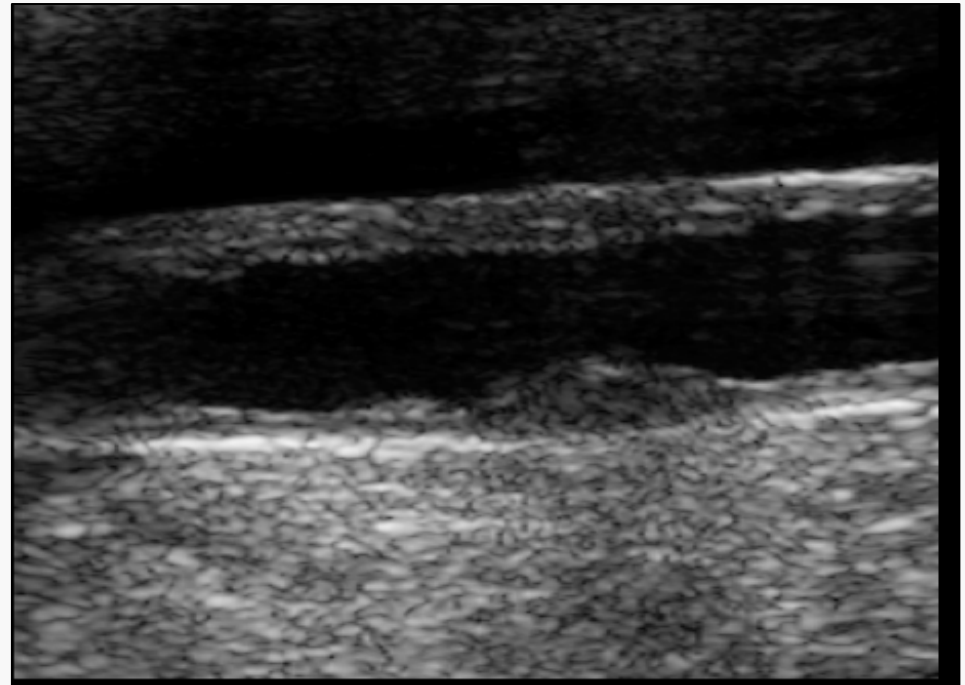
Examen Ultrasonographique des Axes Artériels Cervico-Céphaliques

Plaques



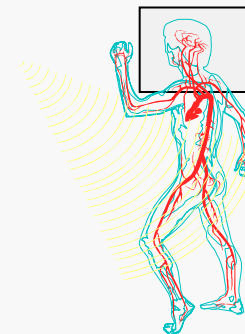
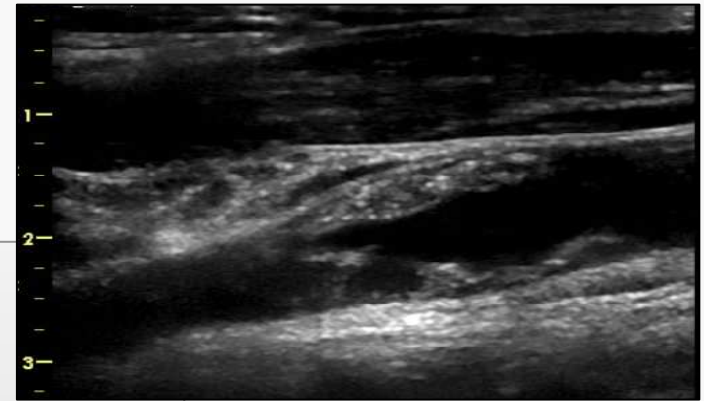
Définition

- Plaque:
 - Épaississement pariétal focal
 - $> 0,5\text{mm}$
 - Ou 50% par rapport à l'épaisseur intima média adjacente
 - Plus souvent IMT $>1,5\text{mm}$
 - American Society of Echocardiography
 - European Mannheim consensus



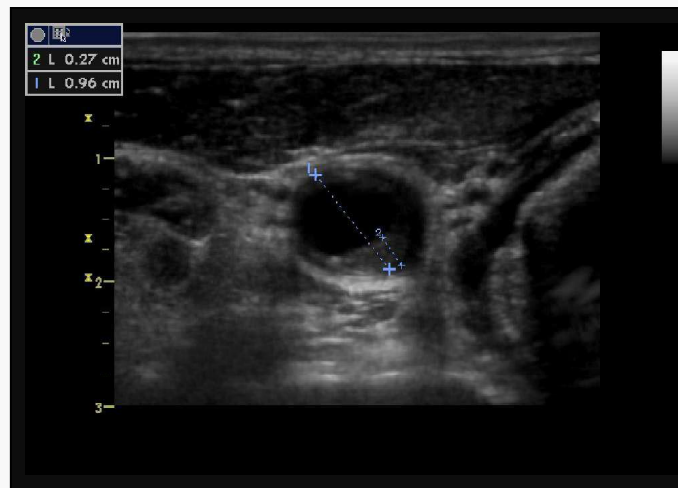
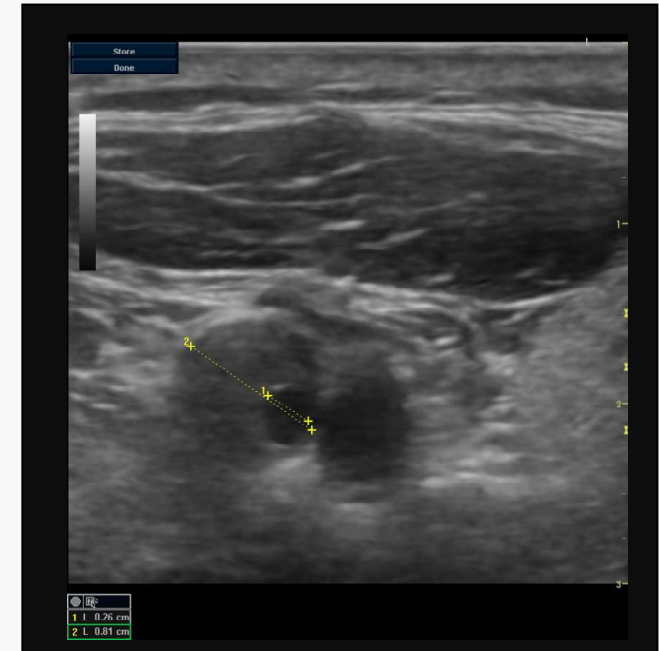
Séméiologie Échographique des Plaques

- Topographie
- Dimensions
- Echogénicité
- Échostructure
- Surface



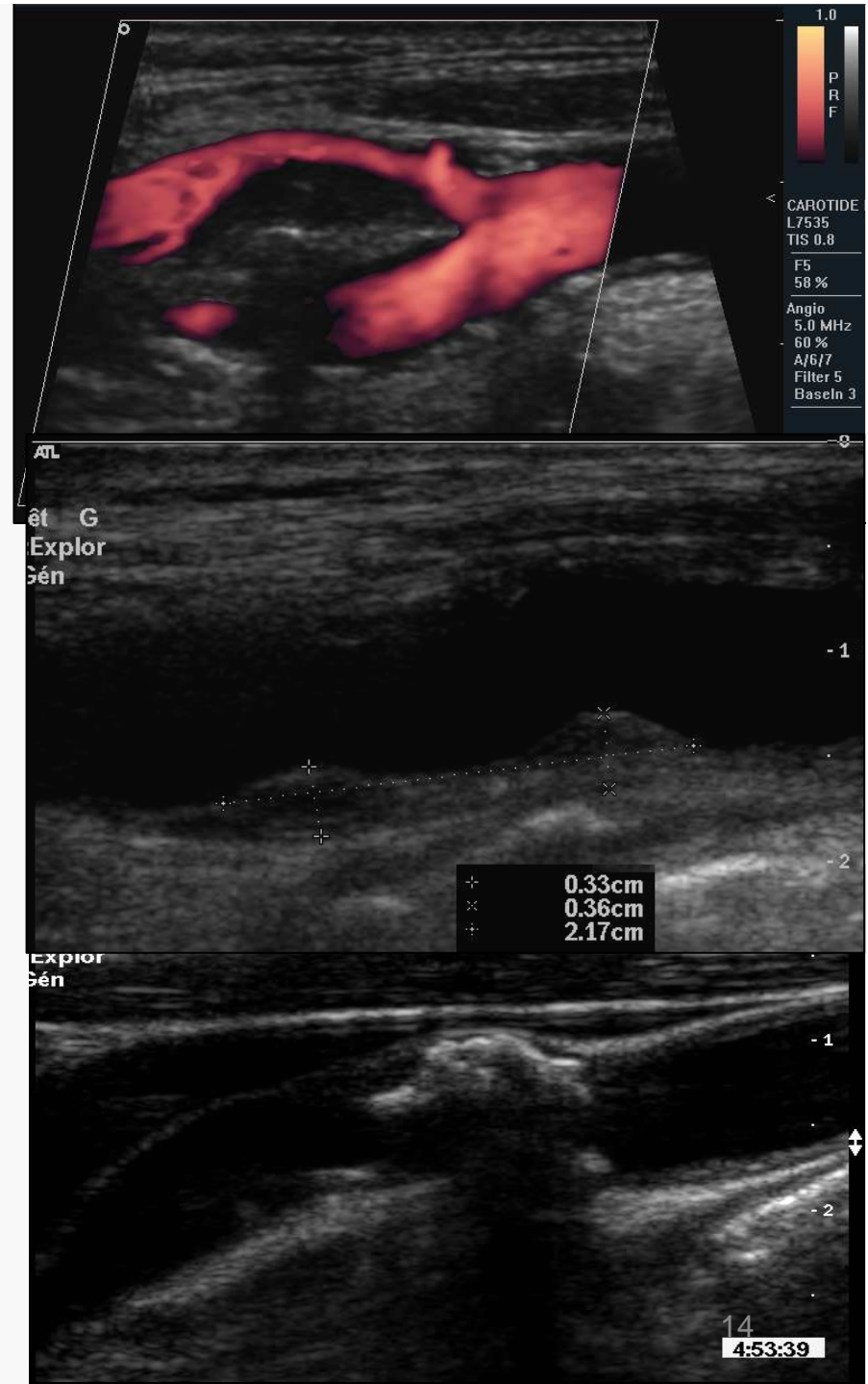
Caractérisation des Plaques : Métrologie

- Topographie :
 - Siège par rapport aux bifurcations
 - Disposition (latérale, médiale, circonférentielle, centrée, excentrée...)
- Dimensions :
 - Épaisseur
 - Longueur
- Pièges :
 - Ombre acoustique
 - Coupe oblique
 - Tangence
 - Sous-estimation en Doppler couleur / énergie



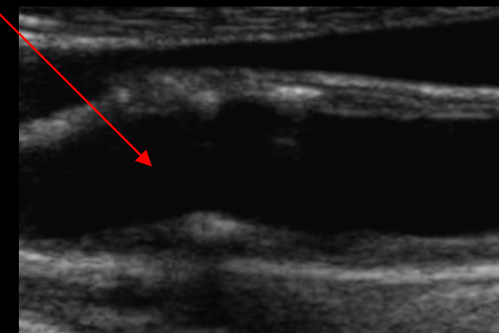
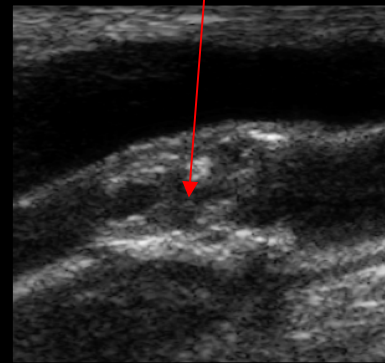
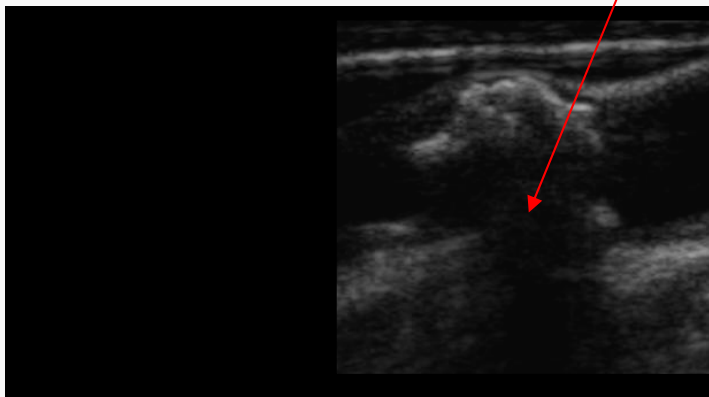
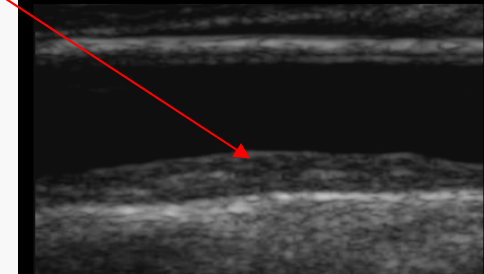
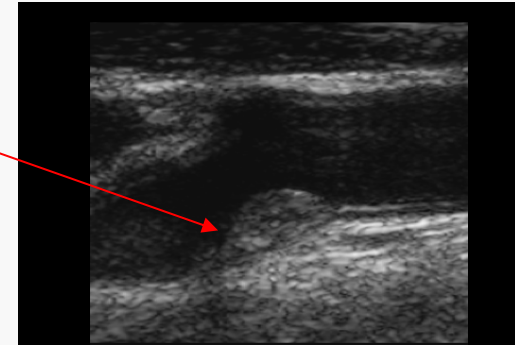
Caractéristiques des plaques

- Echogénicité :
 - Plaque anéchogène
 - Référence : le sang
 - Hypoéchogène, isoéchogène
 - Référence : muscle
 - Hyperéchogène
 - Référence : l'os
- Structure :
 - Homogène,
 - Hétérogène

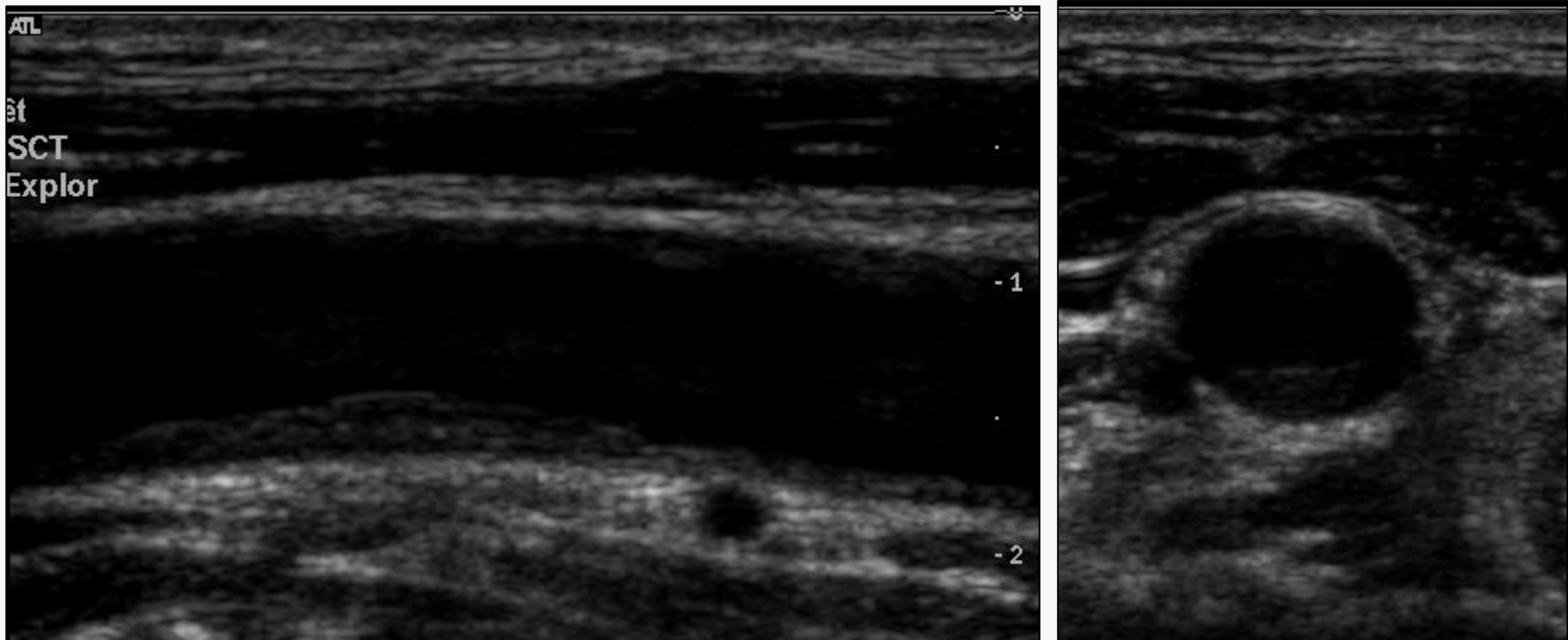


Echogénicité de la Plaque

- Anéchogène, Hypoéchogène
- Isoéchogène
- Hyperéchogène
 - Sans ombre acoustique
 - Avec ombre acoustique

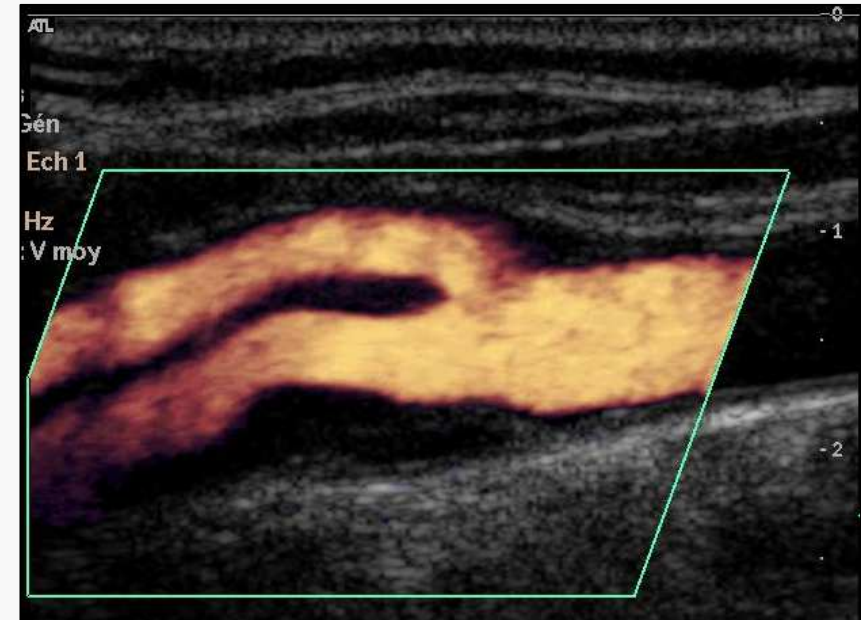
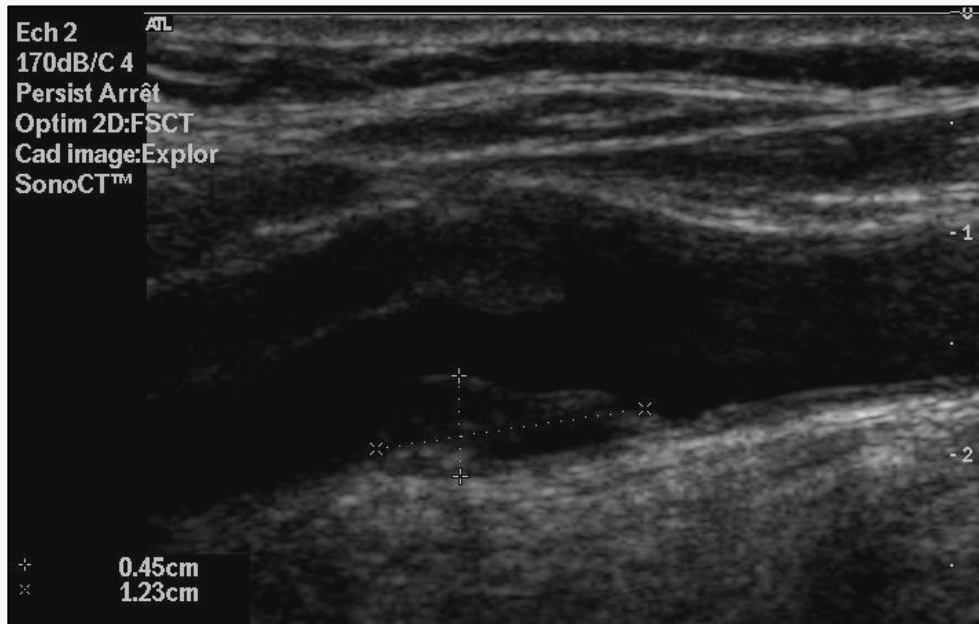


Lésions Hypo-échogènes



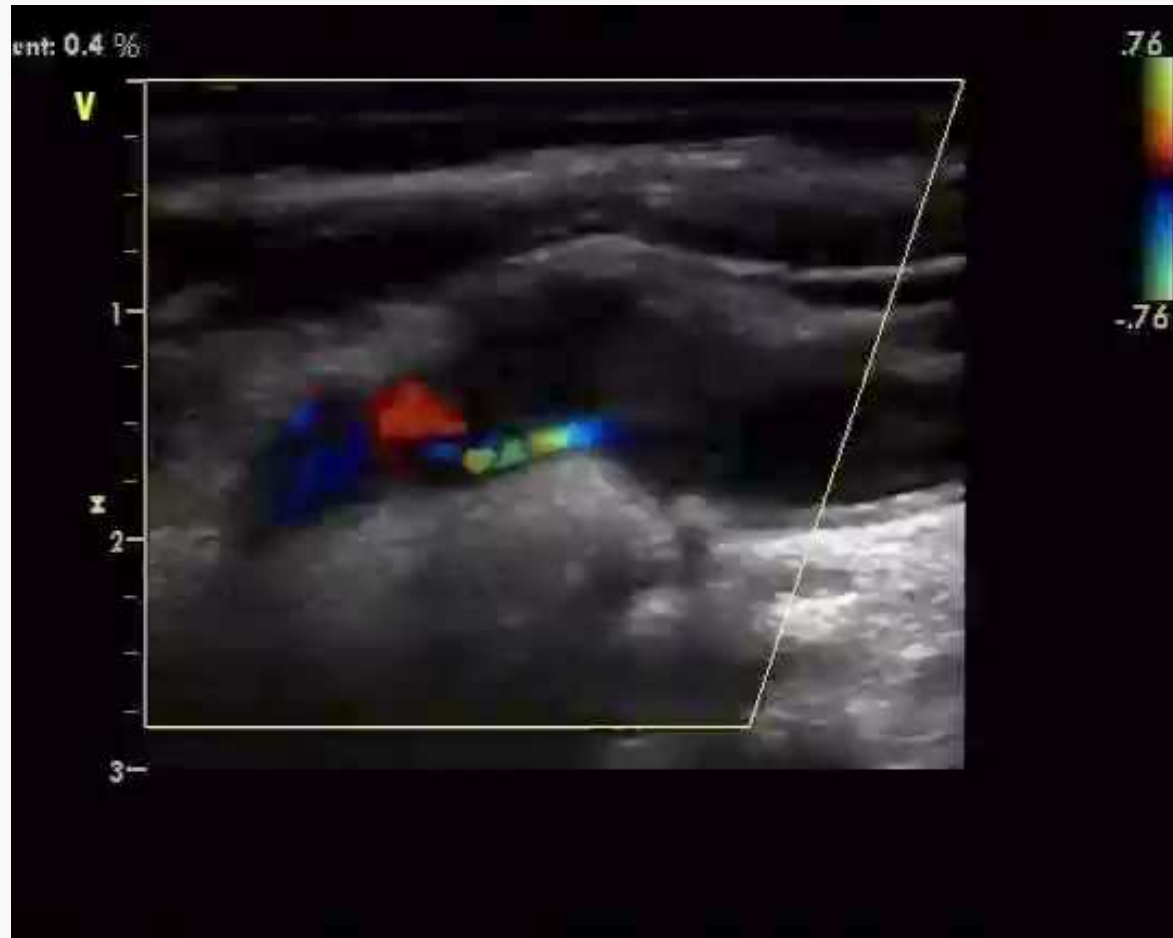
Plaque longue, hypo-échogène, non sténosante de la Carotide Interne

Lésions hypoéchogènes



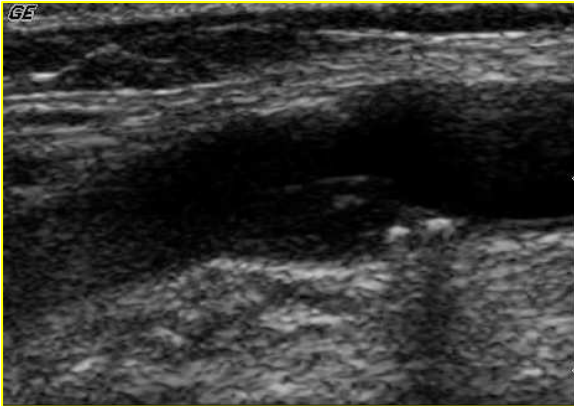
Plaque Hypo-échogène à l'origine de la carotide interne

Lésions hypoéchogènes

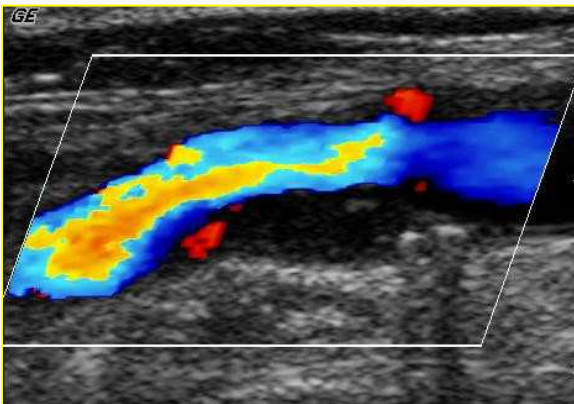


Plaque sténosante avec large zone centrale hypoéchogène (hémorragie ?)

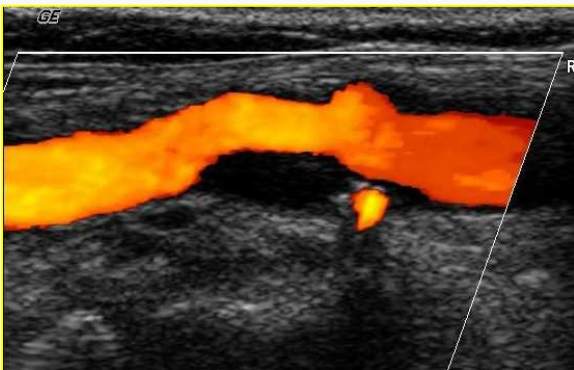
Différentes modalités d'imagerie



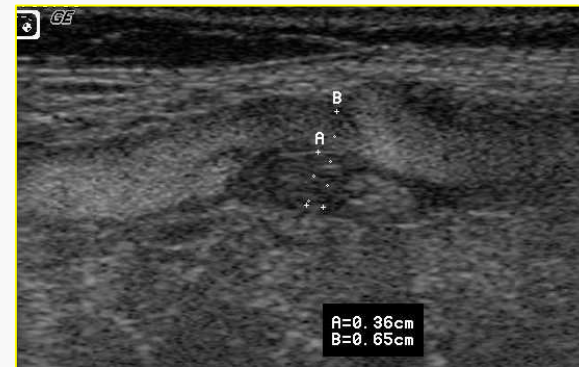
Mode B



Doppler
Couleur



Doppler
Énergie

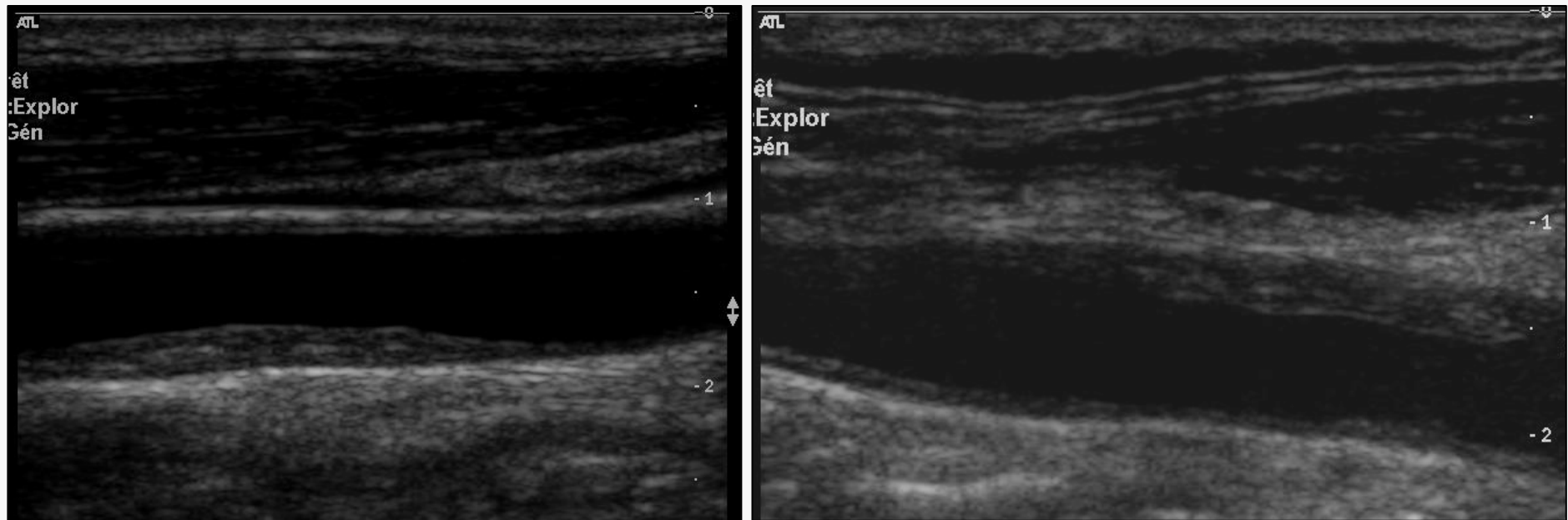


B Flow
+ Echo



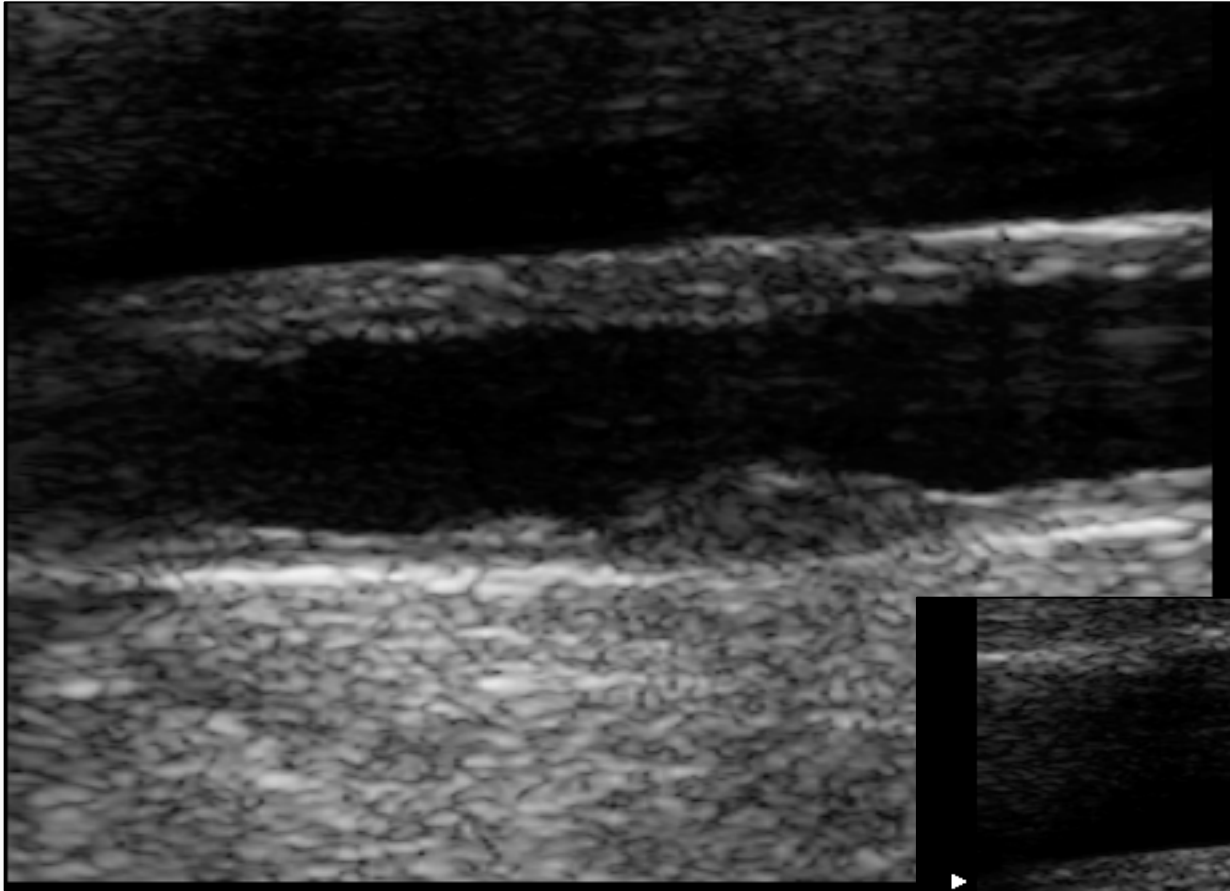
B Flow

Lésions Iso-Echogènes

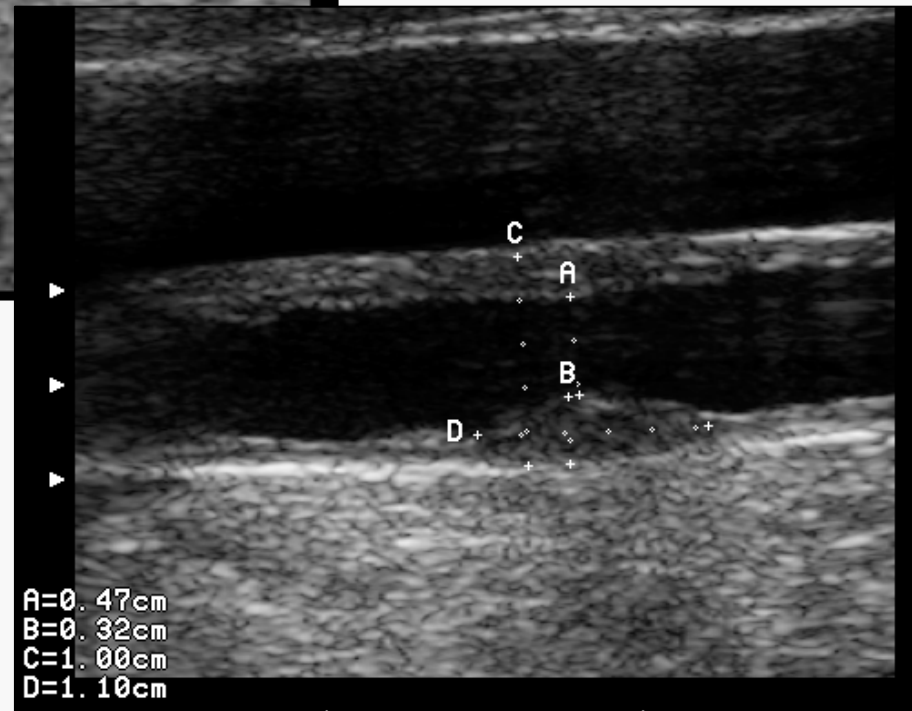


Plaque Iso-échogène non sténosante de la Carotide Commune

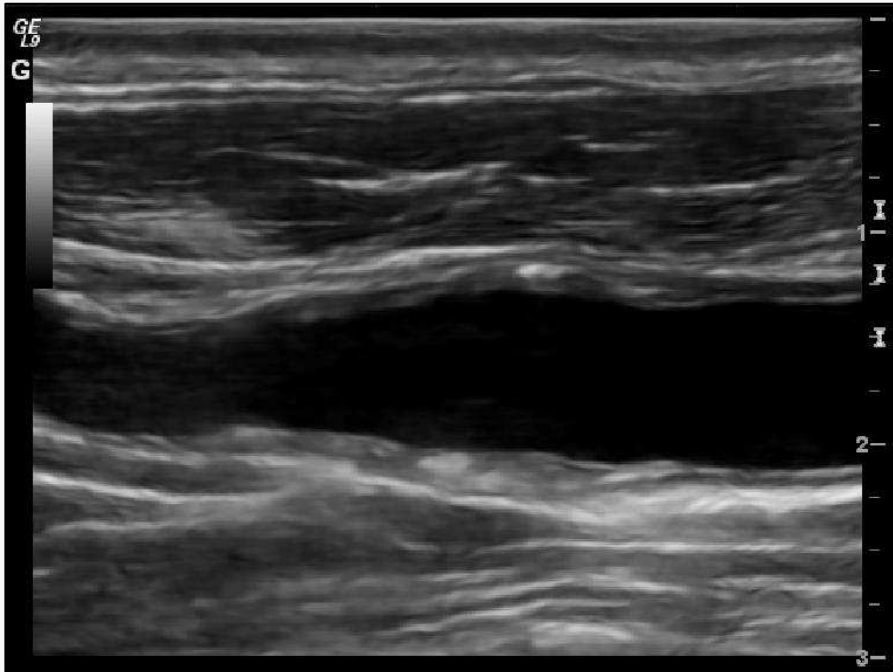
Lésions Iso- Echogènes



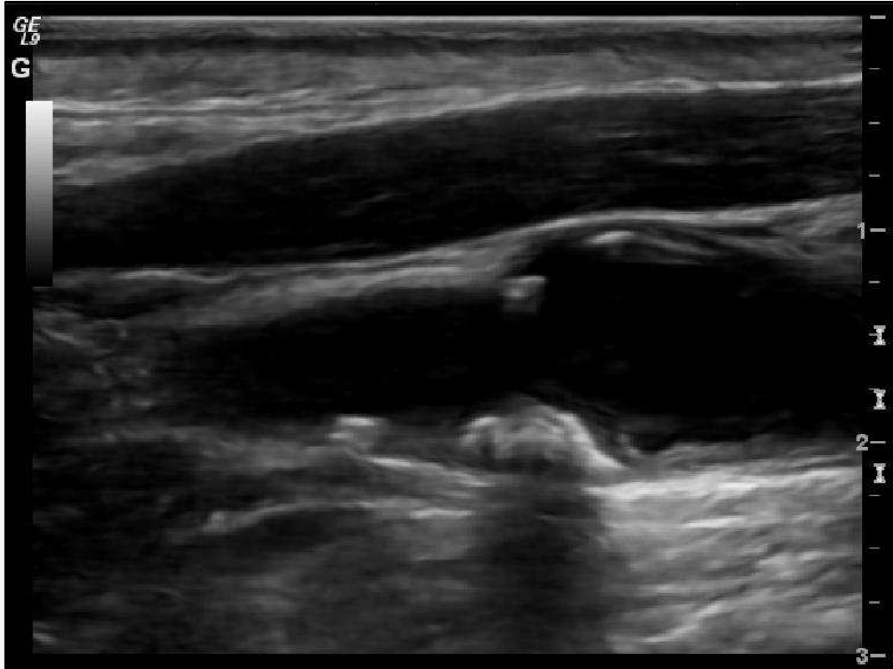
Plaque iso-échogène non
sténosante de la Carotide
Commune



Lésions Echogènes

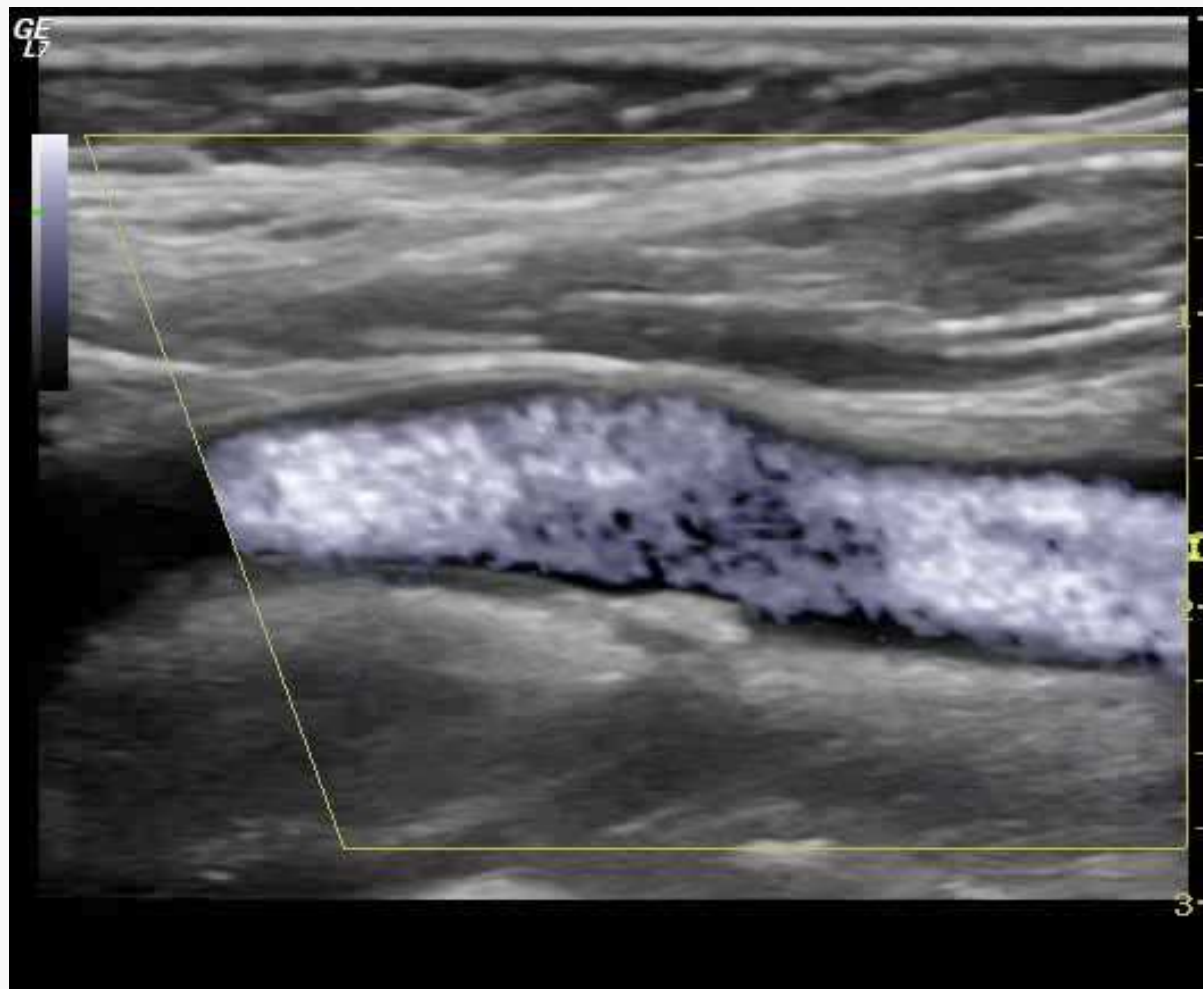


Plaque échogène



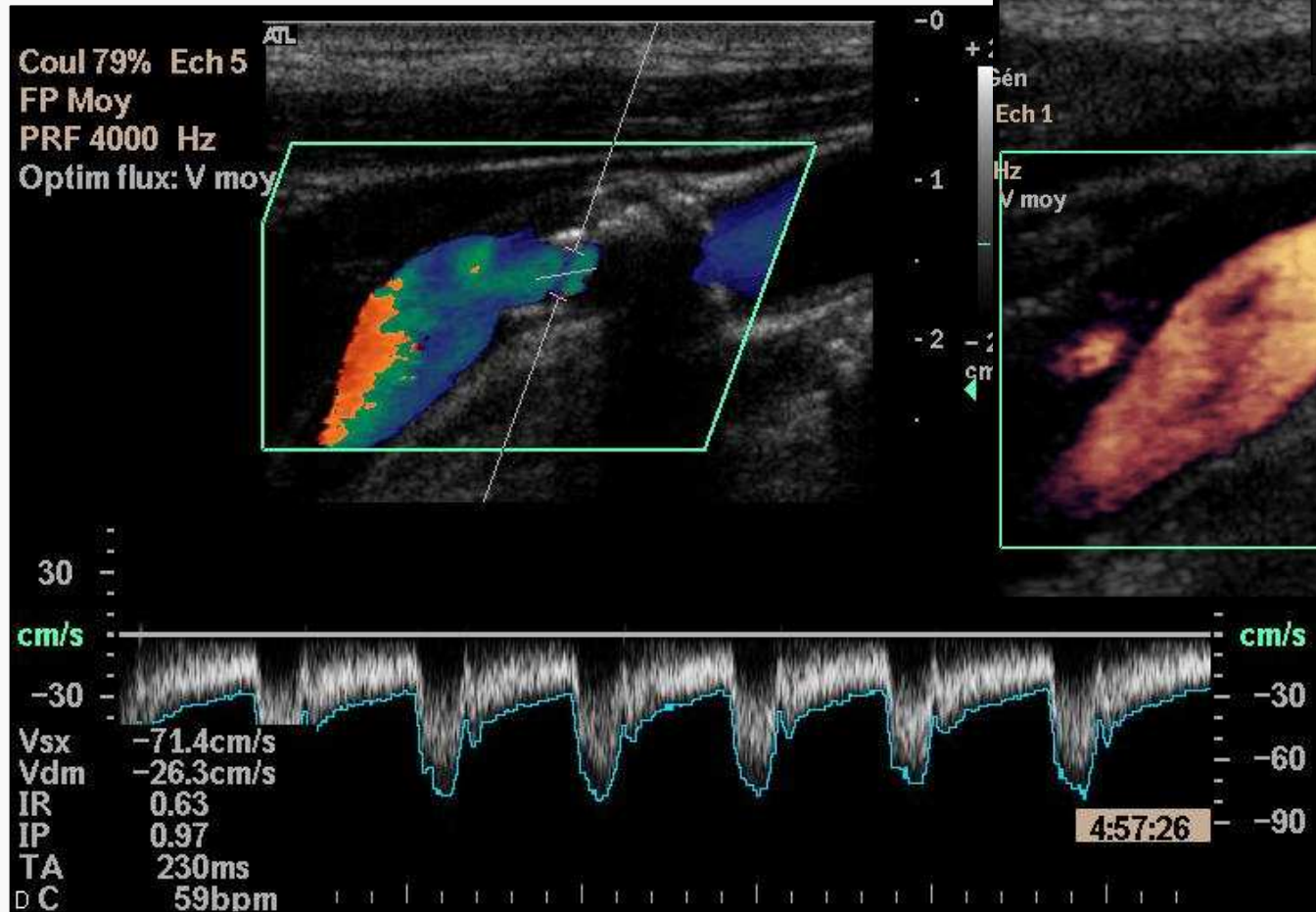
Plaque hyper-échogène

Caractérisation de la plaque



- Petite plaque calcifiée

Lésions Calcifiées



Plaque calcifiée
non sténosante
à l'origine de la
Carotide Interne

Caractérisation des Plaques

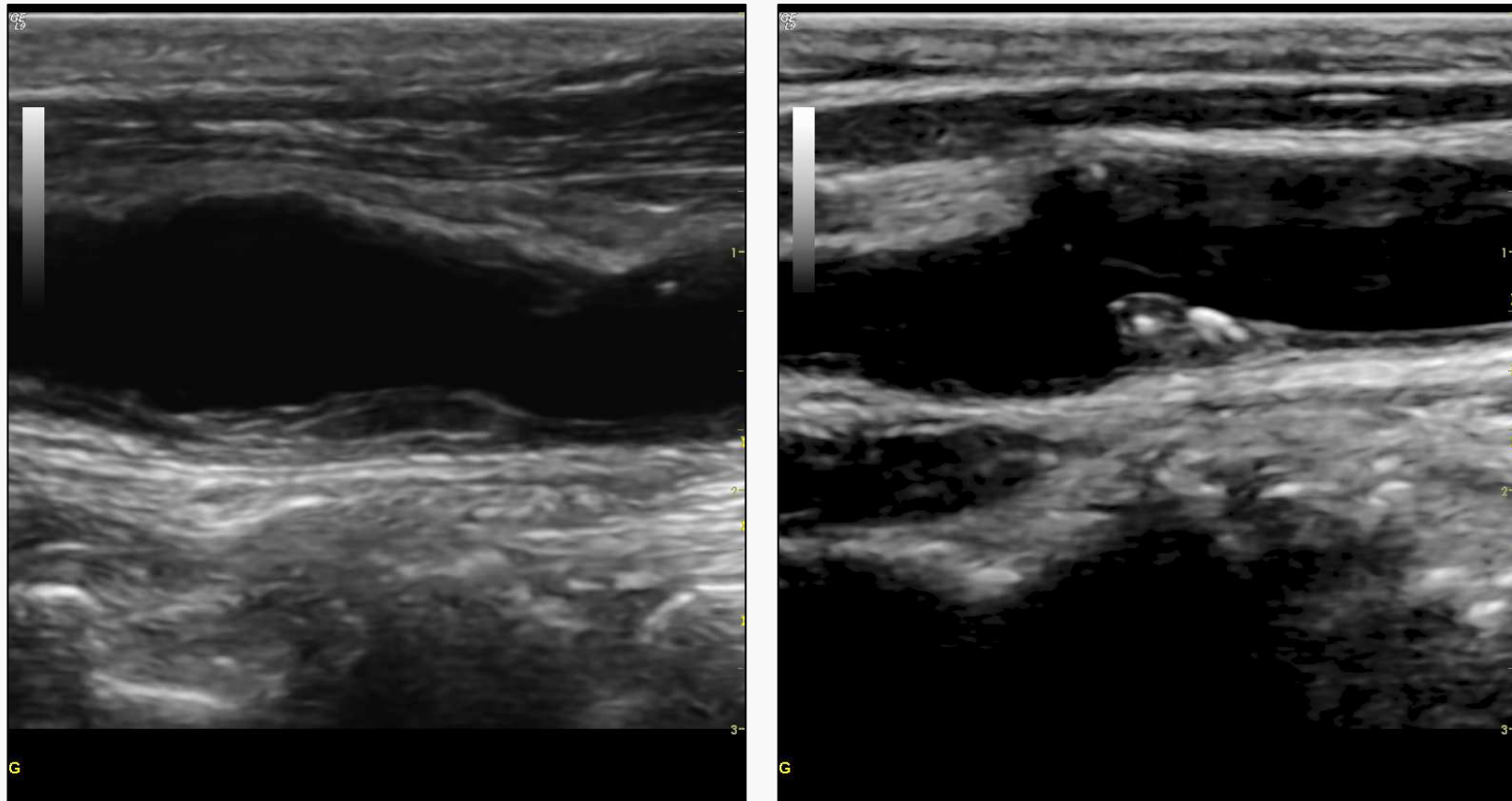
Plaque de la carotide commune

Sténose avec plaque en partie hypoéchogène et large cratère sur le versant dorsal, punctuations échogènes sur le versant ventral



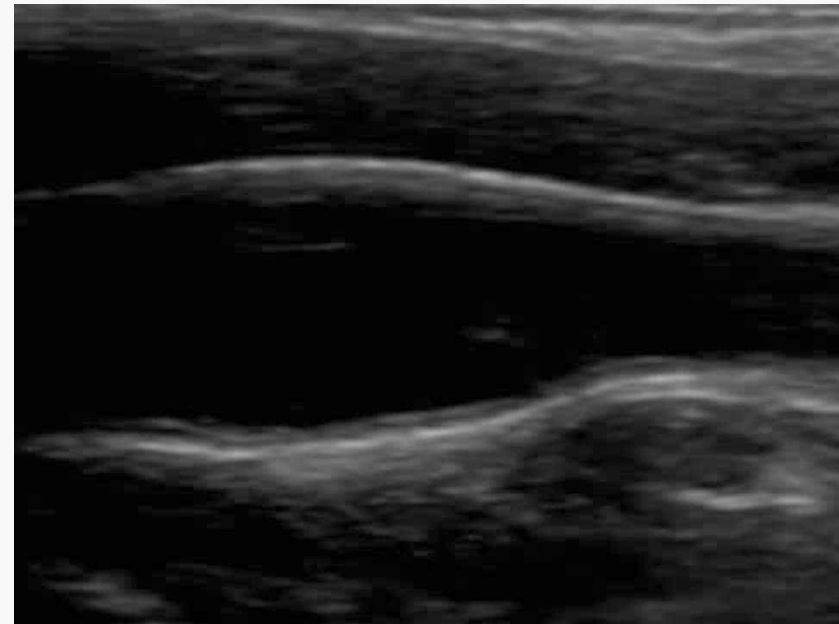
- Punctuations échogènes

Caractérisation de la plaque



- Coiffe (cape) fibreuse

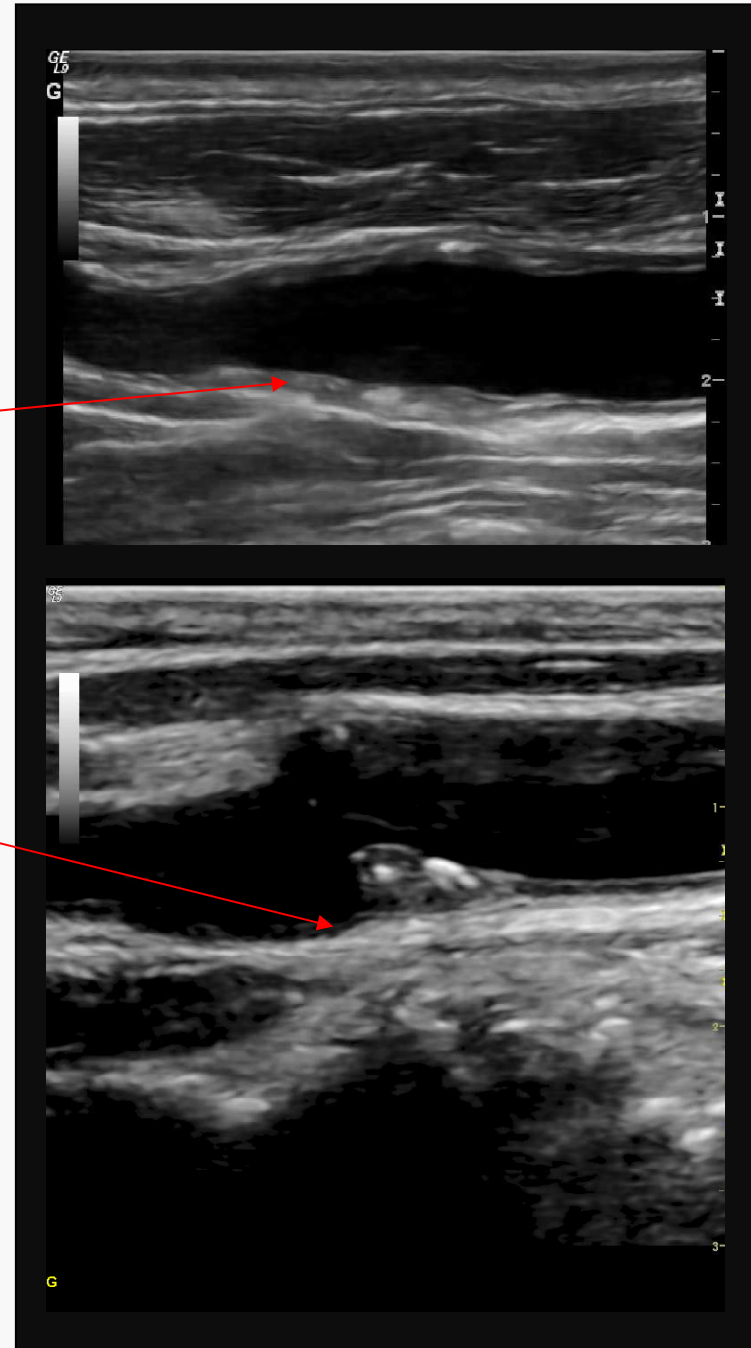
Caractérisation des Plaques



- Coiffe (cape) fibreuse

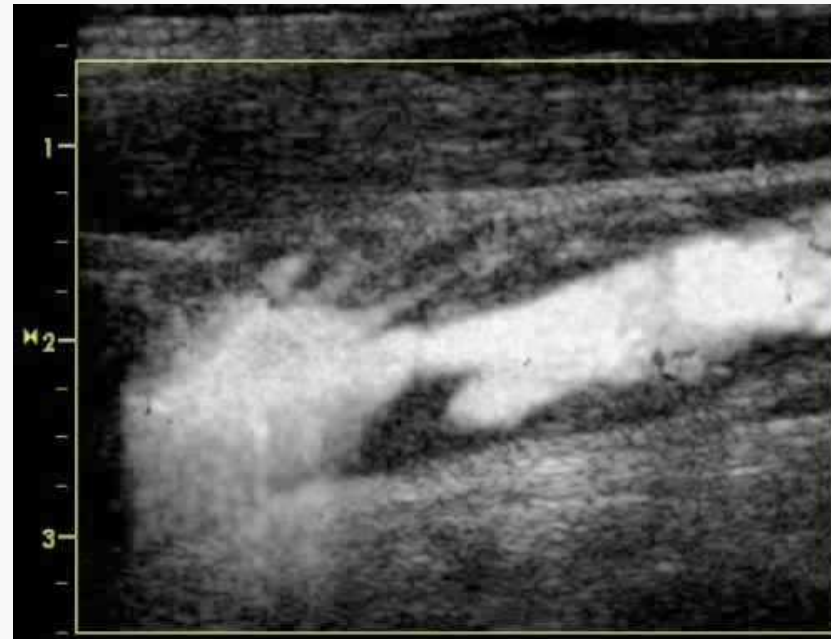
Caractérisation des Plaques : Surface

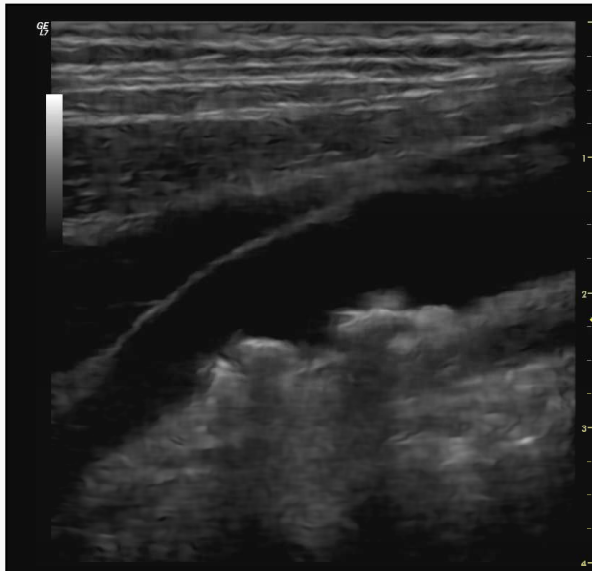
- Lisse, régulière
- présence de coiffe fibreuse ou non
- Irrégulière
 - (variations des contours de 0,4 à 2 mm),
- Anfractuosité
 - présence d'un cratère >2 mm de profondeur.
- Diagnostic différentiel :
 - « Ulcère » ou « cratère »
 - Plaques successives



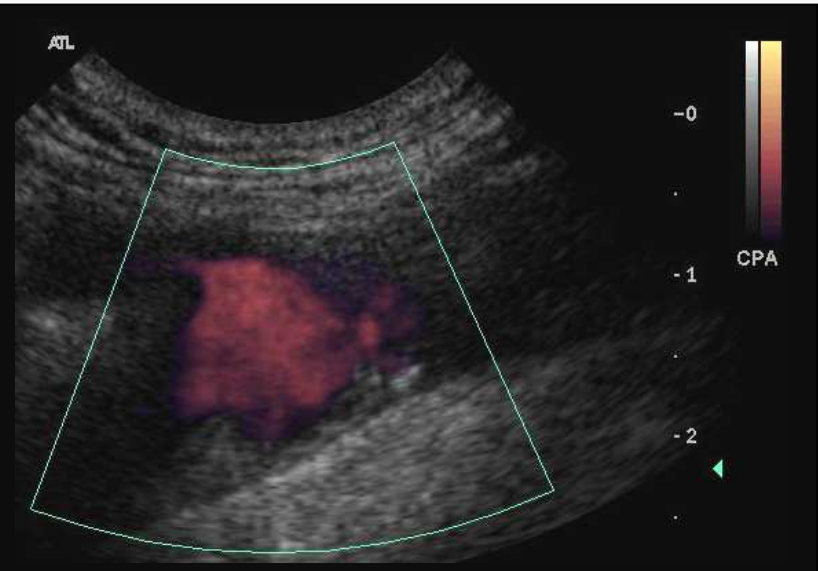
Surface

- Anfractueuse:
 - niche
 - d'au moins 2mm de large
 - sur 2mm de profondeur
 - remplie sans aliasing
 - par la couleur avec un fond bien défini
 - Consensus de Paris
- B-Flow



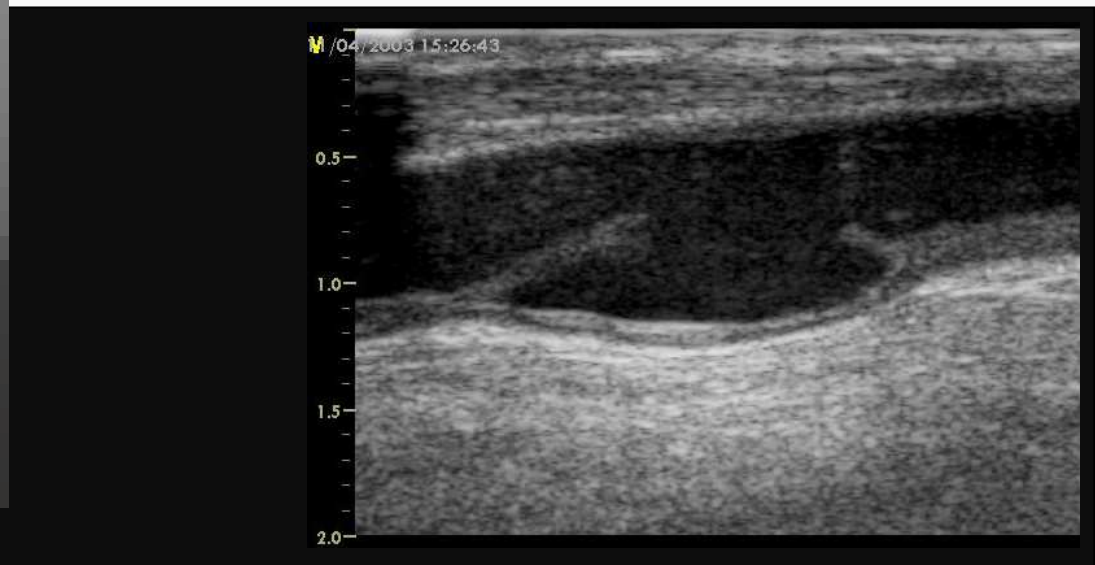
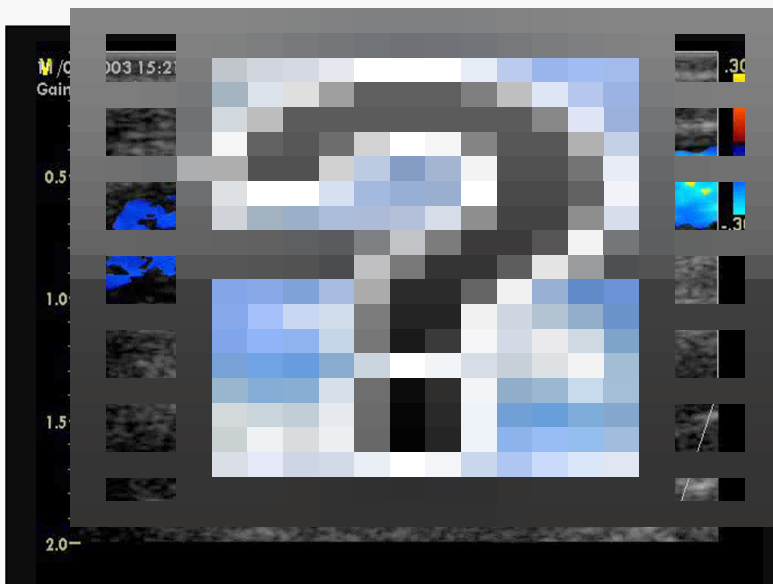


Plaques successives ?



Cratère ?

Lésion ulcérée?

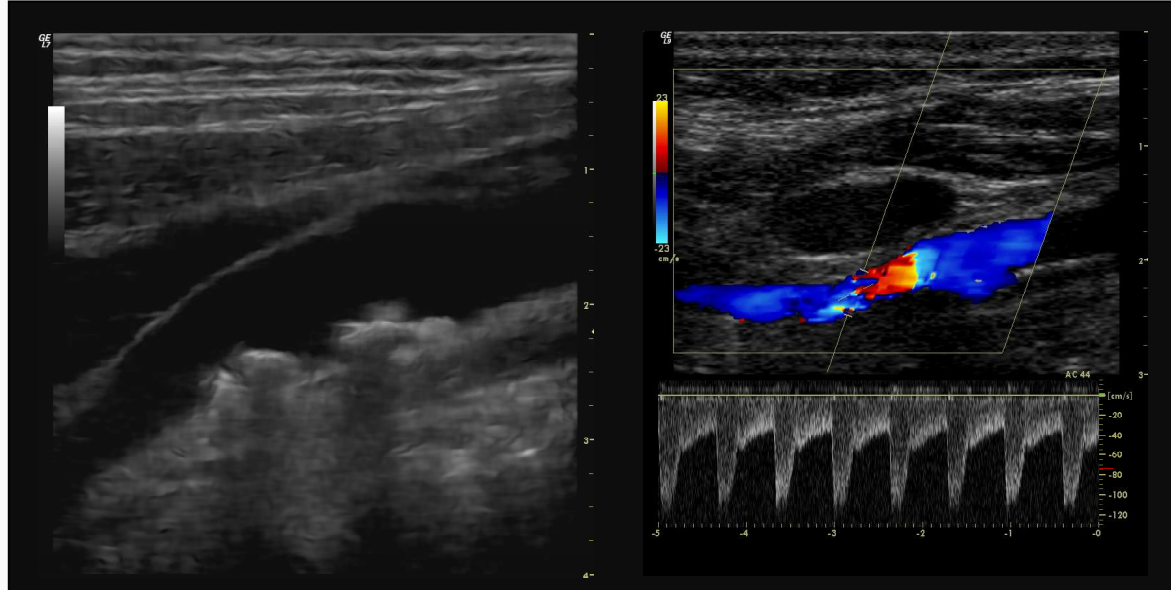


Lésions mobiles



Dans le cadre du bilan d'une amaurose transitoire, l'échographie révèle une plaque calcifiée mobile du tronc artériel brachio-céphalique, faisant protrusion dans la crosse de l'aorte.

Imputabilité : Évaluation du risque pathogène



- Présence de lésions hypo- ou anéchogènes
- Occupant plus de 50% du volume de la plaque
- Degré de sténose
- ± Surface anfractueuse
- Cape fibreuse absente – Ponctuations échogènes

Lésion à risque

- Survenue AVC longtemps seulement corrélé au degré de sténose carotidienne
 - Critère vélocimétrique
- Sténose 50-69%
 - risque annuel de 0,8%
- Sténose 70%-89%
 - 1,4%
- Sténose 90-99%
 - 2,4%

- Critères majeurs :
 - Vitesse Systolique Maximale / Sténose
 - Plaque (mode B \pm Doppler couleur ou énergie)
- Critères subsidiaires :
 - Rapport de vitesses systoliques
 - Vitesse télé-diastolique
- Stratification :
 - < 50%
 - 50 – 69%
 - \geq 70%
 - Occlusion

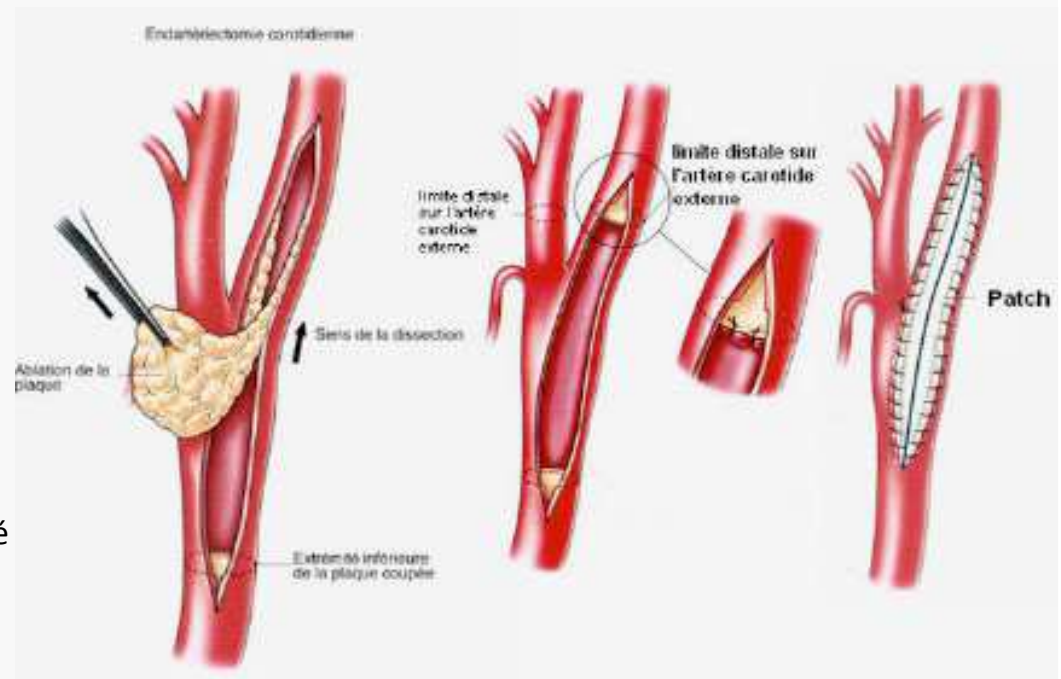
Lésion à risque degré de sténose

3 classe vélocimétriques


	Plaque	Vit.Syst.	<u>VSCI</u> VSCC	Vit.Diast.
Normal	-	< 125 cm/s	< 2.0	< 40 cm/s
< 50%	+	<i>Ss 98% Sp 88%</i>	<i>Ss 80% Sp 88%</i>	
50 - 69%		125 - 230 cm/s	2.0 - 4.0	40 - 100 cm/s
≥ 70%		230 cm/s	> 4	100 cm/s
		<i>Ss 90% Sp 85%</i>		<i>Ss 82% Sp 90%</i>
Pré-Occl.	++	?		
Occlusion		0		0

Degré de sténose

- Symptomatique
 - Sténose >70% (ECST et NASCET)
 - Indication chirurgicale
 - Diminution respectivement RA 17% et 8,5% et RR de 65% et 45%
 - Avant 2 semaine réduction RRA 2°%
 - Rothwell 2004
 - Sténose 50-69% (NASCET)
 - Bénéfice moindre
 - Diminution du RA 6,5% et RR 29%
 - Patient sélectionné
 - Homme, Atcd AVC
- Asymptomatique
 - Sténose à 60% (Étude ACAS)
 - Indication chirurgicale à discuter
 - Risque AVC ipsi à 2,7 ans 5,1% chez opéré avec TCMM 2,3% et 11% chez ttt med
 - Diminution RA 5,9% et RR 53%
- Pas de bénéfice
 - Pour sténose symptomatique <50%
 - Pour sténose asymptomatique <60%
- Risque chirurgicale
 - TCCM (SVS, ANAES, SCV)
 - Sténose asymptomatique TCMM<3%
 - Sténose symptomatique TCMM<5-7,5%



Degré de sténose

- MAIS 
- 34% d'évènements ischémiques
- pour les sténoses <60%
 - Nicolaides ACSRS eur j vasc endovasc surg 2005
- Problème d'identifier ces plaques vulnérables

The vulnerable plaque

Secretion of metalloproteinases
and cytokines

Inflammatory cells:
macrophages, lymphocytes

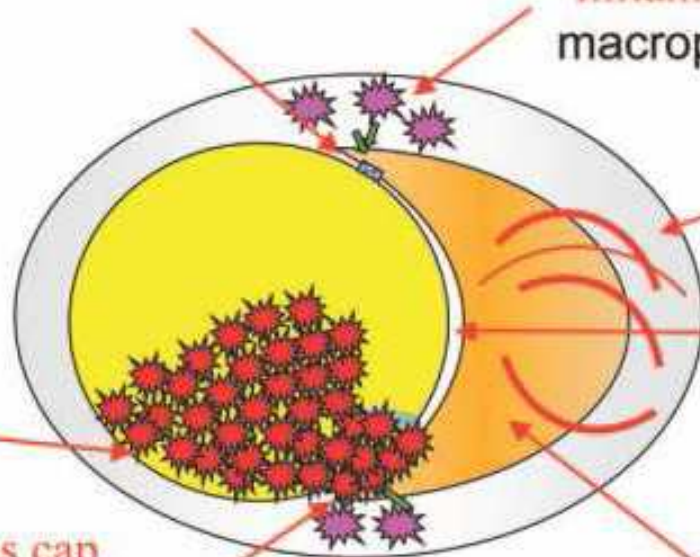
Neovascularization

Thin fibrous cap

Thrombus

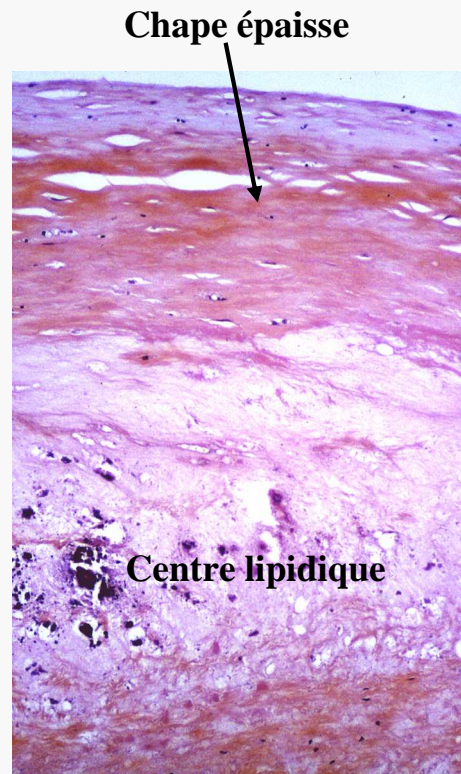
Fibrous cap
fragilization,
apoptosis

Lipid core

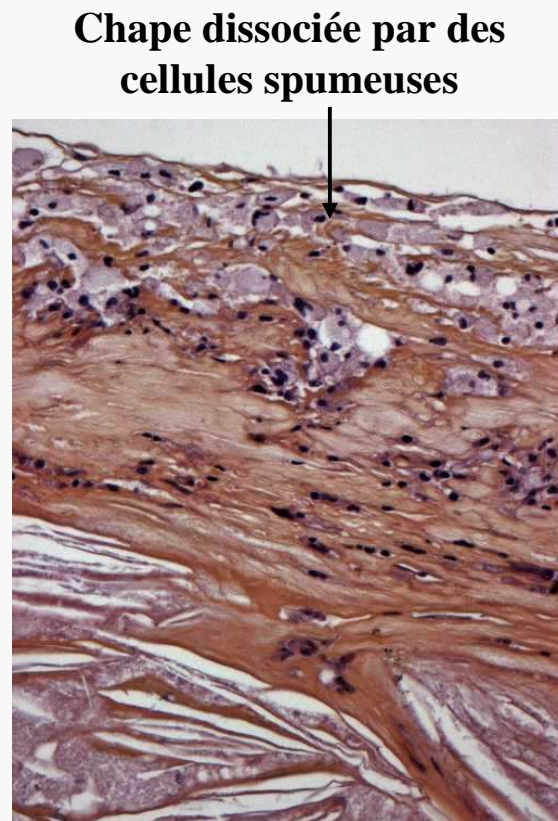


- Plaque instable/stable
 - plaque « stable »
 - chape fibreuse épaisse et petit coeur lipidique
 - plaque « instable »
 - chape fibreuse fine et coeur lipidique important
 - = Ial 2002, 2006
- Plaque vulnérable
 - plaque à haut risque d'AVC par embolie crurorique ou athéromateux
 - Histologique 37

Plaque vulnérable/ histologie

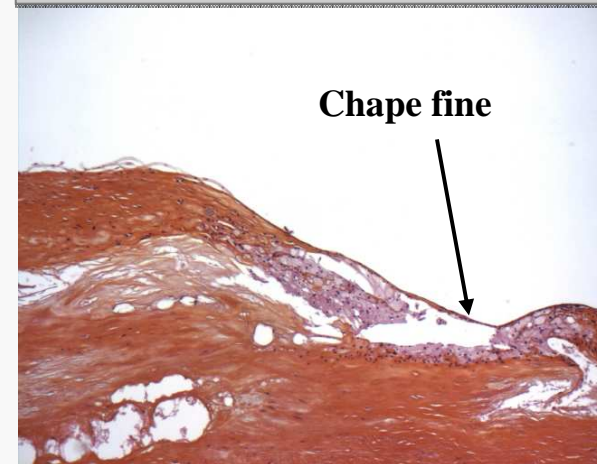


Plaque « stable »



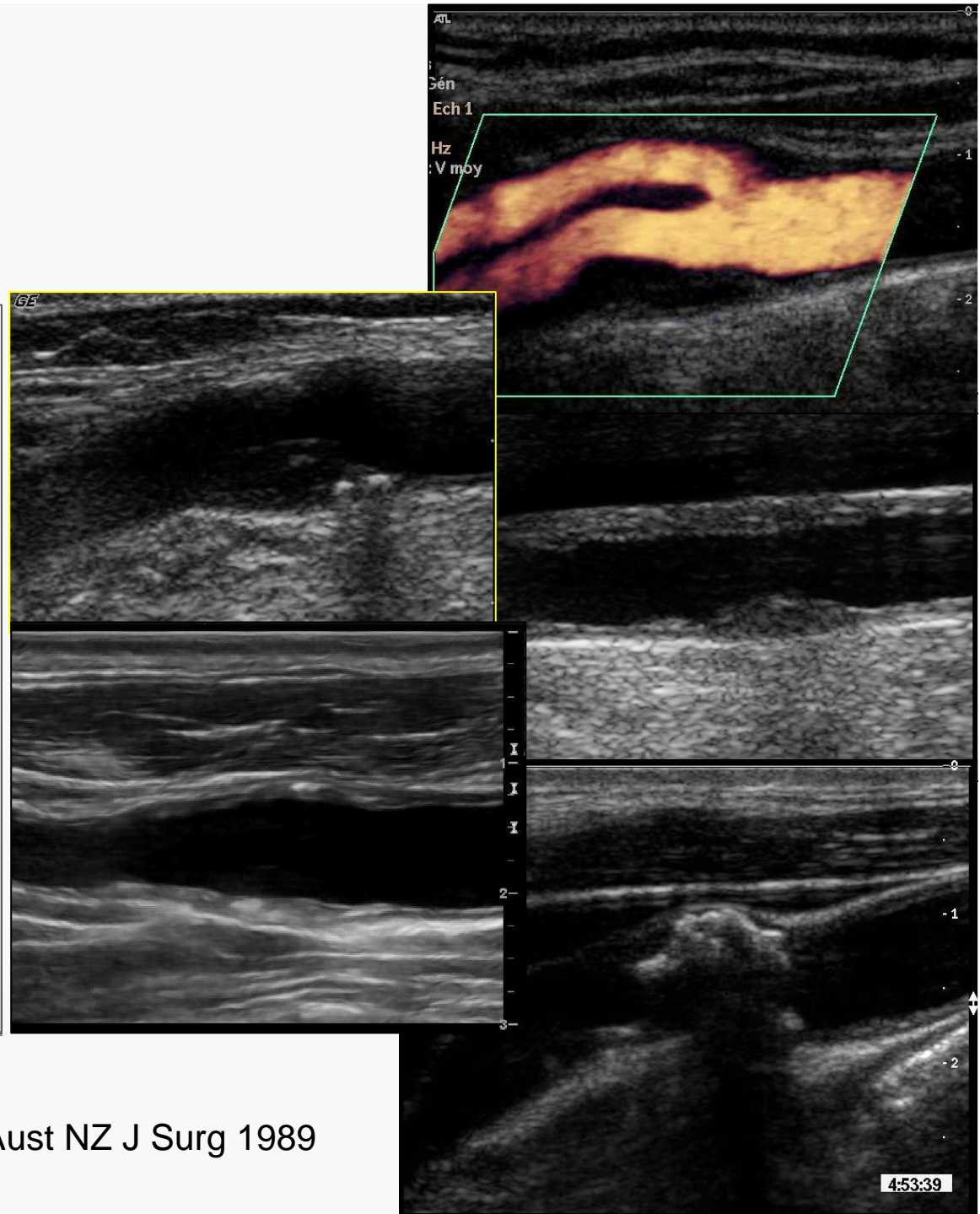
Plaques vulnérables

- Plaque vulnérable sur le plan histologique
 - Riche corps lipidique
 - (> 25% de la plaque)
 - Chape fibreuse
 - fine moins de 7 microm
 - ou ulcérée
 - Infiltrat inflammatoire
 - Néo-vascularisation
 - Hémorragie intra-plaque



Classification par Gray Weale 1988 modifiée par Geroulakos 1993

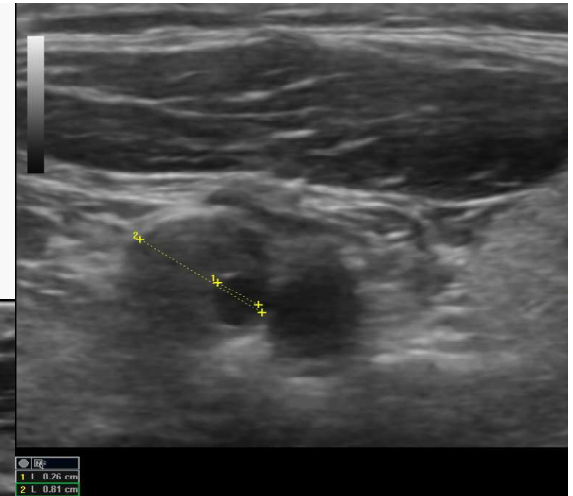
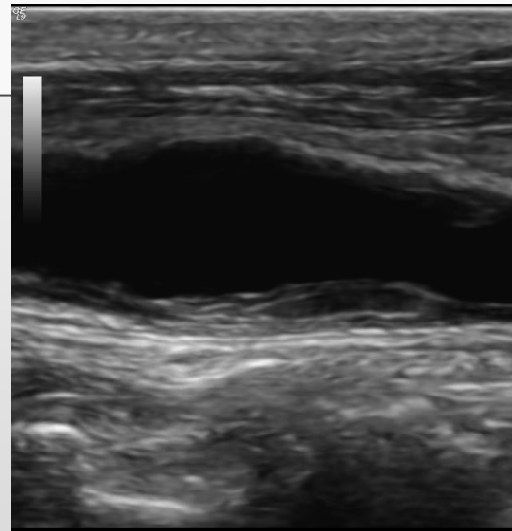
- Type 1 :
 - Plaque anéchogène
 - < 15 % échos intenses
- Type 2 :
 - Plaque à prédominance anéchogène ou hypoéchogène
 - 15-50 % d'échos intenses
- Type 3 :
 - Plaque à prédominance iso ou hyperéchogène, hétérogène
 - 50-85 % d'écho ;
- Type 4 :
 - Plaque iso ou hyperéchogène, uniformément
 - > 85 % d'écho ;
- Type 5 :
 - Plaque calcifiée.



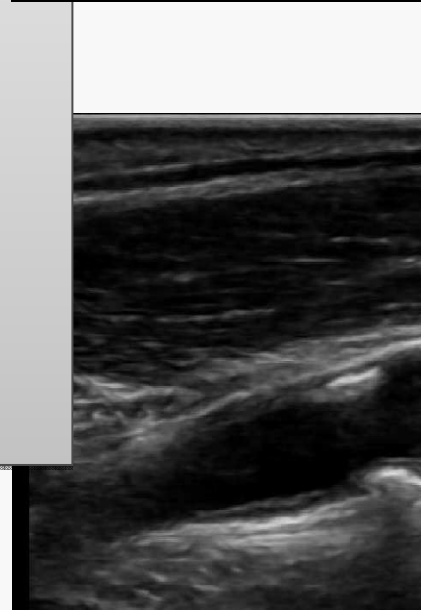
Steffen C.M, Gray Weale A.C et al. : Aust NZ J Surg 1989
Geroulakos et al. : Br J Surg. 1996

Classification par Gray Weale, modifiée par Geroulakos

- Classification en fonction
 - Echogénicité de la plaque
 - Hypoéchogène :
 - Types 1 et 2,
 - Échogène :
 - Types 3 et 4,
 - Calcifiée :
 - Type 5
 - Structure
 - Hétérogène :
 - Types 2 et 3,
 - Homogène :
 - Types 1 et 4
 - mais
 - ne tient pas compte de la surface.



Homogène

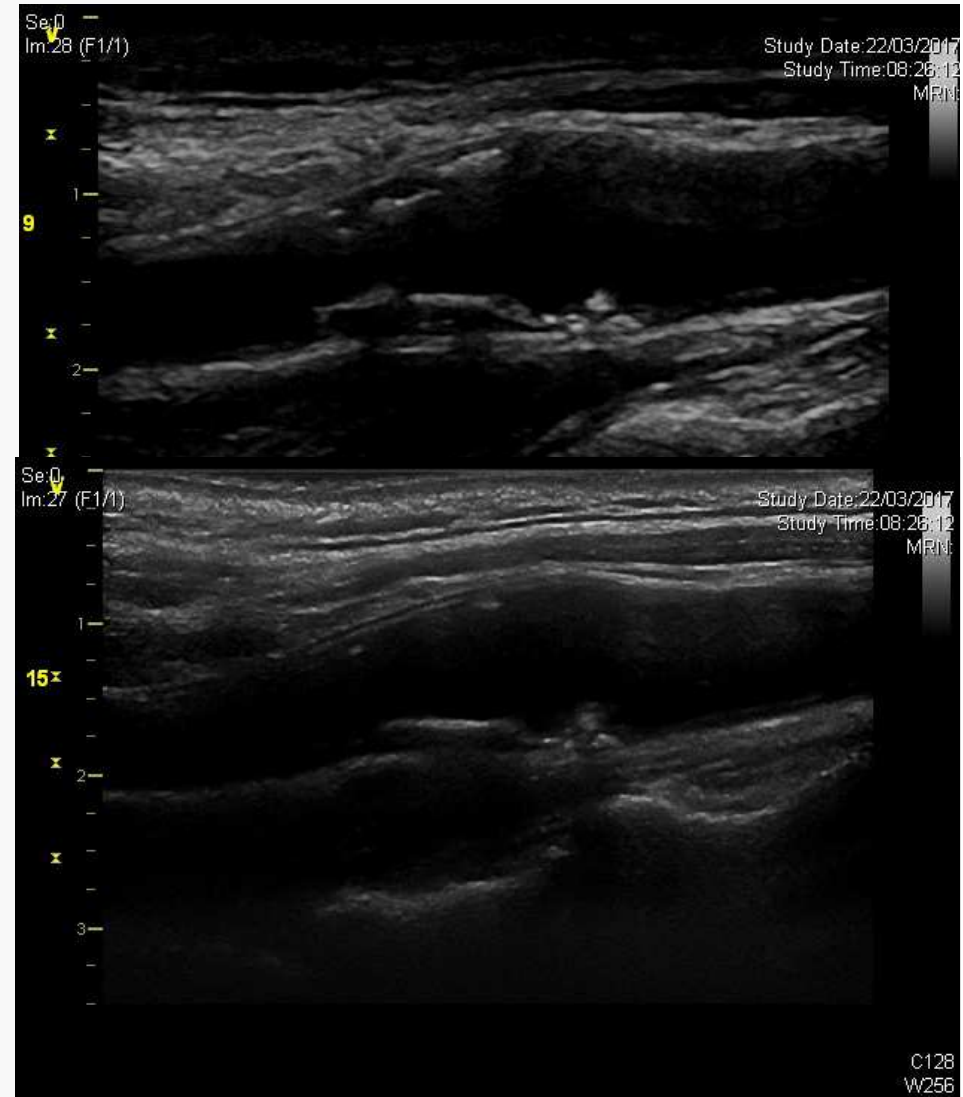


Hétérogène

Limites

Classification de Gray Weale modifiée

- Classification « à l'œil »
 - Correcte
 - Mayor 2003
- Non quantitative
- Manque de reproductibilité
 - car elle dépend des réglages
 - Notamment de l'hypoéchogénéité
- Intérêt de l'utilisation
 - de sonde de haute fréquence
 - voir de très haute fréquence
 - Acquisition multi-angulaire
 - Diminue
 - le bruit,
 - les artefacts,
 - les échos de répétition
 - Augmente
 - le contraste,
 - accentue les interfaces



GSM: Gray Scale median

- Analyse de la plaque
- après normalisation de l'image acquise
- Analyse objective du degré de gris
- Après normalisation de l'image
 - Sang: 0 : noir
 - Adventice: 190-200 : blanc
- Outil quantitatif
- Adobe® Photoshop®
- Cut off ?

Sabetai Stroke 2000

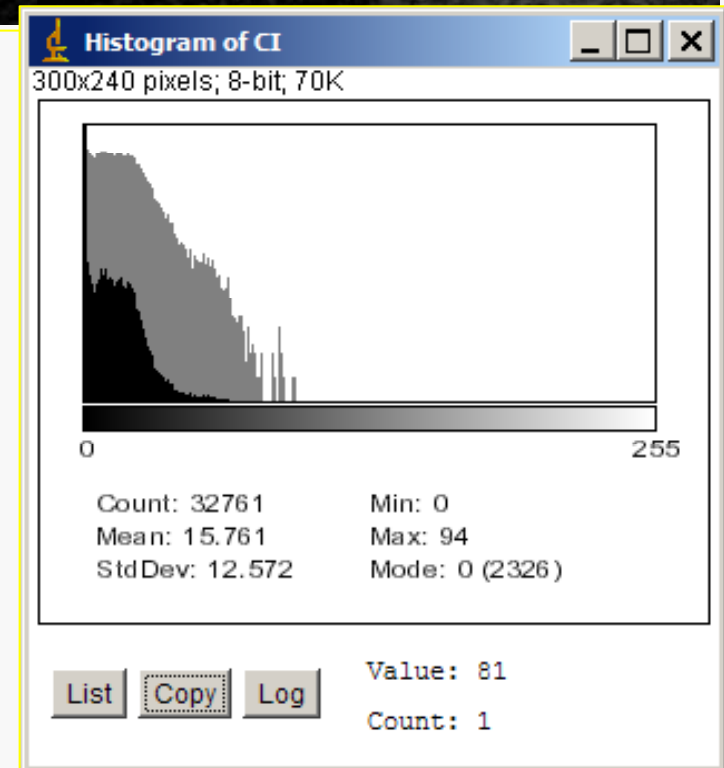
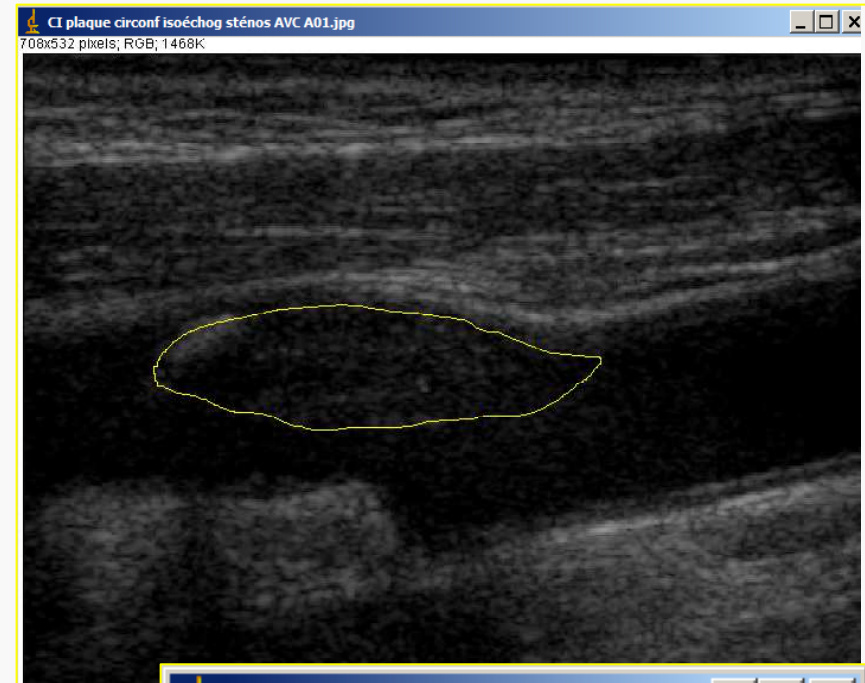
El BarghoutyN. et al.: EurJ Vasc Endovasc Surg 1995)

El BargoutyNet al.: EurJ VascEndovascSurg 1996

El BarghoutyN. et al.: EurJ VascEndovascSurg 1996

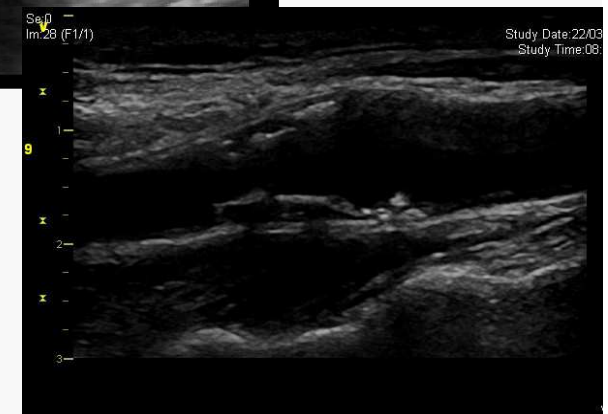
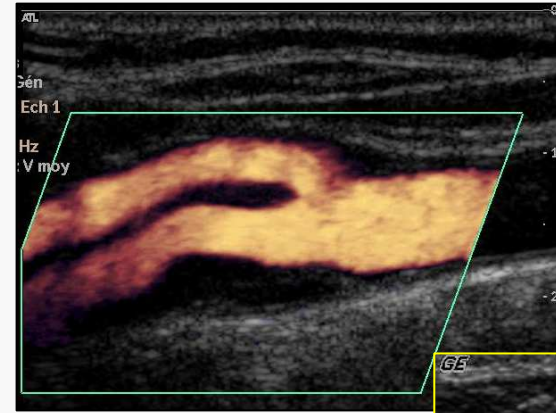
ElatrozyT et al.: int Angiol. 1998

ElatrozyT. et al.: Euro J Vasc Endo vasc Surg16 1998



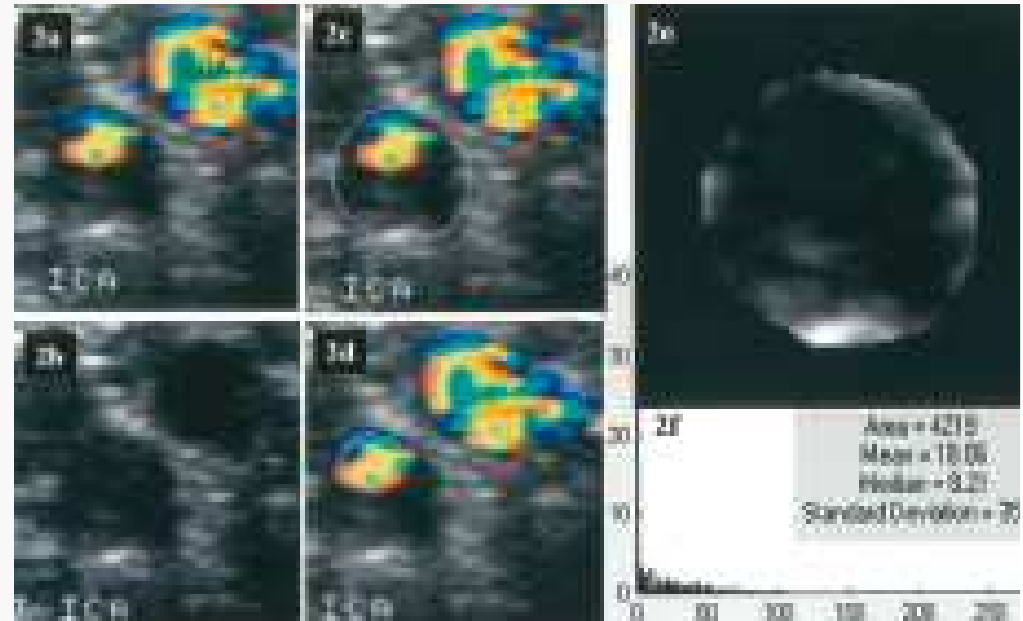
Classification numérique GSM

- **Type 1:**
 - uniformément hypoéchogène
 - <15% des pixel avec $GSM > 25$
- **Type 2:**
 - Principalement hypoéchogène
 - 15-20% des pixel avec $GSM > 25$
- **Type 3**
 - Principalement hyperéchogène
 - 50-85% des pixel avec $GSM > 25$
- **Type 4**
 - Uniformément hyperéchogène
 - >85% des pixel avec $GSM > 25$
 - **ACSRS Nicolaidis AN et al:**
Vascular 2005



GSM limite

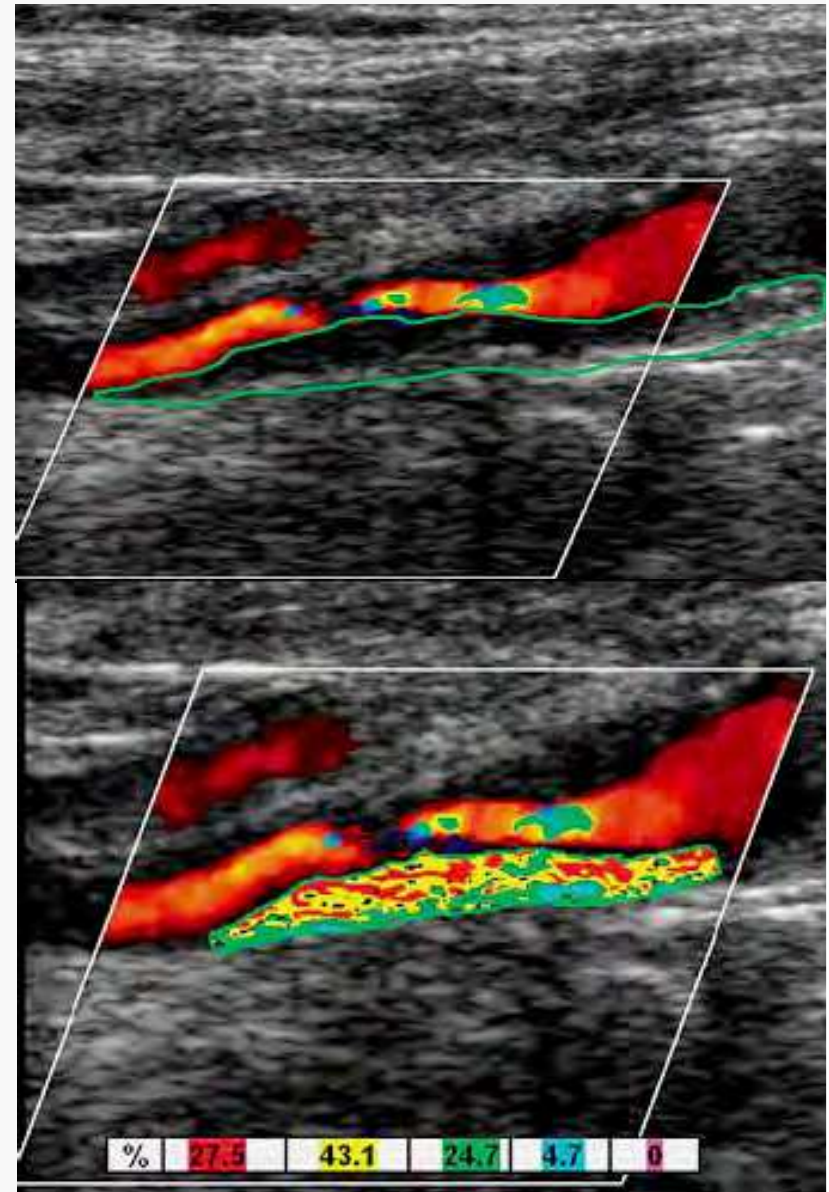
- Manque de reproductibilité
 - car elle dépend des réglages
- Analyse de la GSM sur une seule coupe longitudinale
 - plusieurs coupes transversales
 - meilleure analyse de la constitution de la plaque
 - Une approche du volume de la plaque?
 - wijeyaratne JVS 2003
- Pas en compte le % des différents constituants de la plaque (sang/ lipides/ tissu fibreux/ calcifications)
- Variabilité des cut- offs pour déterminer
 - Plaques sympto plaque asympto
 - El Barghouty: EurJ Vasc Endovasc Surg 1996*
 - Elatrozy : int Angiol. 1998*
 - Gronholdt.: Circulation 1998*
 - Lal.: Ann vascSurg 2006*
 - Grogan.: J VascSurg, 2005*



Auteur	GSM sympto	GSM asympto
El Barghouty, 96	<32	>32
Elatrozy, 98	21+/-16	37,6 +/- 26
Gronholdt, 98	<74	>74
Lal, 2002	32+/-7,5	49,3+/-6,7
Grogan, 2005	41+/-9	60+/-13

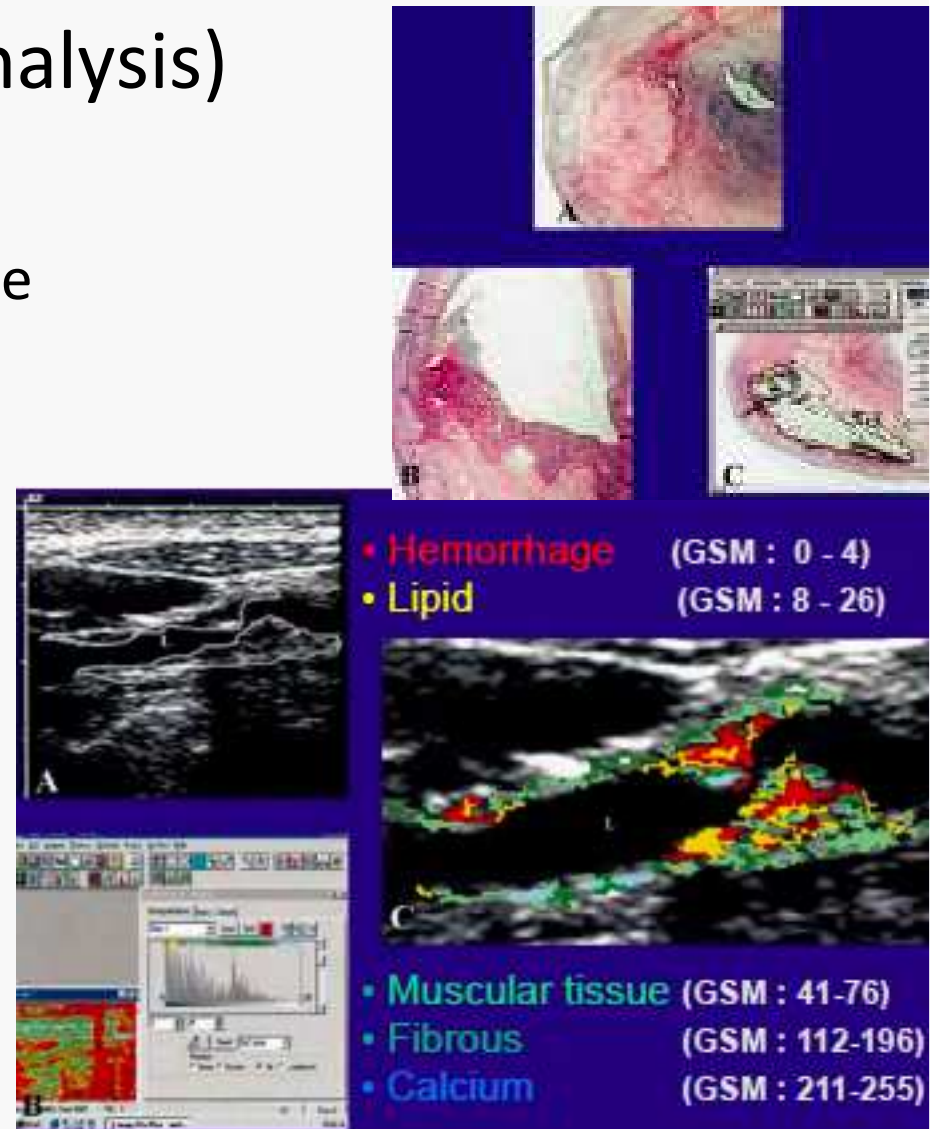
Analyse Digitalisée de la texture de la plaque (Pixel Distribution Analysis)

- Couleur
 - est attribuée aux différents niveaux de gris prédéfinis: niveau de GSM
- Densité échographiques
 - 3 hypoéchogène et 2 hyperéchogène
 - définis selon leur niveau de gris GSM en couleur
 - Classe 1: GSM: 0-4
 - Rouge
 - Classe 2: GSM:8-26
 - Jaune
 - Classe 3: GSM: 41 à 76
 - Vert
 - Classe 3: GSM: 112-196
 - Vert
 - Classe 5: GSM: 211-255
 - Violet



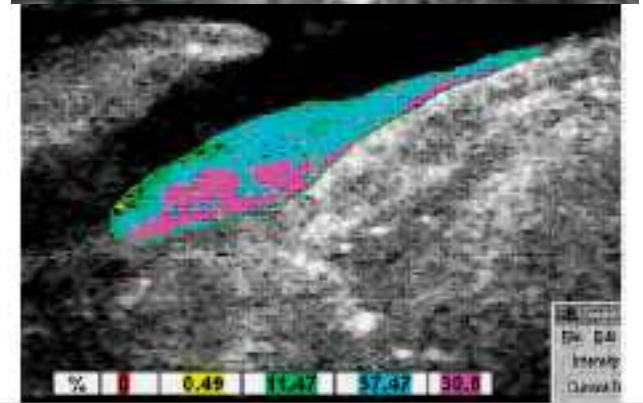
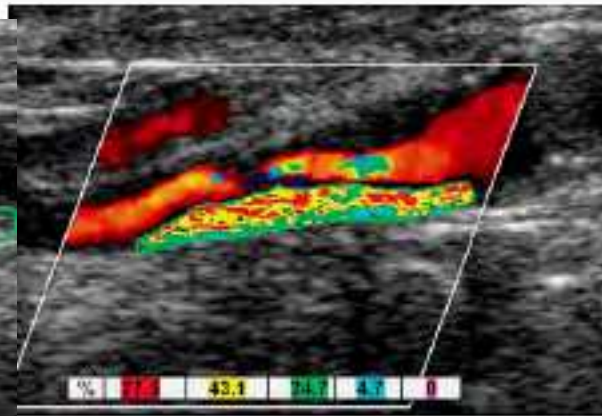
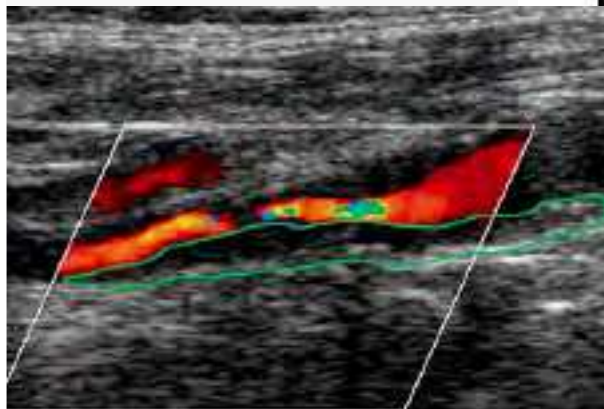
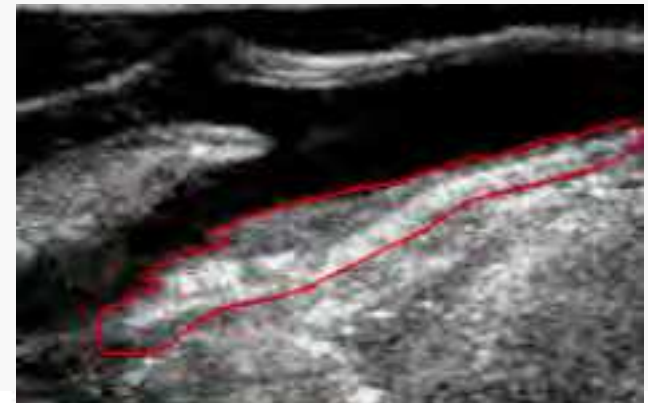
Analyse Digitalisée de la texture de la plaque (Pixel Distribution Analysis)

- Classe
 - Nature histologique de la plaque
 - Classe 1: Sang ou hémorragie
 - GSM: 0-4
 - Rouge
 - Classe 2: lipides
 - GSM:8-26
 - Jaune
 - Classe 3: Tissu musculaire
 - GSM: 41 à 76
 - Vert
 - Classe 3: Fibrose
 - GSM: 112-196
 - Vert
 - Classe 5: Calcium
 - GSM: 211-255
 - Violet



Analyse Digitalisée de la texture de la plaque (Pixel Distribution Analysis)

- ADTP:
 - Analyse digitalisée de la texture de la plaque
 - calcul le % en surface de chaque zone de couleur
 - par rapport à la surface de l'ensemble de la plaque.
- Index ADTP
 - Addition des % permet de définir un index:
 - établi en prenant en compte les zones hypoéchogènes en additionnant les % des classes 1, 2 et 3

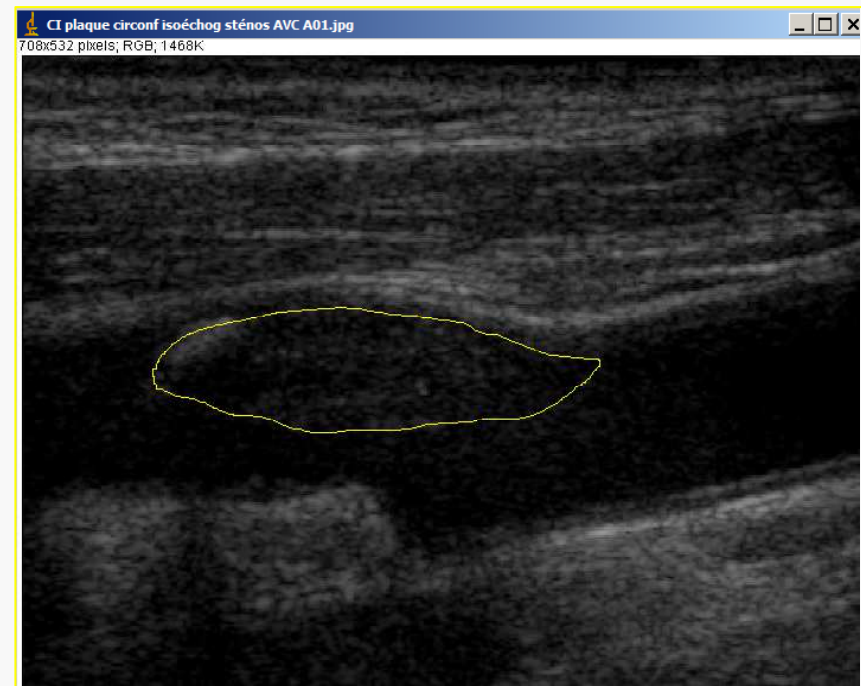


% ADTP : $27,5 + 43,1 + 24,7 = 93,5$ %.
Plaque à haut risque.

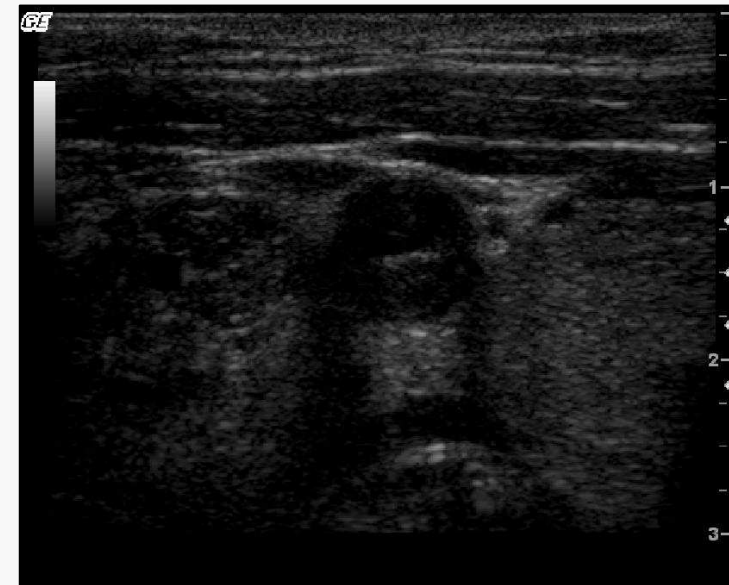
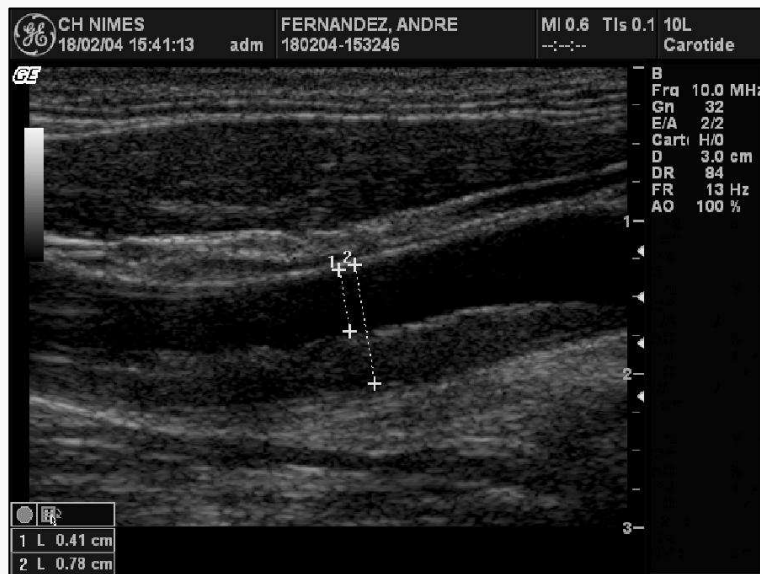
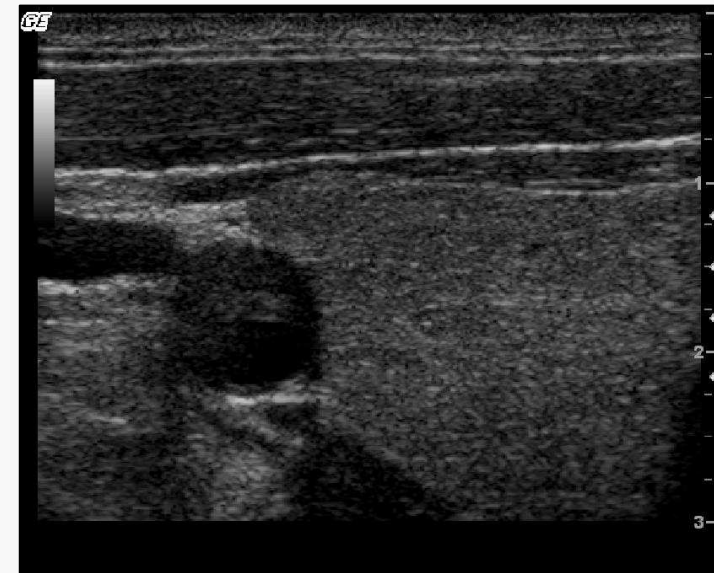
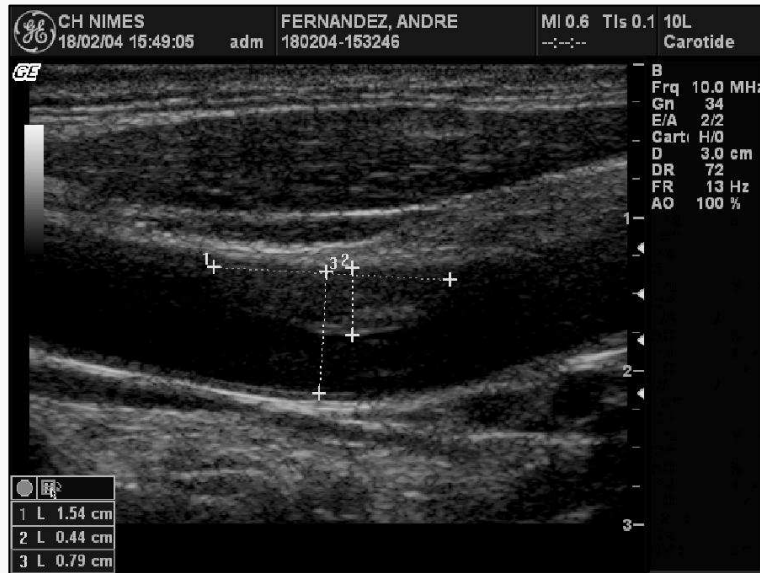
% ADTP : $0 + 0,49 + 11,47 = 11,96$ %.
Plaque à risque faible.

Aire de la plaque

- Aire de la plaque calculé sur une coupe longitudinale
- Dessiné par opérateur



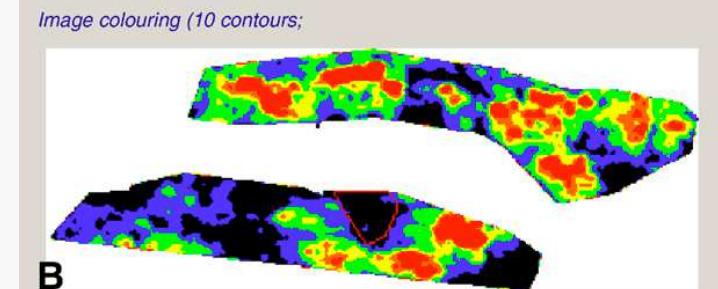
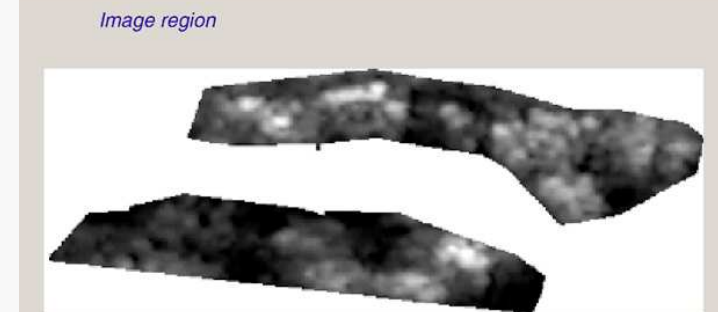
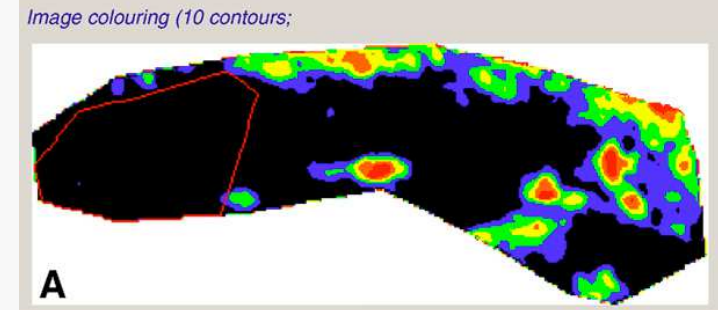
Plaques



Larges plaques de la Carotide Commune

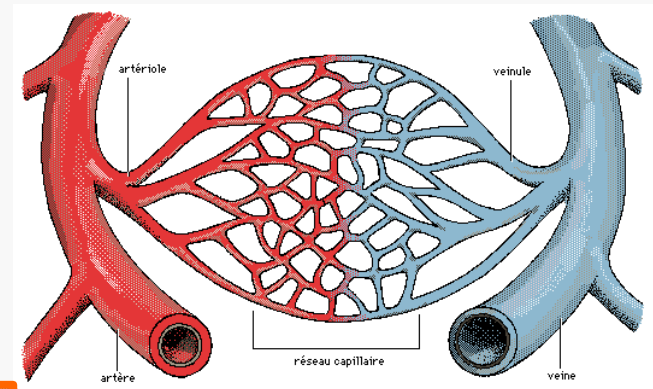
Zone noire juxta luminale

- Surface noire juxta luminale
 - JBA juxta luminal Black area
 - Zone dont le $GSM < 25$,
 - sans chape hyper échogène
 - Nécrose
 - Lipides
 - Hémorragie
 - Thrombus
 - Plaque symptomatique
 - $JBA > 8\text{mm}^2$
 - Et $GSM < 15$
 - Griffin 2010



Produit de contraste échographique

- Passant le lit capillaire pulmonaire,
- sans spécificité d'organe :
 - Durée de vie ≤ 5 min (injection en bolus)
 - Albunex® (MBI / Mallinckrodt)
 - Levovist® (Schering SA)
 - Durée de vie > 5 min (injection en bolus)
 - EchoGen® (Sonus Ph. / Abbott)
 - Optison® (FSO69, MBI / Mallinckrodt)
 - SonoVue® (Br1, Bracco)
 - Definity® (DMP115, Dupont)
 - Imagent™/ Imavist® (AF0150, Schering)
 - Sonavist® (SH U 563 A, Schering)
 - Sonazoïde (NC100100, Nycomed SA)
 - Quantison™ and Myomap™ (Andaris)
 - SonoGen® (QW7437, Sonus Pharmaceuticals)

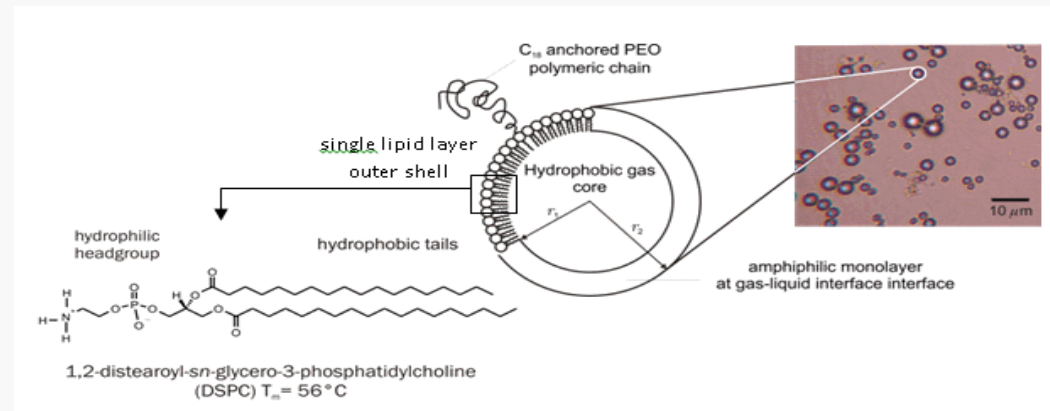


AMM cardio

Agent	Shell Type
Optison™	Albumin
SonoVue™	Lipid
Definity™	Lipid

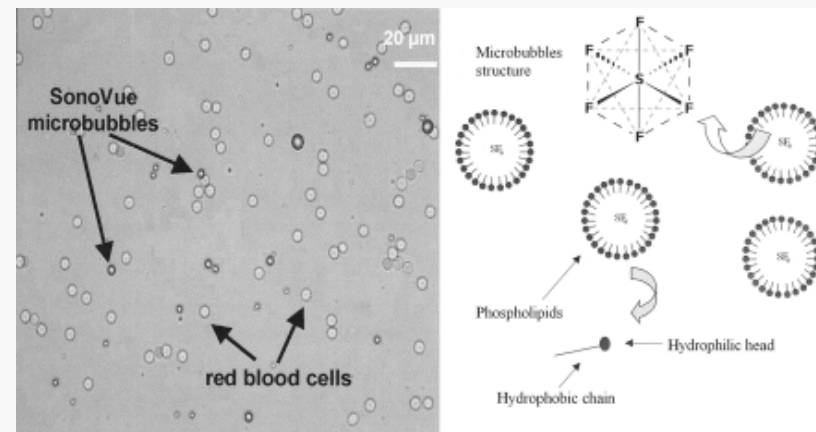
Microbulles

- Excellents réflecteurs
 - leur densité et leur compressibilité sont très différentes du plasma.
 - entrent en résonance sous l'action du champ ultrasonore,
 - et la section efficace d'une bulle d'air est environ 1000 fois > à la surface théorique calculée.
- petite taille
- de 2 à 10 micromètres
- noyaux de gaz
 - Air
 - Perfluorocarbone
 - nitrogène
- stabilisées par une enveloppe biocompatible
 - comprenant
 - une monocouche lipidique ,
 - une protéine (albumine)
 - galactose
 - ou un polymère
- Dans une suspension dans la dispersion aqueuse.



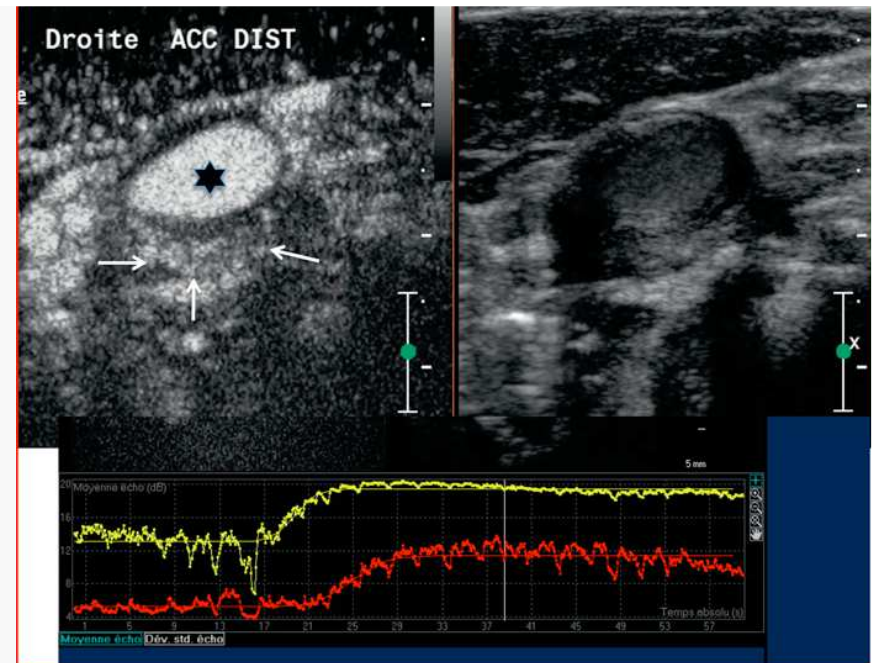
SonoVue

- Microbulle
 - Diamètre
 - de 1 à 8 microm
 - moyen 2,5 microm
 - de gaz d'hexafluorure de soufre
 - entouré de phospholipide
- Préparation
 - Poudre
 - 5mL sérum physiologique
 - micro bulle secouées régulièrement avant utilisation
 - injection lente et fractionnée 1,5mL e suivi d'un rinçage au sérum physiologique
- X3
- Elimination pulmonaire
- CI
 - Hypersensibilité à un des principe actif
 - Shunt droit/Gauche, HTAP sévère, HTA non controlée
- Précaution
 - insuffisance cardiaque, détresse respiratoire, insuffisance cardiaque sévère, angor instable, IDM récent

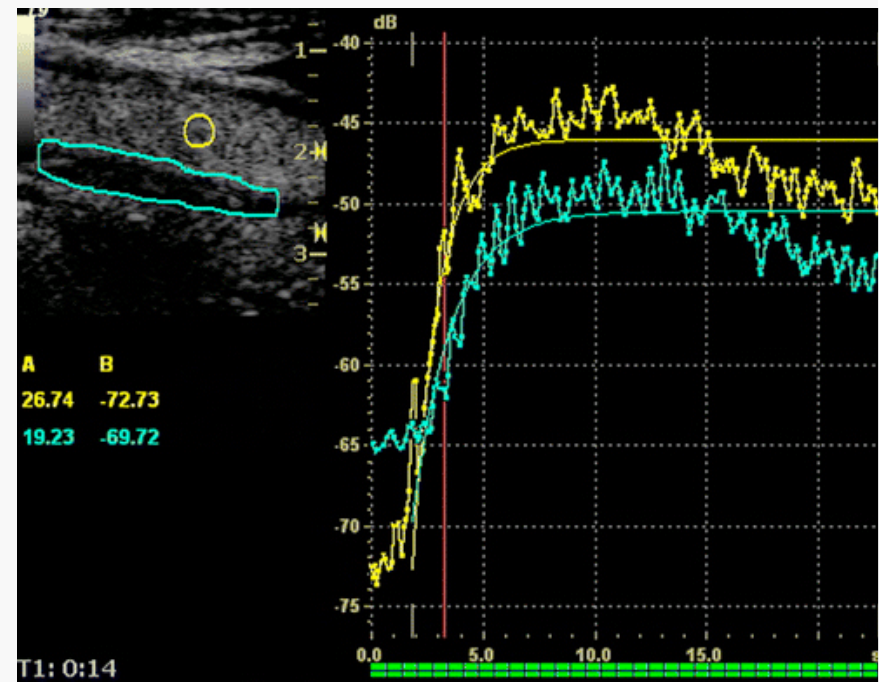


Produits de contraste

- Néovangiogénèse au niveau vasorum adventiis
- Néovascularisation
- Appréciation visuelle
 - subjective
- Quantification automatisée possible
 - Ex: par le logiciel QLAB-Philips®
 - Intensité du rehaussement au sein de la plaque.
 - chiffré selon un delta décibel ROI plaque/ROI lumière vasculaire.
 - Mesure au sein de la plaque,
 - Mesure dans la lumière artérielle.
 - Cut off à 10 dB
 - Pb de comparaison intermachine et inter examinateur

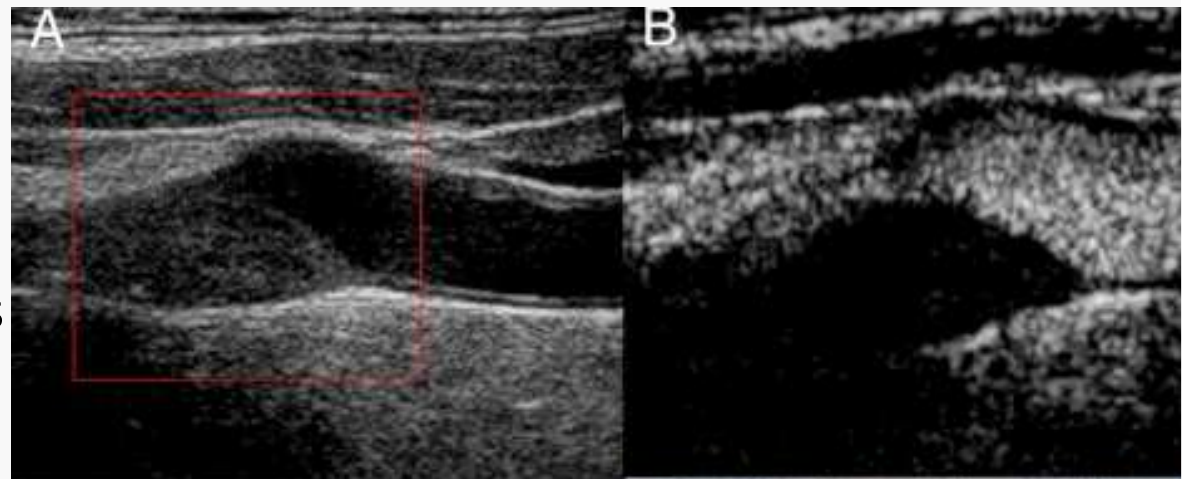


• Image sang thrombose vaisseaux 2015



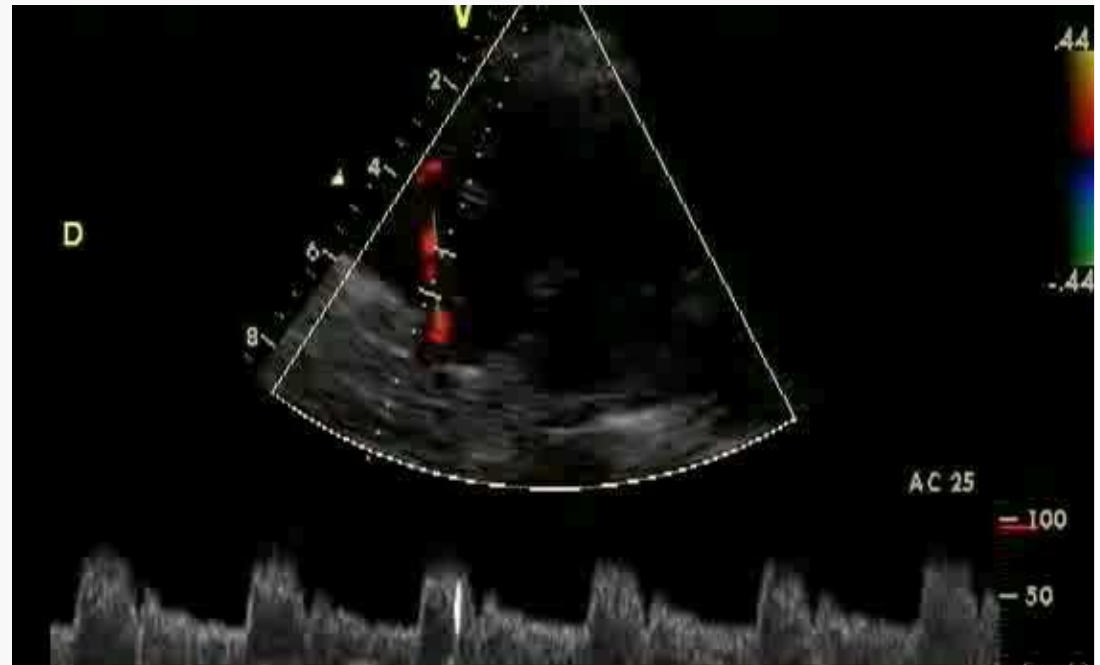
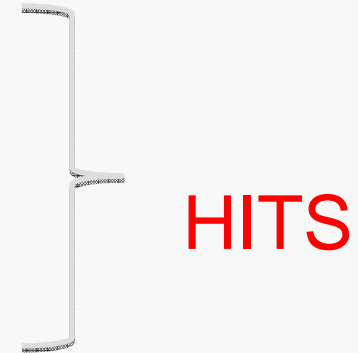
Produit de contraste

- Diffusion des microbulles
 - Du mur externe vers intérieur de la plaque
 - en cas d'ulcération
 - Bord luminal vers extérieure
 - Néovascularisation sous plaque ulcérée
- Autres avantages
 - Mieux définir la surface la plaque
 - Surtout si calcification
 - Identifier les ulcérations les microfissures



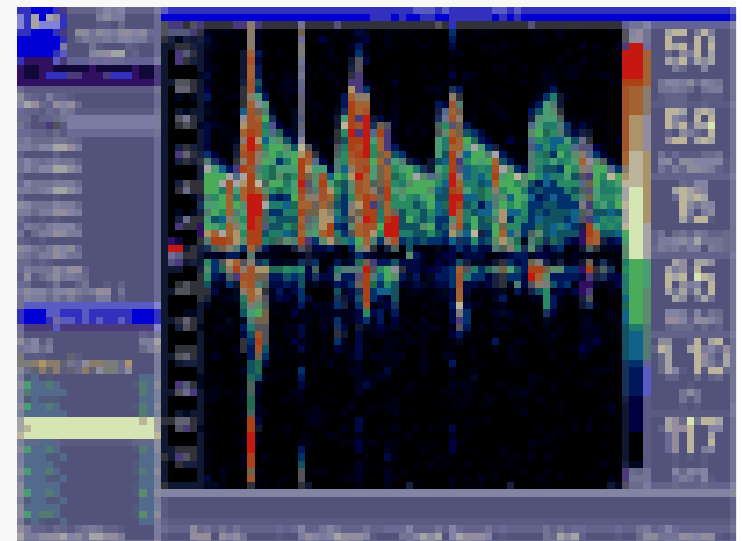
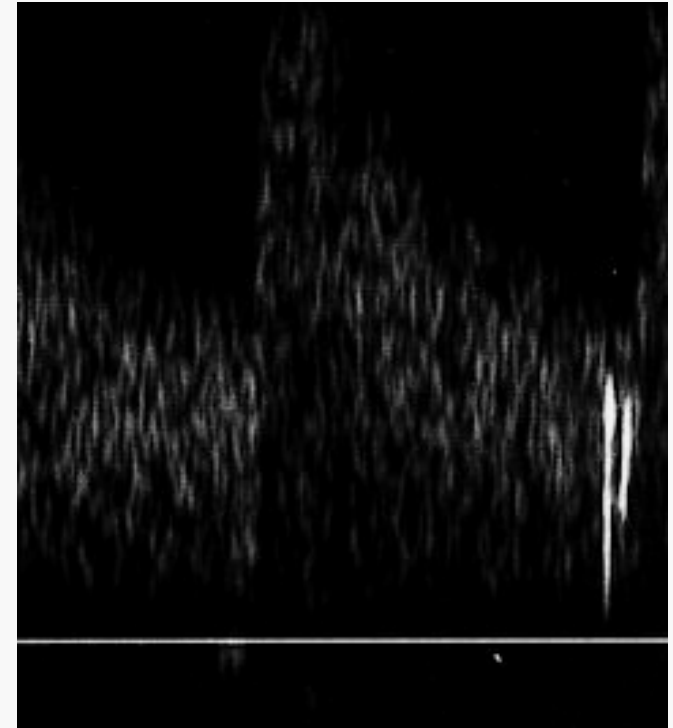
HITS

- Signaux
- Intensité élevée: *high intensity: HI*
 - entre 3 et 10 dB > signal de fond
- Signal bref: *transient signals TS*
 - de 10 à 100 ms



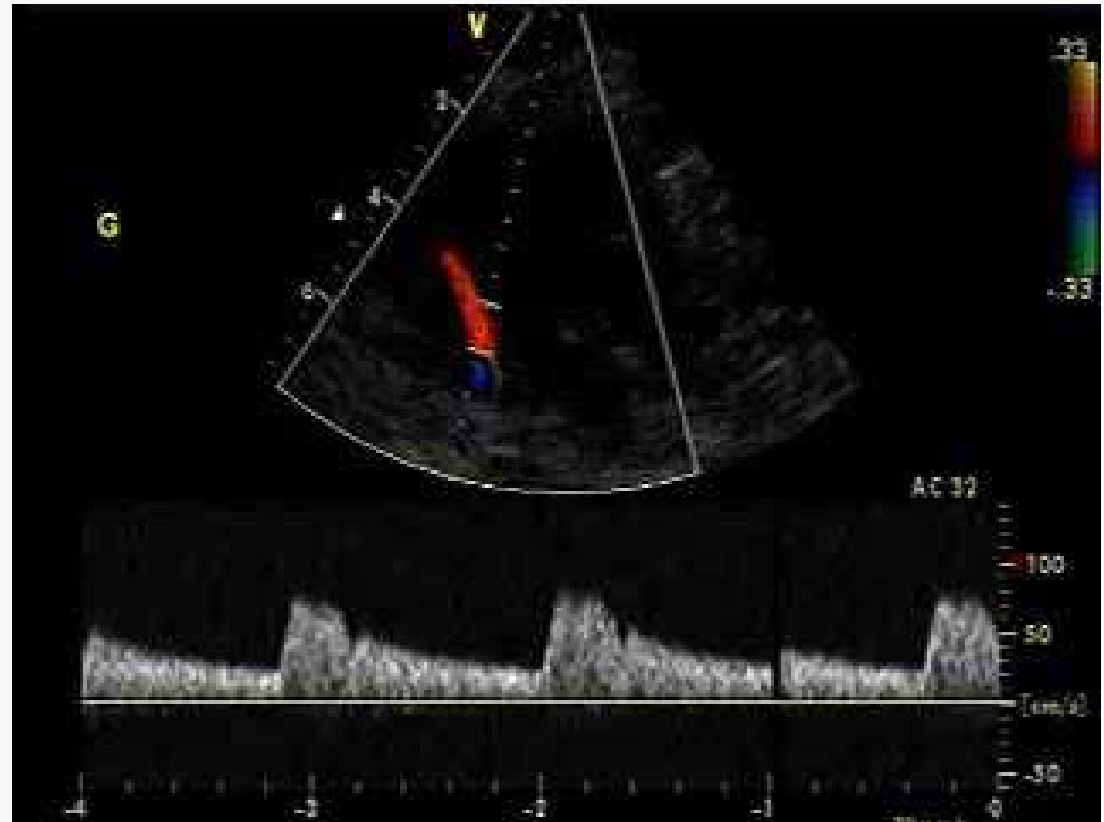
Signal

- MES, micro embolique signal
 - courte durée ($<0.01-0,03$ s),
 - unidirectionnel
 - > 3 dB
 - Dans le spectre Doppler
 - aléatoire dans le cycle cardiaque



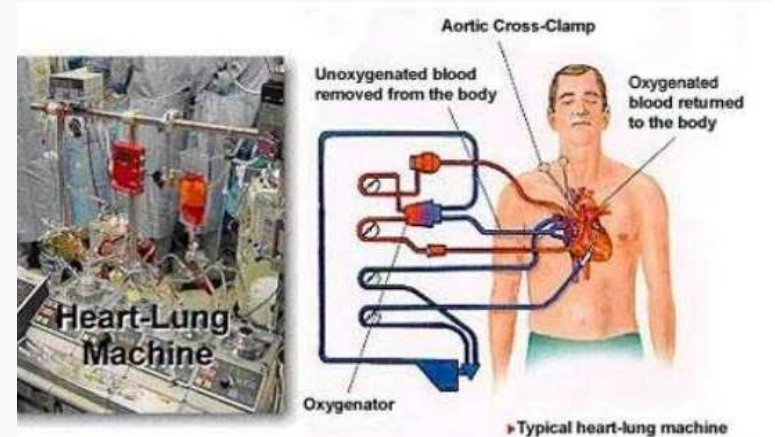
Signal

- Particularités sonores
 - «coup de sifflet»,
 - «Bip»
 - ou «cliquetis»



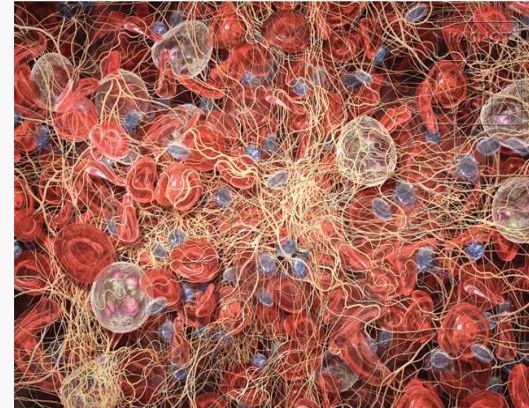
Microembol

- Signaux les plus intenses:
- = gaz
 - CEC
 - injection de micro bulles:
pour rechercher des
shunts
 - prothèses valvulaires
mécaniques

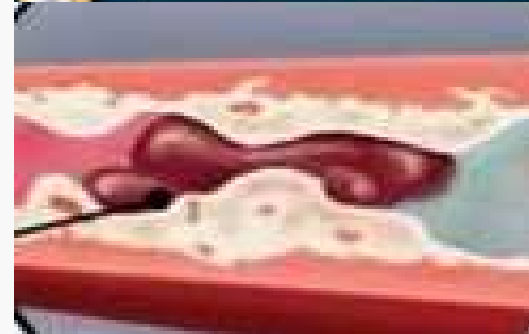
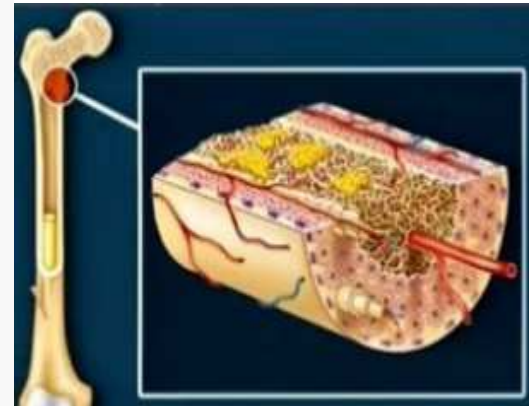


Microembol

- Intensité décroissante
- Solide
 - Réflexion US >gaz
 - +hte fréquence
 - Débris athéromateux
 - Thrombi
 - Graisse
 - Agrégats plaquettaires
 - Russell and Brucher, Stroke 2005



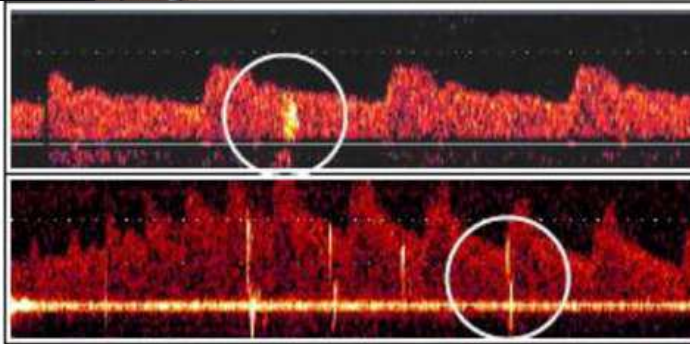
Copyright 2013 Kasnot Medical Illustration, Inc. All Rights Reserved.

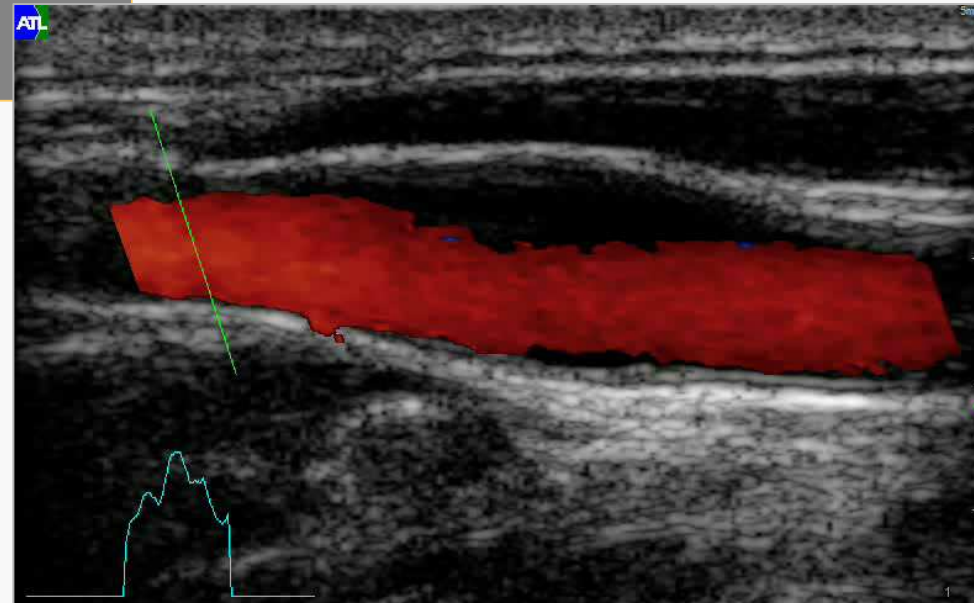
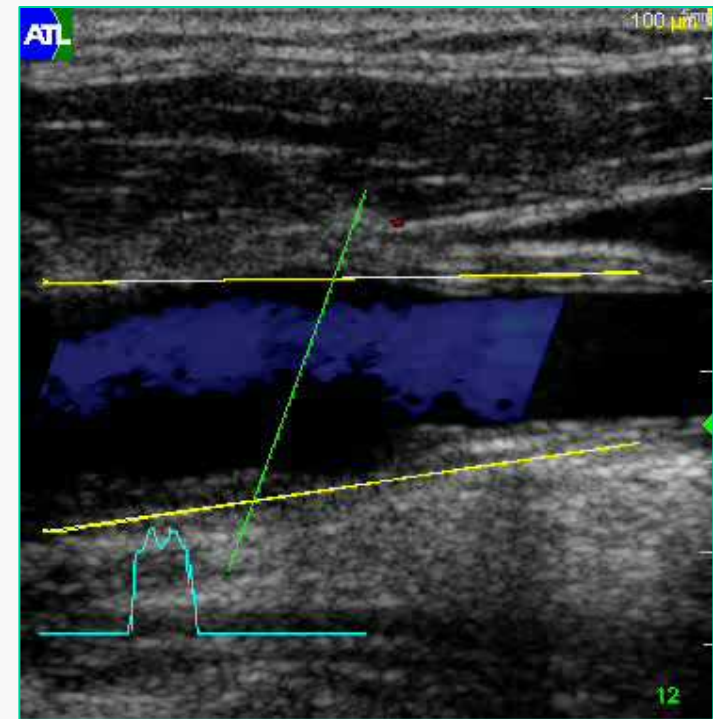
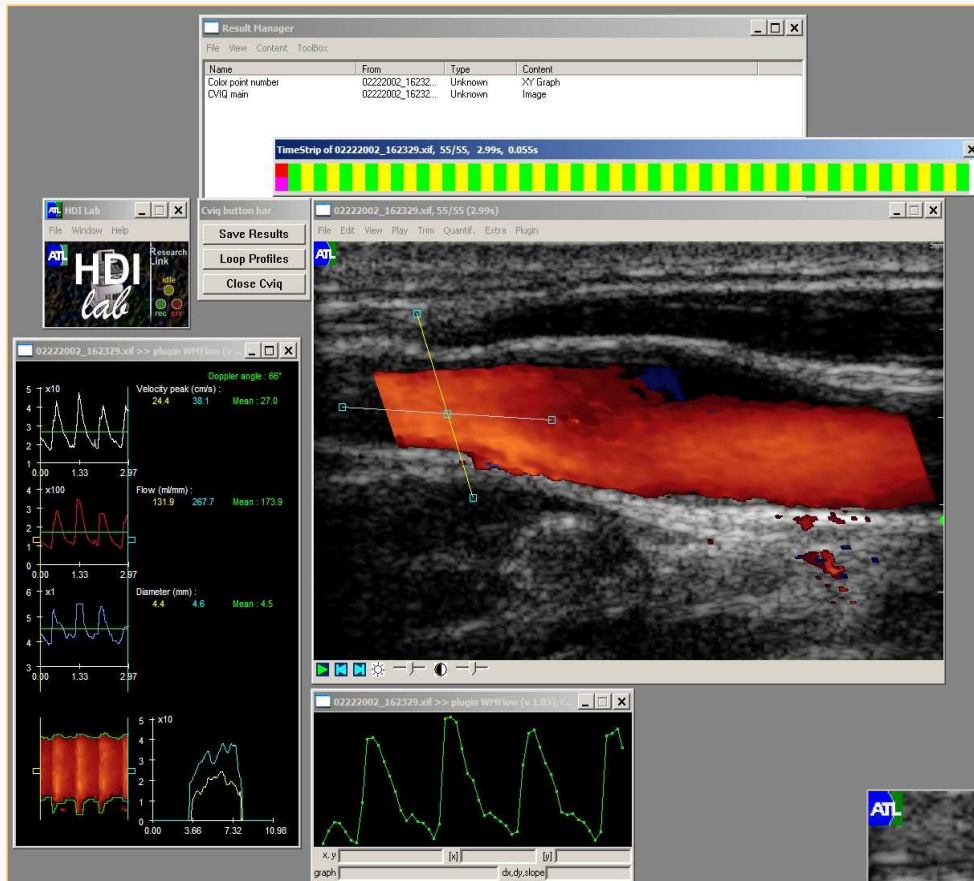


MES/ HITS



- Par hasard
- Monitoring
 - Analyse informatique ou humaine: Holter-transcrânien
 - Pour sténose carotidienne/ plaque
 - 1 à 2 en 60 min
 - Risque neuro accru
- Marqueur risque
- Asymptomatique
 - Embol de particules
 - de même diamètre
 - que celui des capillaires cérébraux,
 - voir inférieure



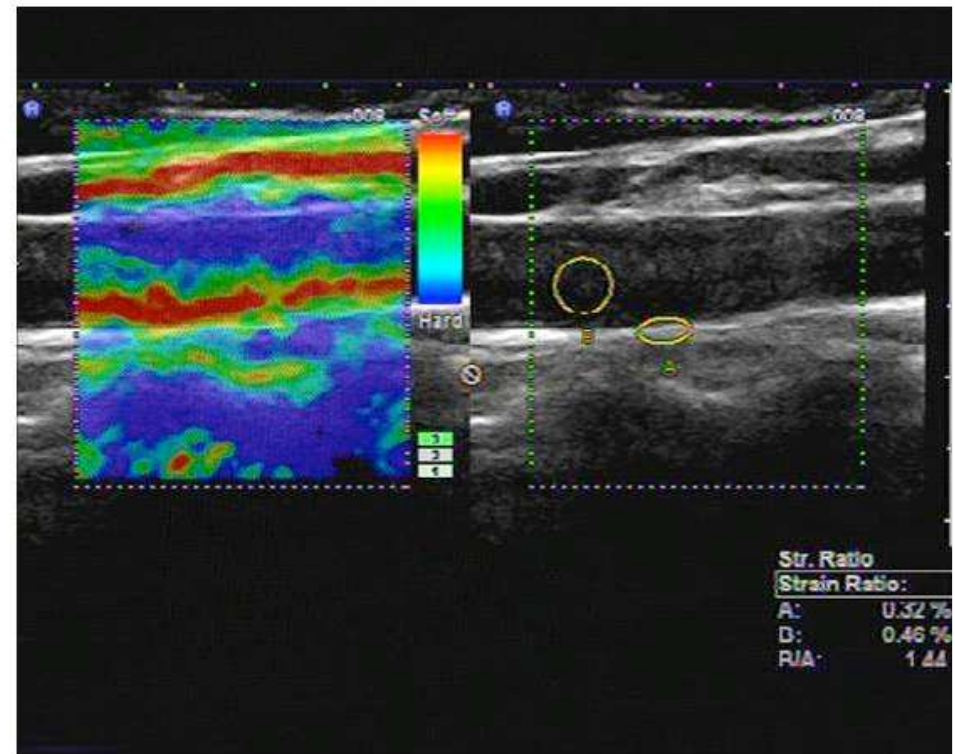


Pulsatilité Artérielle et Déformation Pariétale

Utilisation du TDI pour l'étude des mouvements de paroi (bulbe carotidien normal)

Elastographie

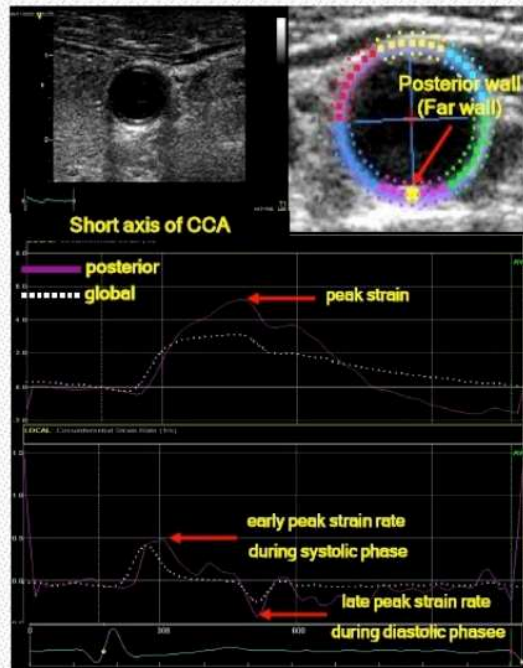
- Elastographie:
 - Technique permettant de quantifier l'élasticité tissulaire
 - Déformation de la plaque
 - Induite par impulsion cardiaque
 - Indice de texture
 - Calculé à partir des images US
 - Association avec caractéristique US
 - Niveau de GSM
 - Surface
 - » Xenikou MF, Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2015;



Speckle tracking technique

Measurement of strain & strain rate of common carotid artery by 2D speckle tracking technique

Vivid 7, GE Vingmed Ultrasound, Echopac 7.0.0 software



Measurements of strain and strain rate

- 2D short axis cine loops of Lt. CCA with a 13MHz linear transducer
- At least three consecutive heart beats with average frame rate of 76 frames/sec
- Offline analysis using 2D strain software
- Region of interest (ROI) on cross sectional area of the CCA Wall
- Global & posterior wall (far wall)

Circumferential strain & strain rate

- Global
- Posterior (far wall)

Radial strain & strain rate

- Posterior (far wall)