



Bases de l'Interprétation des images et signaux en Ultrasonographie Vasculaire

Module Vasculaire

Michel DAUZAT
Iris SCHUSTER

MCU-PH – Cardiologue - Physiologiste
Service Exploration et Médecine Vasculaires


Nîmes – Mars 2017

Bases de l'Interprétation des images et signaux en Ultrasonographie Vasculaire

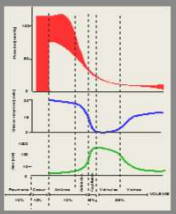

What's the plan?

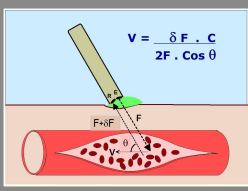
1. Quelques rappels de Physiologie et de Biophysique
2. Analyse vasculaire en 6 étapes
3. Synthèse sémiologique: Sténoses et occlusions




Bases de l'Interprétation des images et signaux en Ultrasonographie Vasculaire

1. Quelques rappels de Physiologie et de Biophysique

$$V = \frac{\Delta F \cdot C}{2F \cdot \cos \theta}$$


Rappels de Physiologie

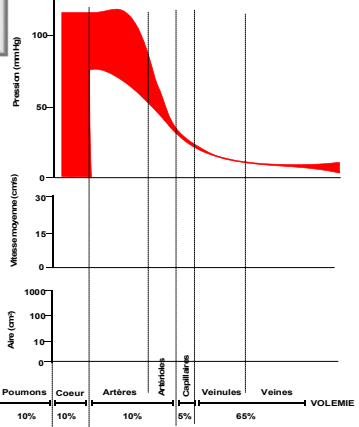



Pression Sanguine

Vitesse Circulatoire

Aire Vasculaire

Volume Sanguin

Pression Sanguine

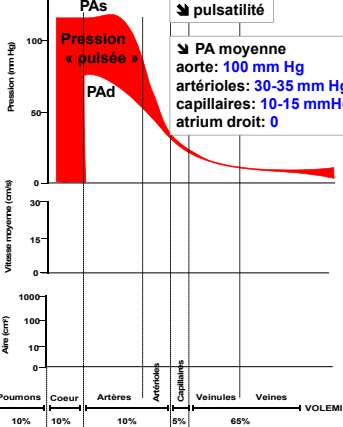
Vitesse Circulatoire

Aire Vasculaire

Volume Sanguin

PAs
Pression « pulsée »
PAd

↘ pulsatilité
 ↘ PA moyenne aorte: 100 mm Hg
 artérioles: 30-35 mm Hg
 capillaires: 10-15 mmHg
 atrium droit: 0

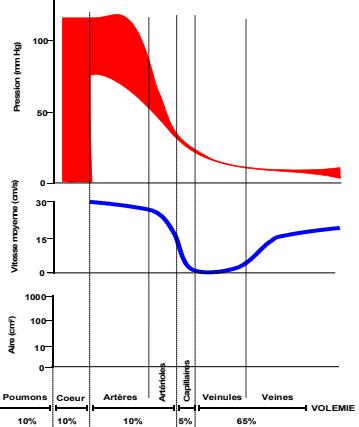


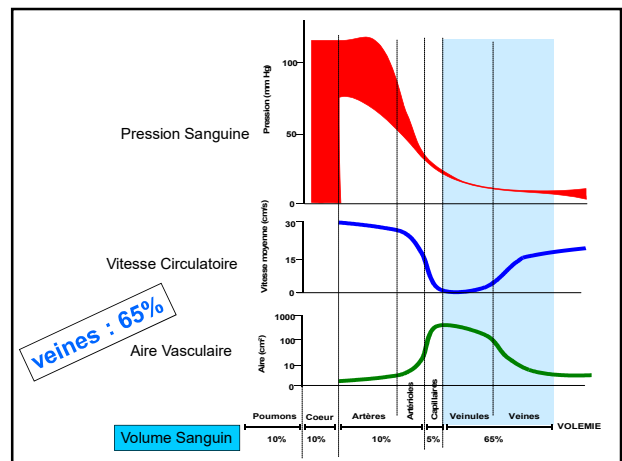
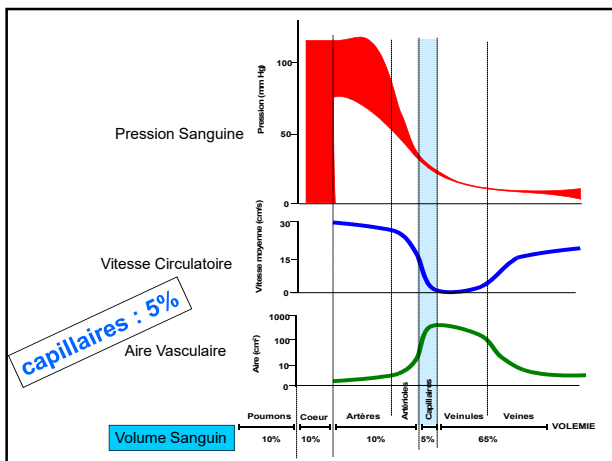
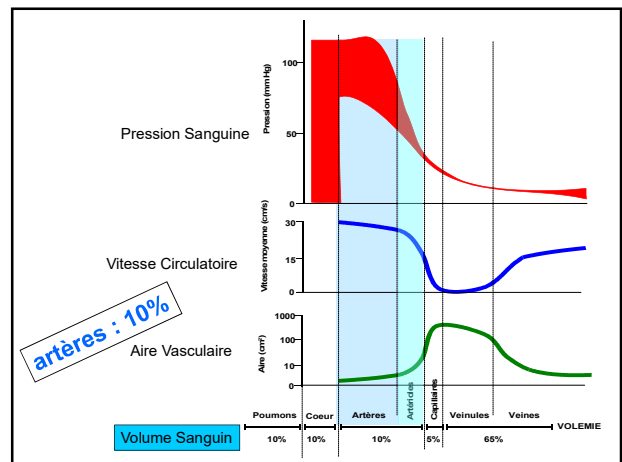
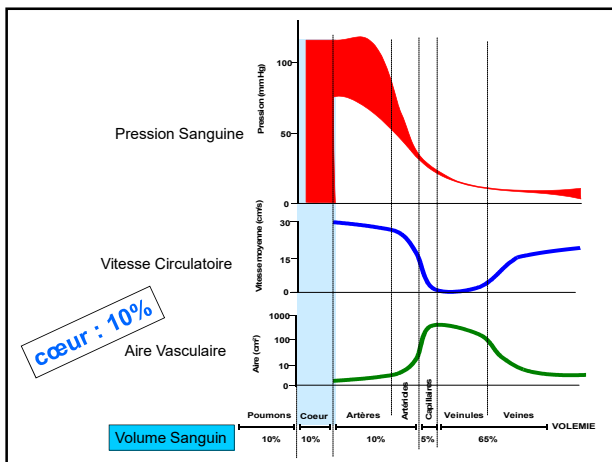
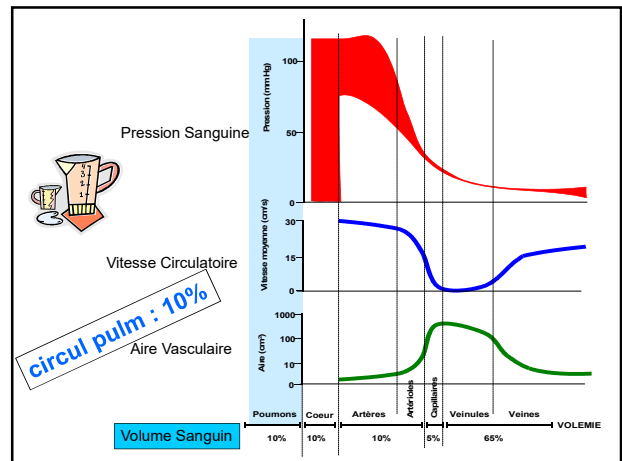
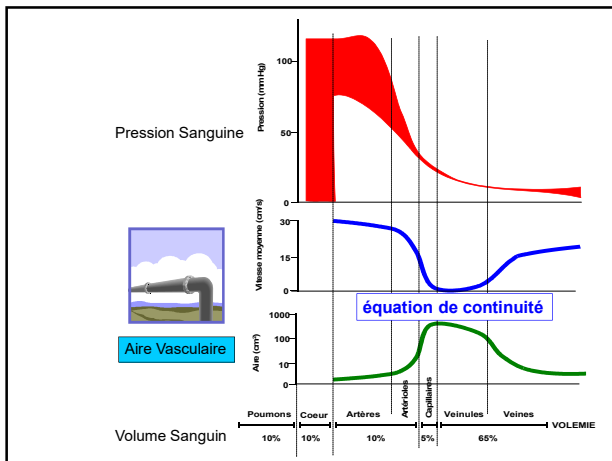
Pression Sanguine

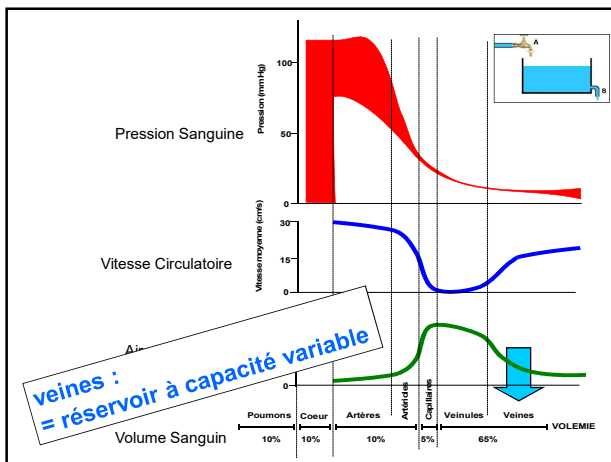
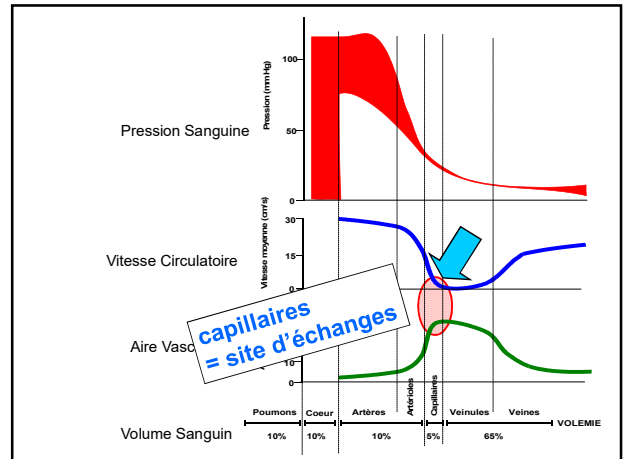
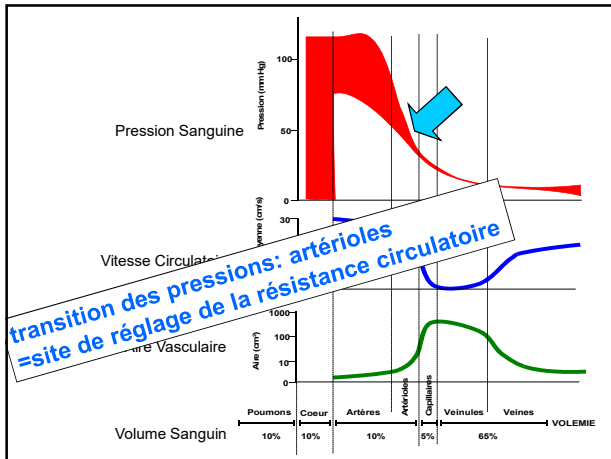
Vitesse Circulatoire

Aire Vasculaire

Volume Sanguin





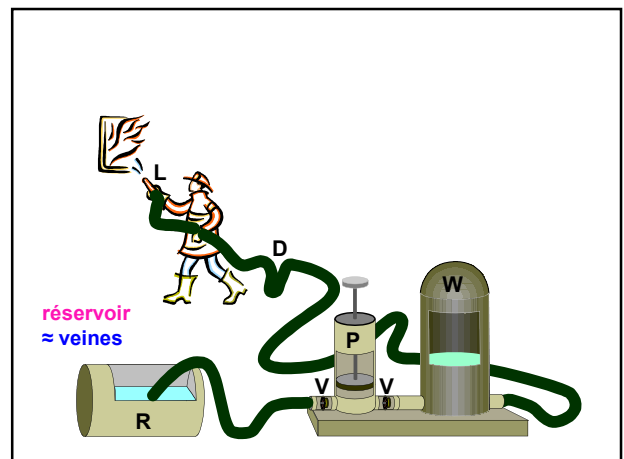
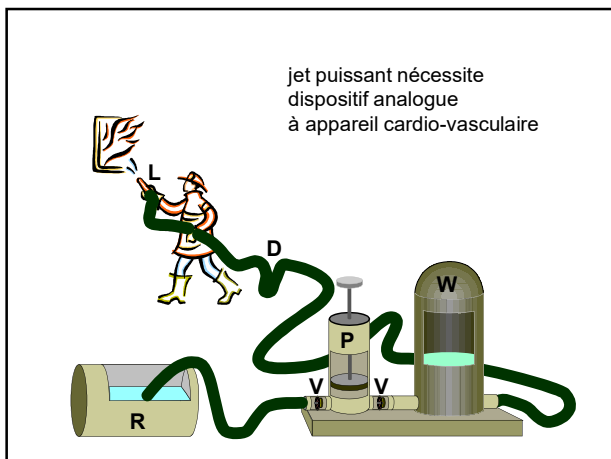


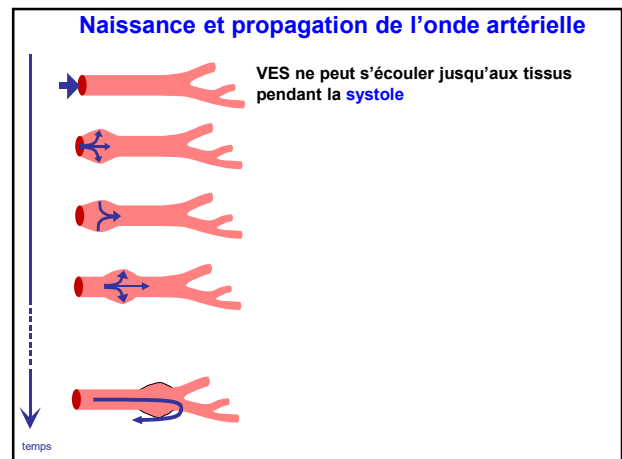
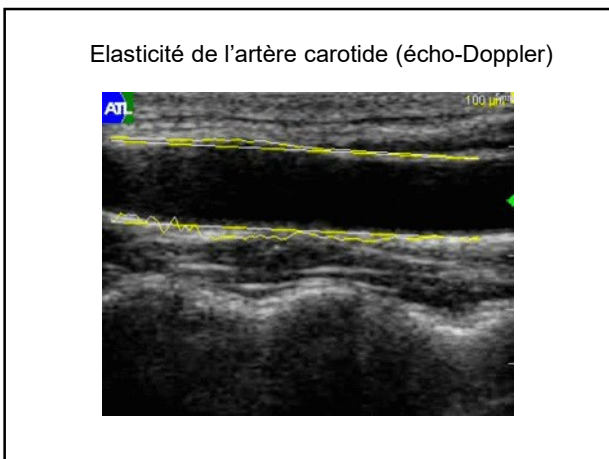
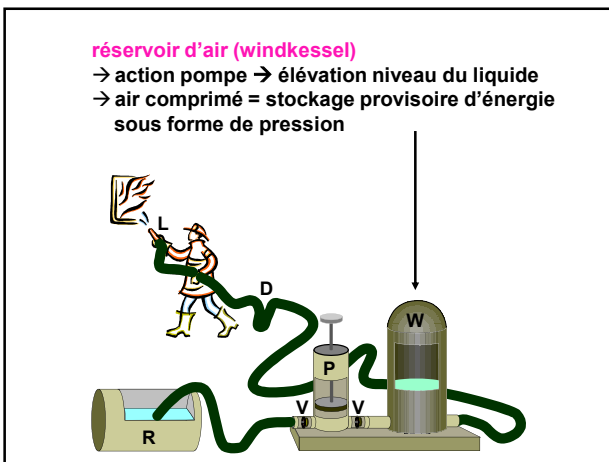
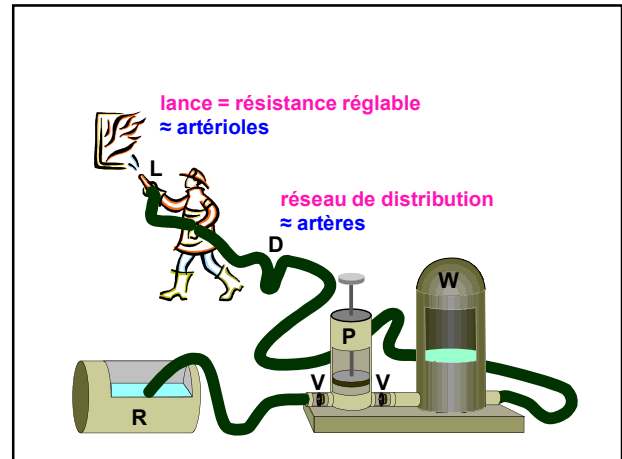
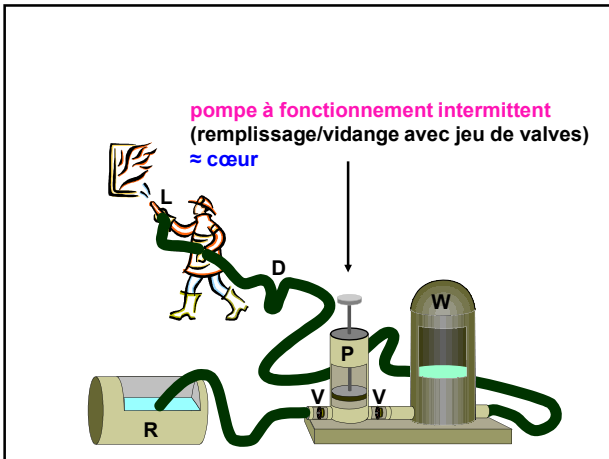
Rappels de Physiologie

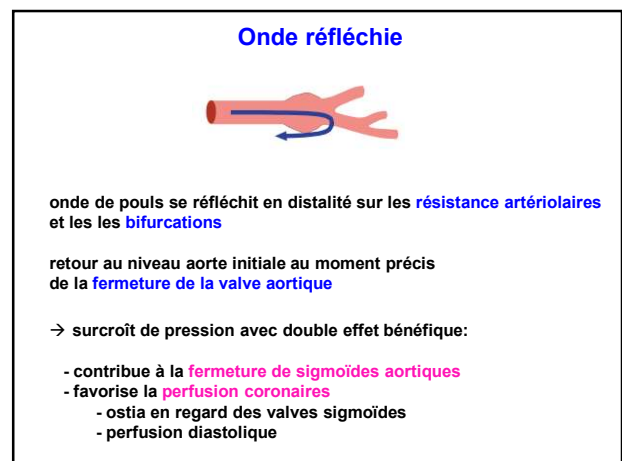
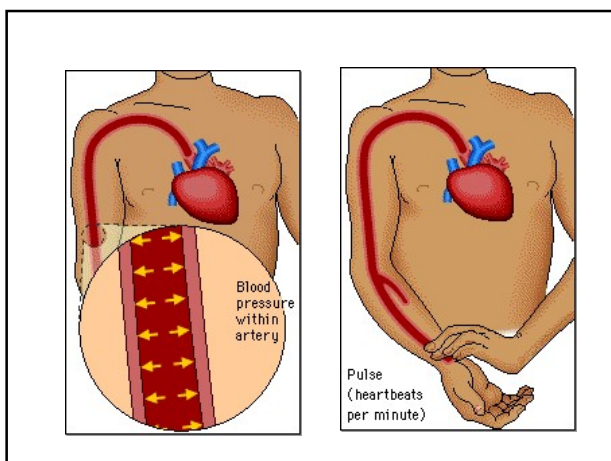
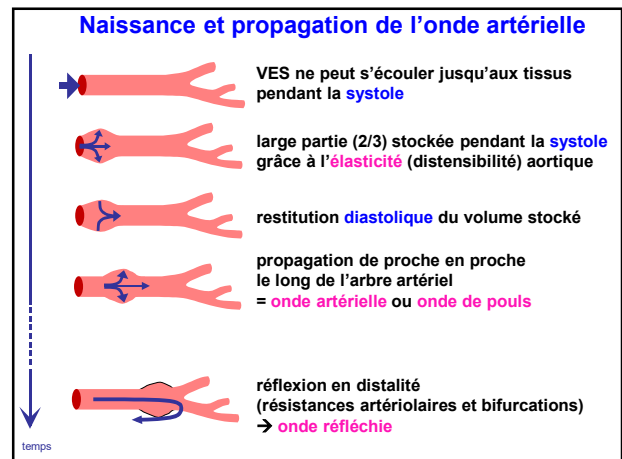
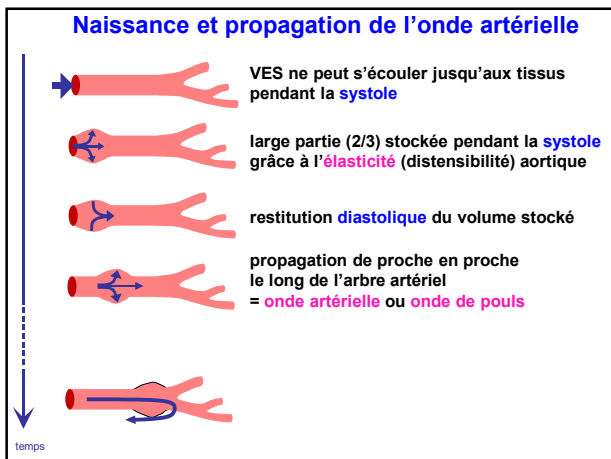
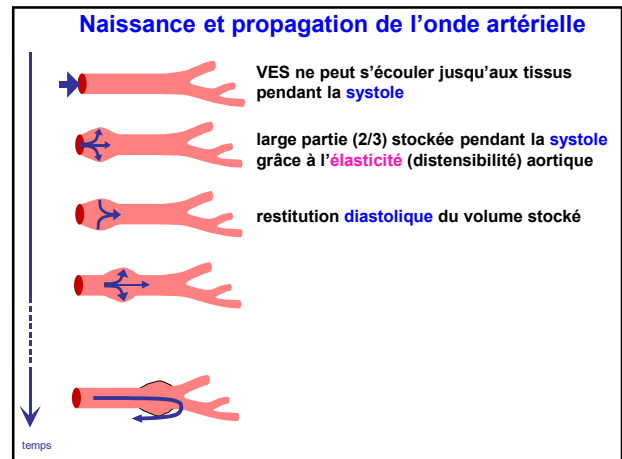
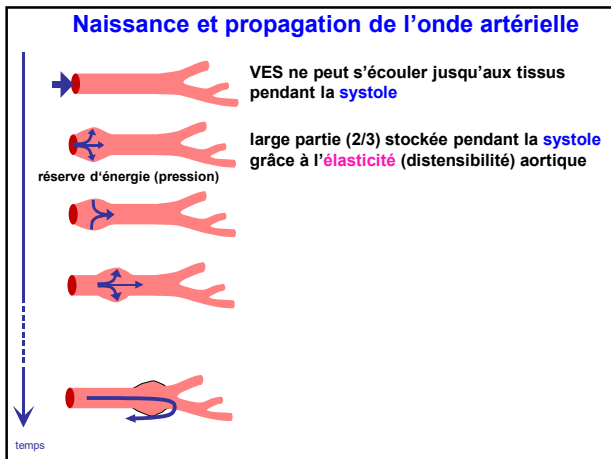
Elasticité de la paroi artérielle

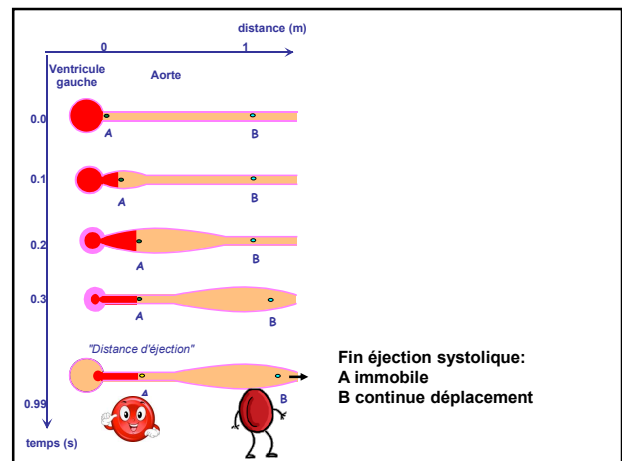
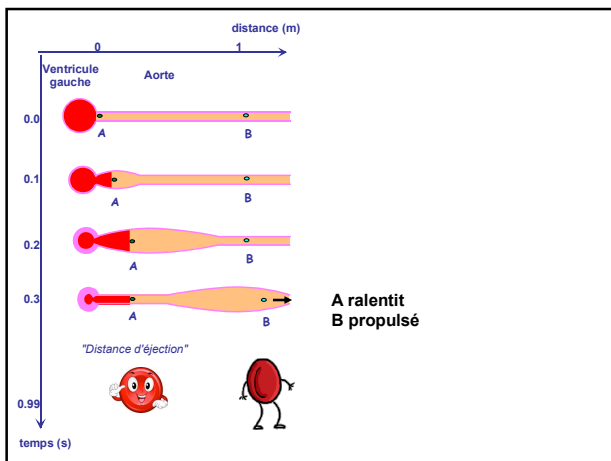
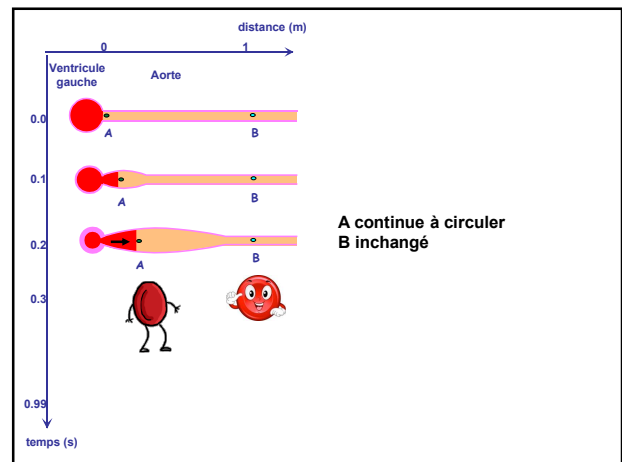
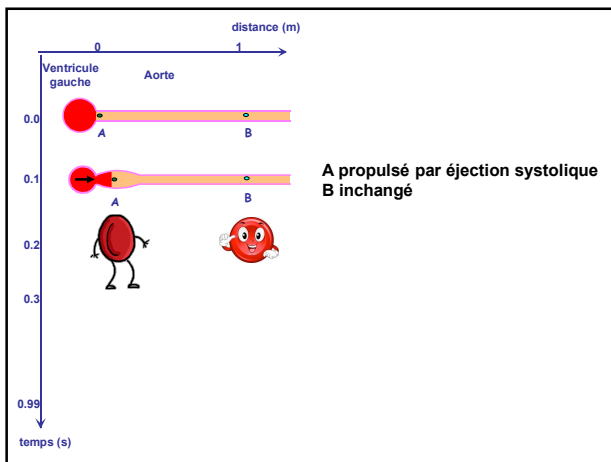
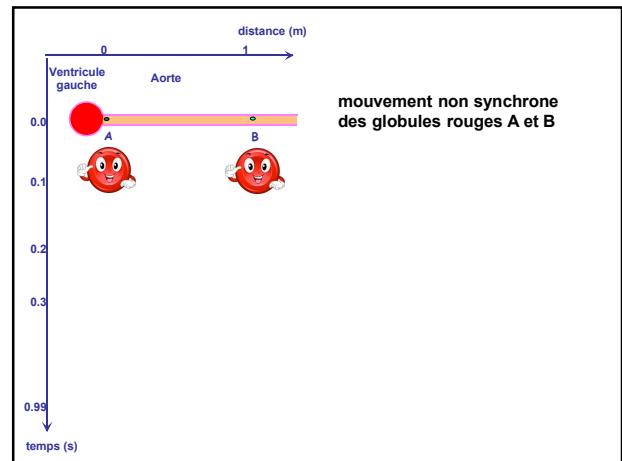
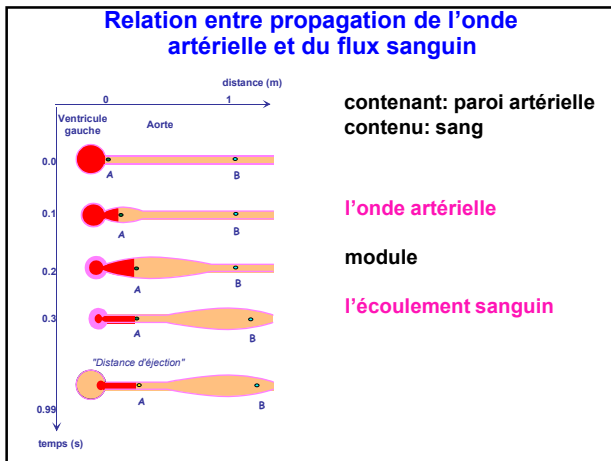
= caisse à air des pompiers utilisés pour éteindre les incendies

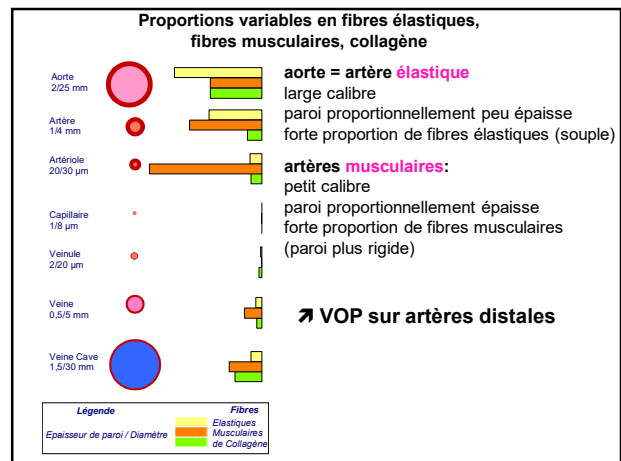
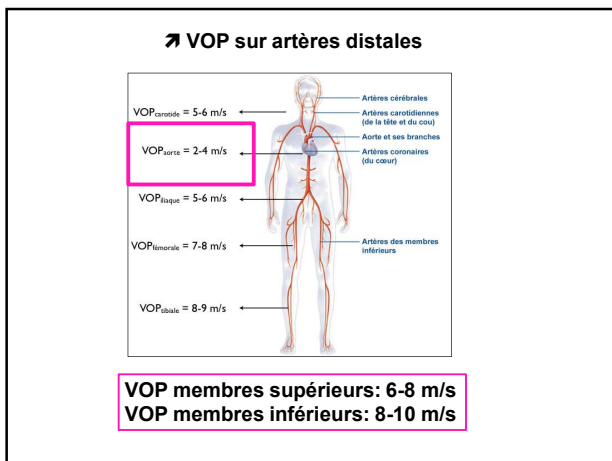
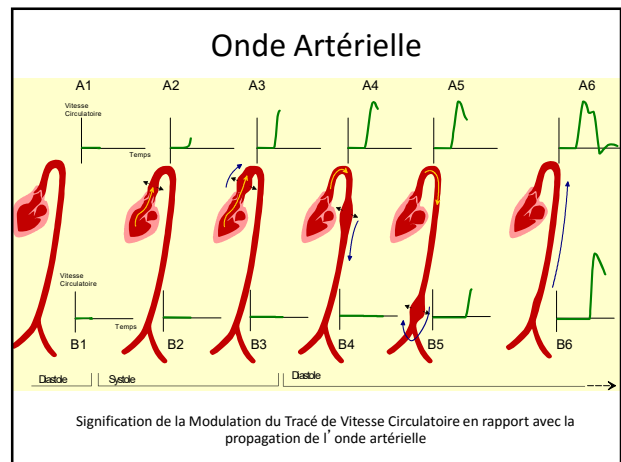
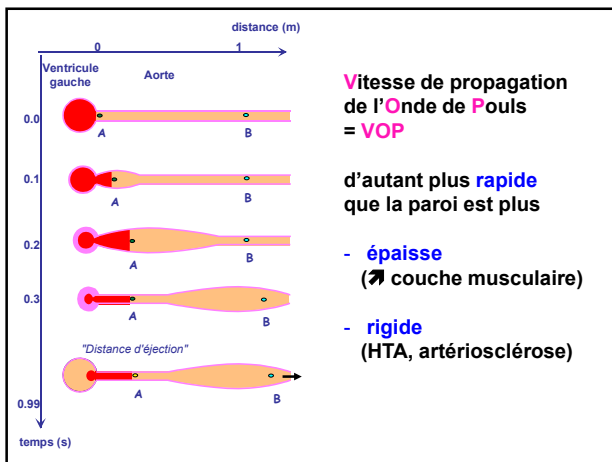
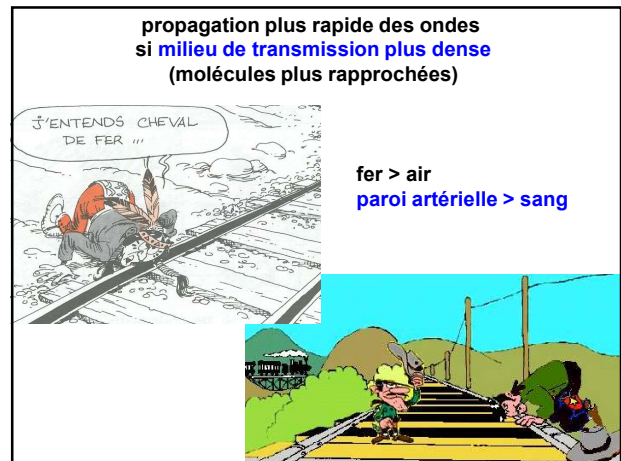
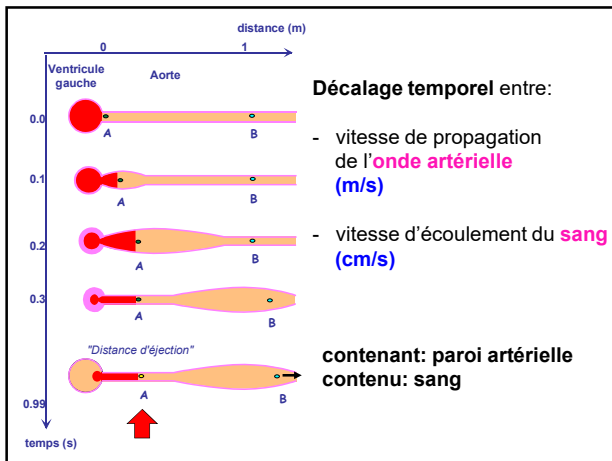
The windkessel model of the reverend Stephen Hales (1773)



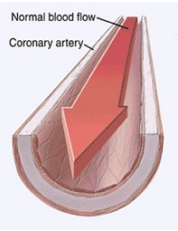








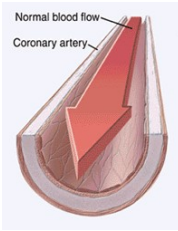
Athérosclérose



parois plus épaisse et rigide

- ↘ compliance artérielle
- ↗ PA et donc postcharge
- ↗ W cardiaque
- ↗ gaspillage d'énergie

Athérosclérose



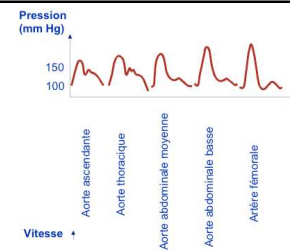
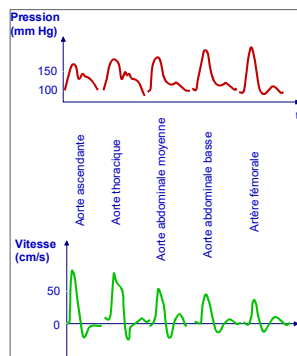
parois plus épaisse et rigide

- ↘ compliance artérielle
- ↗ PA systolique et donc postcharge
- ↗ W cardiaque
- ↗ gaspillage d'énergie
- ↗ VOP
- retour précoce onde réfléchie
- s'oppose à l'éjection systolique
- ↗ postcharge et W cardiaque
- ↘ perfusion coronaire

cercle vicieux désaccord cardio-vasculaire



Pression et vitesse circulatoire le long de l'arbre artériel

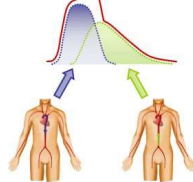
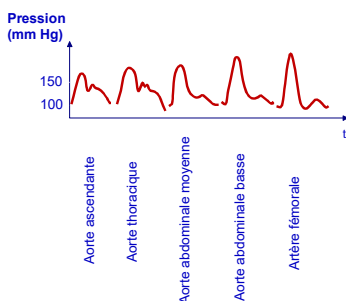


↗ amplitude de **pression systolique** en distalité (artères des membres en amont des artérioles)

artère à paroi **élastique**: ↗ **volume** > ↗ **pression**

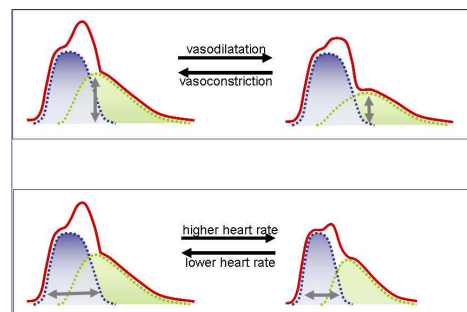
artère **musculaire** (moins compliant):
↗ **volume** faible → ↗ **pression**

IPS



onde réfléchie = **surcroît de pression**
en distalité: s'additionne au pic systolique
en proximité: arrivée plus tardive → aspect de double pic

Aspect onde Artérielle

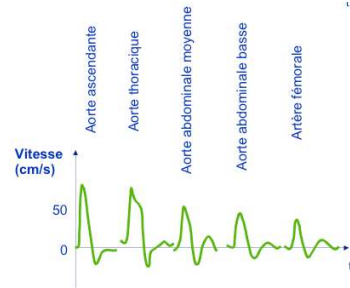


La vasomotricité détermine l'amplitude de l'onde réfléchie tandis que la fréquence cardiaque affecte la durée relative de l'onde incidente et de l'onde réfléchie

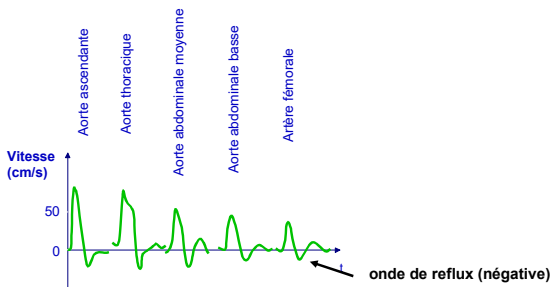
Pression versus Vitesse



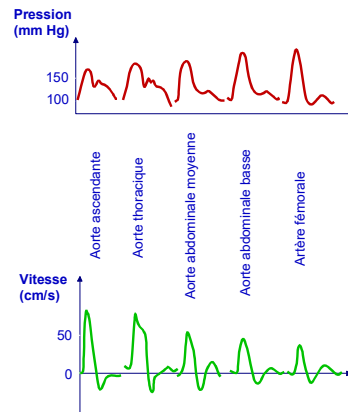
↘ progressive de la **vitesse circulatoire** en distalité avec ↗ de l'aire de section



onde réfléchi: onde de vitesse de sens **inverse**
 → soustraction à la courbe de vitesse
 → inversion circulaire (reflux) en début de diastole

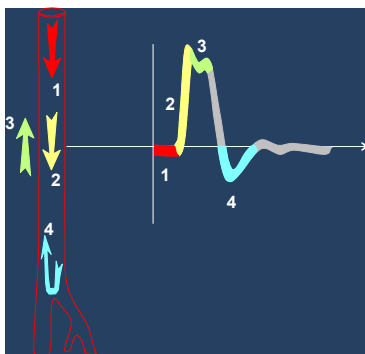


Pression et vitesse circulatoire le long de l'arbre artériel



- Pression ↗
- composition paroi
 - onde réfléchi
- Vitesse circulatoire ↘
- avec ↗ aire de section
 - reflux diastolique (onde réfléchi)

Onde Artérielle

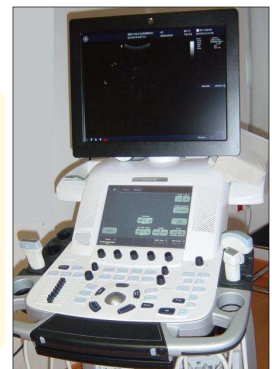


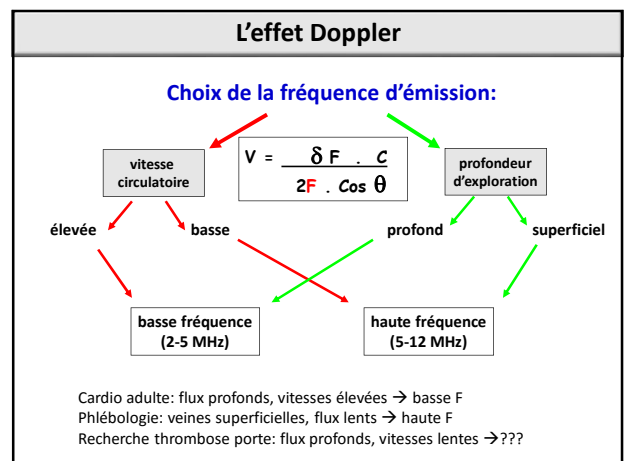
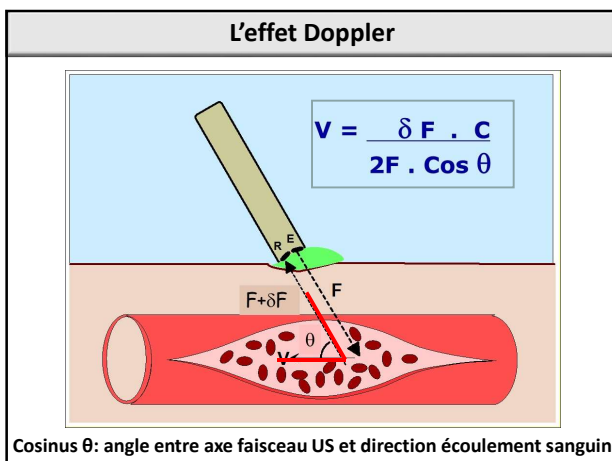
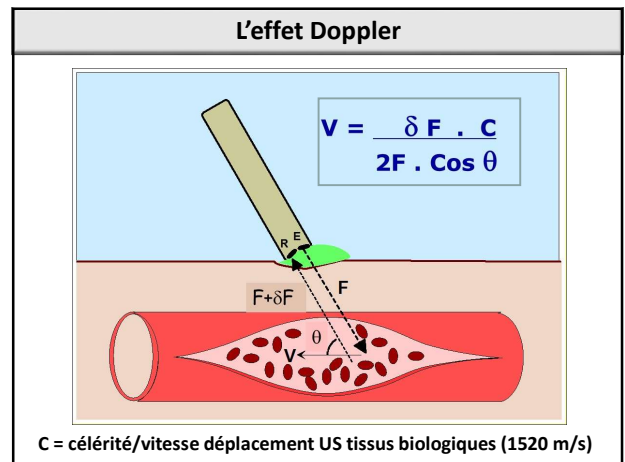
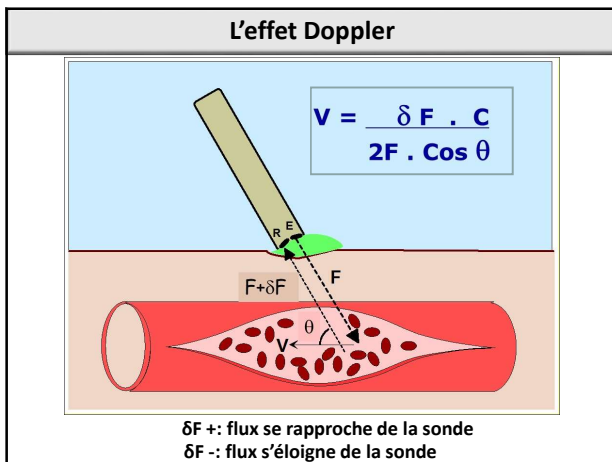
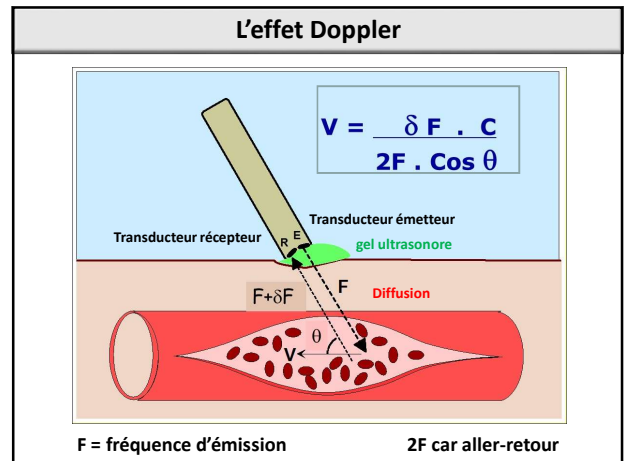
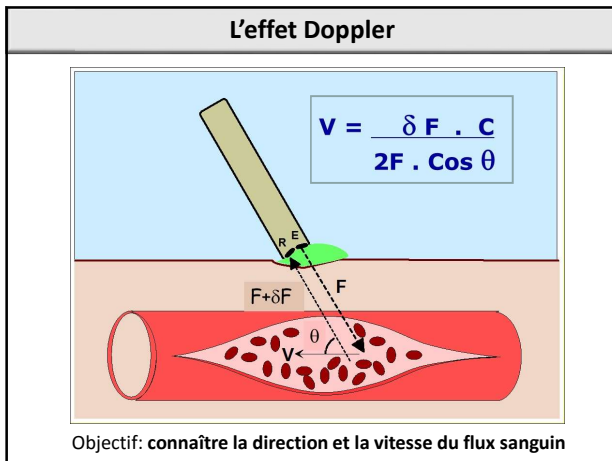
1. Latence (délai de propagation de l'onde)
2. Accélération systolique (arrivée de l'onde)
3. Décélération (après le passage de l'onde)
4. Incisure dicrote et reflux : onde réfléchi

Signification de la Modulation du Tracé de Vitesse Circulatoire en rapport avec la Propagation de l'Onde Artérielle

Rappels de Biophysique

Pourquoi?





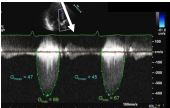
L'effet Doppler

Choix de l'angle d'incidence


$$V = \frac{\delta F \cdot c}{2F \cdot \cos \theta}$$

pour obtenir le meilleur signal Doppler, le faisceau US doit être aligné sur le flux sanguin

Cos 0° = 1 δF maximale



δF nulle Cos 90° = 0

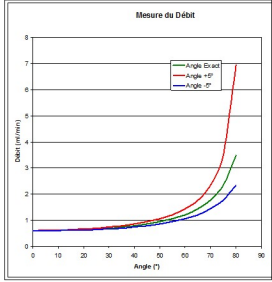


L'effet Doppler

Angle idéal pour vaisseaux parallèles à la peau : entre 30 et 60°

<30° : majorité de l'énergie acoustique est réfléchiée avec \searrow puissance du signal Doppler

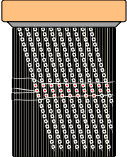
> 60° : l'imprécision de détermination de l'angle devient prohibitive



Modes Doppler et réglages

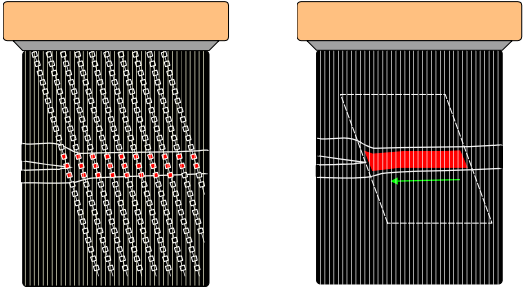
Doppler couleur

= système Doppler pulsé multiporte multiligne
 → cartographie du flux superposée à l'image bidimensionnelle
 → codage du sens du flux



Acquisition longue car alternance entre analyse écho et Doppler

Modes Doppler et réglages

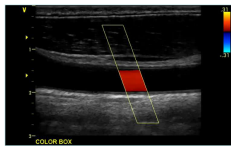


Analyse Doppler uniquement dans le cadre de la boîte couleur

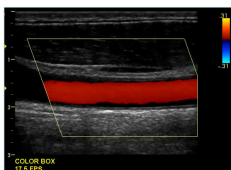
Modes Doppler et réglages

1: Boîte couleur: a) réglage taille

Couvrir la zone d'intérêt



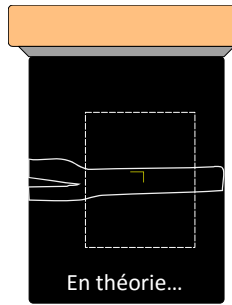
cadence d'images: 44



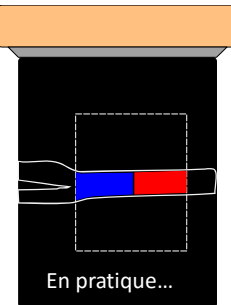
cadence d'images: 17

Modes Doppler et réglages

1: Boîte couleur: b) réglage angulation

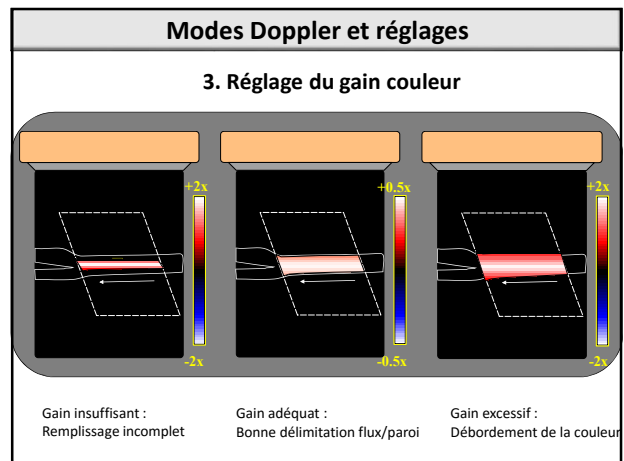
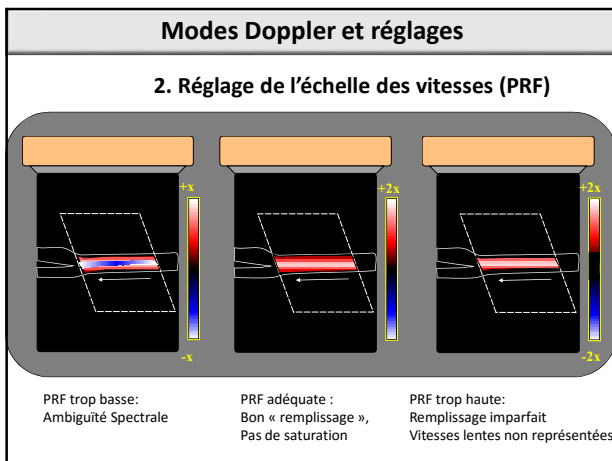
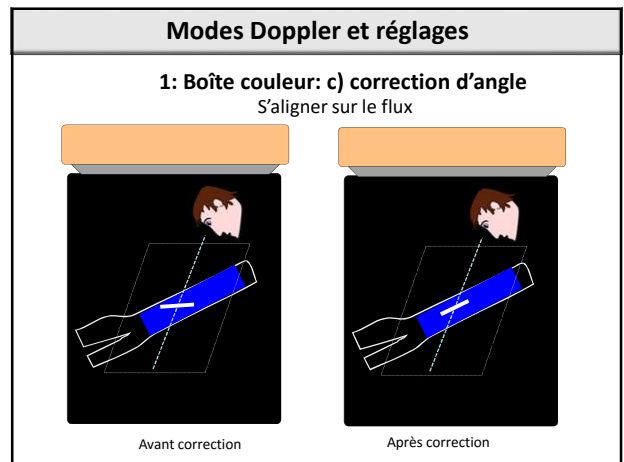
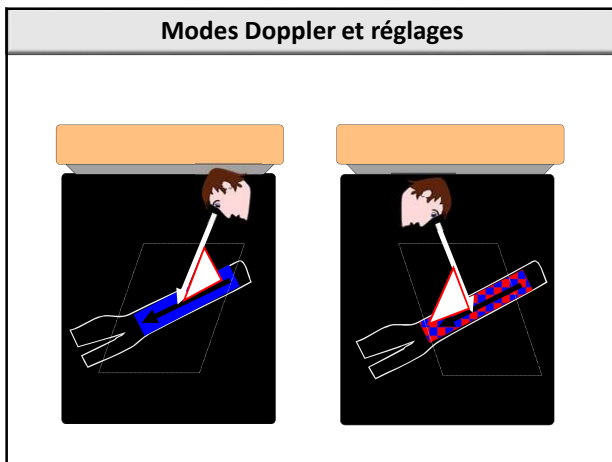
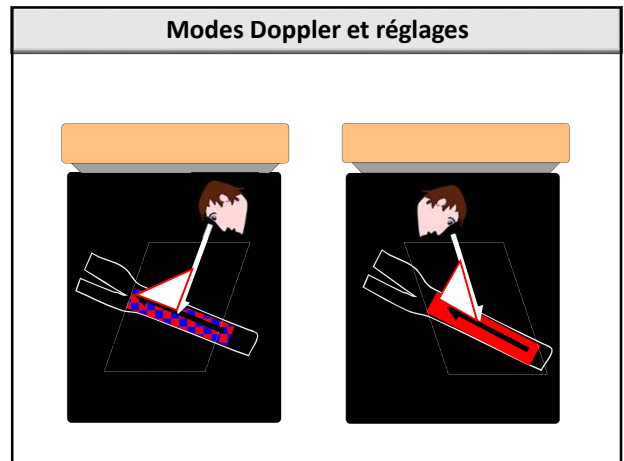
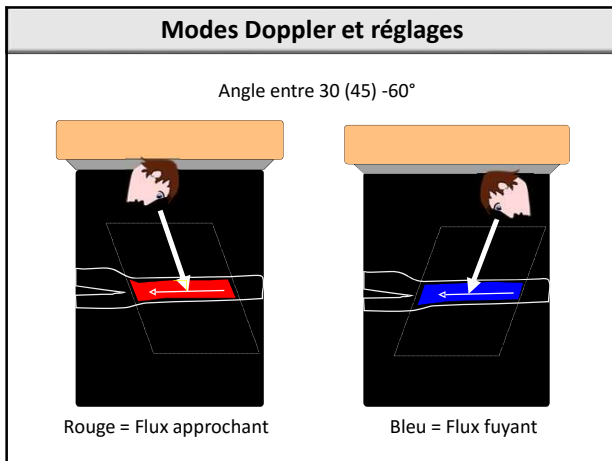


En théorie...



En pratique...

Angle = 90° ⇨ Signal Doppler « nul »



Modes Doppler et réglages

Doppler continu versus Doppler pulsé

Un seul transducteur fonctionnant alternativement en émetteur et récepteur

Modes Doppler et réglages

Doppler pulsé

Emission par impulsions brèves
Réception pendant temps séparant deux impulsions (« fenêtre d'écoute »)

Modes Doppler et réglages

Doppler pulsé

Double information:

- $\delta F \rightarrow$ vitesse du flux
- délai de retour des impulsions \rightarrow distance (résolution spatiale)

Modes Doppler et réglages

Doppler à émission continue Doppler à émission pulsée

Modes Doppler et réglages

Analyse spectrale

en 3 dimensions:

1. Fréquence: vitesse/PRF
2. Temps
3. Énergie : Gain dans chaque bande de fréquence (nombre de GR) \rightarrow échelle de gris

Modes Doppler et réglages

1. Réglage de la Fréquence: Vitesse ou PRF (pulse repetition frequency)

Attendre le retour des échos des cibles les plus profondes avant d'émettre une nouvelle impulsion

Modes Doppler et réglages

High PRF: spatial aliasing

Si PRF trop élevée: risque ambiguïté spatiale (ou de profondeur)

si 2^e impulsion émise avant retour des échos de la 1^{re}

→ échos interprétés à tort comme issus de la réflexion de la 2^e impulsion et non de la 1^{re}

Modes Doppler et réglages

Ambiguïté spatiale (sténose de l'artère mésentérique supérieure)

Modes Doppler et réglages

Que faire pour enregistrer des vitesses sans ambiguïté ?

Baisser la PRF au prix d'une ambiguïté spectrale

Chercher meilleure incidence permettant d'atteindre vaisseau à profondeur moindre ou utiliser une sonde de + basse fréquence

Ajuster la le ligne de base

Passer au Doppler continu

Modes Doppler et réglages

Si PRF trop basse: risque ambiguïté spectrale (ou de vitesse)

Exemple: TV/cinéma: roue restant immobile ou tournant à l'envers

→ il faut au moins 2 images par tour de roue pour décrire correctement le mouvement

Modes Doppler et réglages

Vitesse élevée ne peut être identifié correctement à partir d'échantillons que si:

En pratique:

- peu de risque vx superficiels
- sauf vitesse très élevée
- vx profonds : possible pour vitesses plus modestes

Modes Doppler et réglages

2. Réglage du temps

variations respiratoires profil transmitral

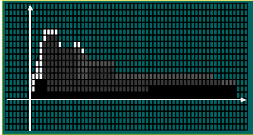
temps de décélération onde E

Modes Doppler et réglages

3. Réglage du gain Doppler

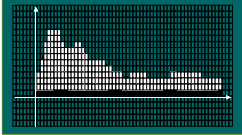
Echelle de gris doit être utilisée pleinement pour permettre d'afficher toutes les différences d'énergie du signal

gain trop faible



fait disparaître signaux de faible énergie

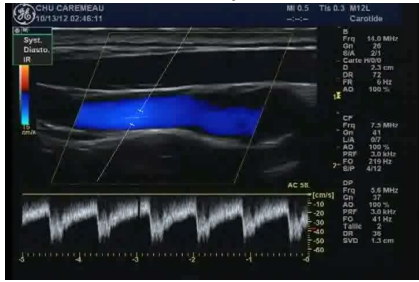
gain excessif



toutes les vitesses sont représentées de façon erronée avec la même énergie

Modes Doppler et réglages

Mode Triplex



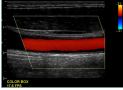
Mode « Triplex » : échographie + imagerie des flux + analyse spectrale du signal Doppler, en temps réel

Figurer l'image écho pour ↗ cadence d'image et améliorer signal spectral

Modes Doppler et réglages

Analyse échographique avant de passer au Doppler ++

Réglages en Doppler couleur

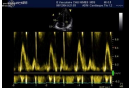


Boîte couleur: taille, angulation, correction d'angle

Vitesse: PRF

Energie: Gain couleur

Réglages en Doppler pulsé




Vitesse: PRF
(Temps: Vitesse de défilement/balayage)

Energie: Gain







Rappels sur les réglages

Bases de l'interprétation des images et signaux en ultrasonographie vasculaire

2. Les 6 étapes de l'interprétation d'un flux sanguin




Les 6 étapes de l'interprétation


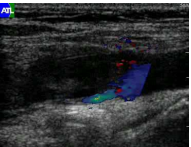
1. Flux présent ou absent 
2. Nature du flux 
3. Flux de sens normal ou inversé 
4. État anatomique / fonctionnel de la paroi 
5. Caractéristiques de l'écoulement 
6. Résistance circulatoires 

Flow or no flow?

STEP 1

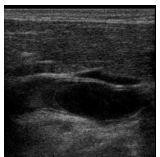


Step 1: Flow or no flow

Thrombose de la carotide interne

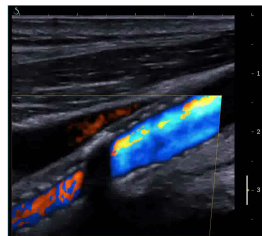
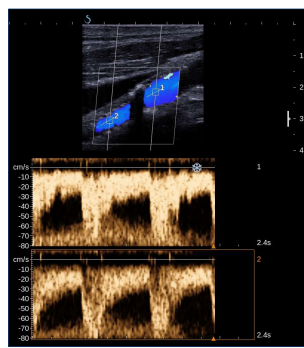
Embole de la carotide interne



Thrombose in situ

Impact de l'onde artérielle sans véritable écoulement sanguin

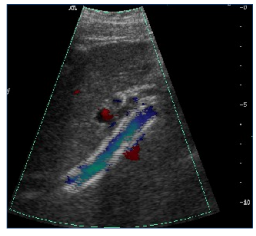
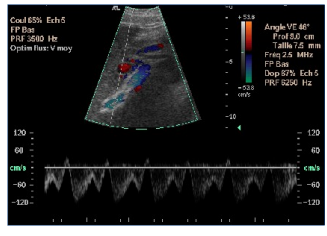
Step 1: Flow or no flow

Stent de l'artère carotide interne

Flux masqué par un obstacle acoustique


Step 1: Flow or no flow

Flux de modulation cave marquée dans un T.I.P.S.

Perméabilité des pontages, stents, et shunts

Step 1: Flow or no flow





Détection d'un flux dans le sac anévrismal après pose d'une endoprothèse pour traitement d'un anévrisme aortique : fuite !

Recherche d'un flux présent alors qu'il devrait être absent

Step 1: Flow or no flow

- Faux positif :
 - Ambiguïté spatiale
 - Gain excessif (cf. volume de mesure)
- Faux négatif :
 - Obstacle acoustique (calcification)
 - Filtrage excessif
 - Profondeur excessive
 - Fréquence inadaptée
 - Angle d'incidence non approprié

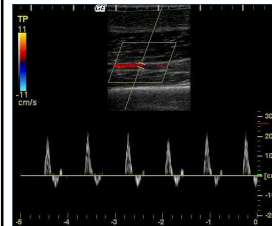
La nature du flux

STEP
2

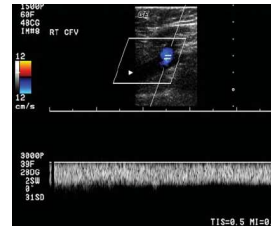


Artériel ou veineux?

Step 2: Artère ou veine?



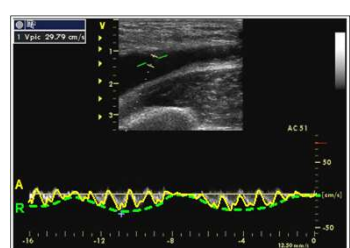
Flux artériel



Flux veineux

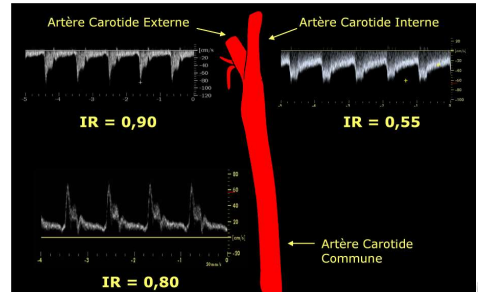
Flux artériel profondément modulé *versus* Flux veineux continu
 Flux artériel : modulation systolique
 Flux veineux : modulation respiratoire

Step 2: Artère ou veine?



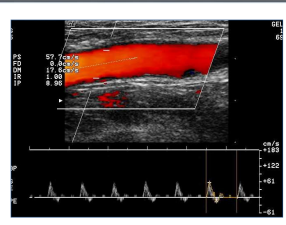
Modulation Atriale + Respiratoire

Step 2: Artère ou veine?

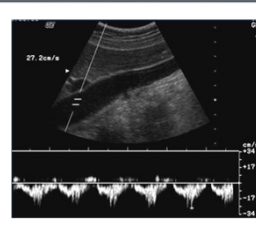


Différences de modulation des tracés Doppler en fonction du niveau de résistance circulaire d'aval

Step 2: Artère ou veine?



Artère Fémorale Commune

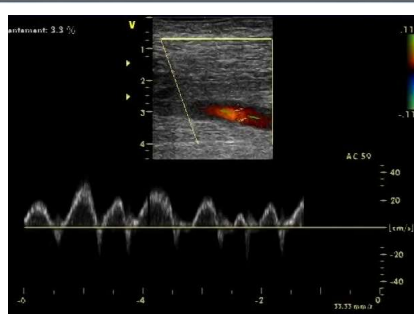


Veine Cave Inférieure

Flux artériel profondément modulé *vs.* Flux veineux continu
 Flux artériel : modulation systolique
 Flux veineux : modulation respiratoire

Théorie !

Step 2: Artère ou veine?



Veine poplitée (insuffisance cardiaque droite)

Step 2: Artère ou veine?

Veine jugulaire : Thrombus Tumoral sur Port-a-Cath® (chimiothérapie pour néoplasie du sein)

Step 2: Artère ou veine?

Ischémie aiguë depuis 3 jours chez un patient diabétique polyvasculaire

Thrombose partielle de l'artère poplitée droite
Flux totalement démodulé sur l'artère tibiale postérieure droite

Step 2: Artère ou veine?

- Flux artériel :
 - Modulation rapide, marquée de type systolique
 - Sauf: démodulation en aval obstacle
 - Flux artériel dans veine → thrombus néoplasique
- Flux veineux :
 - Modulation faible et lente de type respiratoire
 - Sauf modulation atriale à proximité du cœur
 - À fortiori hypermodulation en cas d'IC droite ou IT

Step 3: Sens normal ou inversé?

step
3

Be Different

Step 3: Sens normal ou inversé?

Identification des repères anatomiques indiquant le sens normal du flux

Veines surales : 2 veines pour 1 artère

Step 3: Sens normal ou inversé?

Inversions circulatoires apparentes

Inversion Apparente :
Artère Vertébrale en V3V

Step 3: Sens normal ou inversé?

Step 3: Sens normal ou inversé?

Inversion apparente
Ex: boucle carotidienne complète

Step 3: Sens normal ou inversé?

« Fausse » inversions circulatoires

- Faux Positif :
 - Boucles, dolicho-artères
 - Variantes anatomiques
- Faux Négatif :
 - Erreur de commutation
 - Angle non approprié

Step 3: Sens normal ou inversé?

Vraies inversions circulatoires

Artère Ophthalmique gauche

Inversion globale du tracé de l'artère ophthalmique
Occlusion de la carotide interne

Step 3: Sens normal ou inversé?

A. Communicante Antérieure

A. Carotide Interne gauche occluse

Artère Cérébrale Antérieure gauche (A1)

Inversion du flux de l'artère cérébrale antérieure dans son segment A1 en cas d'occlusion ipsilatérale de la carotide interne

Step 3: Sens normal ou inversé?

1 Vmax: Max 26.53 cm/s
Vmed: 15.28 cm/s
IR: 0.27
S: d 1.56 cm


Veine Porte du segment 5 (foie droit)

Inversion complète :
Hypertension portale, inversion circulatoire portale

Step 3: Sens normal ou inversé?

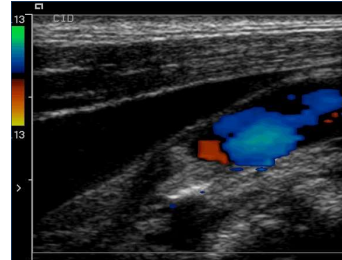
Vraies inversions circulatoires

- Artères :
 - A. Ophtalmique (occlusion C.I.)
 - Hémo-détournement (vertébral, carotidien, cérébral...)
- Veines :
 - V. périphériques : défaut valvulaire
 - V. porte : hypertension portale



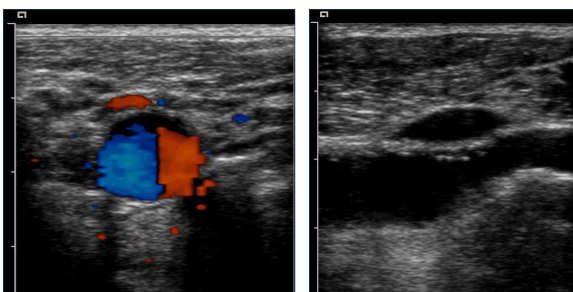
Step 3: Sens normal ou inversé?

Inversions circulatoires locales ou intermittentes



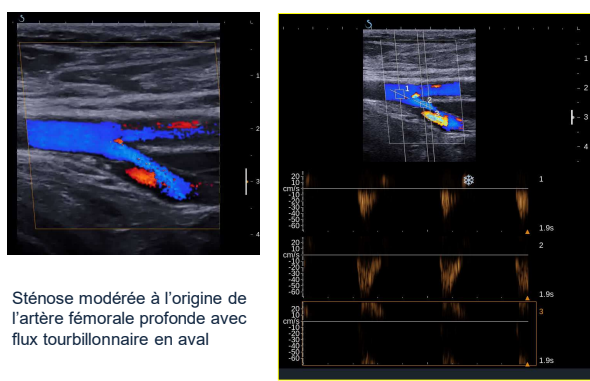
Inversion locale transitoire :
Occlusion de la Carotide Interne – Impact et réflexion de l'onde artérielle sur l'obstacle

Step 3: Sens normal ou inversé?



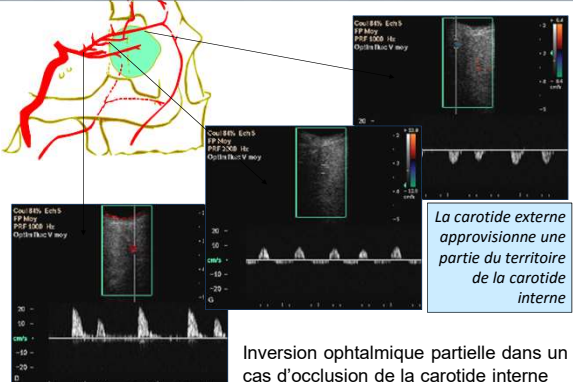
Inversion locale :
Ectasie de la carotide commune – Ecoulement tourbillonnaire dans la zone élargie

Step 3: Sens normal ou inversé?



Sténose modérée à l'origine de l'artère fémorale profonde avec flux tourbillonnaire en aval

Step 3: Sens normal ou inversé?

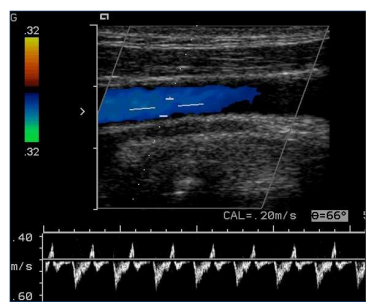


La carotide externe approvisionne une partie du territoire de la carotide interne

Inversion ophtalmique partielle dans un cas d'occlusion de la carotide interne

Step 3: Sens normal ou inversé?

Inversion circulatoire intermittente



Carotide Commune – Mort Cérébrale
Reflux proto-systolique (très haute résistance circulatoire en aval)

Step 3: Sens normal ou inversé?

Inversion circulaire diastolique

Artère carotide interne
Artère carotide commune

Insuffisance aortique chez un patient ayant des antécédents de dissection aortique

Step 3: Sens normal ou inversé?

Vol Vertébro-Subclavier incomplet (stade 4)
Inversion circulaire systolique

Step 3: Sens normal ou inversé?

Inversion circulaire transitoire lors de la manœuvre de Valsalva en cas d'incontinence de la dernière valvule fémorale

Step 3: Sens normal ou inversé?

Inversion circulaire partielle

- Inversion locale
 - Zone de tourbillon après obstacle
 - Déviation de trajet anatomique
- Inversion intermittente
 - Systolique : hémodétournement partiel
 - Diastolique : insuffisance aortique, mort cérébrale...
 - Provoquée : incontinence valvulaire veineuse

Step 5: Etat anatomique/fonctionnel de la paroi

Step
4

- Morphologie (IMT, plaques, ulcères)
- Biomecanique (VOA)
- Fonction (VRED)


Step 4: Etat anatomique/fonctionnel de la paroi

- État anatomique: *traité dans autres cours*
 - Plaques
 - Ulcération ?
- État fonctionnel
 - Compliance, distensibilité
 - Vitesse de l'onde artérielle

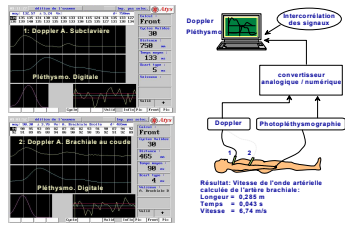
Step 4: Etat anatomique de la paroi

Évaluation du risque pathogène

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



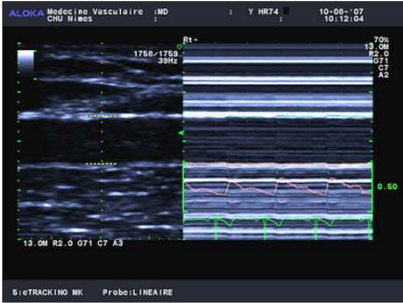
Step 4: Etat fonctionnel de la paroi



Mesure de Vitesse de l'Onde de Puls (VOP)

- mesure sur différents sites:
a. subclavière, a. brachiale et index
décalage des courbes = temps mis par l'onde artérielle pour cheminer d'un site d'enregistrement à l'autre
mesure de la distance entre les sites → calcul vitesse: distance/temps
→ marqueur précoce du risque vasculaire


Step 4: Etat fonctionnel de la paroi




Mesure de Distensibilité Artérielle

variation relative de diamètre rapportée à la variation systolo-diastolique de pression

Step 4: Etat fonctionnel de la paroi



La Pression « Centrale »

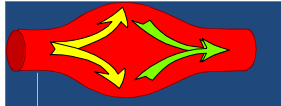


Mesure tonométrique de la vitesse de l'onde de puls et de la pression centrale (système Complior®)

Step 4: Etat fonctionnel de la paroi


Anévrisme

Écoulement axial faible
Vitesse radiale prépondérante (expansion systolique)
Flux entrant et sortant de même amplitude



En amont d'une occlusion

Flux axial interrompu
mais onde artérielle produit un flux radial (pulsatilité)



Trace iso-diphasique

Step 4: Etat fonctionnel de la paroi

Dissection Aortique Ancienne :
vrai et faux chenal parallèles mais déphasés
→ tracé diphasique (pic systolique bifide)

Step 4: Etat fonctionnel de la paroi

Dissection Aortique étendue à l'aorte abdominale

Step 4: Etat fonctionnel de la paroi

Dissection Aortique étendue jusqu'à la bifurcation:
Encoche systolique (pic bifide) sur le tracé de l'artère mésentérique supérieure
« la systole qui bafouille »

Step 4: Etat fonctionnel de la paroi

Faux Anévrisme Fémoral après coronarographie :
Tracé alternant: remplissage en systole, vidange en diastole

Step 4: Etat fonctionnel de la paroi

Faux Anévrisme Fémoral après coronarographie :
Tracé alternant

Step 5: Profils d'écoulement sanguin

Step 5

Vitesse
Energie

Step 5: Profils d'écoulement sanguin

Profil d'écoulement:

Profil plat (en plateau)

Spectre rassemblé dans étroite bande brillante autour enveloppe supérieure Fenêtre « sombre » sous-systolique
→ tous les GR se déplacent à la même V
→ cœur, Ao et gros vaisseaux phase d'accélération systolique

Profil parabolique

Répartition uniforme brillance
→ même nombre de GR dans chaque tranche de vitesse
→ artères de calibre moyen à l'exception de la phase d'accélération systolique

Step 5: Profils d'écoulement sanguin

Profil d'écoulement:

Spectre rassemblé dans étroite bande brillante autour enveloppe supérieure Fenêtre « sombre » sous-systolique
→ tous les GR se déplacent à la même V
→ cœur, Ao et gros vaisseaux phase d'accélération systolique

Répartition uniforme brillance
→ même nombre de GR dans chaque tranche de vitesse
→ artères de calibre moyen à l'exception de la phase d'accélération systolique

Step 5: Profils d'écoulement sanguin

Mesures quantitatives : vitesses systolique, télé-diastolique, moyenne, indice de résistance et de pulsatilité, débit, accélération...

Step 5: Profils d'écoulement sanguin

Energie totale (= pression P + force gravitationnelle + énergie cinétique) = constante.

Théorème de Bernoulli

Énergie totale

$$E_m = P + \rho \cdot g \cdot h + \frac{\rho V^2}{2}$$

Pression Force gravitationnelle Énergie cinétique

ρ : densité du sang; g : accélération de la pesanteur = 9,81 m.s⁻²; h : différence d'altitude (négligeable sur un court segment artériel); V : vitesse d'écoulement sanguin

Sténose: accélération circulaire → \nearrow énergie cinétique.
→ \searrow pression

Step 5: Profils d'écoulement sanguin

Relation Vitesse-Pression

La vitesse circulatoire augmente et la pression diminue quand le diamètre diminue
vecteurs de vitesse d'orientation et amplitude très diverses, quasi aléatoires

Step 5: Profils d'écoulement sanguin

Flux laminaire → Flux turbulent

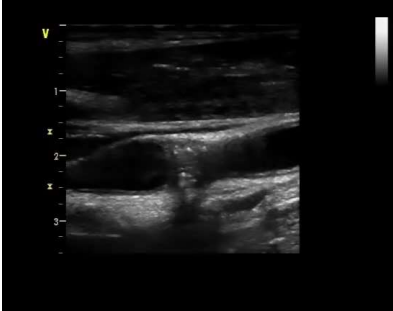
Nombre de Reynolds critique $Re \sim 2000$

$$Re = \frac{V D \rho}{\eta}$$

densité du sang
viscosité dynamique du sang

Apparition turbulences: si vitesse et/ou diamètre \nearrow
si la viscosité sanguine \searrow et si sténose irrégulière

Step 5: Profils d'écoulement sanguin



Accélération circulatoire dans le jet de la sténose, ralentissement et modulation amortie en aval

145

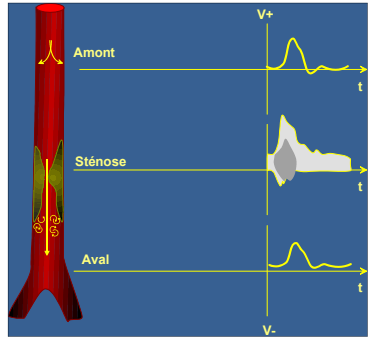
Step 5: Profils d'écoulement sanguin

Sténose Artérielle

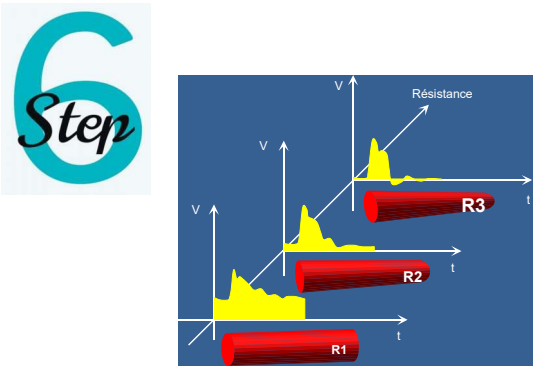
Signes indirects en amont:
 ↗ pulsativité

Signes directs:
 Accélération circulatoire
 Dispersion spectrale

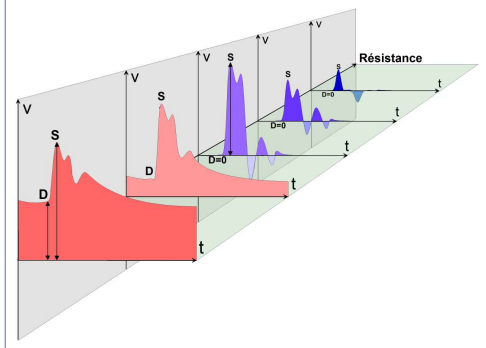
Signes indirects en aval:
 ↘ vitesse systolique
 Amortissement de la modulation



Step 6: Résistance circulatoire



Step 6: Résistance circulatoire



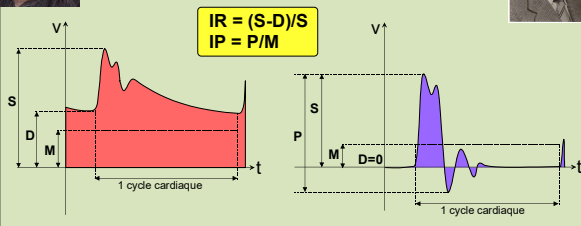
Effet de la Résistance d'Aval sur le Tracé de Vitesse Circulatoire

Step 6: Résistance circulatoire

IR = Indice de Résistance (T Planiol, L Pourcelot)

Indice de Pulsativité (R Gosling)

$IR = (S-D)/S$
 $IP = P/M$

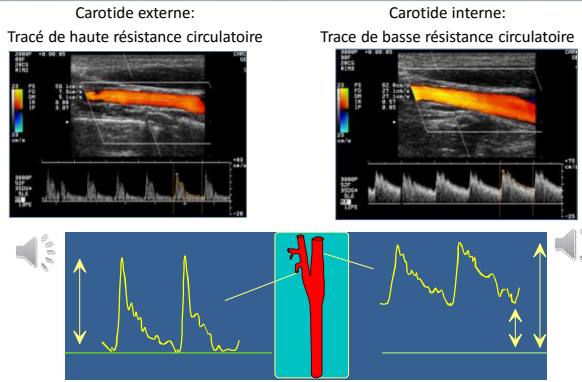


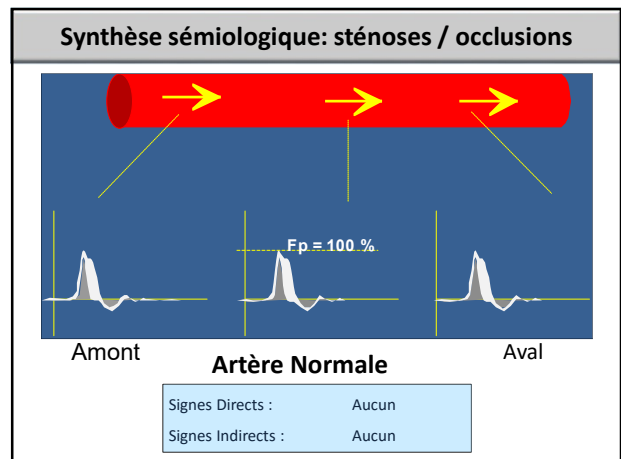
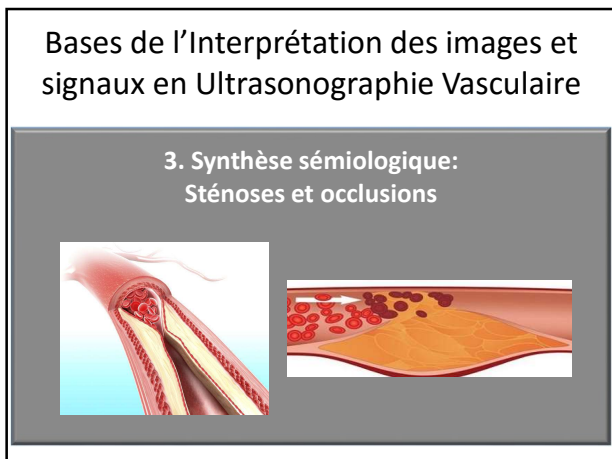
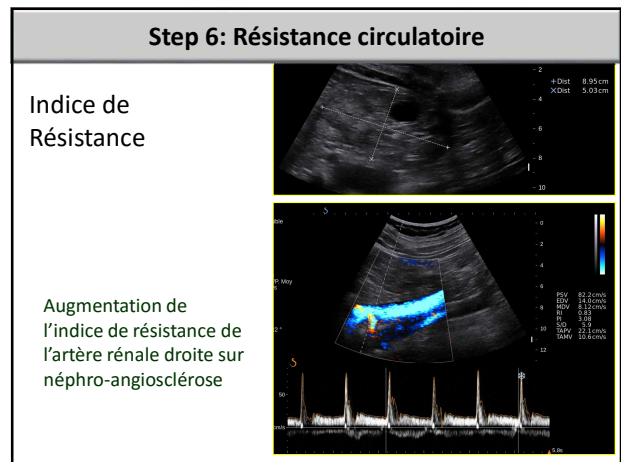
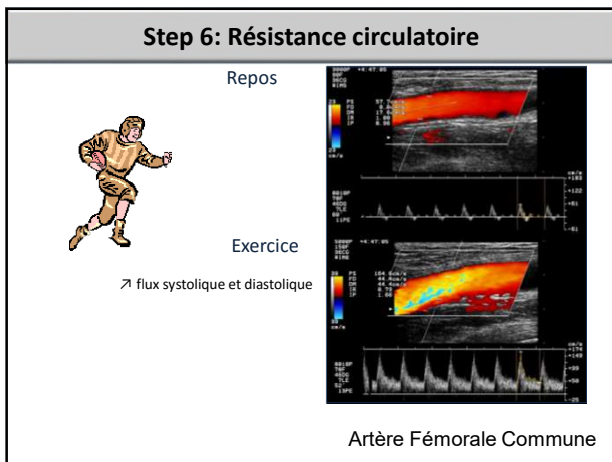
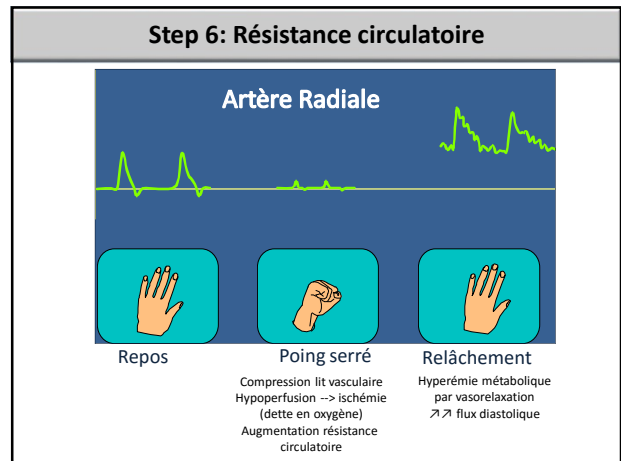
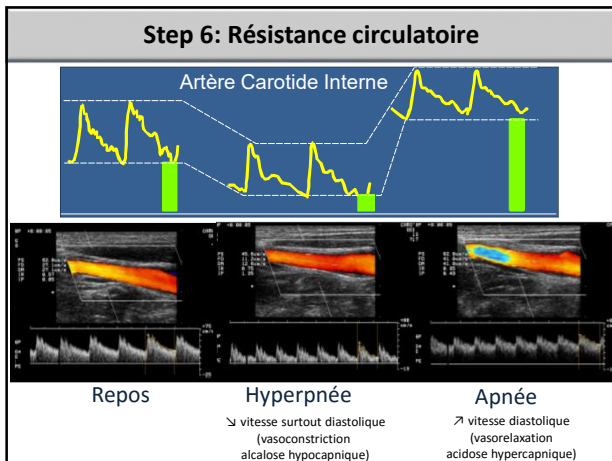
↗ des indices: en cas de vasoconstriction ou en amont d'un obstacle
 ↘ des indices: en cas de vasorelaxation dans le lit d'aval

Step 6: Résistance circulatoire

Carotide externe: Tracé de haute résistance circulatoire

Carotide interne: Tracé de basse résistance circulatoire





Synthèse sémiologique: sténoses / occlusions

Mêmes vitesses circulatoires et même profil d'écoulement tout au long d'une artère de calibre régulier sans embranchement

Synthèse sémiologique: sténoses / occlusions

Sténose Minimale (< 30%)

Signe Direct : Plaque visible en échographie mode B
Pas de perturbation du flux

Signes Indirects : Aucun

Synthèse sémiologique: sténoses / occlusions

Sténose Modérée (30 – 70%)

Signes Directs : Plaque visible en échographie mode B
Accélération circulatoire, dispersion spectrale

Signes Indirects : Aucun

Synthèse sémiologique: sténoses / occlusions

Sténose « Significative » (70 – 90%)

Signes Directs : Plaque visible en échographie mode B
Accélération circulatoire, Dispersion spectrale

Signes Indirects : IR et PI augmentés **en amont**,
IR et PI diminués **en aval**
Modulation amortie en aval

Synthèse sémiologique: sténoses / occlusions

Sténose significative

Ostium de l'artère rénale
Accélération circulatoire et dispersion spectrale

Artère interlobaire
Ralentissement circulatoire et tracé de modulation amortie

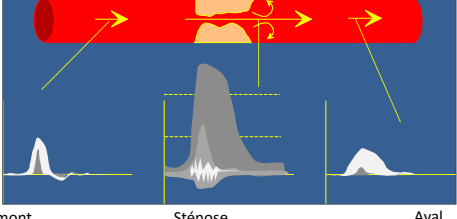
Récidive de sténose de l'artère rénale gauche après angioplastie

Synthèse sémiologique: sténoses / occlusions

Sténose significative

Sténose >70% de la carotide interne avec augmentation de l'indice de résistance sur la carotide commune et tracé amorti sur la cérébrale moyenne

Synthèse sémiologique: sténoses / occlusions

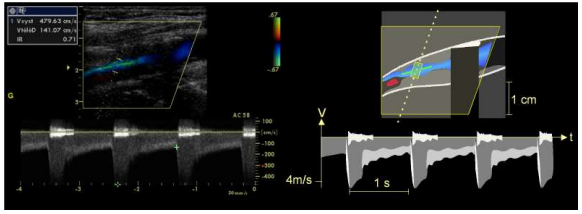


Sténose sévère (> 90%)

Signes Directs :	Plaque visible en échographie mode B, Accélération circulatoire, turbulence
Signes Indirects :	IR et PI augmentés en amont IR et PI diminués en aval Modulation amortie

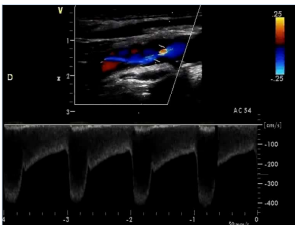
Synthèse sémiologique: sténoses / occlusions

Sténose serrée de l'artère carotide interne avec turbulence systolique



Turbulence: basses fréquences Doppler à forte énergie (donc forte brillance) en dessus et en dessous de la ligne de base, particulièrement en début de systole signal sonore rude caractéristique, en « coup de râpe ».

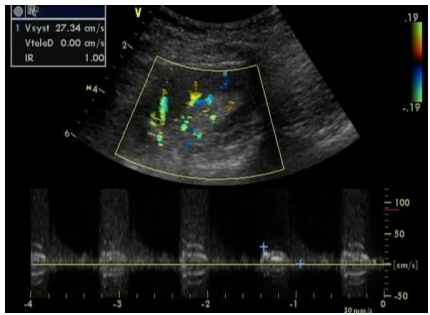
Synthèse sémiologique: sténoses / occlusions



Sténose serrée de l'artère carotide interne

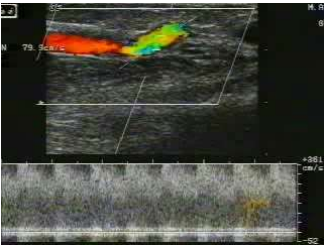
Synthèse sémiologique: sténoses / occlusions

Sténose très serrée de l'artère rénale au hile



Vibrations péri-sténotiques

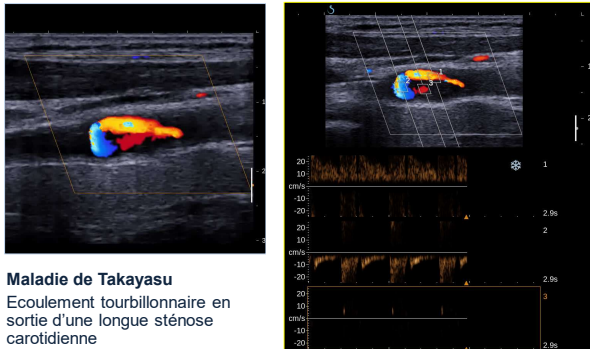
Synthèse sémiologique: sténoses / occlusions



Sténose hyper-serrée sur FAV

167

Synthèse sémiologique: sténoses / occlusions



Maladie de Takayasu
Ecoulement tourbillonnaire en sortie d'une longue sténose carotidienne

