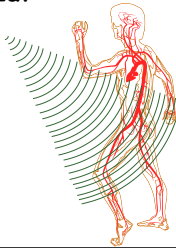


DIU d'Echographie et Techniques Ultrasonores
Module "Echographie Appliquée à l'Urgence"

Bases d'interprétation des signaux Doppler

Pr A Pérez-Martin - Pr M Dauzat
Exploration & Médecine Vasculaire
CHU de Nîmes

EA 2992 Université Montpellier



Equipement nécessaire

- Appareil Doppler à émission continue



- Echo-Doppler couleur et pulsé

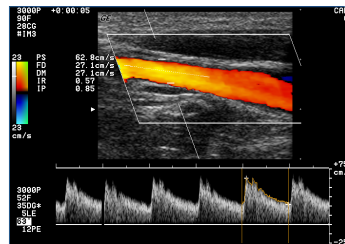
- Sonde convexe 2-5 MHz (aorte, artères iliaques)
- Sonde linéaire 5-10 MHz (fémorales et jambières)



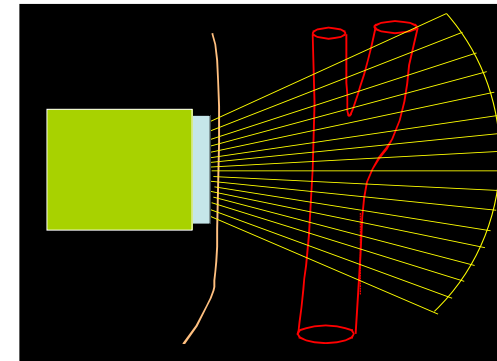
L'échographie et l'écho-Doppler

Exploration vasculaire **morphologique**
et **fonctionnelle** à l'aide des ultrasons

- Étude morphologique (Echographie)
- Étude fonctionnelle (Doppler)



Échographie



Étude morphologique (paroi, lumière...)

Effet Doppler

Mesure de la vitesse d'écoulement du sang

Effet Doppler

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

Relation Fondamentale de l'effet Doppler

Mode d'émission Doppler

Doppler à émission continue

Doppler à émission pulsée

Tracé simple

fréquencemètre

Analyse spectrale en temps réel

Couplage Échographie - Doppler pulsé

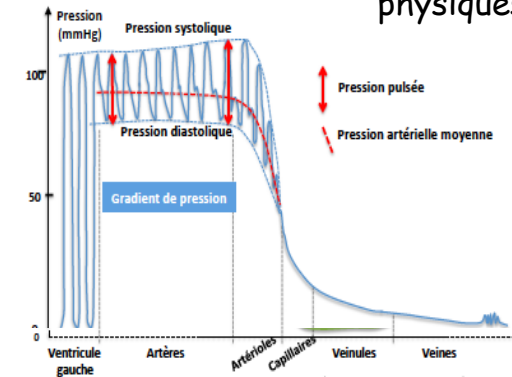
Ligne de tir Doppler et Volume de mesure

Les 6 étapes de l'interprétation

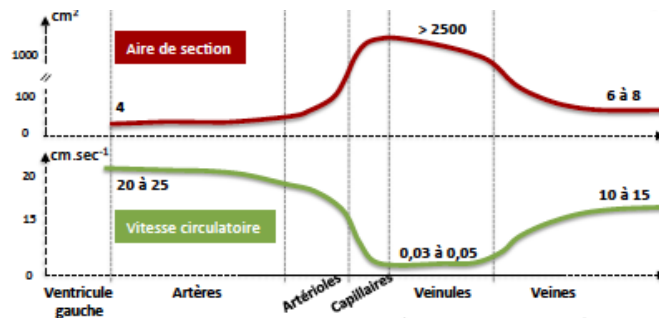
1. Flux présent ou absent
2. Nature du flux
3. Flux de sens normal ou inversé
4. État Anatomique / Fonctionnel de la paroi
5. Résistance & Impédance Circulatoires
6. Caractéristiques de l'écoulement

Physiologie Vasculaire

Grandeurs physiques

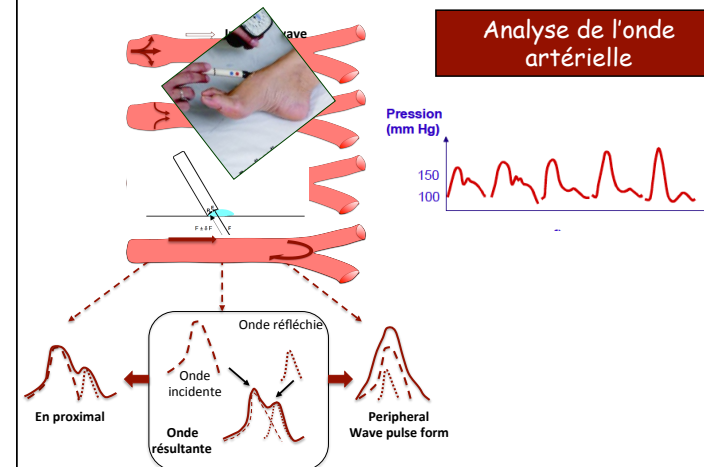


Physiologie Vasculaire

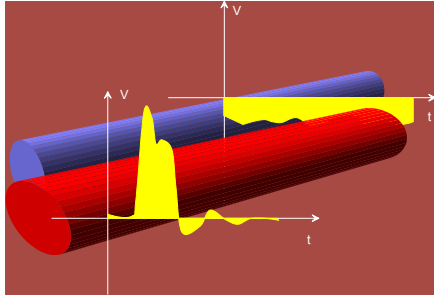


Onde artérielle

Analyse de l'onde artérielle



Étape n° 1



Flux Présent ou Absent ?

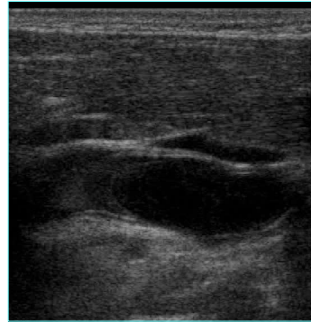
Flux Présent ou Absent ? Diagnostic de thrombose ou occlusion

Faux négatif

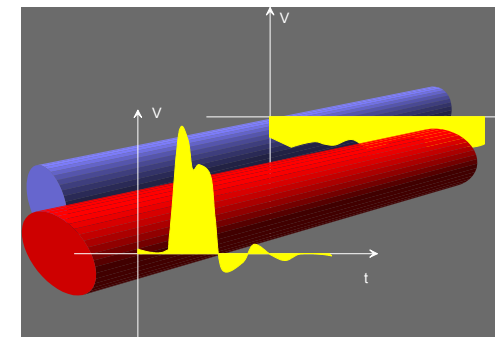
- Ambiguïté spatiale
- Gain excessif (cf. volume de mesure)

Faux positif

- Filtrage excessif
- Profondeur excessive
- Fréquence inadaptée
- Obstacle acoustique (calcification)
- Angle d'incidence non approprié

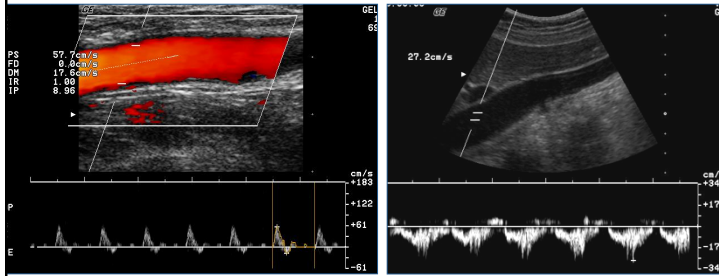


Étape n° 2



Nature du Flux ?

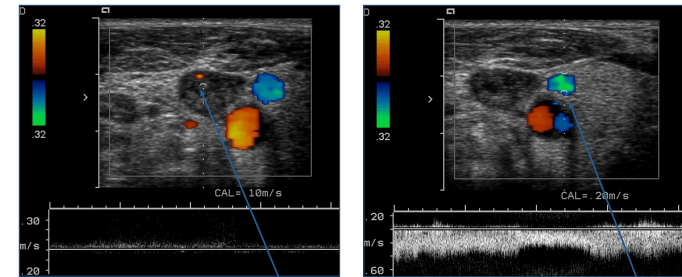
Flux Artériel ou Veineux ?



Artère Fémorale Commune

Veine Cave Inférieure

Flux Artériel ou Veineux ?

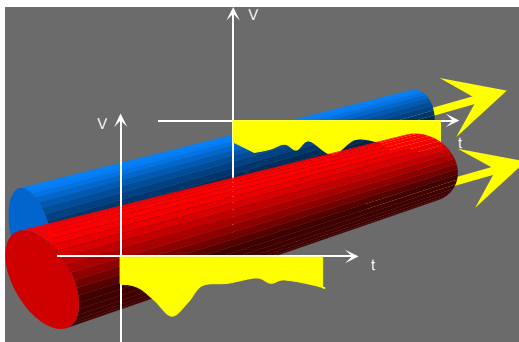


Thrombose sub-totale

Circulation Collatérale

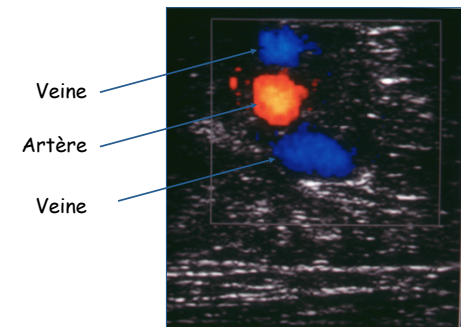
Thrombose veineuse jugulaire

Étape n° 3



Flux de sens Normal ou Inversé ?

Détermination du Sens Circulatoire



Veines surales : 2 veines pour 1 artère

Flux Inversé ?

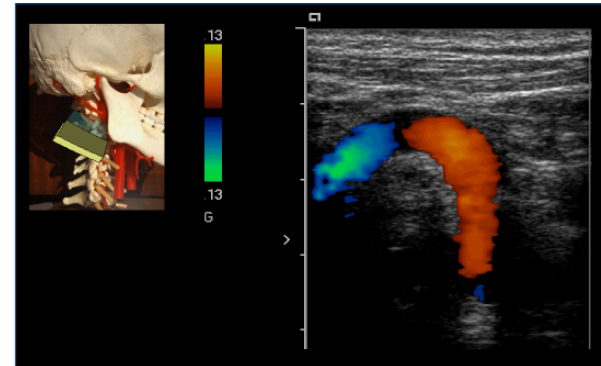
Faux Négatif

- Erreur de commutation
- Angle non approprié

Faux Positif :

- Boucles, dolicho-artères
- Variantes anatomiques

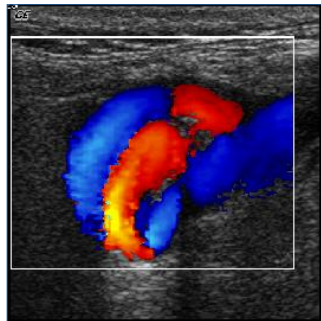
Inversion Circulatoire



Inversion de l'artère Vertébrale en V3

22

Flux Inversé ?



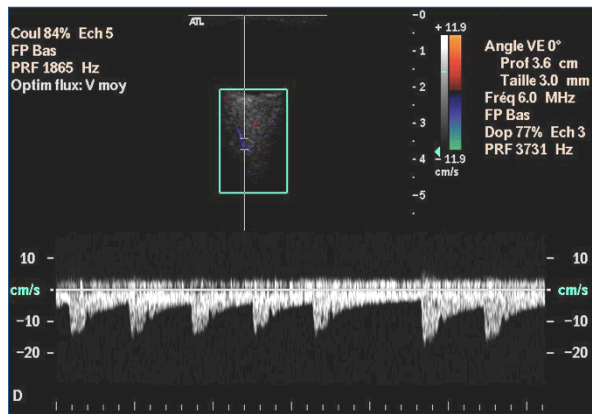
Inversion apparente
Ex: boucle carotidienne complète

23

Flux Inversé ?

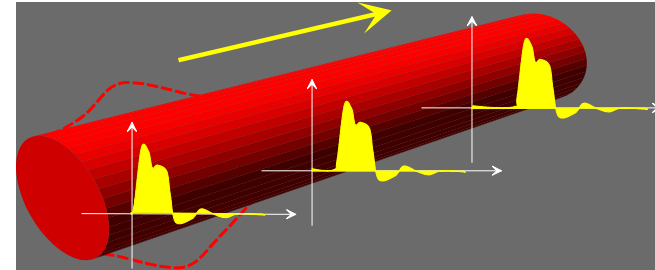
- Artères :
 - A. Ophtalmique (occlusion C.I.)
 - Hémo-détournement (vertébral, carotidien, cérébral...)
- Veines :
 - V. périphériques : défaut valvulaire
 - V. porte : hypertension portale

24



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

Étape n° 4



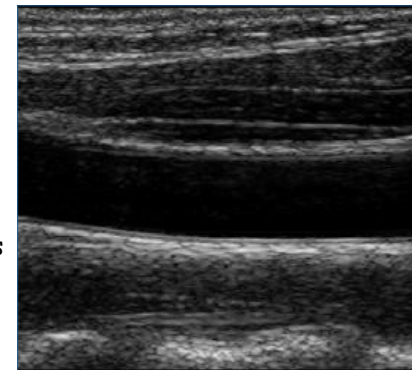
État Anatomique et Fonctionnel de la Paroi

État de la Paroi Artérielle

- État anatomique
 - Plaques
 - Ulcération ?
- État fonctionnel
 - Compliance, distensibilité
 - Vitesse de l'onde artérielle

Écho-Anatomie de la Paroi Artérielle

- Couches Histologiques
 - Intima
 - Média
 - Adventice
- Couche Échographiques
 - Interface sang-intima
 - ...
 - Interface média-adventice



Echogénicité de la Plaque

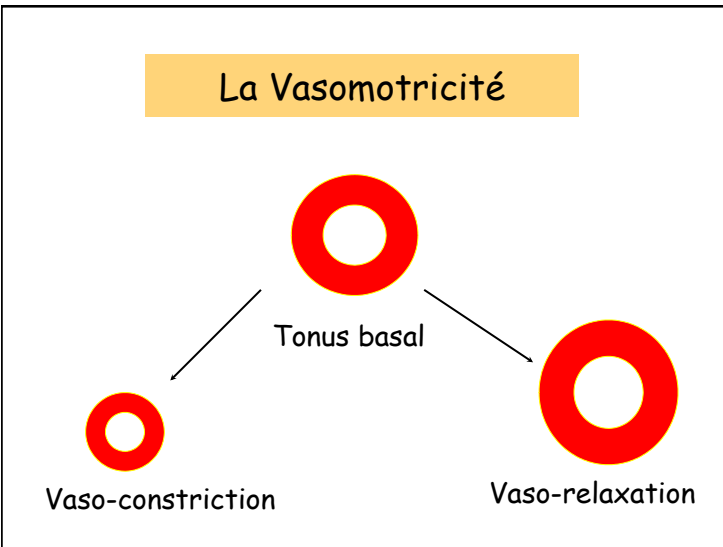
- Anéchogène, Hypoéchogène
- Isoéchogène (référence ?)
- Hyperéchogène
 - Sans ombre acoustique
 - Avec ombre acoustique

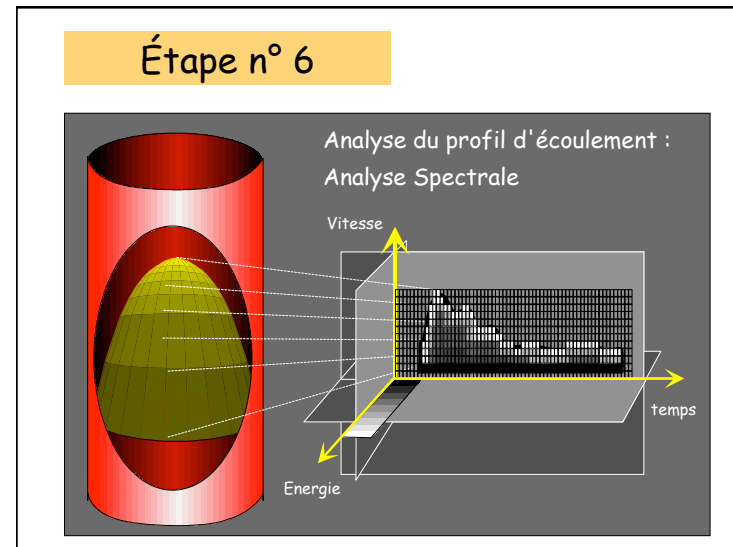
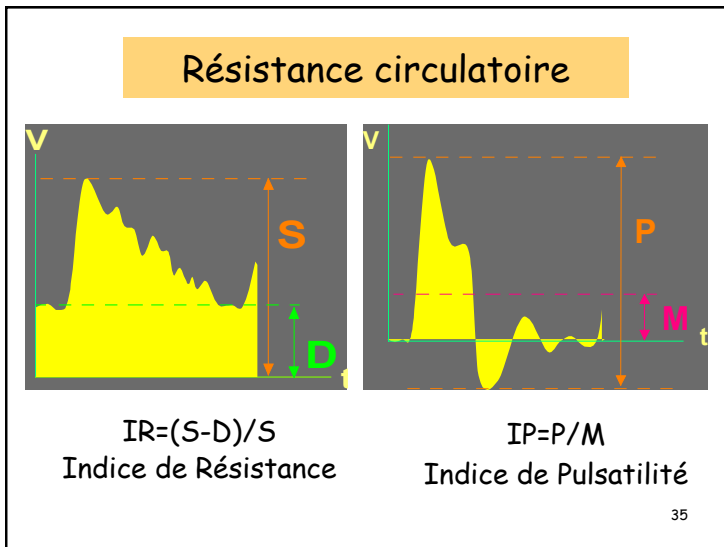
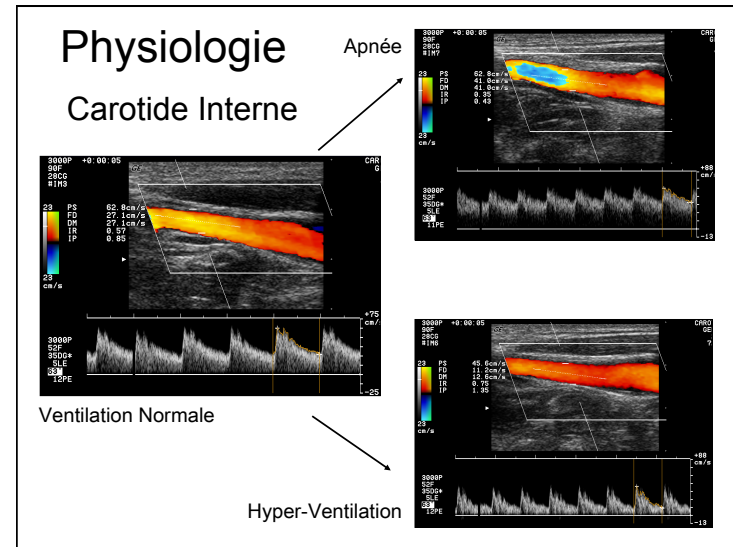
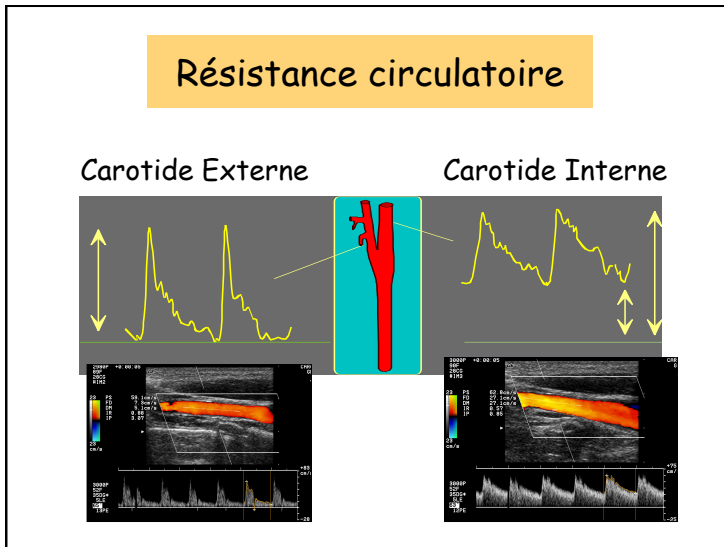
Echostructure de la Plaque

- Homogène
- Hétérogène

Étape n° 5

Résistance & Impédance Circulatoire ?





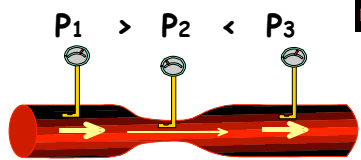
Retentissement hémodynamique des sténoses

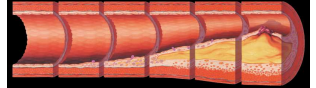
Théorème de Bernoulli

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

Énergie Totale
Pression / Densité / Vitesse
Force Gravitationnelle

Relation Vitesse-Pression

$P_1 > P_2 < P_3$

 $V_1 < V_2 > V_3$



NB : Contraintes de P° sur plaques +++
Anévrismes

Nombre de Reynolds

Nombre **sans dimension** exprimant relation V, D, r et η

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


✓ Vitesse
✓ Diamètre

✓ Densité
✓ Viscosité


Profil d'écoulement

Passage d'un flux laminaire à un flux turbulent

- ↳ résistance à l'écoulement
- ↳ inflexion courbe P/Q



Flux Laminaire
 $DP = Q \times R$



Flux Turbulent

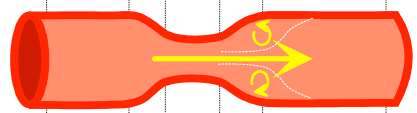
Nombre de Reynolds Critique ($Re \pm 2000$)
 $Re = \frac{V D \rho}{\eta}$

$DP \gg Q \times R + V^2$

Retentissement hémodynamique des sténoses

Sténose

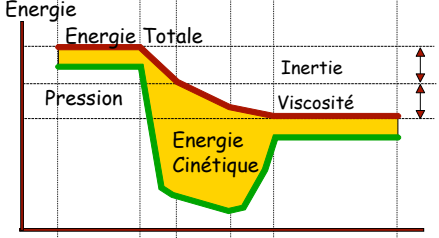
- vitesse dans le jet
- diamètre d'aval
- locale de h



Cliniquement :

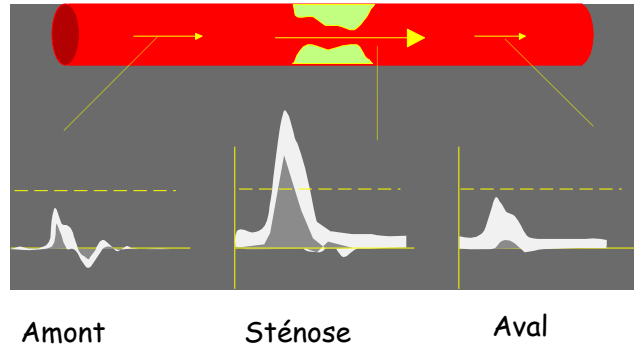
- Souffle
- Tracé amorti
- Chute pression d'aval

→ IPS



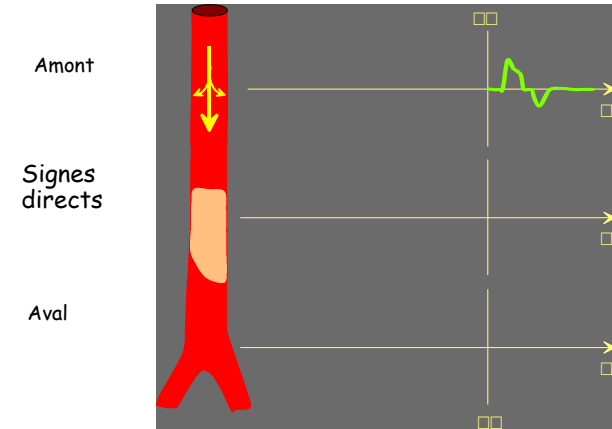
d'après P. Burns

Sténose «significative» (70 - 90%)



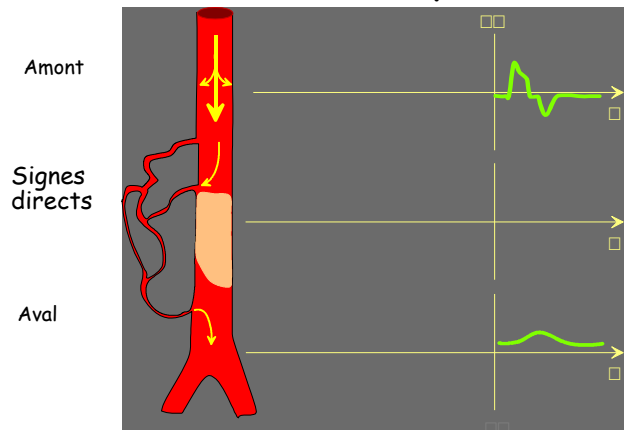
45

Occlusion non compensée



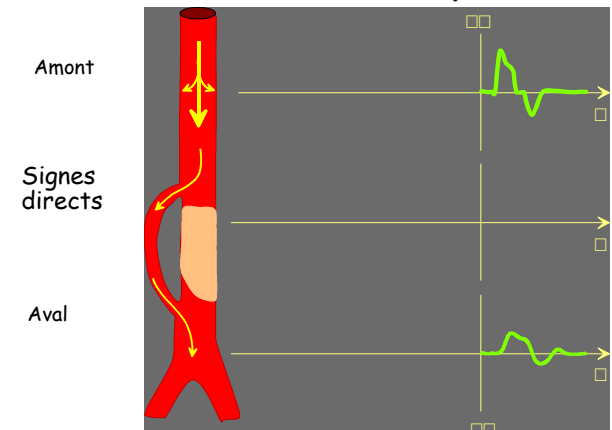
46

Occlusion mal compensée



47

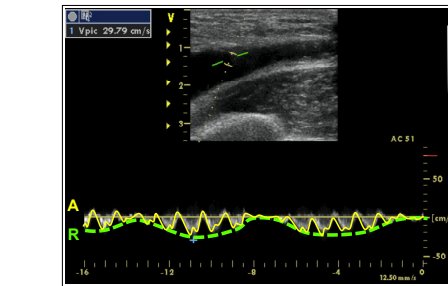
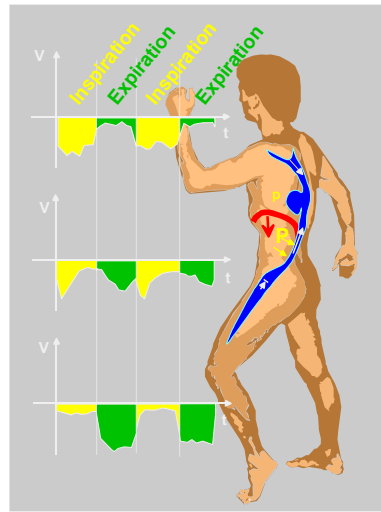
Occlusion bien compensée



48

Les flux veineux

Modulation Respiratoire



Modulation Atriale + Respiratoire

50

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. Résistance & Impédance Circulatoires
6. Caractéristiques de l'écoulement

DIU d'Échographie et Techniques Ultrasonores
Module "Échographie Appliquée à l'Urgence"

Bases d'interprétation des signaux Doppler

Pr A Pérez-Martin - Pr M Dauzat
Exploration & Médecine Vasculaire
CHU de Nîmes

EA 2992 Université Montpellier

