Mesure invasive et non-invasive de la pression artérielle.

Michel Girard MD

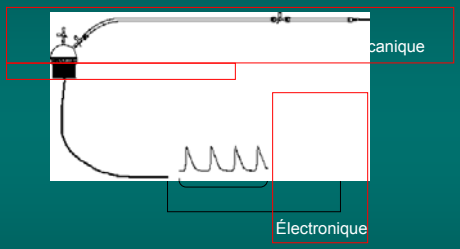
Hôpital Maisonneuve-Rosemont
Centre affilié à l'Université de Montréal

PLAN

- Systèmes invasifs de mesure de la TA
- Système de mesure
- Système de couplage mécanique
- Systèmes oscillants
- Transducteurs
- Composantes électroniques
- Patients
- Systèmes non-invasifs de mesure de la TA
- Quelques recommandations

Systèmes invasifs

Système de mesure



Systèmes invasifs

Système de couplage mécanique

- Élaticité, masse et friction déterminent:
  - Réponse dynamique, dépend:
    - Fréquence naturelle (f_n).
    - Coefficient d'amortissement (D).
- f_n: la fréquence à laquelle le système oscille.
- D: quantifie les forces frictionnelles du système, d'où à quelle vitesse il cesse d'osciller.

Systèmes invasifs

Système de couplage mécanique

- Pour prédire la qualité de la reproduction d'une onde par un système de mesure, il faut connaître:
  - Fréquence naturelle du système (f_n)
  - Coefficient d'amortissement du système (D)

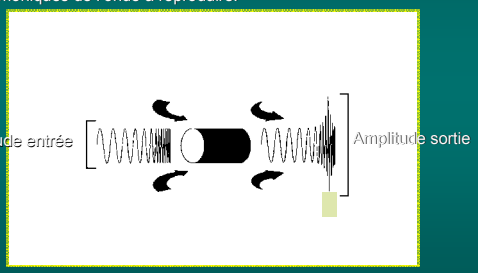
et

Fréquences à reproduire

Systèmes invasifs

Fréquence naturelle (Fn)

Si la f_n du système de mesure est inférieure à la fréquence des harmoniques de l'onde à reproduire:



Systèmes invasifs
Amortissement (damping)

S'exprime par un coefficient

0,6-0,7

serait l'idéal.

(Pas toujours)

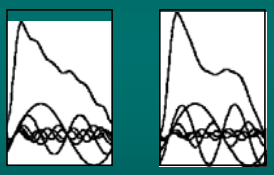
Systèmes invasifs
Amortissement (damping)

- Système sous-amorti = amplification des phénomènes oscillants
- Système sur-amorti = atténuation des systèmes oscillants

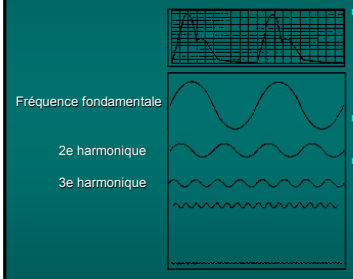
Systèmes invasifs
Fréquences à mesurer

- Pour connaître l'effet de l'association de la Fn et de l'amortissement sur la reproduction d'une onde de pression, il faut aussi connaître cette onde. Parce que la fréquence naturelle du système doit être supérieure à la fréquence à reproduire.

Systèmes invasifs
Analyse de Fourrier

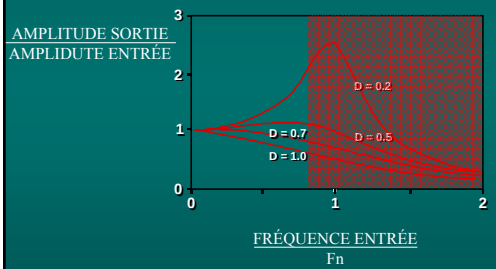


Systèmes invasifs
Analyse de Fourrier



- Pour reproduire une onde de pression, on doit pouvoir reproduire 5 à 10 harmoniques.
- Pour des fréquences de 60 à 180/min (1à3Hz)
- la 5e à la 10e harmonique = 5 à 30 Hz

Systèmes invasifs
Effet de l'amortissement (D)



Systèmes invasifs

Canule artérielle

- Masse = liquide
- Élasticité = distensibilité de la tubulure
- Amortissement =
  a) résistance frictionnelle au mouvement des fluides
  b) déformation des matériaux

Systèmes invasifs

Système complet

- Quelques chiffres sur la fréquence naturelle (f_n)
- Capteur seul: 100 - 500 Hz
- Monté sur tige (5pi): 19 à 28 Hz
- Près du patient (6po): 41 à 73 Hz

  - Pour des fréquences de 60 à 180/min (1à3Hz)
  - la 5e à la 10e harmonique = 5 à 30 Hz

Systèmes invasifs

Bulles d'air

- Peuvent agir dans 2 directions opposées
  - 0.03 ml ↓ Fn de 18 - 28 à 8 - 13 Hz
  - 0.3 ml ↑ le coeff. d'amortissement de 0.16 à 0.28

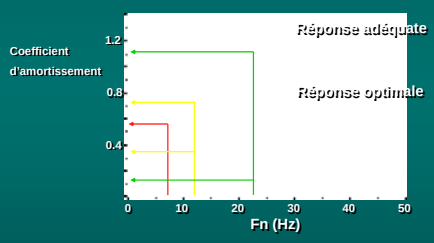
Retenez qu'en général les bulles d'air diminuent f_n du système de mesure.

Système invasifs

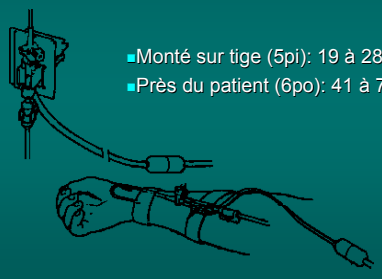
- Les pressions systoliques sont les plus difficiles à mesurer parce qu'elles comprennent le plus de composantes à haute fréquence.

	Systolique	Diastolique
Sur amorti	--	+
Sous amorti	++	-

Système invasifs



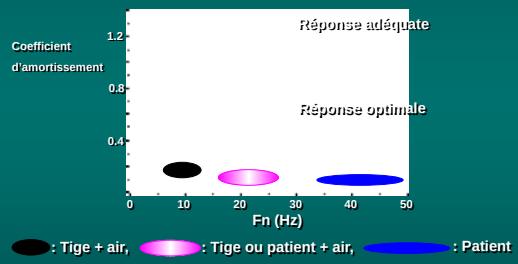
Systèmes invasifs



- Monté sur tige (5pi): 19 à 28 Hz
- Près du patient (6po): 41 à 73 Hz

Système invasifs

Sept systèmes différents

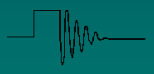


: Tige + air, : Tige ou patient + air, : Patient

Système invasifs

Calcul de f_n et D

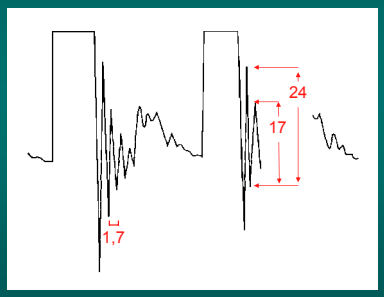
Sous-amorti



Amortissement adéquat

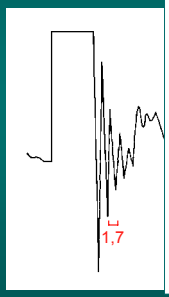
Sur-amorti

Système invasifs



Système invasifs

Calcul f_n



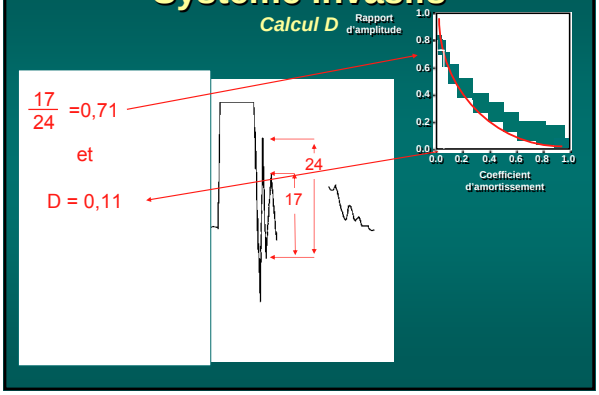
Vitesse du papier: 25 mm/sec
Distance entre 2 cycles: 1,7 mm

$$f_n = \frac{1 \text{ cycle}}{1.7 \text{ mm}} \times 25 \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$$

f_n = 14,7 cycles/sec = 14,7 Hz

Système invasifs

Calcul D



Systèmes invasifs

Comment améliorer la réponse dynamique?

T H É O R I E

- Système avec une Fn aussi haute que possible,
- Jamais < 7.5 Hz,
- Lignes + courtes, “toujours” < 4 pi,
- Limiter à 1 robinet,
- Éliminer les connecteurs en “T”,
- Bulles d’air,
- Enlever l’air du sac,
- Noyer la chambre du compte-gouttes,
- Ultra-sons, chauffer le soluté, filtres ...

Systèmes invasifs

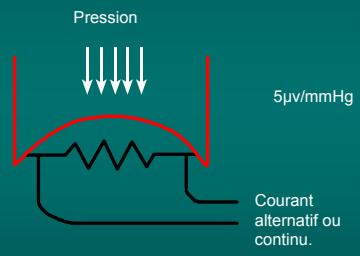
Comment améliorer la réponse dynamique?

P
R
A
T
I
Q
U
E

- Si l'amortissement est inadéquat, après avoir éliminé les causes d'erreur que l'on peut éliminer.
- R.O.S.E. ou équivalent.
- Raccourcir la tubulure.

Systèmes invasifs

Transducteur résistif



Fn élevée: 100 à 500 Hz

Systèmes invasifs

- Calibration
  - Calibration ≠ mise à niveau
- Dérive (drift) jusqu'à 15mmHg / 3 hres
- Ne pas oublier qu'un capteur électronique peut être défectueux

Systèmes invasifs

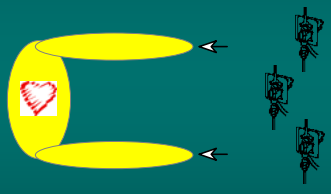
Amplificateurs et filtres

- Sont également responsables de modifications du signal
  - H.Packard, signal filtré: sensibilité ↓ à 20 Hz + délai de 20 ms
  - Certains HP passante de 0 à 12 Hz
  - Tecktronik 414: 0 à 20 Hz

Bande passante: fréquences où le signal de sortie = 70 à 140% du signal d'entrée.

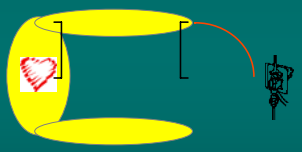
Systèmes invasifs

Relation position/lecture



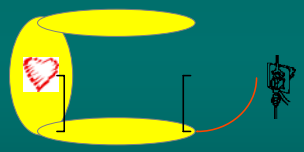
Systèmes invasifs

Relation position/lecture



Systèmes invasifs

Relation position/lecture



Patients

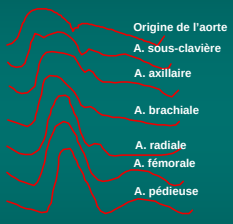
Système bien amorti, ayant une bonne f_n
mesure bien la pression au site de mesure

or

la pression n'est pas la même partout...

Patients

- Onde + pointue
- ↑ d'amplitude
- P. systolique ↑
- P. diastolique ↓
- P. moyenne ↓

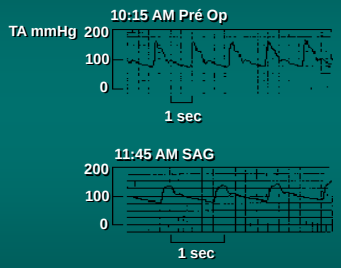


Patients

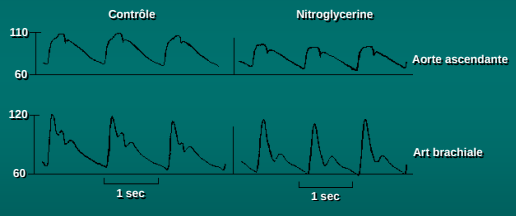
De plus, elle varie dans le temps pour un même patient.

Patients

Même patient



Patients



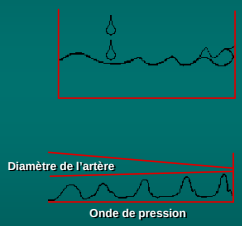
Patients

- Les inégalités de pression entre les sites de mesure sont dues:
  - Oscillations
  - Réflexion d'ondes
  - Changement de phase (phase shift)

Patients
Oscillations

- Fréquence naturelle & l'amortissement du lit vasculaire dépendent:
  - Tonus vasculaire
  - Volume sanguin

Patients
Réflexion d'ondes



Patients
Réflexion d'ondes

- Les ondes de pression sont réfléchies au niveau artériolaire
- 80% de l'onde de pression est réfléchie par le lit fémoral
- La quantité d'énergie réfléchie dépend du tonus vasculaire
- En présence de vasodilatation peu ou pas de réflexion

Patients
Changement de phase

- Fréquences plus élevées arrivent à la périphérie avant les fréquences plus basses.
  - Or, il y a plus d'ondes de haute fréquence lorsque la contractilité et/ou la fréquence augmentent.

Patients
Âge

- ↑ âge ⇒ réflexion se fait plus tôt
- D'où ↑systo et ↓ diasto

Systèmes non invasifs
PLAN

- Palpation et ses modif.
- Auscultation
- Doppler
- Oscillotonométrie
  - manuelle
  - automatique
- Pléthysmographie
  - Finapress
  - N-Cat
- Relation position/lecture

Systèmes non invasifs
Palpation et ses modif.

- Méthode du “flush”: peu fiable
- Saturomètre (ou Doppler) et brassard, adéquat pour SOp
- Réapparition de la courbe de TA de canule (cf suivante)

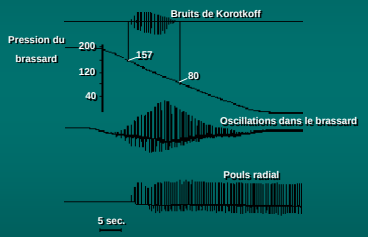
On recommande de laisser ↓ la pression de 2-3 mm Hg / batt card ≈ 45 à 60 sec.

Systèmes non invasifs
Palpation et ses modif.

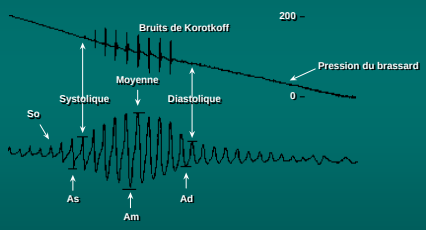
Systèmes non invasifs
Auscultation

- Phases des bruits de Korotkoff
  - I: Premiers sons clairs, répétitifs & frappés
  - II: Sons plus doux, parfois comme un souffle
  - III: Sons plus forts et plus clairs
  - IV: Sons atténués, moins clairs et plus doux
  - V: Sons disparaissent complètement

Systèmes non invasifs

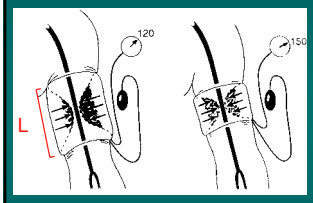


Systèmes non invasifs
Auscultation vs oscillométrie



Systèmes non invasifs

Choix brassard

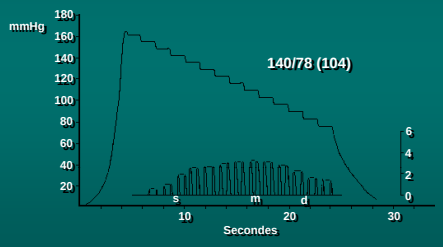


Largeur (L): 120% du diamètre du bras

Sac gonflable: 50% de la circonférence du bras

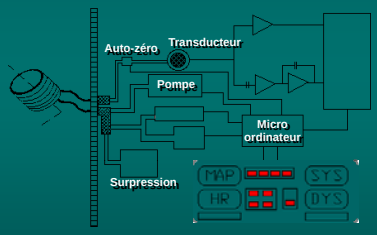
L

Systèmes non invasifs



Systèmes non invasifs

Dinamap



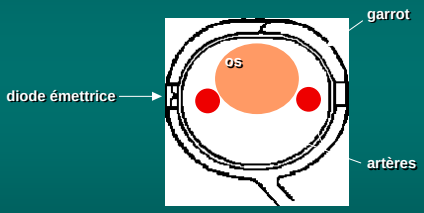
Système non invasifs

Pléthysmographie

- Finapress évalue le volume d'un doigt (à l'aide d'une diode) qui varie selon la pression et commande un solénoïde qui ajuste la pression dans un garrot pour maintenir le volume du doigt constant.
- La pression du garrot = la pression artérielle
- Pouce: meilleur site

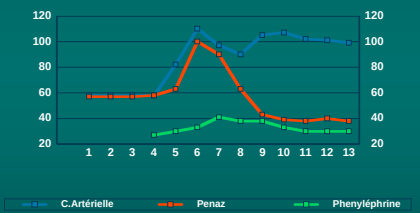
Système non invasifs

Finapress



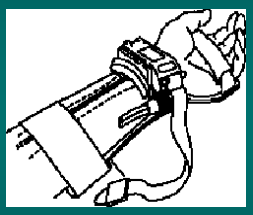
Système non invasifs

Finapress



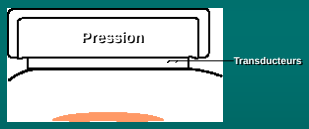
Système non invasifs

Nellcor N-CAT



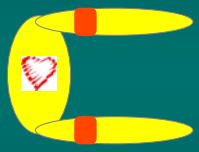
Système non invasifs

Nellcor N-CAT



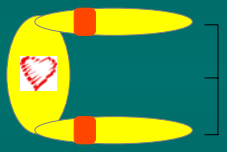
Système non invasifs

Relation position/lecture



Système non invasifs

Relation position/lecture



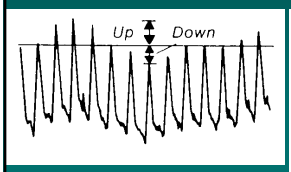
Conclusion
et quelques voeux pieux...

- Être conscient des caractéristiques de chaque système
- Éviter les bulles
- Utiliser un système optimal compte tenu des circonstances
- Tout calibrer et/ou vérifier avec un 2e moniteur
- Être capable d'évaluer l'amortissement
- Prévenir / traiter les problèmes d'amortissement
- Traiter les problèmes de réflexion d'onde (?)

Mesure invasive et non-invasive de la pression artérielle.

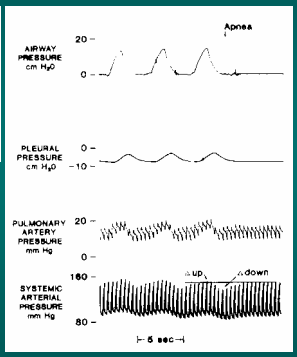
Michel Girard MD

Hôpital Maisonneuve-Rosemont
Centre affilié à l'Université de Montréal

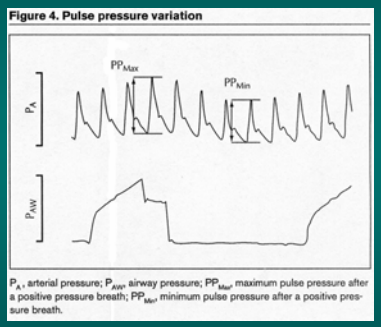


If the absence of hypo-volemia can be defined during mec. ventil. as a SPV of ≤ 5 mm Hg, a ∆down ≤ 2 mm Hg or a ↓ of SPV or ∆down ≤ 2 mm Hg after 500 ml hetastarch.*

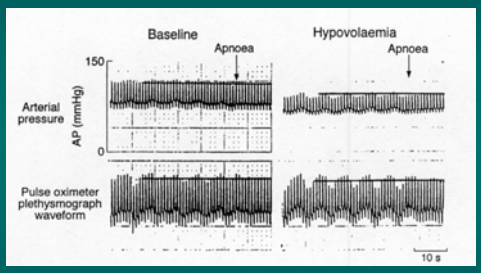
*Rooke, Anesth Analg 1995; 80: 925-32



Perel, Anesthesiology 1987; 67: 498-502



Gunn, Curr Opin Crit Care 2001; 7: 212-7

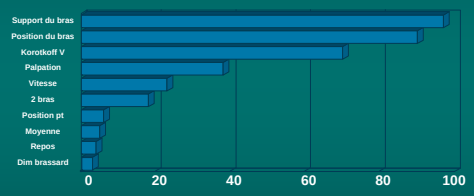


Ne s'applique pas en présence d'hypotension.

Shamir, Br J Anaesth 1999; 82: 178-81

Systèmes non invasifs

Auscultation



% des médecins respectant les recommandation de prise de TA