

## MONITORAGE DE LA PRESSION INTRACRANIENNE

Jocelyne Maucotel MD  
CHUM

## PLAN

- Historique
- anatomie
- physiologie
- courbes
- compliance - élastance
- buts-indications
- complications

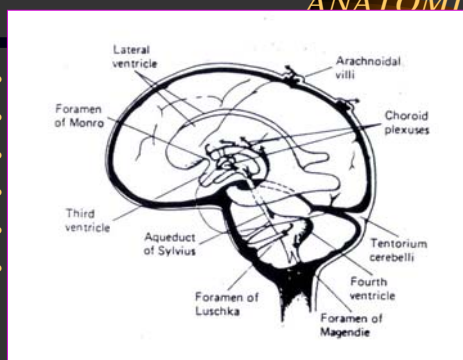
## HISTORIQUE

- Ponction des ventricules latéraux
  - Hippocrate : trou de trépan
  - Hill 1850 : hydrocéphalie
  - Walter Dandy 1918 : pneumoencéphalographie
- Mesure de la pic
  - Quincke 1905 : premiers enregistrements

## ANATOMIE

- crâne : sphère osseuse incompressible
- tente du cerveau : incisure tentorielle  
2 compartiments  
mobile
- communications :
  - foramen de Monro
  - aqueduc de Sylvius
  - foramen de Lushka
  - foramen de Magendie

## ANATOMIE



## PHYSIOLOGIE

- Volumes
  - 1400 ml
  - LCR : 150 ml total , 75 cc intracrânien
  - sang : 75 ml
- Production LCR
  - 500 ml /24 hr
  - ventricules latéraux et autres

## Doctrine Monroe-Kelly

- Le volume de l'espace intra-dural est quasi constant et son contenu presque incompressible
  - rigidité de la voûte crânienne
  - incompressibilité du cerveau
  - $\Delta$  de volume du cerveau =  $\Delta$  de volume du LCR ou du sang

## Valeurs de la PIC

- Adultes : 0 -10 mm Hg
- enfant : 0 - 5 mm Hg
- HTIC :
  - >15 mm Hg soutenue
  - ondes de pression intermittentes
    - ondes plateau A
    - ondes B

## Valeurs de la PIC

- 20 mm Hg : limite acceptable chez le trauma crânien
- 21 - 40 mm Hg : HTIC modérée
- >40 mm Hg : HTIC sévère
  
- niveau de mesure : foramen de Monroe

## Modifications physiologiques

- **↑** PIC :
  - ↑ pression intra-thoracique
  - ↓ retour veineux cérébral
  - ↑ pression abdominale
  - sommeil
  - tredelenburg
- position couchée  $\Rightarrow$  assise
  - montée primaire et secondaire puis normalisation (mesurée niveau lombaire)

## Courbes de PIC

- Onde pulsatile :  $\Delta$  3.6 mm Hg
- Composante cardiaque : 1.2 mm Hg
  - artères cérébrales & spinales ,plexus choroïdien
  - aspect pyramidal
  - 3 composantes artérielles:
    - onde de percussion : maximale
    - onde « tidal »
    - onde dicrote
  - 1 composante veineuse : portion descendante

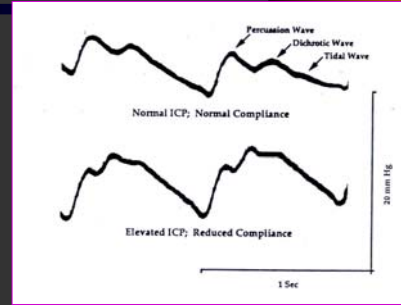
## Courbes de PIC

- Modifiée dans l' HTIC
  - ↑ pression de pulsation
  - prédominance de l' onde dicrote et tidal
  - disparition de la composante veineuse
  - dès que la compliance ↓, même si PIC < 15
  - analyse de la courbe de PIC

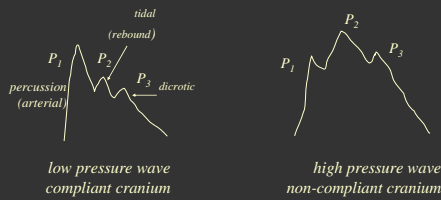
## Courbes de PIC

- Composante respiratoire :  $\Delta$  2.4 mm hg
  - oscillations de pression thoracique
  - $\uparrow$  dans 1<sup>er</sup> HTIC

## Courbes de PIC



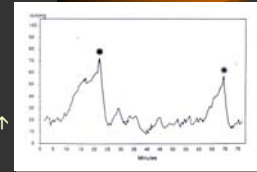
## Courbes de PIC



## COURBES ONDES DE LUNDEBERG

### • Ondes A en plateau

- montée abrupte
- chute brusque
- niveau de base de la PIC peut  $\uparrow$
- plateau à 50 - 100 mm Hg
- durée 2 - 20 min.
- répétées :  $\uparrow$  fréquence,  $\uparrow$  amplitude,  $\uparrow$  durée,  $\uparrow$  PIC de base
- phénomène escalier
- précurseur d' HTIC incontrôlable
- $\pm$  stimulation



## COURBES ONDES DE LUNDEBERG

### • 4 phases ( Rosner & Becker , chats PIC >21 mmHg )

- 1 - « premonitory drift phase »
  - $\downarrow$  PAS  $\Rightarrow$  vasodilatation cérébrale (autorégulation)  $\Rightarrow \uparrow$  PIC  $\Rightarrow$   $\downarrow$  CPP à 70 - 80 mm Hg
- 2 - plateau
  - $\uparrow$  PIC rapide  $\Rightarrow \downarrow$  CPP à 40-50 mm Hg
  - dure tant que la CPP > seuil ischémique

## COURBES ONDES DE LUNDEBERG

- 3 - phase de réponse ischémique
  - $\downarrow$  CPP  $\Rightarrow$  ischémie  $\Rightarrow \uparrow$  MAP  $\Rightarrow \uparrow$  CPP
- 4 - phase finale de résolution
  - vasoconstriction (autorégulation)  $\Rightarrow \downarrow$  PIC  $\Rightarrow$  CPP N - MAP N
- réponse d'un lit vasculaire intact à une CPP instable face à une PIC  $\uparrow$  et compliance  $\downarrow$
- mécanisme : compression veineuse  $\Rightarrow \uparrow$  CBV

## COURBES ONDES DE LUNDEBERG

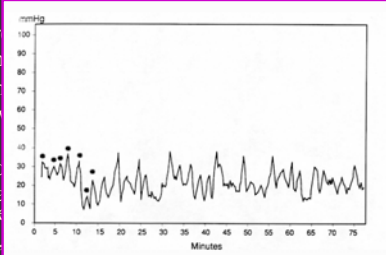
- Ondes A plateau atypique
  - tronquées
  - + petites : < 50 mm Hg
  - inductibles :  $\uparrow$  P CO<sub>2</sub> ,  $\downarrow$  PA O<sub>2</sub>
  - pathologiques
  - reliées à une  $\uparrow$  du CVB

## COURBES ONDES DE LUNDEBERG

- Ondes A de fluctuation rythmique
  - q 15-30' - 2-4 / hre
  - début lent
  - ad 60-100 mm Hg
  - HTIC légère - modérée
  - évacuation LCR  $\rightarrow$  PIC N

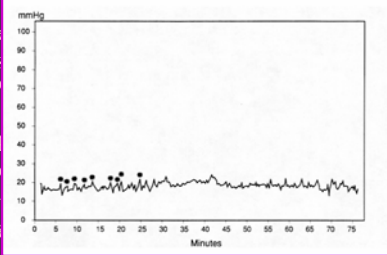
## COURBES ONDES DE LUNDEBERG

- Ondes B
  - les plus fr
  - 10 -20 mm
  - 2 - 5 / min
  - souvent av
  - reliées au
  - exagératio
  - valeur qu
  - intracrâni
  - suggestif



## COURBES ONDES DE LUNDEBERG

- Ondes C
  - ondes art
  - variations
  - fluctuatio
  - 6 / min.
  - basse am
  - fluctuatio
  - cérébral
  - peuvent

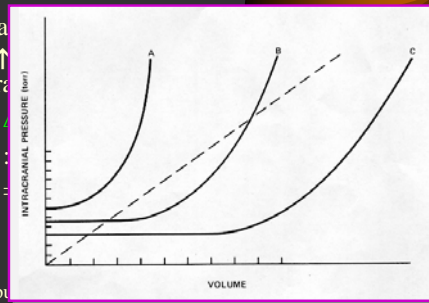


## ÉLASTANCE

- Capacité d'adaptation de la pression à un  $\Delta$  volume
- **Intolérance** à l'ajout de volume
- courbe pression / volume (mm Hg / ml)
- **VPR** =  $\Delta P / \Delta V$  volume-pressure response
- $VPR = \Delta P / 1 \text{ ml}$  (1 sec.)
- $VPR = 0 - 2 \text{ mm Hg / ml}$  normal
- $\geq 5 \text{ mm Hg}$  pathologique

## COMPLIANCE

- Capa
- tolér
- $\Delta V / \Delta P$
- PVI :
- PVI :
- manip



## BUTS

- 1) prévenir ↓ perfusion cérébrale
  - CPP = MAP - PIC
- 2) prévenir l'herniation cérébrale, l'engagement
- 3) améliorer l' «outcome»
- 4) mesure quantitative vs clinique

## INDICATIONS

- 1) **Non traumatiques**
  - métaboliques (syndrome de Reye, encéphalopathie hépatique)
  - infections (encéphalite)
  - ischémiques (noyade)
  - vasculaires (ACV)
  - obstructives (hydrocéphalie)

## INDICATIONS

- 2) **Post-opératoire**
  - patients à risque : saignement, œdème, engagement
- 3) **Follow-up** : patients sous sédation, curarisation
- 4) **Trauma**
  - détection d' hématome 2<sup>aire</sup>
  - évaluation du traitement médical
  - ↓ mortalité (précoce)

## INDICATIONS

- **Trauma** : CGS ≤ 7
  - Scan aN 50 -60 % HTIC
  - Scan N 13 % HTIC
  - Scan N + critères :
    - + TA < 90
    - > 40 ans
    - posture anormale
      - 0 - 1 4 % HTIC
      - 2 - 3 60 % HTIC

## BUTS & INDICATIONS BÉNÉFICES

- 1) ↑ PIC précède la clinique
- 2) évaluation du pt. inconscient ou paralysé
- 3) effet du positionnement et de l'anesthésie
- 4) évaluer le traitement
  - barbituriques, mannitol, ↓ CO<sub>2</sub>
  - début → optimisation → arrêt
- 5) post-op chir. anévrisme : ΔΔ HTIC vs vasospasme

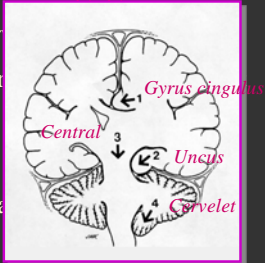
## BUTS & INDICATIONS BÉNÉFICES

- 6) rupture d' anévrisme :
  - ↑ PIC précoce
  - contrôle de la TA → CPP
- 7) mort cérébrale : PIC = CPP

## EFFETS DE L' HTIC DOMMAGE CÉRÉBRAL

### • Compression et engagements

- faux du cer
- tente du cer
- central
- foramen ma



## EFFETS DE L' HTIC DOMMAGE CÉRÉBRAL

### • Compression et ischémie

- $CPP = MAP - PIC$  N : 50 - 150 mm Hg
- $CBF \propto CPP$  N : 50 ml/100 gm/ min
- $CPP < 40$  mm Hg  $\rightarrow$   $CBF \downarrow 1/2$  (25 ml/ min)  
+ $\Delta$  EEG
- $PIC > 15 - 20$  mm Hg  $\rightarrow$  compression capillaire & microcirculation
- $PIC > 30 - 35$  mm Hg  $\rightarrow$  compression drainage veineux  $\rightarrow$  œdème

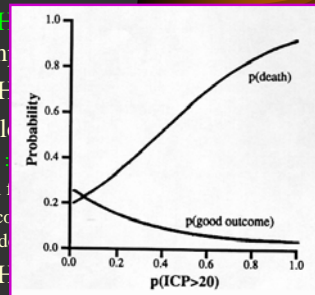
## PIC TRAUMA CRANIEN

### • HTIC :

- processus fondamental
- 40 % patients ayant perdu conscience
- facteur majeur de mortalité dans 50 %  $\ddagger$
- mortalité  $\equiv$  HTIC
- prédicteur de l'outcome évalué par le Glasgow
- facteur indépendant de la CPP
- pas de distinction entre un événement 1<sup>aire</sup> vs événement 2<sup>aire</sup> (traitable)

## PIC TRAUMA CRANIEN

- $PIC > 20$  mm Hg : devenir le + im
- $PIC < 15$  mm Hg
- niveau désirable
  - $> 20$  mm Hg :
  - 15 mm Hg si
  - meilleur outec
  - mais  $\uparrow$  incid
- $PIC > 40$  mm Hg



## TECHNOLOGIE

- Technologie courante :
  - Cathéter intra-ventriculaire
  - Vis sous-arachnoïdienne
  - Fibres optiques

## TECHNOLOGIE PROPRIÉTÉS IDÉALES DU CAPTEUR DE PIC

- réflexion exacte de la PIC (pas en lombaire)
- risque infectieux bas (extradural)
- sans dommage cérébral
- insertion-retrait simples
- implantable, petit
- calibrable, dérive faible
- liberté de mouvement
- sensibilité adéquate
- insensible à l'environnement
- permet usage prolongé (semaines)
- coût raisonnable

## TECHNOLOGIE CLASSIFICATION

- **Couplage liquidien**
  - oui
  - non
- **Site de mesure**
  - intra-ventriculaire
  - sous-arachnoïdien
  - épidural
  - intra-parenchymateux
  - de surface
- **Localisation du capteur**
  - intra-crânien
  - extra-crânien
- **Méthode de mesure**
  - mécanique
  - optique
  - pneumatique

## TECHNOLOGIE CATHÉTER VENTRICULAIRE

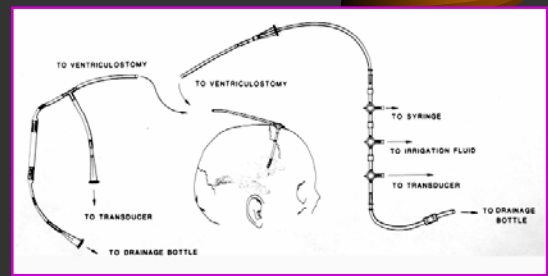
- **Couplage liquidien**
  - oui
  - non
- **Site de mesure**
  - intra-ventriculaire
  - sous-arachnoïdien
  - épidural
  - intra-parenchymateux
  - de surface
- **Localisation du capteur**
  - intra-crânien
  - extra-crânien
- **Méthode de mesure**
  - mécanique
  - optique
  - pneumatique

## TECHNOLOGIE CATHÉTER VENTRICULAIRE

### GOLD STANDARD

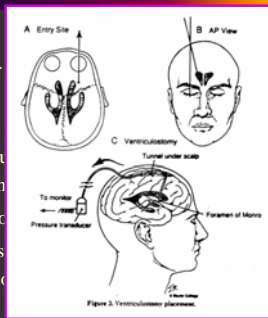
- 1) Principe :
  - cathéter partie antéro-supérieure du ventricule latéral afin de prévenir son obstruction
  - zéro au méat auditif externe

## TECHNOLOGIE CATHÉTER VENTRICULAIRE



## TECHNOLOGIE CATHÉTER VENTRICULAIRE

- Trou de trépan
  - point de Kocher
- hémisphère non
- corne frontale du foramen de Monro
- distorsions anatomiques
- autres sites : post-orbitaire, supra-orbitaire



## TECHNOLOGIE CATHÉTER VENTRICULAIRE

- 3) avantages
  - retrait LCR thérapeutique ou diagnostic
  - calcul de la compliance
  - injections thérapeutiques
- 4) désavantages
  - difficultés à l'installation
  - occlusion fréquente du cathéter
  - hématome ou saignement ventriculaire

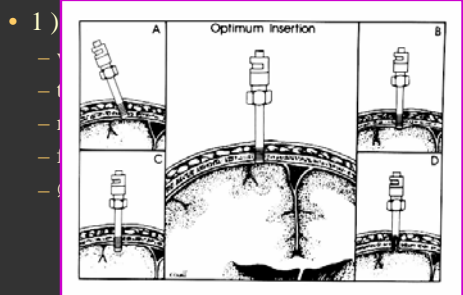
## TECHNOLOGIE CATHÉTER VENTRICULAIRE

- INFECTION
  - 5 - 15 %
  - ventriculite
  - durée: <72 hrs incidence minime, >5 j ↑↑
  - limite la durée
  - antibio-prophylaxie donne des cultures LCR –
  - staph. epidermidis

## TECHNOLOGIE VIS SOUS-ARACHNOÏDIENNE

- **Couplage liquidien**
  - oui
  - non
- **Localisation du capteur**
  - intra-crânien
  - extra-crânien
- **Site de mesure**
  - intra-ventriculaire
  - sous-arachnoïdien
  - épidural
  - intra-parenchymateux
  - de surface
- **Méthode de mesure**
  - mécanique
  - optique
  - pneumatique

## TECHNOLOGIE VIS SOUS-ARACHNOÏDIENNE



## TECHNOLOGIE VIS SOUS-ARACHNOÏDIENNE

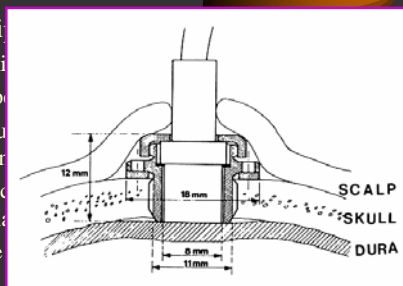
- 2) Avantages
  - Ø canulation ventriculaire
  - Ø perforation cérébrale
  - ↓ infections, méningite vs ventriculite
- 3) Désavantages
  - obstruction par cerveau œdémateux → erreurs
  - flush → ↑ PIC
  - Ø retrait LCR possible
  - herniation
  - cicatrice cérébrale épileptogène

## TECHNOLOGIE CAPTEUR ÉPIDURAL

- **Couplage liquidien**
  - oui
  - non
- **Localisation du capteur**
  - intra-crânien
  - extra-crânien
- **Site de mesure**
  - intra-ventriculaire
  - sous-arachnoïdien
  - épidural
  - intra-parenchymateux
  - de surface
- **Méthode de mesure**
  - mécanique
  - optique
  - pneumatique

## TECHNOLOGIE CAPTEUR ÉPIDURAL

- 1) Principi
  - transmi
  - princip
  - applic
  - en cor
  - bonne c
  - bien pla
  - trou de





## TECHNOLOGIE CAPTEUR ÉPIDURAL

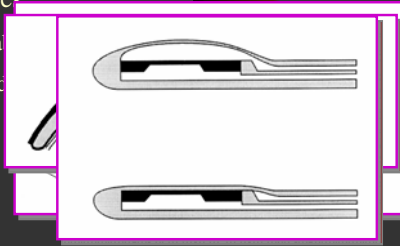
- 2) Avantages
  - Ø flush
  - réutilisable
  - incidence d'infections basse
- 3) Désavantages
  - Ø retrait LCR
  - ajustement difficile
  - coûteux

## TECHNOLOGIE CATHÉTER ÉPIDURAL

- **Couplage liquidien**
  - oui
  - non
- **Localisation du capteur**
  - intra-crânien
  - extra-crânien
- **Méthode de mesure**
  - mécanique
  - optique
  - pneumatique
- **Site de mesure**
  - intra-ventriculaire
  - sous-arachnoïdien
  - **épidural**
  - intra-parenchymateux
  - de surface

## TECHNOLOGIE CATHÉTER ÉPIDURAL

- 1) Principes
  - recalibrage
  - module de mesure

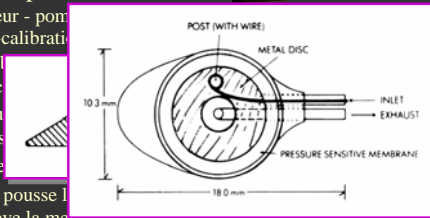


## TECHNOLOGIE SYSTÈME PNEUMATIQUE (LADD)

- **Couplage liquidien**
  - oui
  - non
- **Localisation du capteur**
  - intra-crânien
  - extra-crânien
- **Méthode de mesure**
  - mécanique
  - optique
  - **pneumatique**
- **Site de mesure**
  - intra-ventriculaire
  - sous-arachnoïdien
  - **épidural**
  - intra-parenchymateux
  - de surface

## TECHNOLOGIE SYSTÈME PNEUMATIQUE (LADD)

- 1) Principes
  - capteur - pompe
  - auto-calibration
  - membrane
  - 40 cc
  - occlusion
  - poussée
  - la pression
  - l'air pousse la membrane
  - soulève la membrane
  - pression d'ouverture = PIC



## TECHNOLOGIE INSTRUMENTS EPIDURAUX

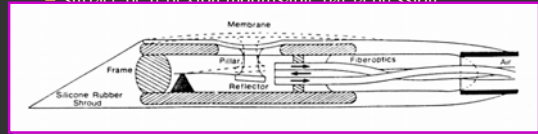
- Avantages
  - pas de problèmes liés aux systèmes avec liquide
  - ↓ incidence d'infections
- Désavantages
  - + difficiles d'installation
  - + coûteux
  - appareils dédiés à un seul usage
  - Ø possible retirer du LCR

## TECHNOLOGIE À FIBRES OPTIQUES (LADD)

- **Couplage liquidien**
  - oui
  - non
- **Site de mesure**
  - intra-ventriculaire
  - sous-arachnoïdien
  - épidural
  - intra-parenchymateux
  - de surface
- **Localisation du capteur**
  - intra-crânien
  - extra-crânien
- **Méthode de mesure**
  - mécanique
  - optique
  - pneumatique

## TECHNOLOGIE À FIBRES OPTIQUES (LADD)

- **Principe**
  - 1 fibre émettrice de lumière
  - surface de réflexion mobilisable par la pression



- air insufflé replace la membrane reflectrice qui est déplacée par la PIC
- la pression mesurée ds la chambre = PIC

## TECHNOLOGIE À FIBRES OPTIQUES (LADD)

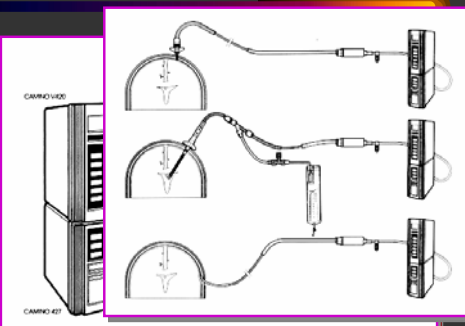
- **Avantages**
  - minimisation de dérive et des problèmes de recalibration
  - capteur réutilisable
  - pas de couplage liquidien
- **Désavantages**
  - capteur délicat (bris de fibres), coûteux
  - pas de retrait ou injection possible
  - appareil dédié à ce seul usage

## TECHNOLOGIE À FIBRES OPTIQUES (CAMINO)

- **Couplage liquidien**
  - oui
  - non
- **Site de mesure**
  - intra-ventriculaire
  - sous-arachnoïdien
  - épidural
  - intra-parenchymateux
  - de surface
- **Localisation du capteur**
  - intra-crânien
  - extra-crânien
- **Méthode de mesure**
  - mécanique
  - optique
  - pneumatique

## TECHNOLOGIE À FIBRES OPTIQUES (CAMINO)

- 1) I
- P
- f
- r
- l
- Δ
- t



## TECHNOLOGIE À FIBRES OPTIQUES (CAMINO)

- **Avantages**
  - pas de couplage liquidien
  - drainage du LCR si installé en intra-ventriculaire
  - se compare favorablement avec les autres syst.
- **Désavantages**
  - bris des fibres
  - ne peut refaire le 0 ou recalibration in vivo
  - 1 seul patient, appareil dédié
  - coût

**TABLE 13-4. ICP MONITORING DEVICES AND THEIR MANUFACTURERS**

Device Type	Manufacturer
<b>Intraventricular devices</b>	
Catheter	Cordis Corporation; Pudenz-Schulte Medical
Fiberoptic transducer	Camino Laboratories Inc.; InnerSpace Medical
<b>Intraparenchymal devices</b>	
Fiberoptic transducer	Camino Laboratories Inc.; InnerSpace Medical
<b>Subarachnoid devices</b>	
Bolt	Pudenz-Schulte Medical
Cup catheter	Cordis Corporation
Fiberoptic transducer	Camino Laboratories Inc.; InnerSpace Medical
<b>Epidural devices</b>	
Strain-gauge transducer	Medical Measurements Inc.
Fiberoptic transducer	Camino Laboratories Inc.; InnerSpace Medical
Pneumatic transducer	Ladd Research Industries Inc.

## COMPLICATIONS

- Patient
  - infection
  - herniation
- Équipement
  - couplage liquidien
    - perte de la transmission liquidienne
  - capteurs électroniques
    - calibration
- Erreur du médecin
  - clinique
  - exactitude de la mesure