

# TECHNIQUES D'ASSISTANCE VENTILATOIRE NEONATALE

# CPAP

# Principe

- Continuous Positive Airway Pressure
  - *Flux* continu dans un *circuit*
  - Le patient est “*branché*” sur ce circuit
  - *Génération d’une pression* stable dans le circuit
    - colonne d’eau
    - valve expiratoire
    - dynamique des fluides

# Mécanismes d'action

- Augmentation de la pression transpulmonaire
- Augmente la capacité résiduelle fonctionnelle
- Diminue le risque d'atélectasie
- Diminue le shunt intrapulmonaire
- Augmente la compliance
- Stabilise le surfactant
- Diminue l'oedème alvéolaire
- Augmente le diamètre des voies aériennes (VRS, bronch.)
- Abaisse le diaphragme

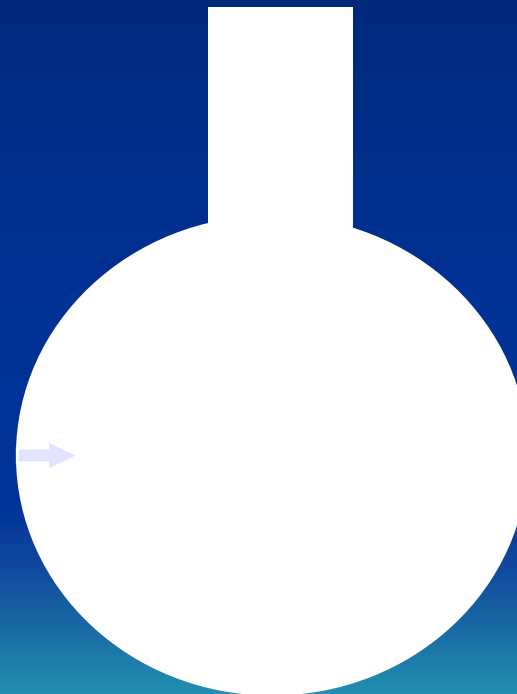
# Loi de Laplace

- Loi de LAPLACE

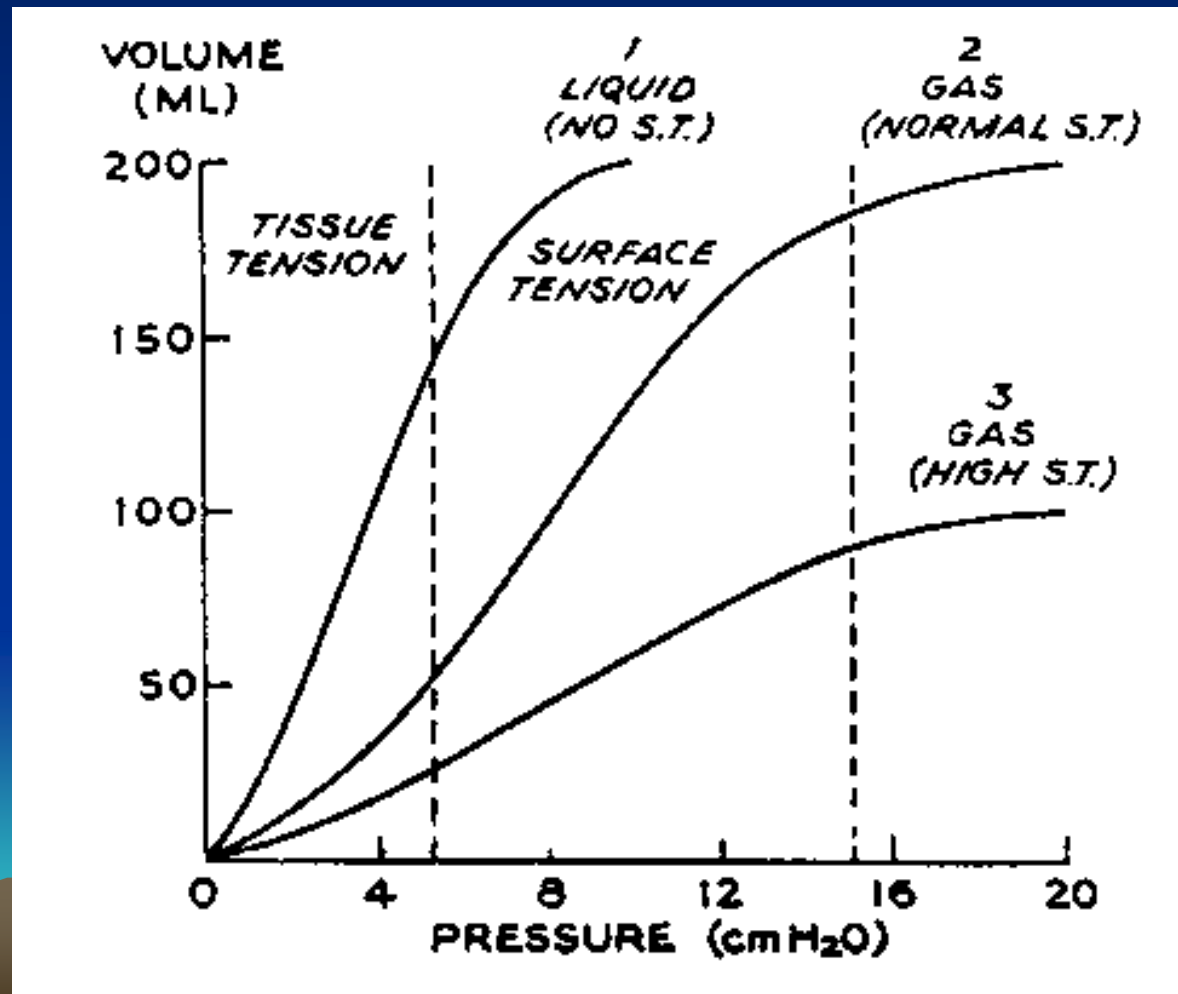
$$P = 2 T/R$$

où

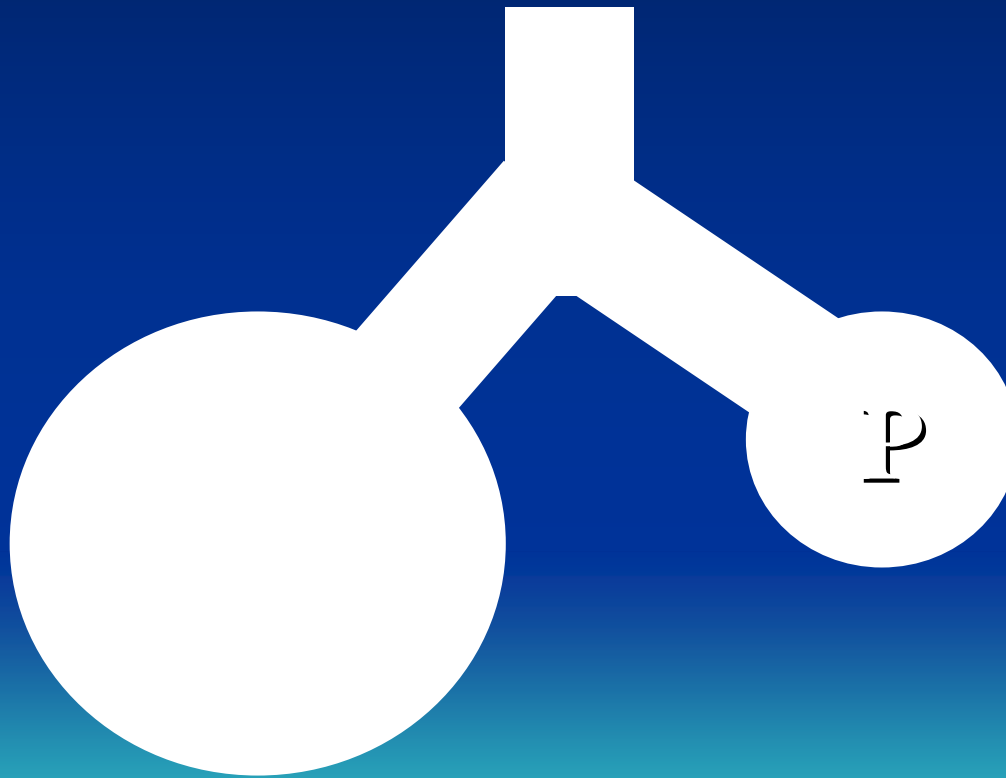
- P = pression tspulm
- T = tension superf
- R = rayon



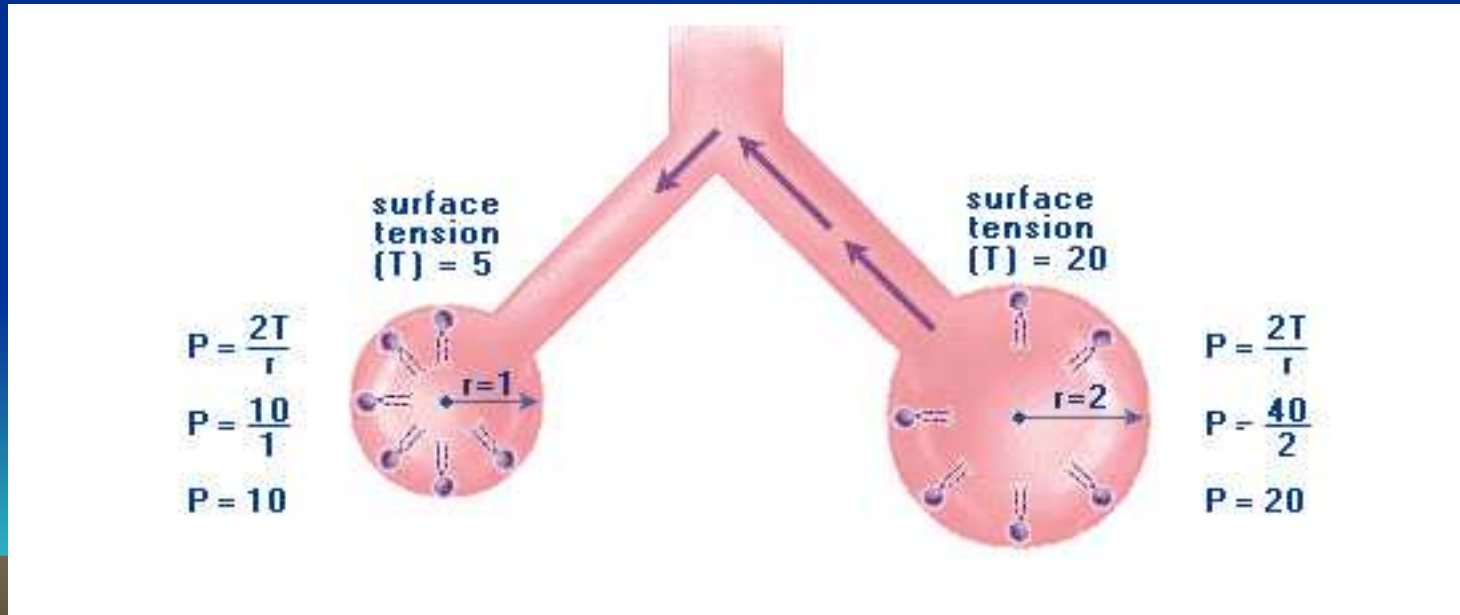
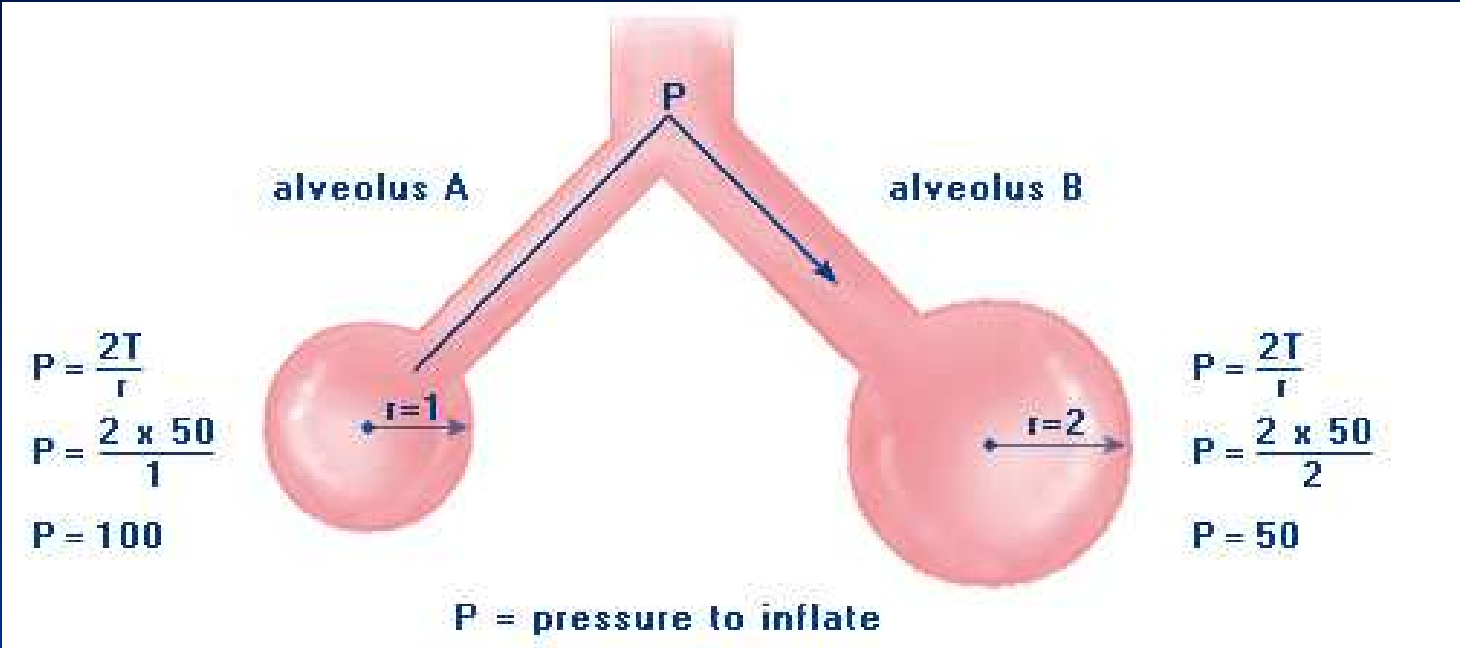
# Tension superficielle



# Inhomogénéité de ventilation

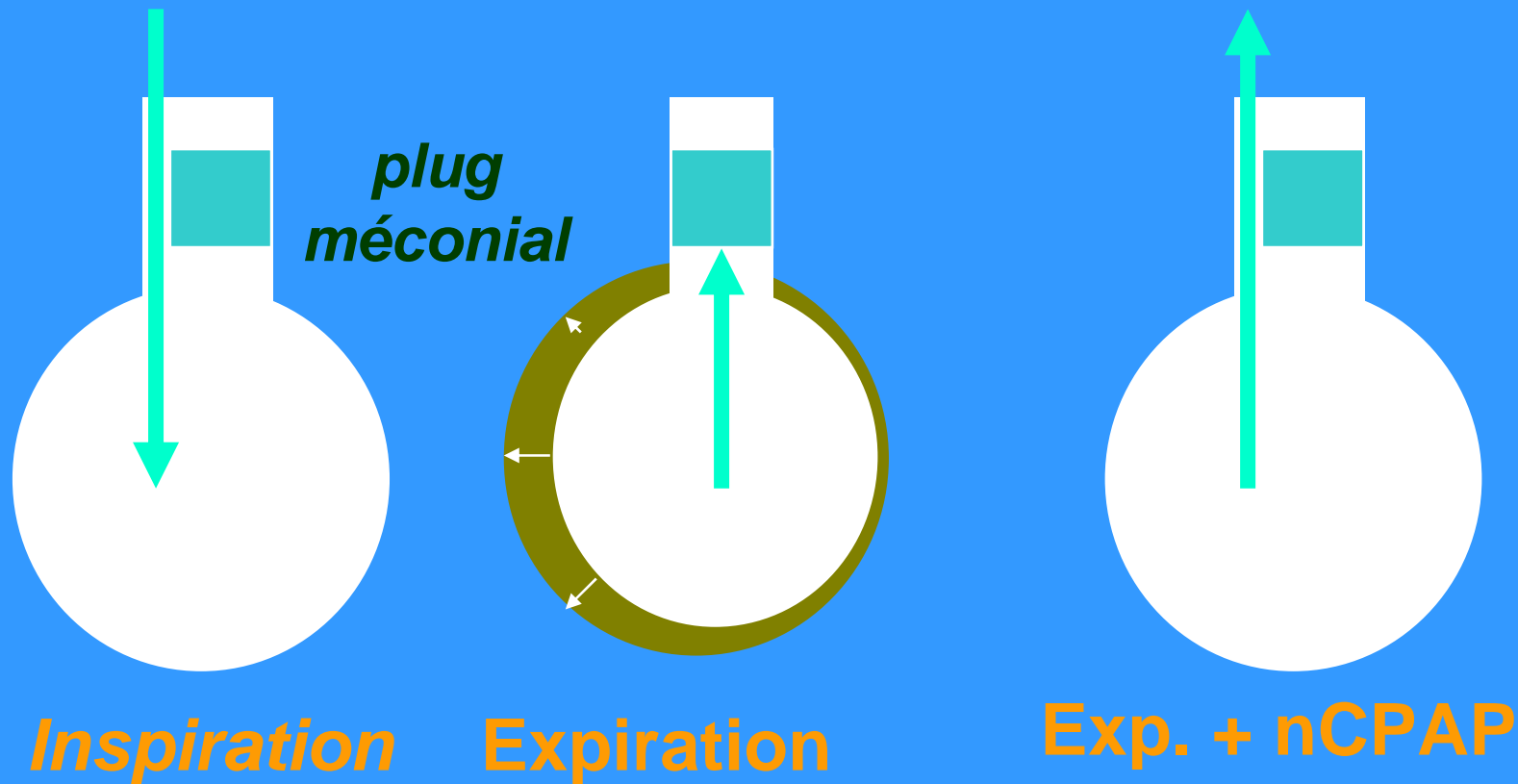


Nécessité d'une  
pression importante  
pour maintenir les  
petites alvéoles  
ouvertes





# CPAP et voies aériennes

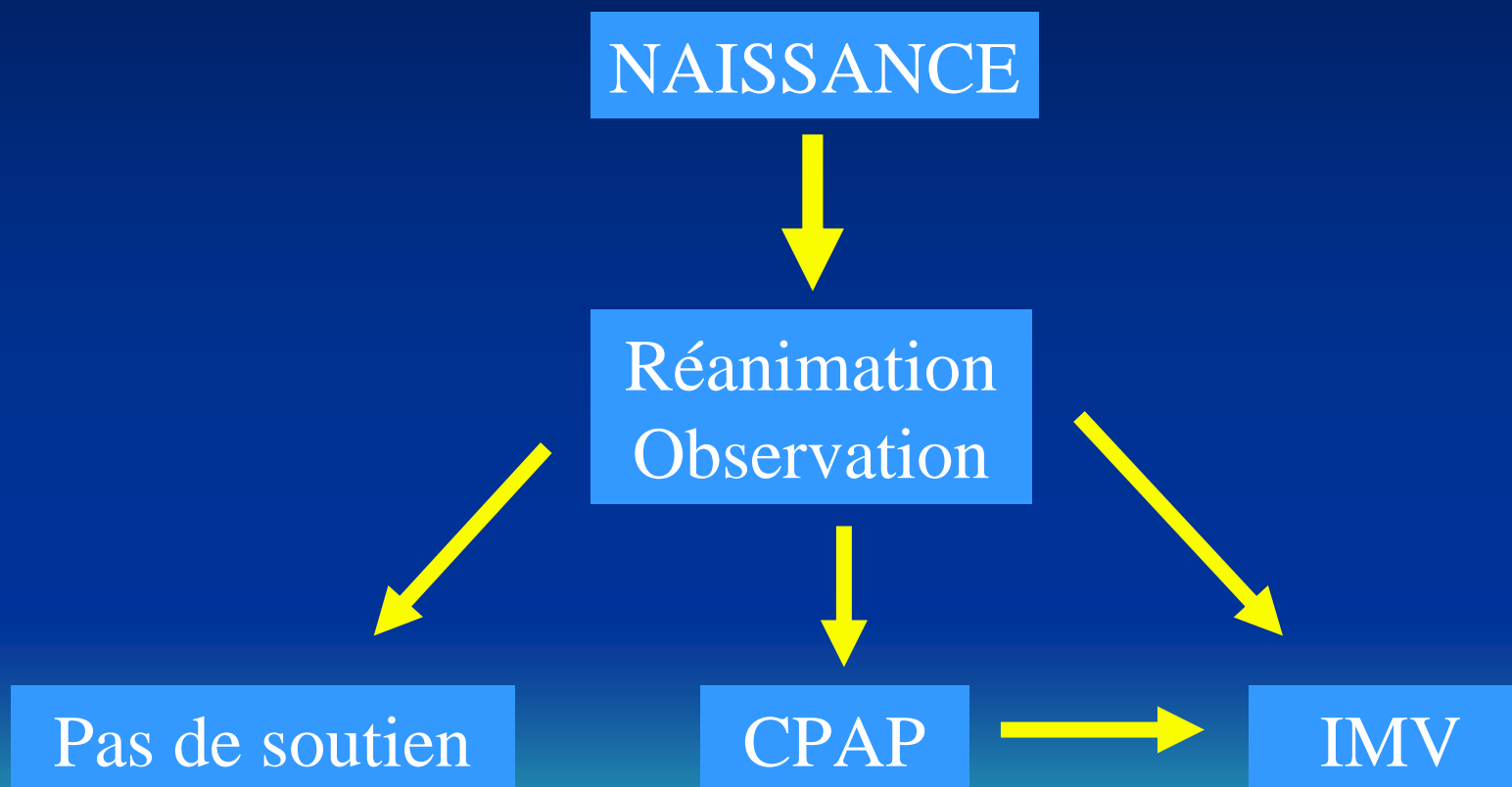


Wung J.-T.

# Indications

- Pathologies à CRF réduite :
  - MMH, TTN, oedème, etc
- Pathologies à R élevée
  - MAS, bronchiolite, BPD
- Syndrome apnéique
- Laryngo-trachéo-bronchomalacies
- Paralysie diaphragmatique
- Weaning de ventilation assistée

# Application



# Types de CPAP

- Céphalique (sac autour de la tête)
- Masque facial
- Masque nasal
- Canules nasales
- Tube naso-pharyngé
- Tube endotrachéal

# Qualités pour une bonne CPAP

- Circuit léger, flexible, laissant l'enfant mobile
- Contrôle facile et fiable de : T°, humidité, FiO<sub>2</sub>
- Installation et handling faciles
- Résistance minimale à la ventilation propre
- application facile en dessous de 1500g
- peu traumatique
- sûr, bon marché
- utilisation facile à comprendre

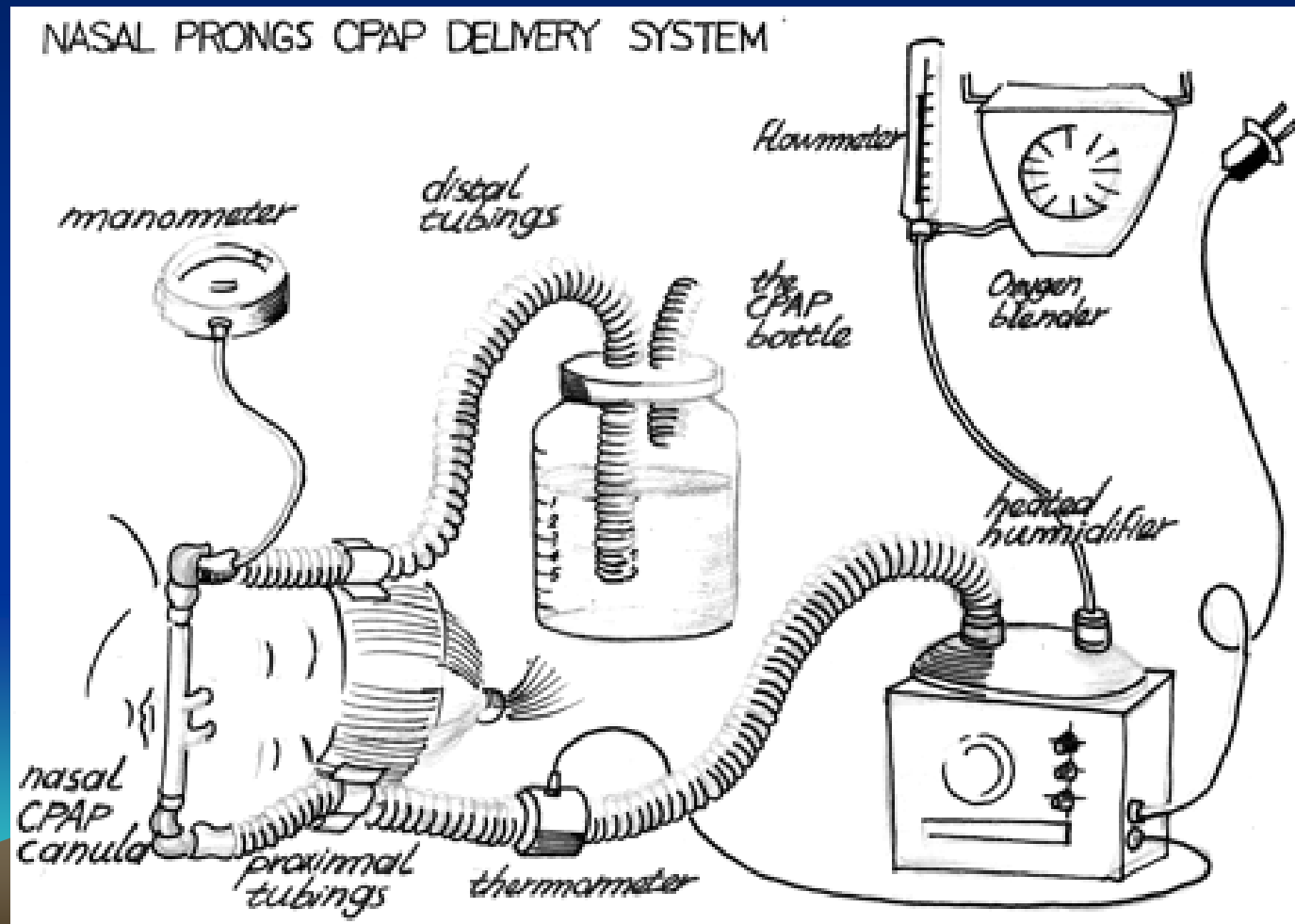
# Hudson CPAP



# Hudson CPAP (2)

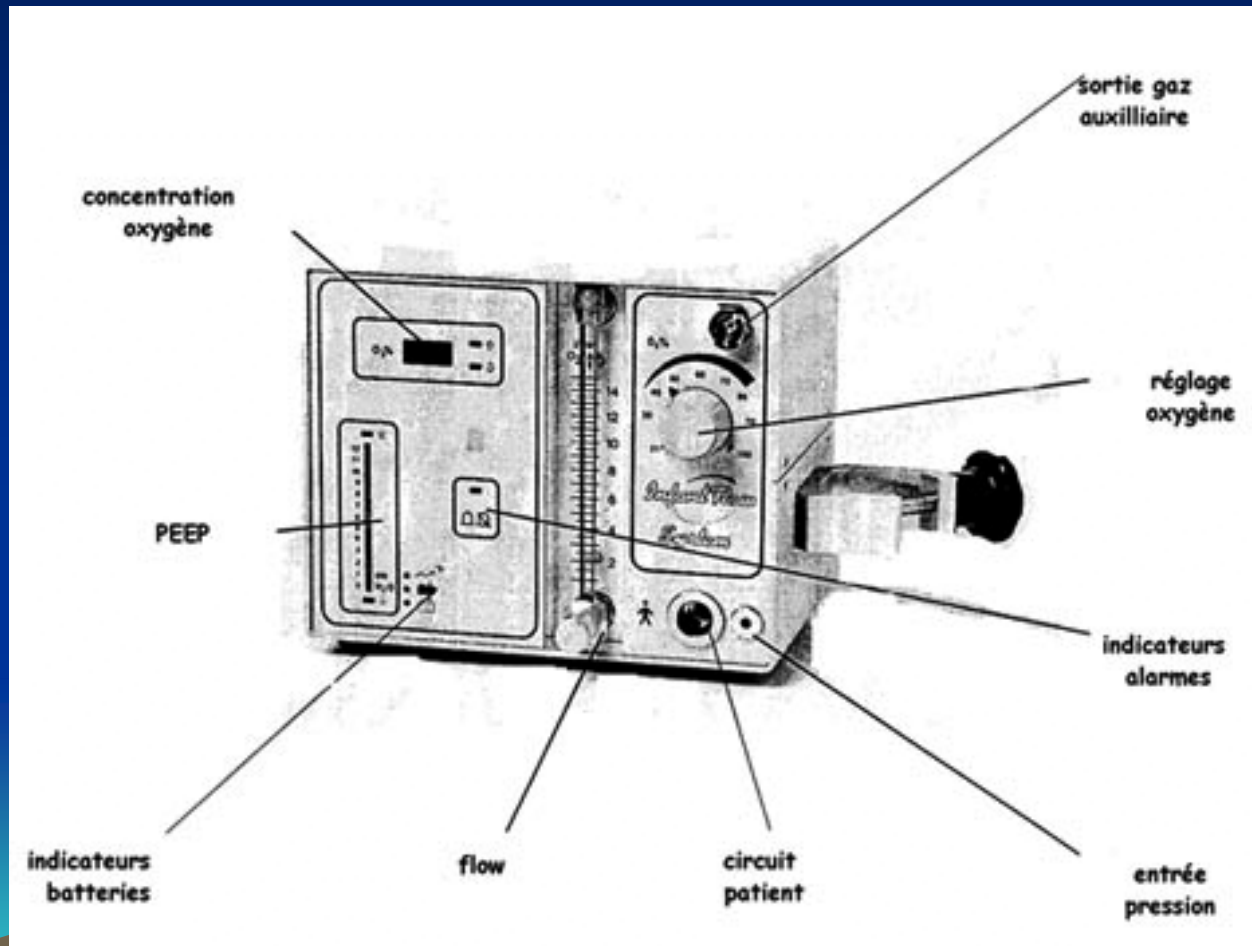


# Hudson CPAP (3)





# Boitier aladdin



# Piece nasale



# Pièce nasale (2)

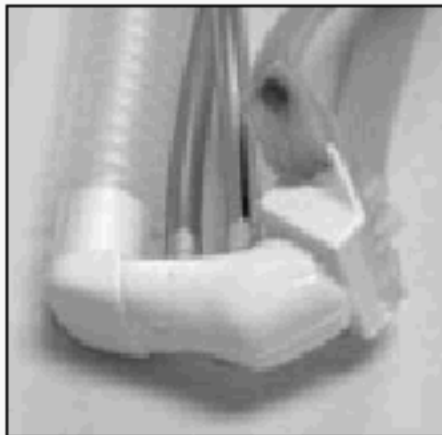
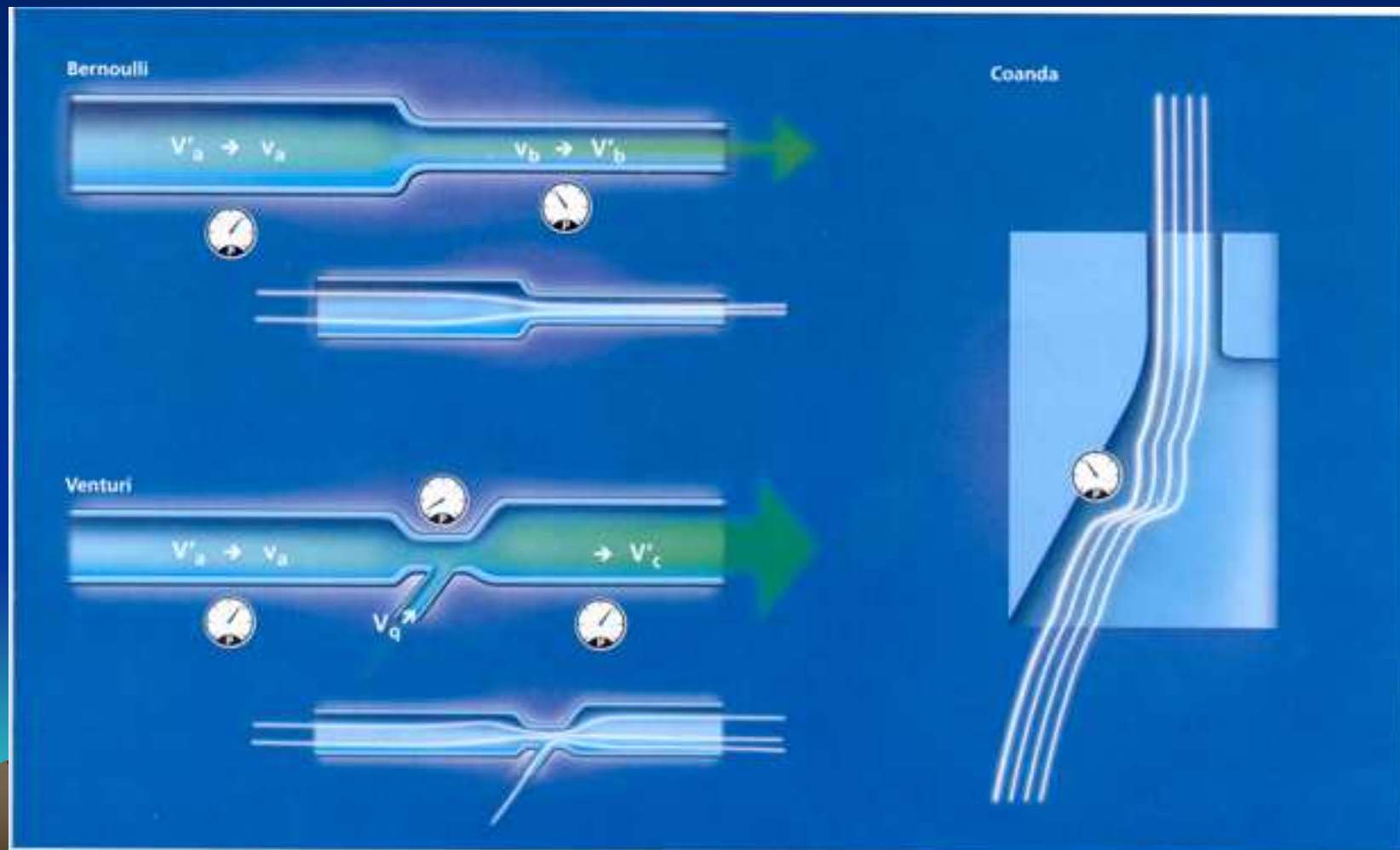


Figure 1a



Figure 1b

# The magics of physics



# Physique des flux

- Effet cumulé Bernouilli- Venturi-Coanda
- Inspiration :  
même à flux variable selon l'effort du patient, la pression générée par les injecteurs (Bernouilli) est stabilisée par l'effet Venturi.
- Expiration :  
l'orientation du flux dans la pièce nasale, associé à une diminution de sa vélocité, aboutit à une inversion de la direction (fluidic flip, effet coanda). la pression expiratoire reste stable.

# Régularité du flux avec Aladdin

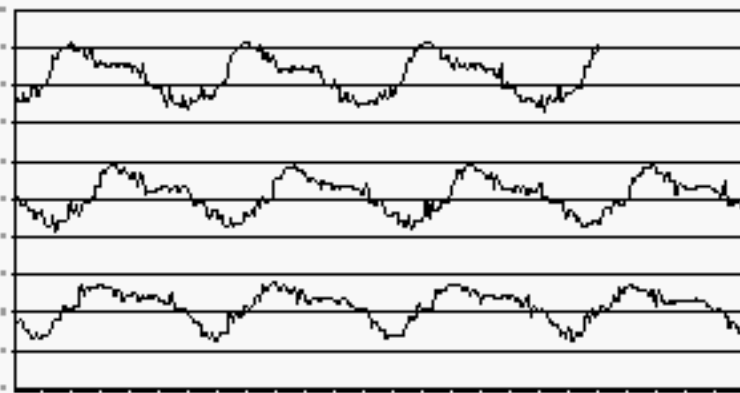


Figure 2a Original White Infant Flow Generator

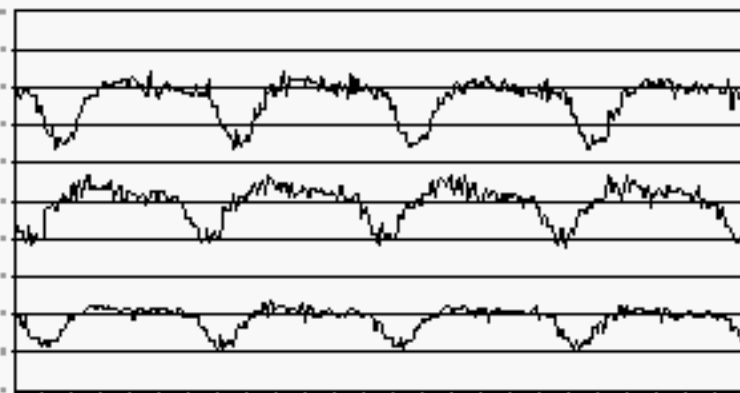
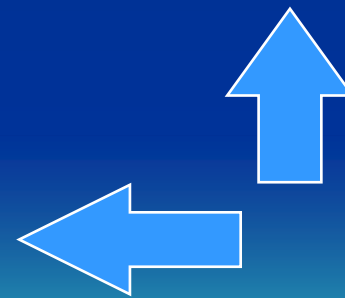


Figure 2b New Gray Infant Flow Generator

## CONVENTIONAL CPAP

17Lts Flow, 5cm H<sub>2</sub>O with 0.5 Lts reservoir bag



# Buts de ventilation sous CPAP

- FiO<sub>2</sub> pour PaO<sub>2</sub> 50-70 mmHg
- Maintien d'une pression à 5 cmH<sub>2</sub>O
- Prévention des complications  
soigner le détail !!!

# Résultats

popul.<1500g  
CHUV'99

CHUV'96

Ge

Be

• IET (%)

75

55

25

30

• CPAP (%)

20

40

75

70

• Décès (%)

14

11

8

9



# Complications

- PNO (rare, < 7-8%, phase aigüe)
- CPAP Belly : distension abdominale sur déglutition d'air
- obstruction nasale
  - sécrétions, canules trop petites ou inadaptées
- Nécrose du septum
- PaO<sub>2</sub> fluctuante (*cave* ROP)

# Complications



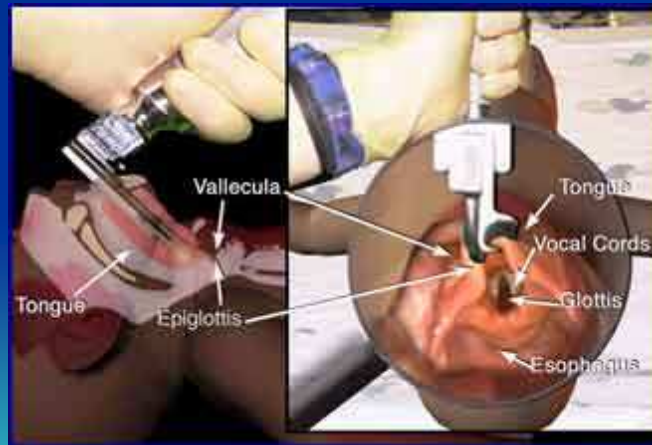
# Sevrage

- Conditions habituelles:
  - FiO<sub>2</sub> 0.21, FR <40-50', Pas de signes de détresse, ni d'apnées.
- Réalisation (idéalement):
  - TAC (Tentative d'Arrêt de CPAP)
  - réintroduire si FiO<sub>2</sub> > 0.21, FR > 60-70, tirage, apnées significatives.
  - Laisser au moins 48h avant une nouvelle TAC

# Indications à la ventilation assistée

- PaO<sub>2</sub> <50 sous FiO<sub>2</sub> > 0.8
- PaCO<sub>2</sub> > 65
- Tirage marqué sous CPAP
- Apnées sévères sous CPAP
- Acidose métabolique incontrôlable  
(reflet du travail respiratoire)
- Autres situations particulières
  - choc
  - maladie neuro-musculaire

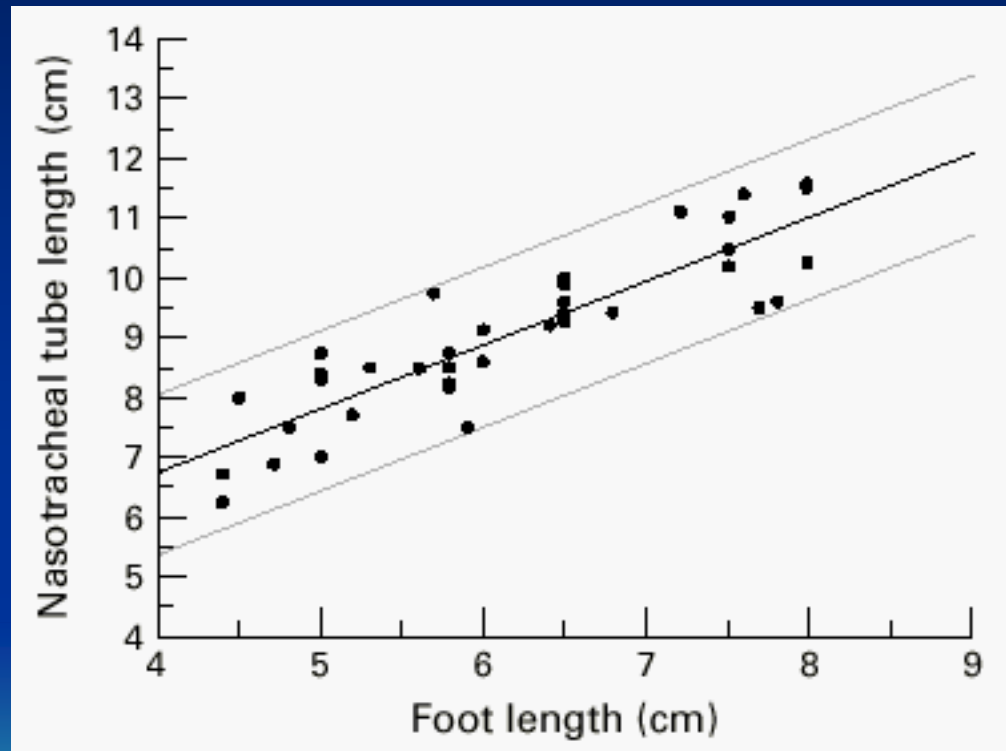
# INTUBATION



# Taille et longueur du tube

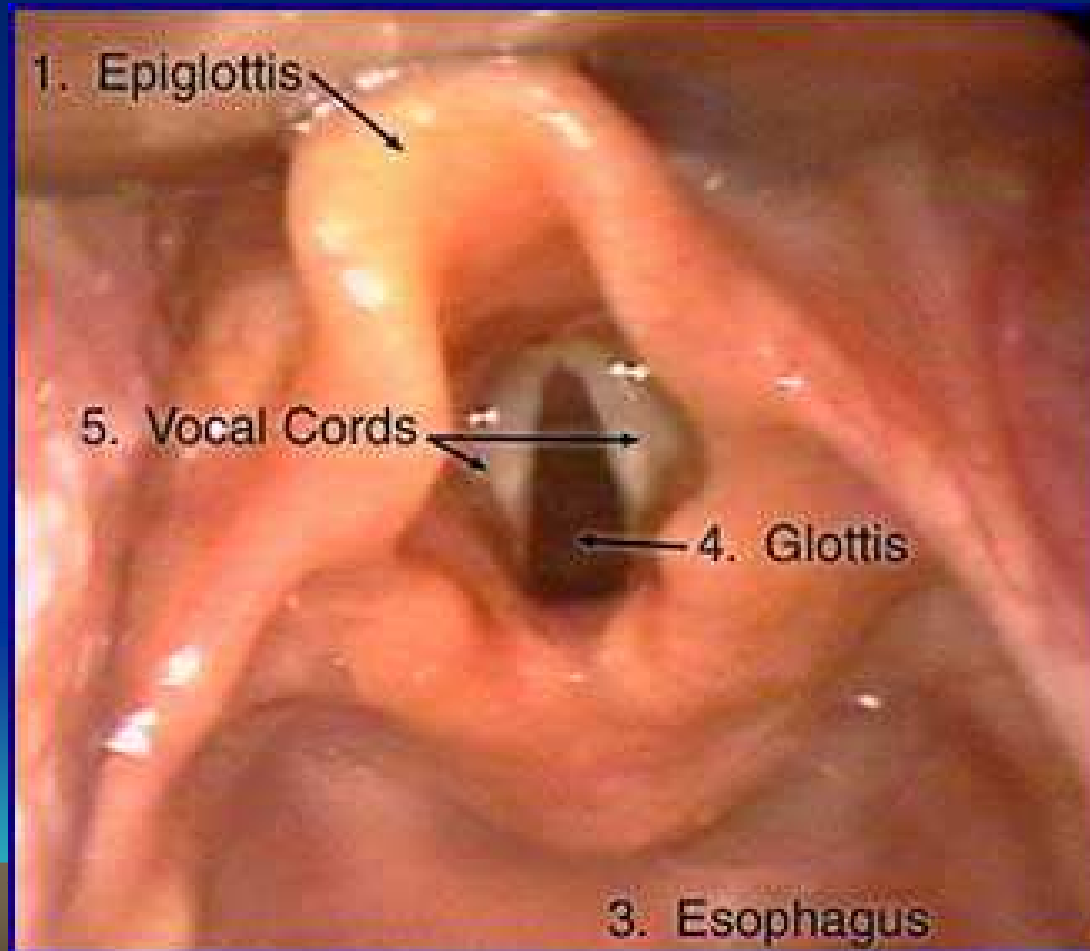
- Tube le plus large possible
  - < 1kg : 2.5 (ou 3 si possible)
  - 1-2 kg : 3(ou 3.5 si possible)
  - > 2 kg : 3.5
- Distance selon tablelle **ou**
  - naso trachéal :  $7.5 + \text{poids en kg} = n \text{ cm.}$
  - orotrachéal :  $6 + \text{poids en kg} = n \text{ cm.}$
- Vérification RX

# Distance en fonction de la taille du pied



N D Embleton et al, ADC 2001;85:F60–F64

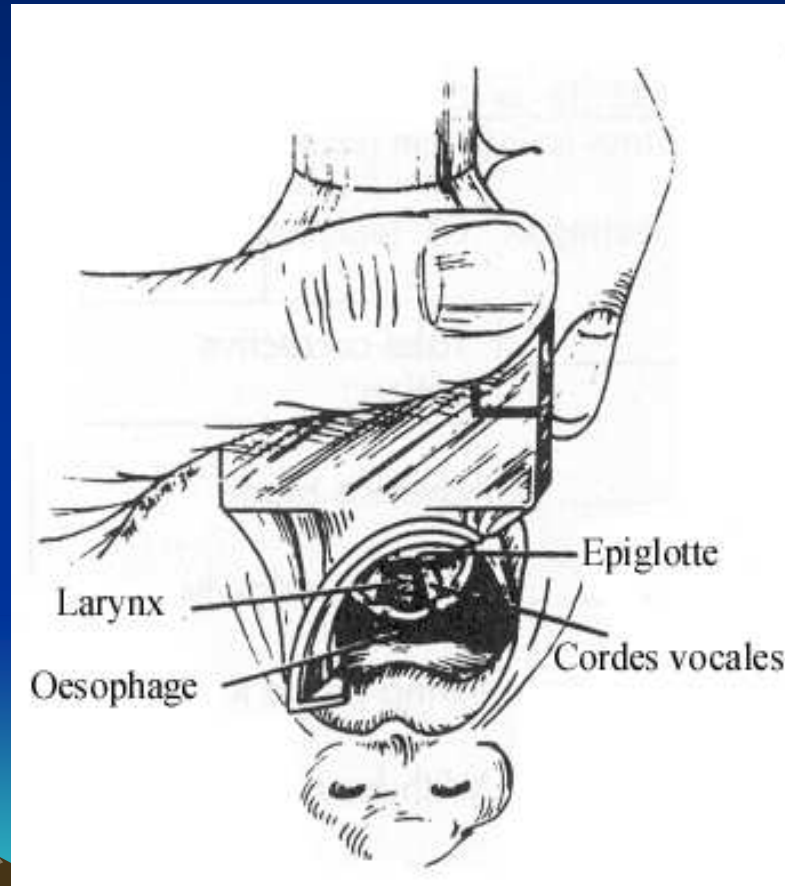
# Anatomie visuelle





# Laryngoscopie

- position neutre de la tête
- glisser la lame dans le repli glosso-épiglottique
- tirer la lame en avant, ne pas “décapsuler”
- visualiser les cordes
- insérer le tube  
nez > bouche
- tenir le tube en retirant la lame



# Complications

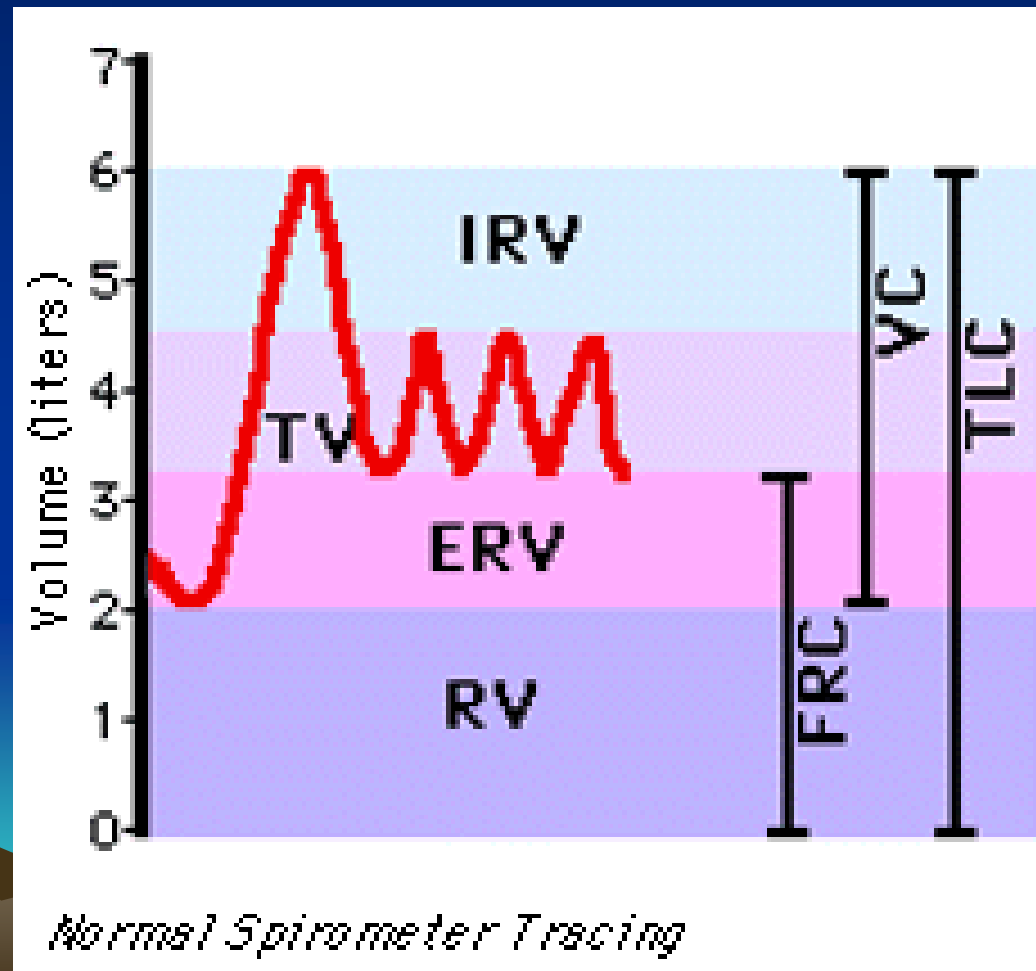
- Insertion :
  - générales (FC, TA, PIC, ...)
  - locales ( contusions, lacérations,..)
- Ventilation :
  - techniques (coude, déconnexion, ...)
  - position (atélect, volotrauma unilat.)
  - infections
- Extubation : nez, bouche, larynx, trachée

# VENTILATION ASSISTEE

# Buts

- Assurer de bons *échanges gazeux*
  - Oxygénation
  - Ventilation (élimination du CO<sub>2</sub>)
- Diminuer un *travail respiratoire excessif*
- Eviter la défaillance cardiovasculaire
- *Minimiser le traumatisme respiratoire*
  - poumons
  - voies aériennes

# Volumes pulmonaires



# Compliance

- Capacité du poumon (et du thorax) à se laisser distendre.
- tributaire de :
  - élasticité tissulaire +/-50%
  - tension de surface +/-50%
- $C = \Delta V / \Delta P$
- NI néonatale = 3-6 ml/cmH<sub>2</sub>O

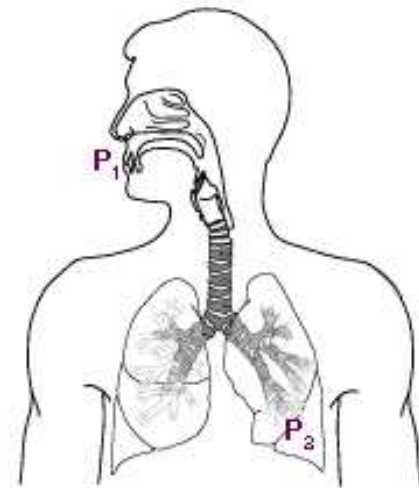
# Résistance

- Limitation de l'écoulement du flux d'air dans le système respirateur/poumon
- tributaire de :
  - résistance tissulaire +/-20%
  - résistance des voies aériennes +/- 80%
- $R = P / \text{Flux}$  (= Visc x  $L / R^4$  x  $8/\pi$ )
  - Ohm
  - Poiseuille
- NI = 0.07-0.1 cmH<sub>2</sub>O/ml/sec

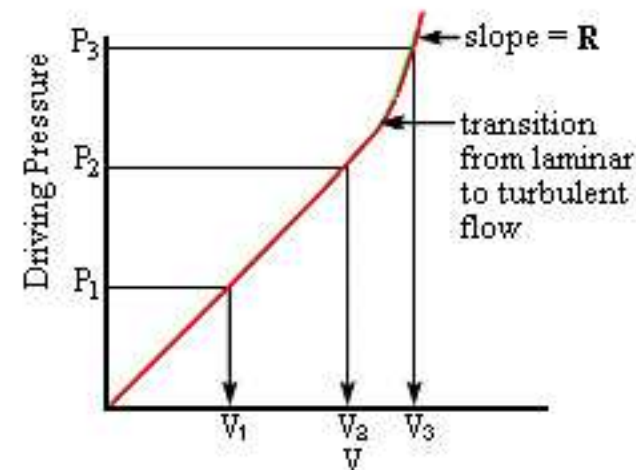
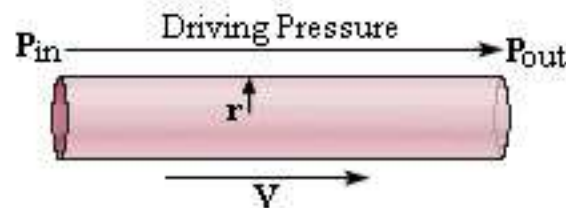
# R par frottement dans les voies respiratoires



Ohm's Law  $R = \frac{P_1 - P_2}{\dot{V}}$



$R = \frac{\Delta P}{\dot{V}}$   
 hence  
 $P = R\dot{V}$   
 or  
 $P_{in} - P_{out} = R\dot{V}$



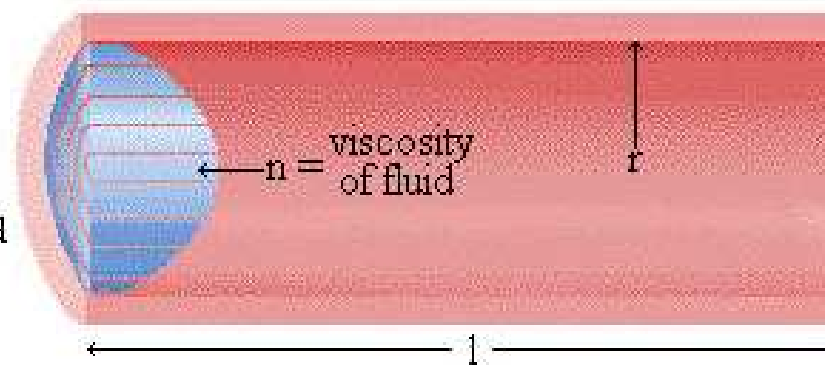


# R selon poiseuille

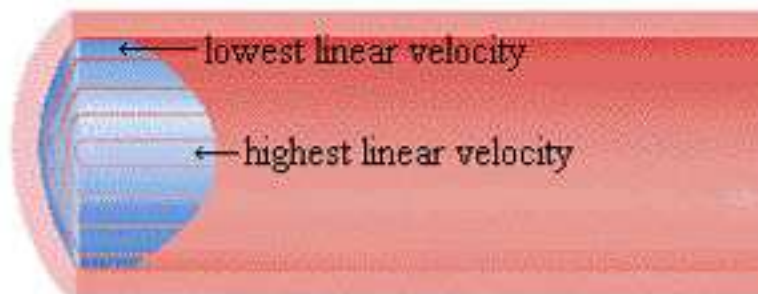
## Laminar Flow

$$R = \frac{8nl}{\pi r^4}$$

where  $r$  = radius of tube  
 $n$  = viscosity of fluid  
 $l$  = length of tube

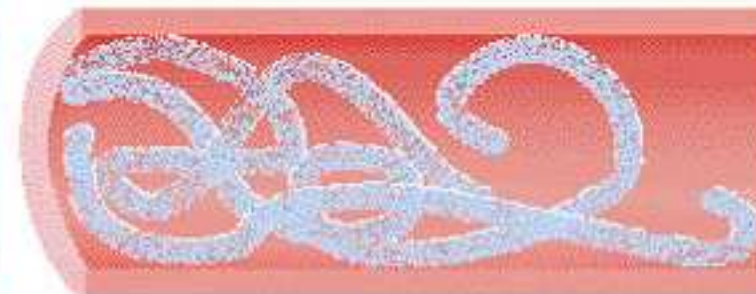


## Laminar Flow



$$\Delta P = RV$$

## Turbulent Flow



$$\Delta P = RV^2$$

# Travail respiratoire

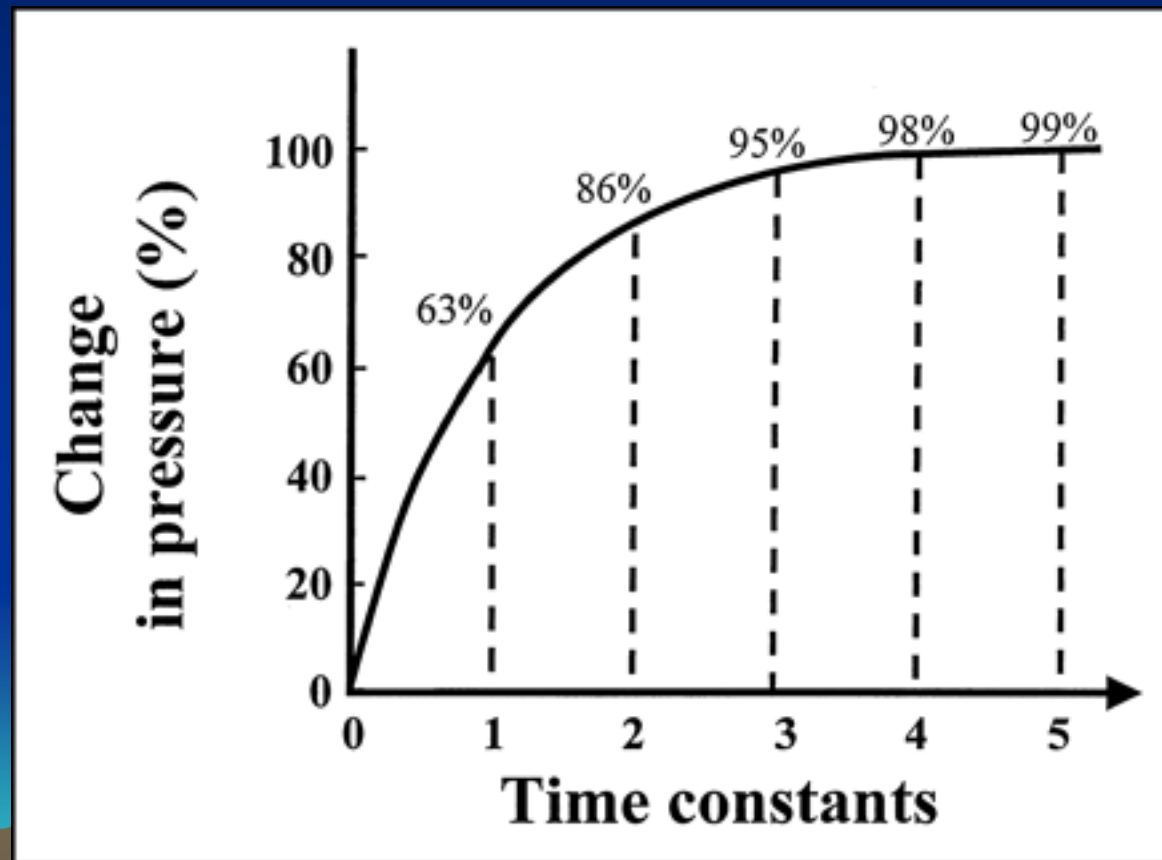
<u>Type of Work</u>	<u>Contributing Components</u>	<u>% of Total Work Required</u>
elastic (compliance)	lung — surface tension (50 - 80%) — tissue (50%) chest cage	60 - 66%
frictional	viscous (20%) airway (80%)	30 - 35%
inertia	lung chest cage air	2-5%

# Constante de temps

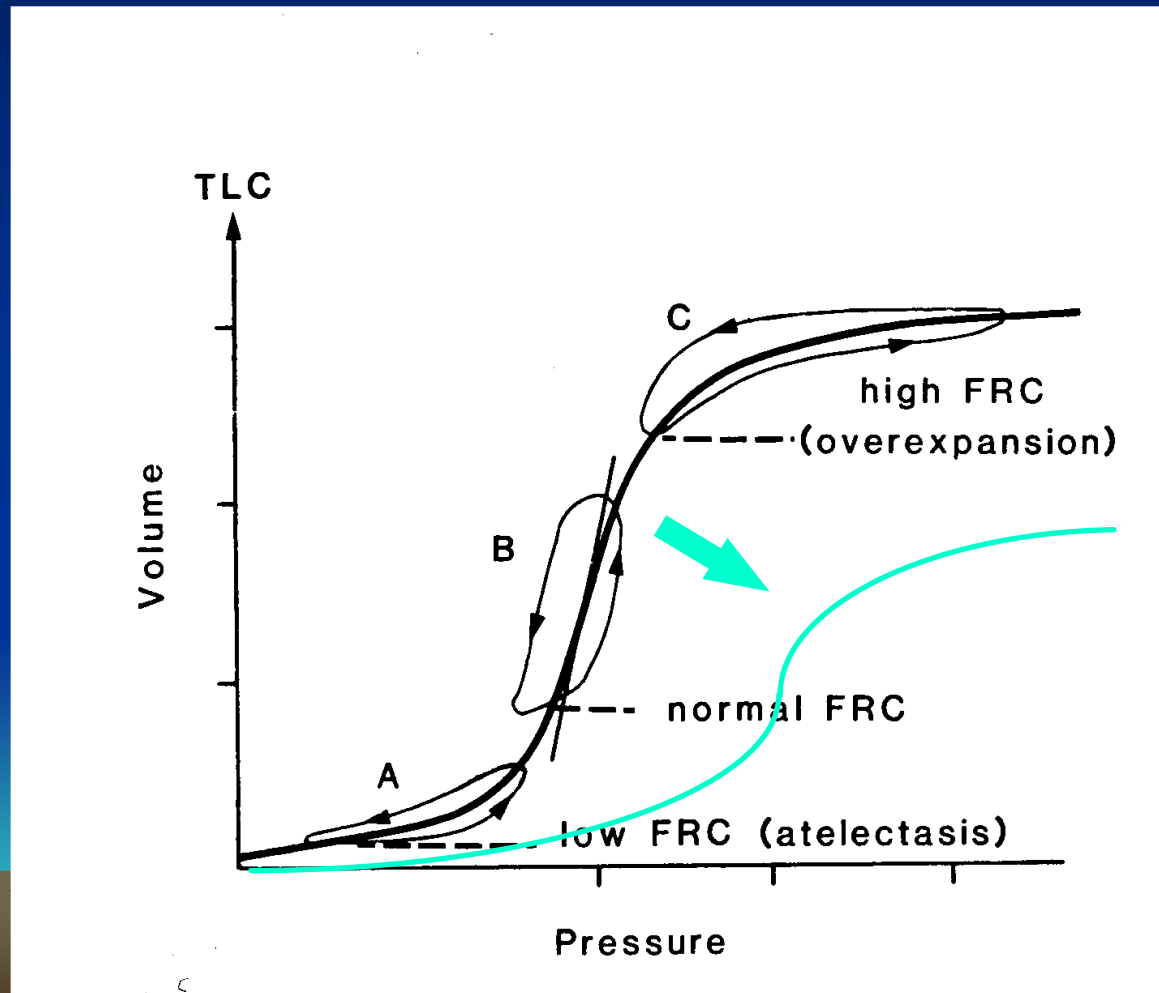
- temps nécessaire pour atteindre un degré d'équilibre de P et V en phase inspiratoire
- Produit de la compliance et de la résistance, elle varie donc en fonction de celles-ci

• RDS	NI	BPD
0.05sec	0.2-0.3	0.5

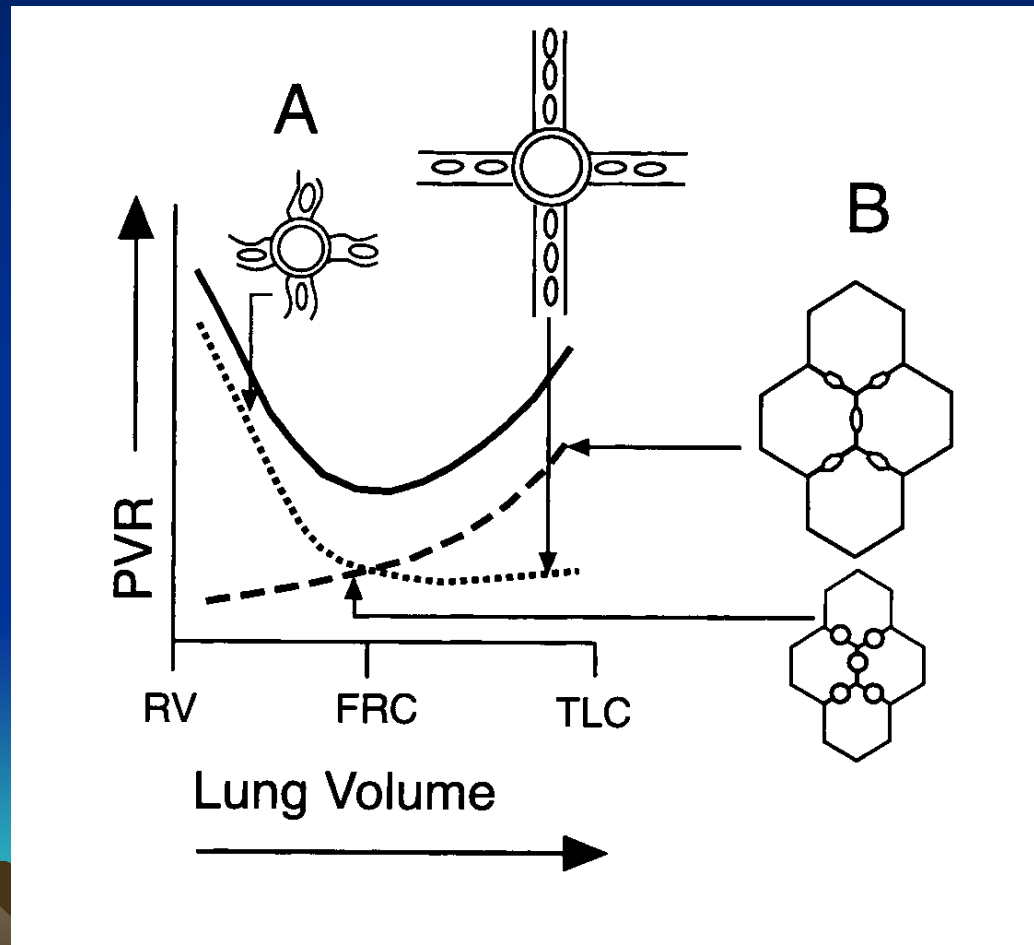
# Constante de temps $\tau$



# Du bon niveau d'inflation pulm.



# Volume et perfusion pulm.



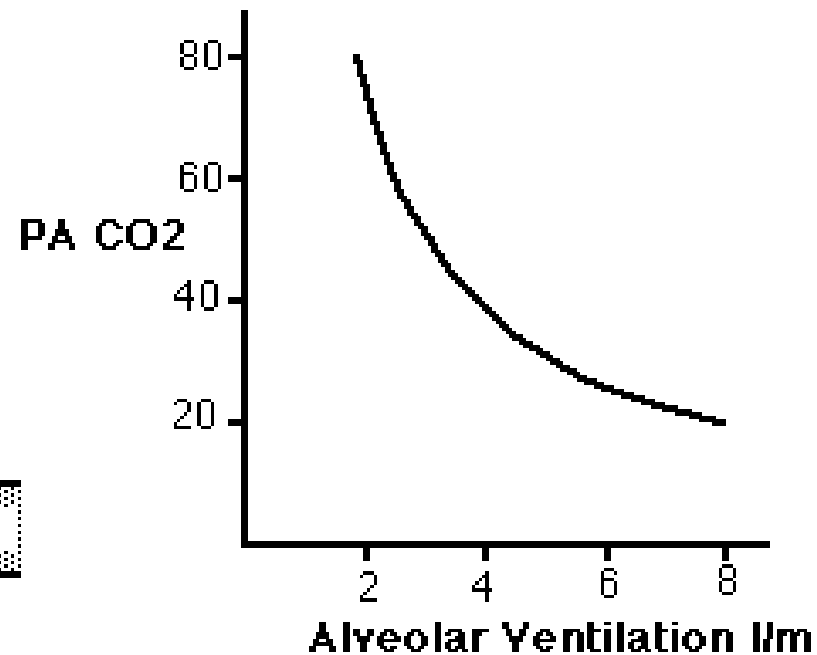
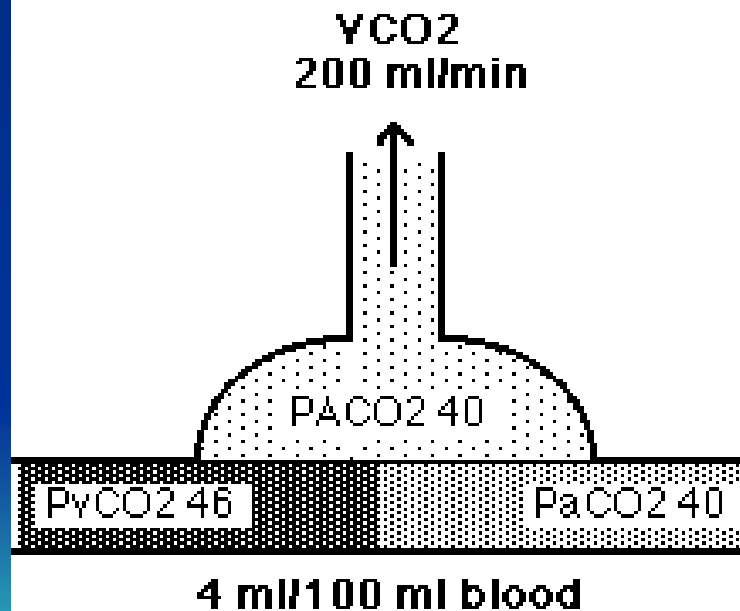
# Ventilation = élimination du CO<sub>2</sub>

- Ventilation alvéolaire =  
fréquence x ( volume courant - espace mort )
- Fréquence  
machine + fréquence propre du bébé
- Espace mort
  - tuyaux du ventilateur + TET
  - voies aériennes
- Volume courant (...)

# Ventilation et CO2

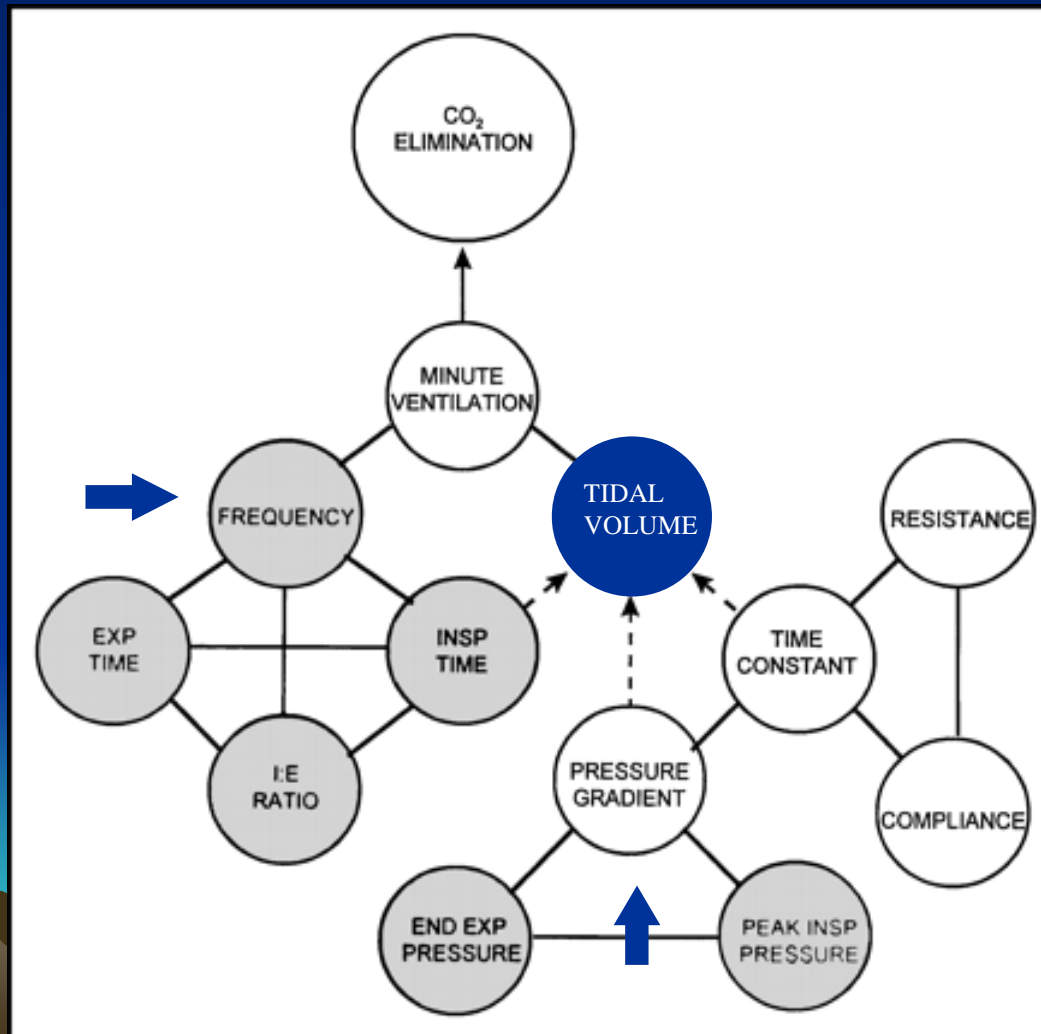
PACO2 DEPENDS PRIMARILY ON VENTILATION  
Inverse relationship between PACO2 and Alveolar Ventilation

$$PACO_2 = PBar \left( \frac{V_{CO_2}}{V_A} \right) \quad \text{ie } 40 = 713 \left( \frac{200}{3500} \right)$$





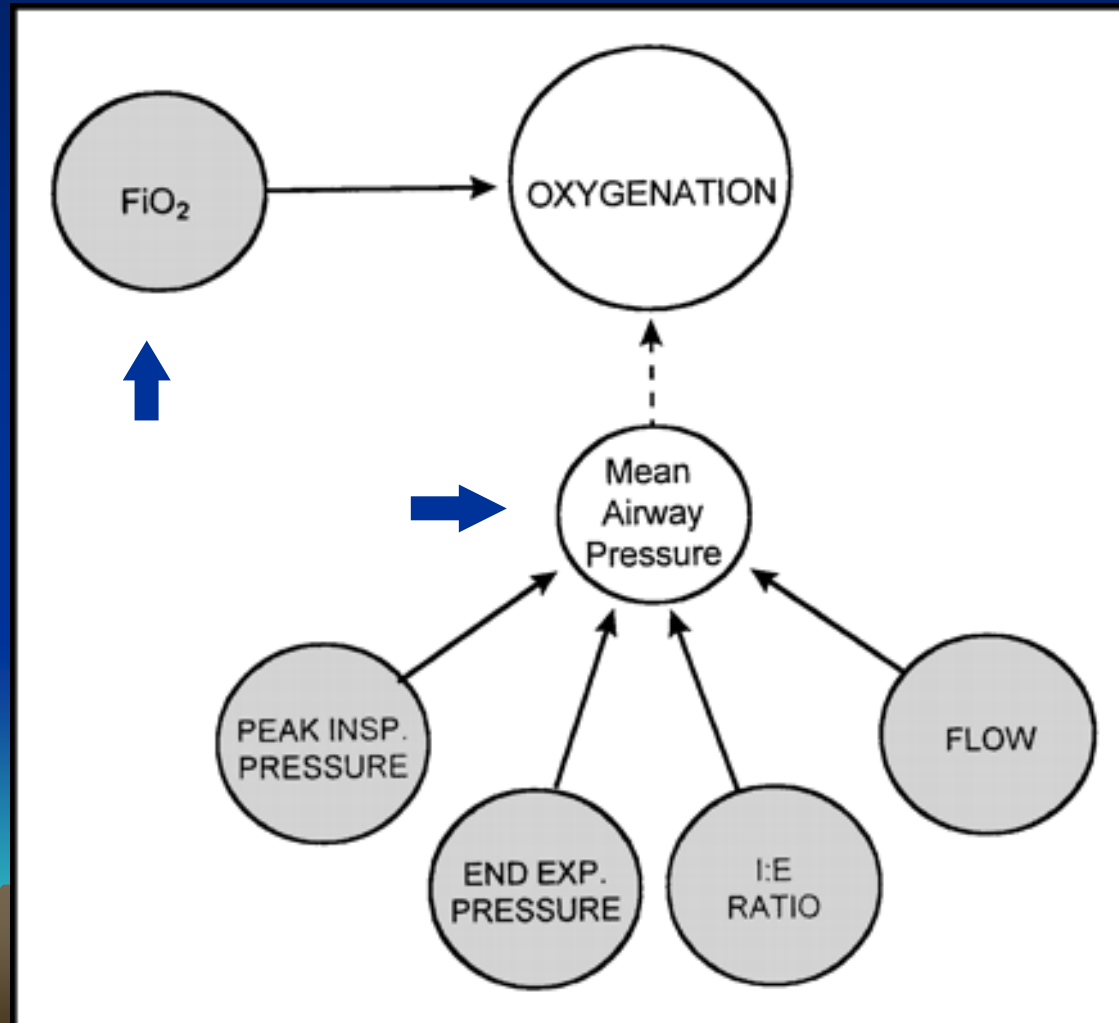
# Ventilation = élimination du CO<sub>2</sub>



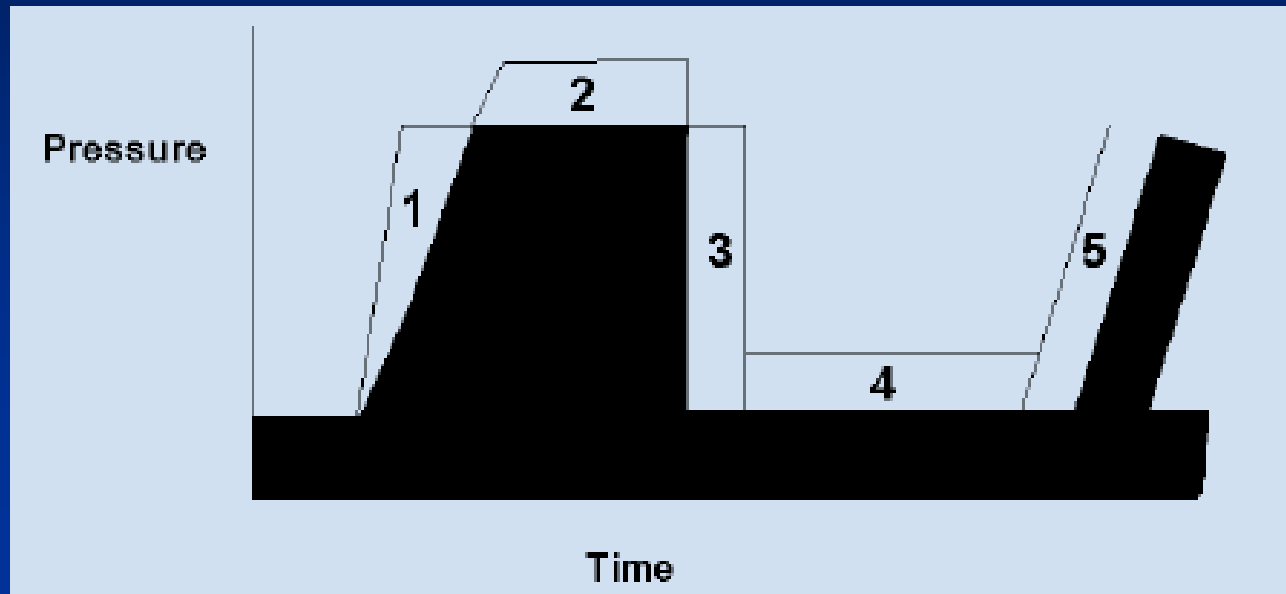
# Oxygénation

- Dépend :
  - des échanges gazeux pulmonaires
  - de la perfusion pulmonaire
- Déterminée par :
  - $F_iO_2$
  - Pression moyenne dans les voies aériennes  
(Celle-ci équivaut graphiquement à la surface sous la courbe de pression en fonction du temps)

# Oxygénation



# Modification de l'oxygénation



1 augmenter le flux

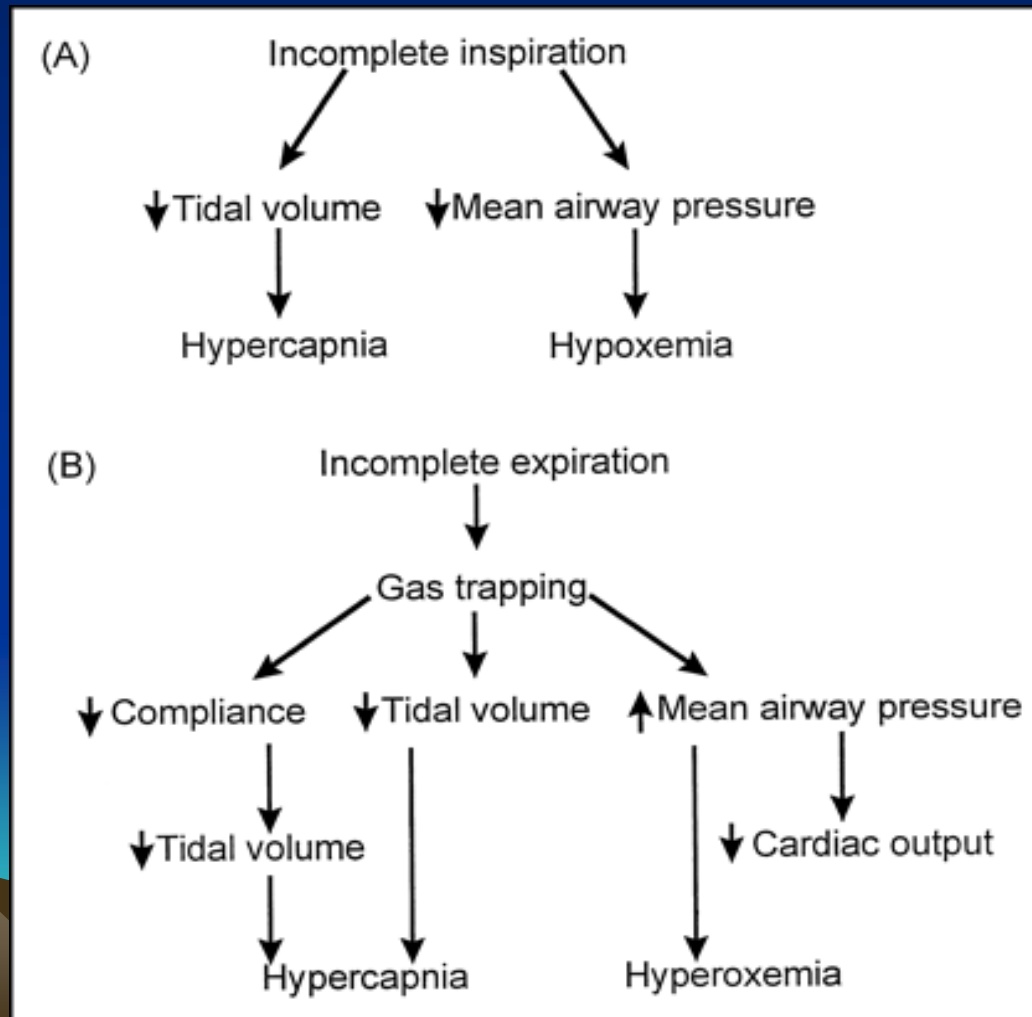
3 augmenter le  $T_i$

5 diminuer le  $T_e$

2 augmenter la PIP

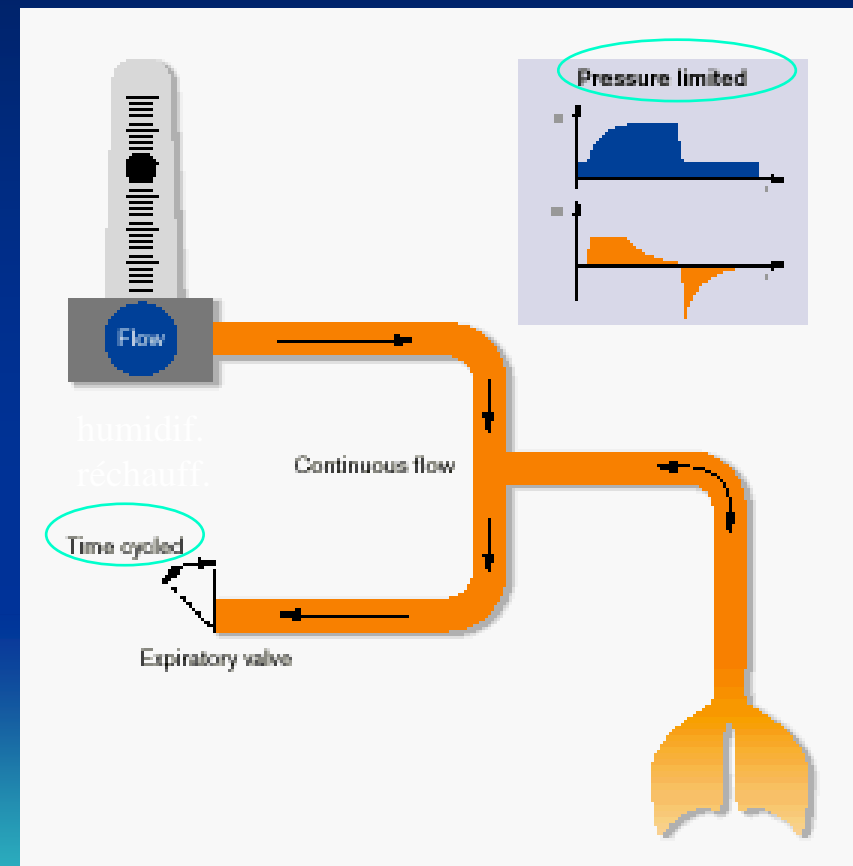
4 augmenter la PEEP

# Relation ventilation/oxygénation



# Ventilateur NN : limité en P

- mélangeur air/O<sub>2</sub>
- débit continu
- pièce en T
- la valve expiratoire
  - limite les P
  - établit des cycles en fonction du temps



# Respirateur conventionnel

- 6 boutons
  - Flow
  - FiO<sub>2</sub>
  - Ti
  - Te
  - Pi
  - Pe
- circuit rigide
- réchauffeur/humid.

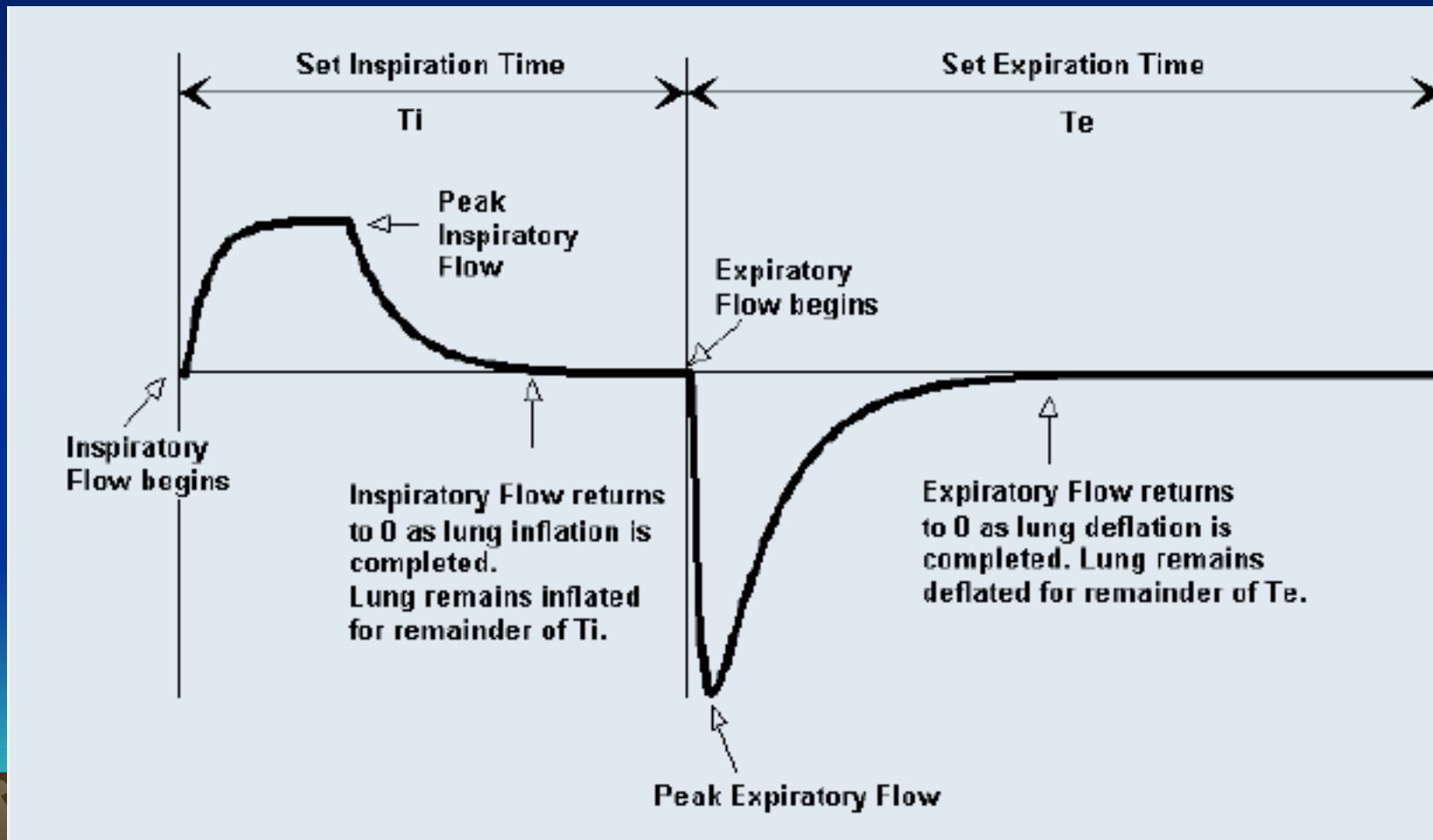


# Respirateur conventionnel

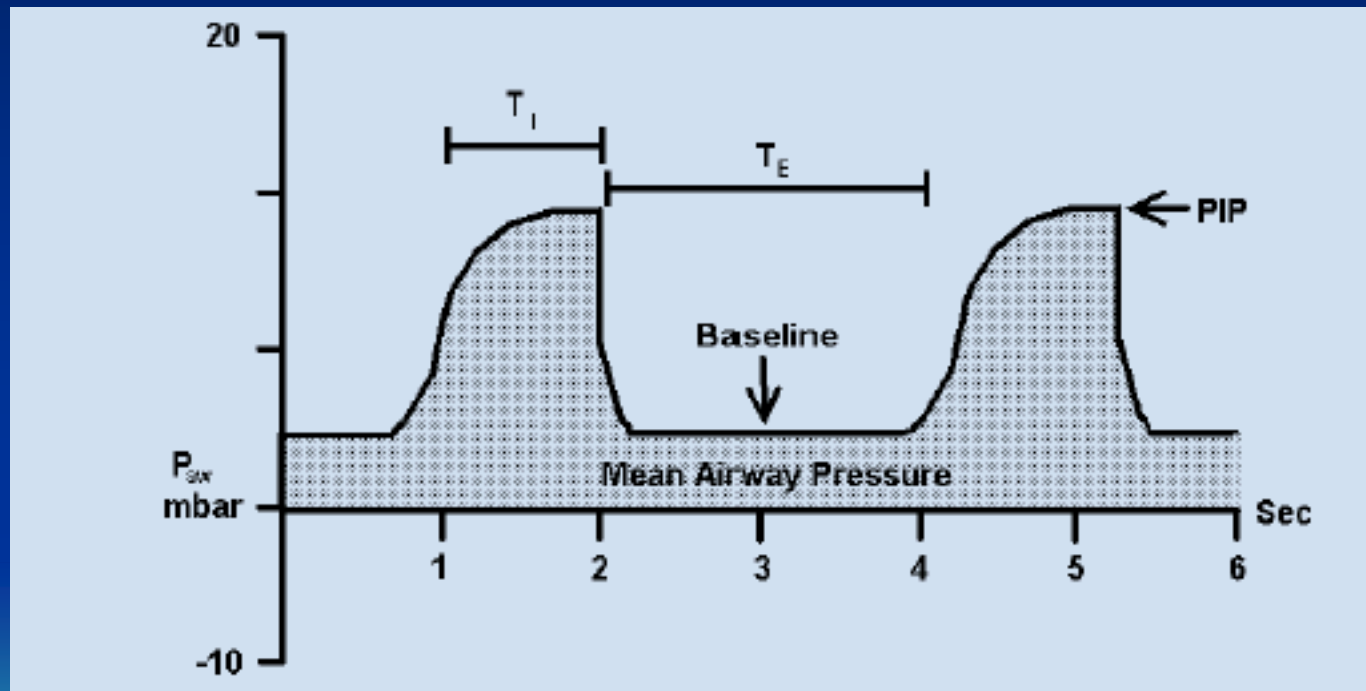
- Listes de paramètres
  - réglés (pressions, temps i et e, fréquence, flux, O<sub>2</sub>)
  - mesurés (pressions, volumes, fuites, respiration spontanée)
- Réglages des alarmes
- Rappel des incidents (pq l'alarme s'est déclenchée)
- 2 courbes de ventilation



# Courbe Flux/temps



# Courbe Pression/temps



# “Philosophie”

- Gentle ventilation
- Buts gazométriques :
  - PaCO<sub>2</sub> < 65 mmHg
  - Pa O<sub>2</sub> 50-70 mmHg (plus haut si PPHN)
- Volume courant visé = 6ml/kg

**LOOK AT THE  
BABY FIRST.**



# “Philosophie”(2)

- Sédation :
  - Circuit ventilatoire et voies aériennes propres sont sans doute le meilleur sédatif
  - Aspirations soigneuses :
    - préoxygéner (+20% dO<sub>2</sub>), evlt reventiler ( à 20/ min)
    - sonde d’aspi 3-5 cm > longueur du tube
    - tête à G puis à D (aspiration “bronchique”)
  - Morphine au minimum
  - Curare “sous clé”

# Eviter les curarisants

- Dépendance du ventilateur
  - augmentation des paramètres (trauma)
  - V/Q mismatch
- Suppression du réflexe de toux
  - stase des sécrétions
  - atélectasies
- Immobilité
  - oedème, escarres, thrombose veineuse, ...
  - atrophies ou contractures musculaires
  - myopathies au long cours (stéroïdes)

# Eviter les curarisants (2)

- Evaluation difficile
  - activité spontanée et bien-être
  - examen neurologique
- Modifications autonomiques
  - cardio-vasculaires
- Curare sans sédation : traumatisme psy

# 4 Modes ventilatoires

- IMV = VC = ventilation conventionnelle
- HFPPV = ventilation en P positive à haute fréquence
- Ti prolongé
- IMV synchrone

# IMV = VC

- Flow 7 l' (arbitraire, au moins 2.5 x le Vmin)
- Ti 0.5 sec habituellement (3-5 x Cte de temps)
- Fréquence 20-40'
- PEEP 5 cmH2O
- PIP pour de bons mouvements thoraciques (20-30 cmH2O)
- FiO2 selon besoin



# Ajustements

- ***D'abord vérifier l'absence de pbl.technique***
- PaO<sub>2</sub> basse:
  - ajuster la FiO<sub>2</sub>
  - augmenter le PIP de 2 en 2
- PaCO<sub>2</sub> haute:
  - Augmenter la fréquence jusque 40
- Ti, PEEP, Flow : stables en principe
  - (Tirage +++ : augmenter le PEEP)
- Si échec, envisager **HFPPV**

# HFPPV : Indications

- PaO<sub>2</sub> <50 avec FiO<sub>2</sub> 1.0
- PaO<sub>2</sub> très instable
- PIP > 30 pour des mouvements corrects
- PaCO<sub>2</sub> > 70 ou travail excessif à une fréquence de 40/’.

# HFPPV : settings

- Flow 10 l/min
- Fréquence 100/
- $T_i = T_e = 0.3$  sec
- PIP : de 5 moins haute qu'en VC, à ajuster
- PEEP : 0 (éviter le PEEP inadvertent à ces fréquences)

# Ti prolongé

- En cas de poumons rigides (recrutement difficile)
- Settings : comme en VC **mais**
  - Ti 0.6 à 1 seconde
  - ne jamais inverser le rapport i/e
  - PIP la plus basse possible
- RISQUE IMPORTANT DE BAROTRAUMA

# VC synchrone

- Enfant vigoureux et échec des autres modes
- <1500g
- réglages :
  - Flow 10 l'
  - Fréq 41-100/' à adapter à la FR de l'enfant
  - Ti max 0.5 sec ou I:E max 1
  - PEEP 5, PIP pour de bons mouvements

# VACI = SIMV

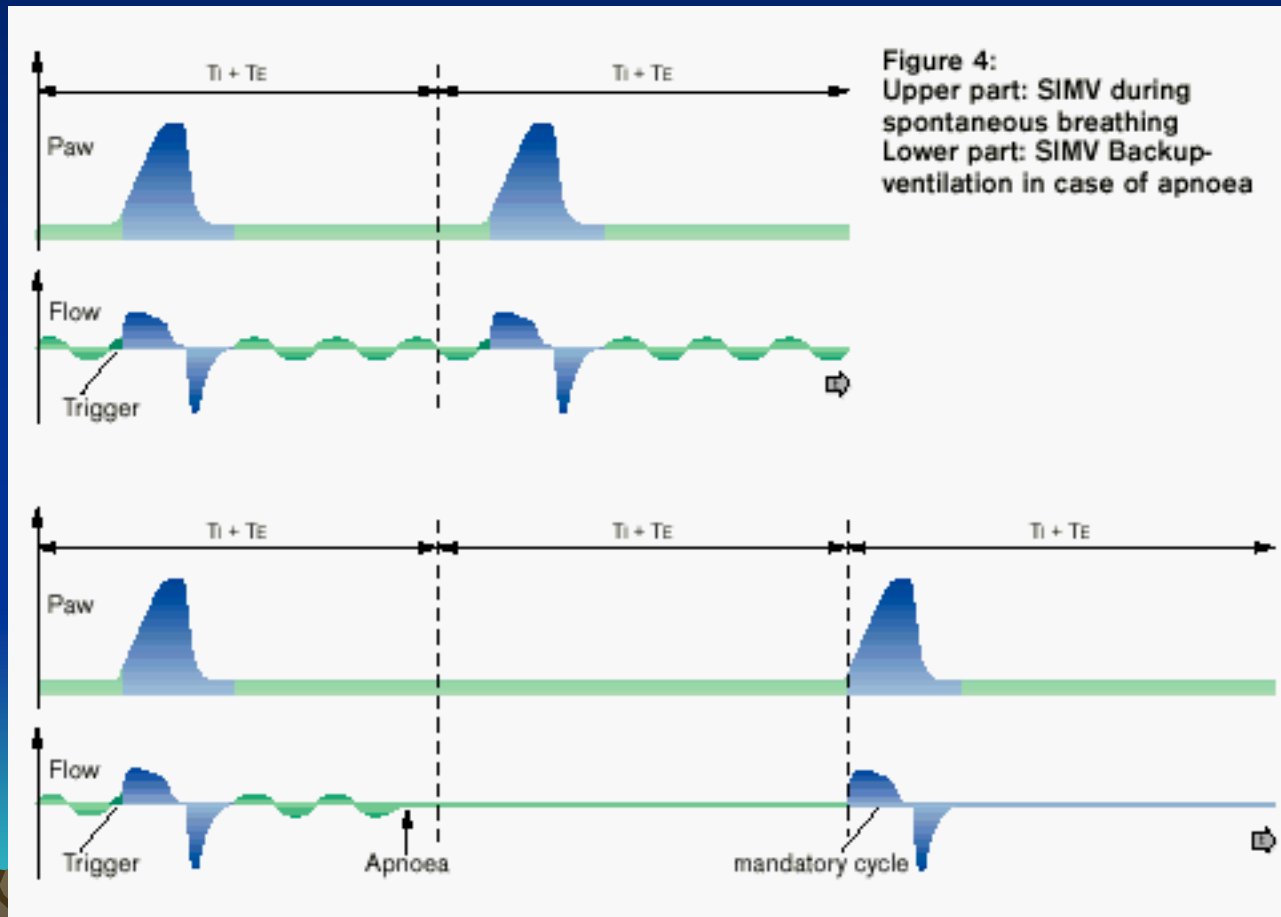
- Le dräger dispose d'un capteur de flux qui peut coordonner le cycle à l'inspiration de l'enfant : TRIGGER.
- si  $>1500g$ , la VC synchronone peut se faire avec le trigger : on l'appelle alors VA(ssistée)CI
- Réglages : idem qu'en VC synchronone

# SIMV (2)

- Pourquoi pas <1500g ??
  - temps de réponse important (+/- 100 msec)
    - du senseur
    - du respirateur
  - volume à mobiliser dépend de :
    - pression négative générée par l'enfant
    - compliance pulmonaire
  - Pas de bénéfice à lg terme documenté à ce poids

(Baumer, ADC 2000;82:F5–F10)

# SIMV (3)





# Sevrage en VC

- Débuter dès que la situation pulmonaire est stabilisée : la détresse s'améliore cliniquement
- diminuer PIP de 2-5 cmH<sub>2</sub>O si mvts thorac.++
- diminuer les fréquences de 2-5/ ' si paCO<sub>2</sub> <50 et que la respiration de l'enfant est calme.
- diminuer la FiO<sub>2</sub> de ± 10% si PaO<sub>2</sub> > 60

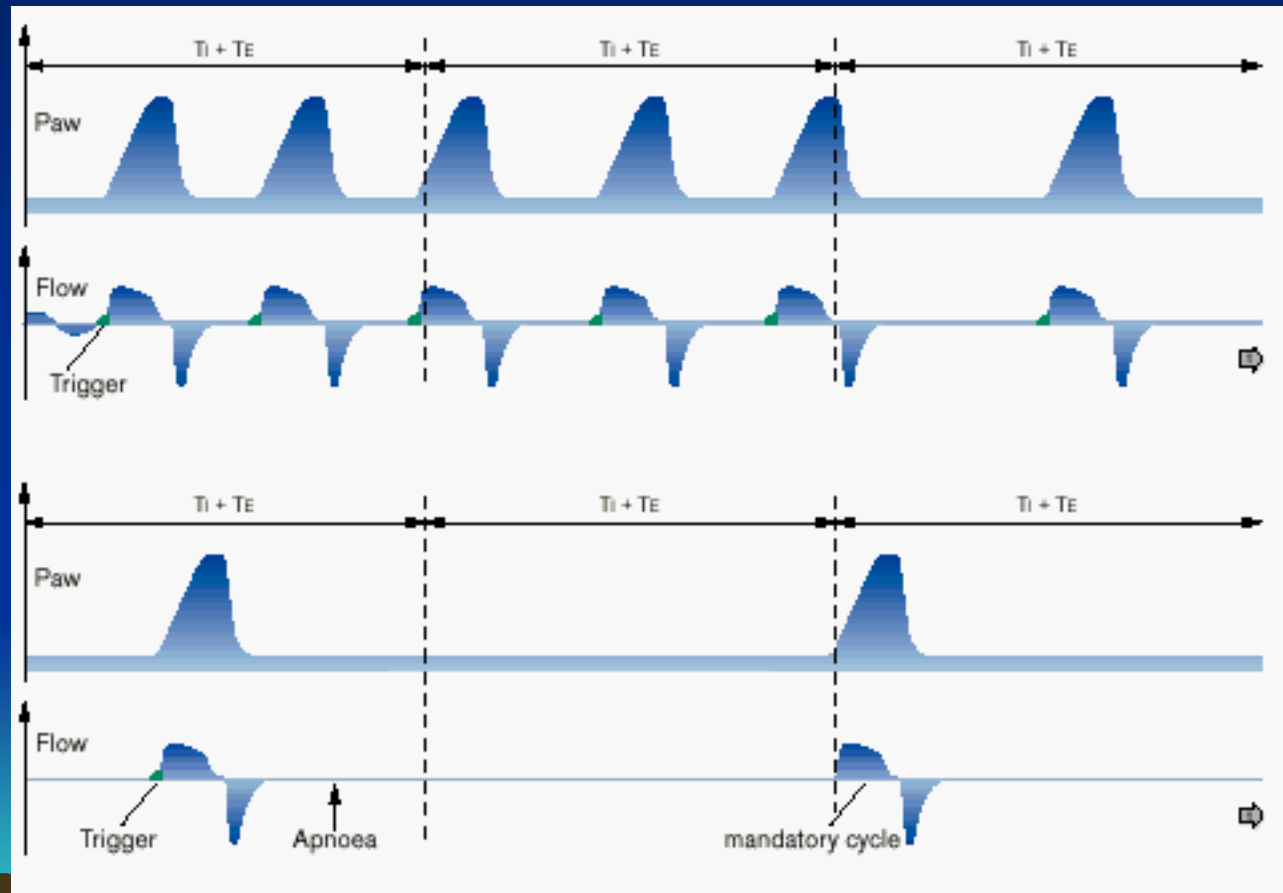
# Sevrage des autres modes

- HFPPV :
  - diminuer les PIP ( jusque  $< 20/ '$ ) et la  $FiO_2$
  - repasser en VC (de 100 à 40/ ')
- VC à  $Ti$  prolongé
  - diminuer le  $Ti$  progressivement jusque 0.5 sec
- VC synchrone
  - diminuer la fréquence jusque 40/ ' ( = VC )
  - adapter le  $Ti$  jusque 0.5 sec

# Autres options ventilatoires

- VAC : ventilation assistée contrôlée
- PSV : ventilation en support de pression
- VG : volume garanti
- DEV (VIVE) : débit expiratoire variable

# VAC = A/C = SIPPV = PTV



# PSV=Pressure support ventilation

- Equivaut *presque* au VAC
- Différence :
  - le  $T_i$  varie en fonction de la courbe débit-temps
    - quand le débit atteint 15% de la valeur de débit maximale, l'inspiration s'arrête.
    - le  $T_i$  peut donc être plus court que demandé
  - les autres paramètres ne varient pas

# PSV

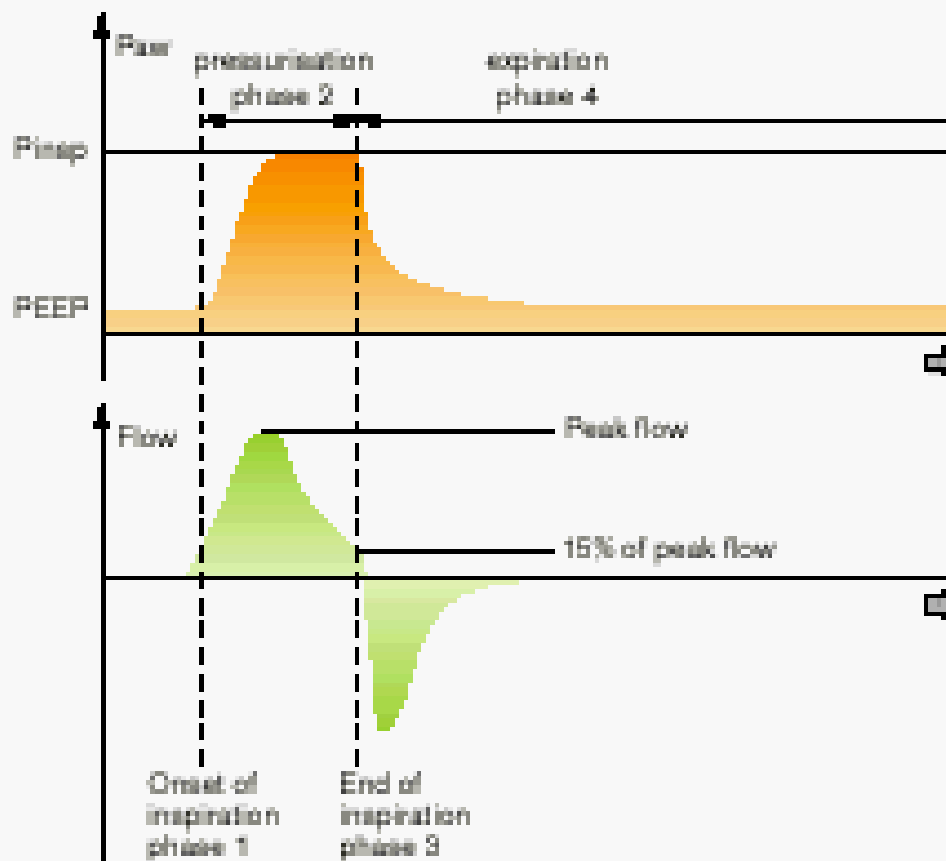
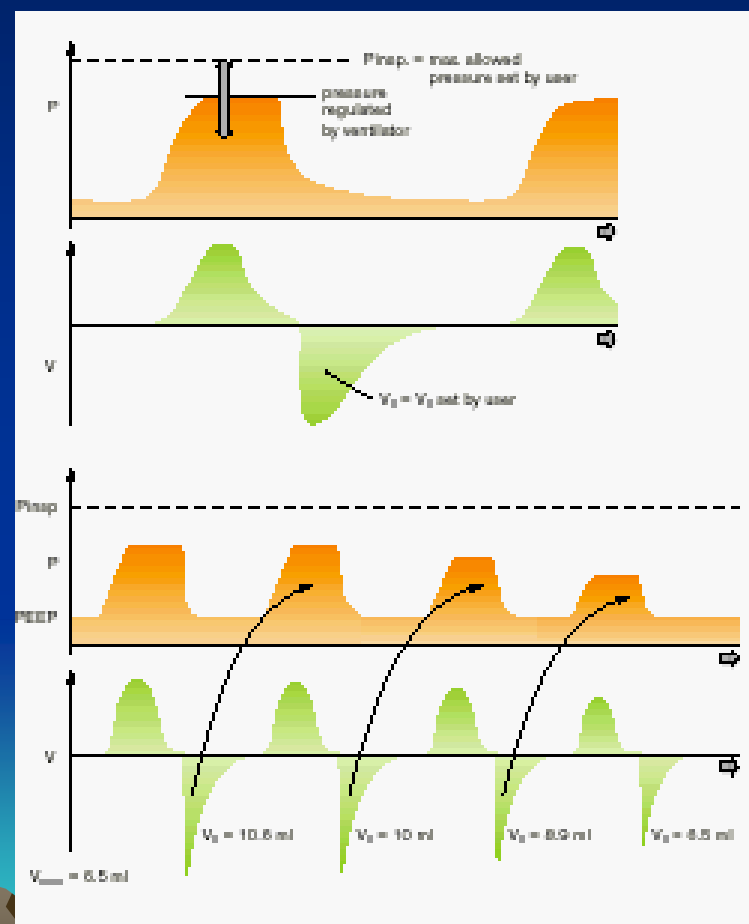


Figure 6:  
Pressure and airway flow  
signals during a PSV breath,  
showing the 4 phases:  
Recognition of the beginning  
of inspiration, pressurisation,  
recognition of the end of  
inspiration and expiration.

# VG = Volume Garanti

- un changement rapide de compliance peut amener à une augmentation trop importante du  $V_t$
- le software du ventilateur
  - analyse le  $V_t$  expiré
  - le compare avec le  $V_t$  demandé
  - adapte la  $P_i$  en fonction
- cette option permet éventuellement d'éviter un volotraumatisme



# DEV=Débit Expiratoire Variable

- Option qui permet de faire varier indépendamment le flux expiratoire du flux inspiratoire
- Implémentée dans le but de diminuer le travail respiratoire spontané de l'enfant.
- Pas d'étude clinique randomisée contrôlée.
- Depuis le changement de design de la valve expiratoire du Babylog 8000+, a très vraisemblablement perdu de son intérêt.



# Extubation

- Critères :
  - Fréquence  $\leq 20/'$
  - PIP  $\leq 20$  cmH<sub>2</sub>O
  - FiO<sub>2</sub>  $< 0.4$  pour PaO<sub>2</sub> souhaitée
  - PaCO<sub>2</sub> 45-60
- Caféine (charge de 20 mg/kg) dans les 6 heures précédentes si risque d'apnée
- CPAP post-extubation

# Thérapies additionnelles

- Surfactant :
  - naturel (porcin) : **CUROSURF**
  - RDS sévère et difficultés ventilatoires, FiO<sub>2</sub> >>
- iNO :
  - hypertension pulmonaire persistante du NN
  - peu d'expérience chez le prématuré
- HFO :
  - rescue therapy sur grosses difficultés ventilatoires

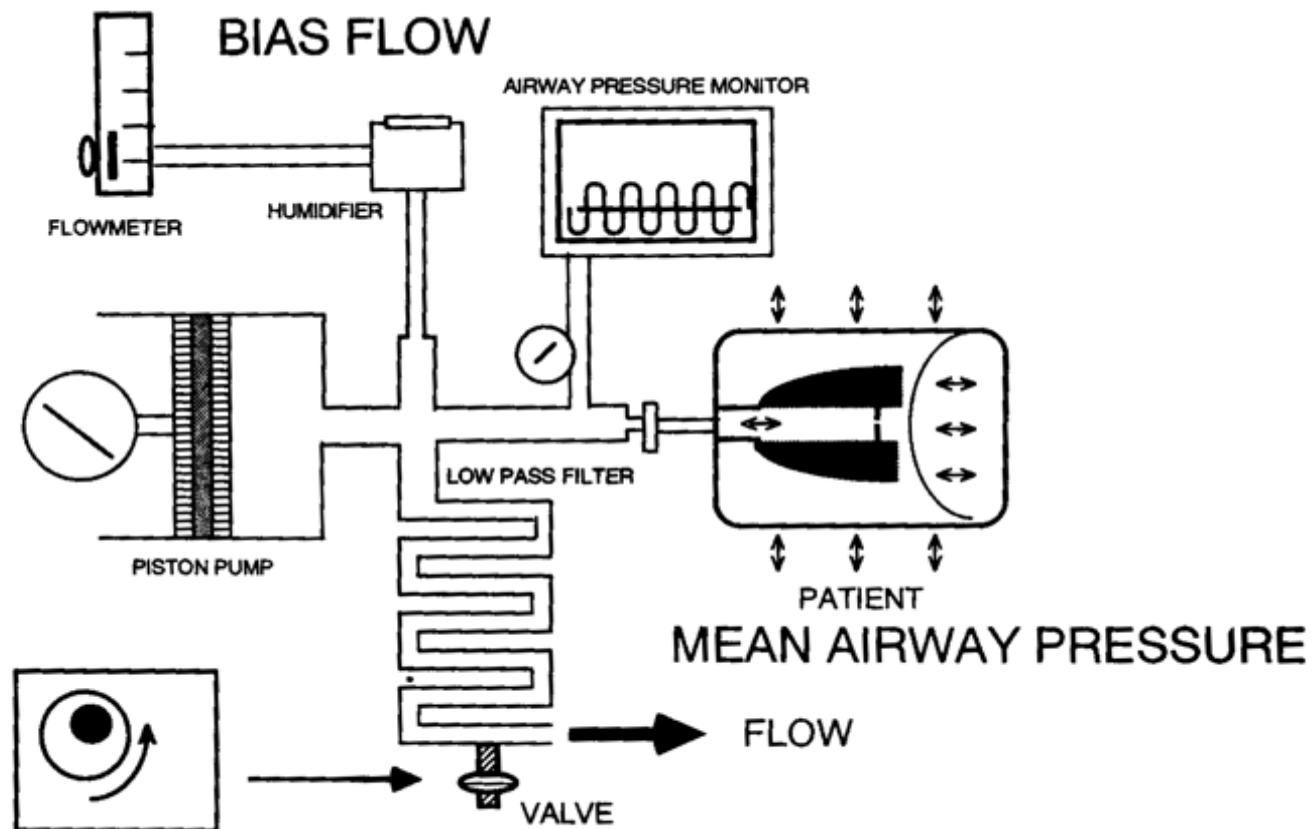
# HFOV

- $V_t$  inférieur à l'espace mort, déterminé par l'amplitude de la vibration (pic à pic)
- Fréquence « vibratoire » : 12-15 Hz
- Flux générateur de P, et valve expiratoire +/- résistante contribuent à la P moyenne dans les voies aériennes (MAP)
- L'onde oscillante est couplée au flux

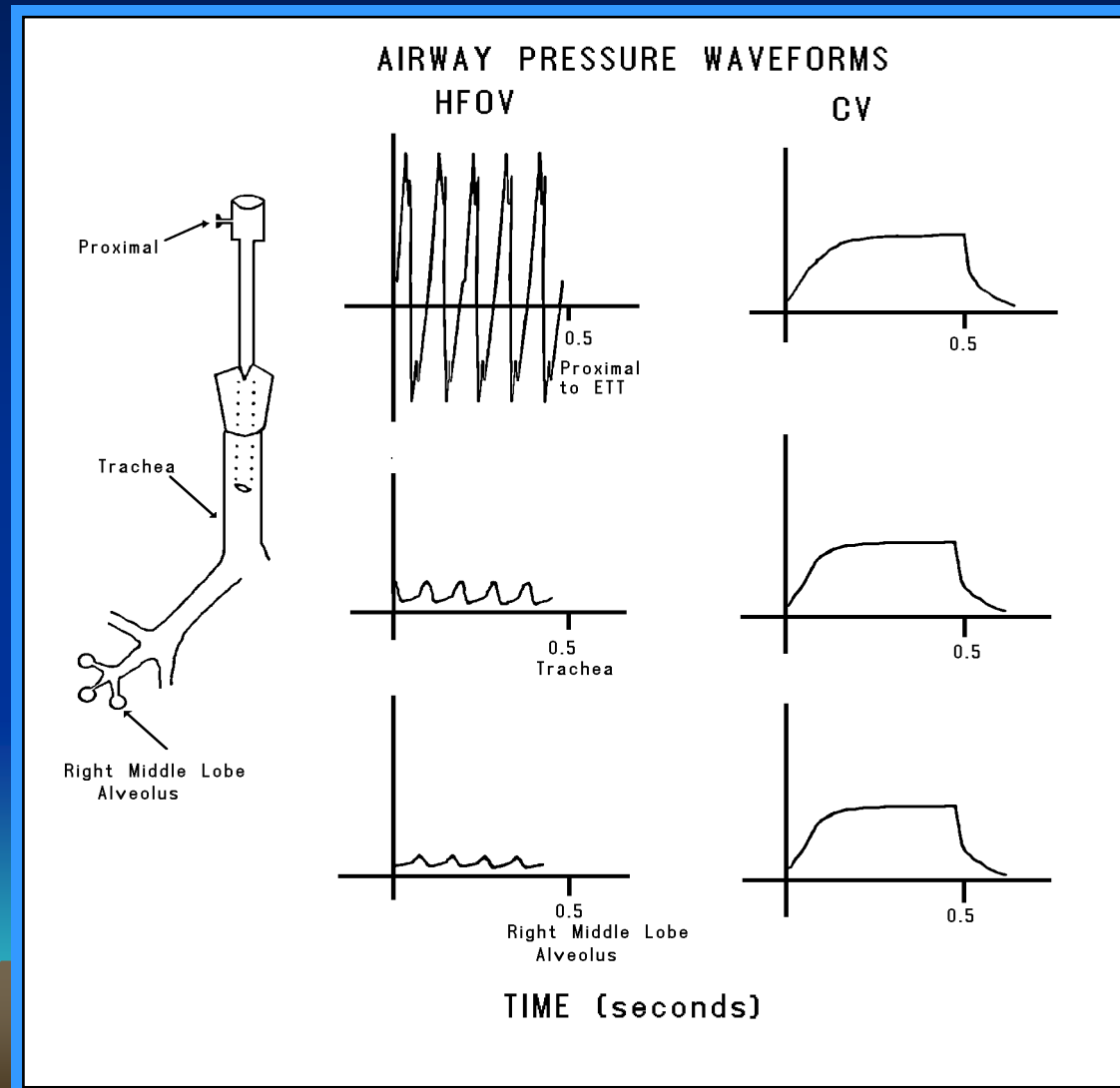
# HFOV : indications

- Echech de toutes les autres techniques ventilatoires
- Quelques situations choisies :
  - air leak syndrom sévère
  - hypoplasie pulmonaire
  - MMH très (très très) sévère
  - Hémorragie pulmonaire

# HFOV : technique



# Transmission de l'onde oscillante

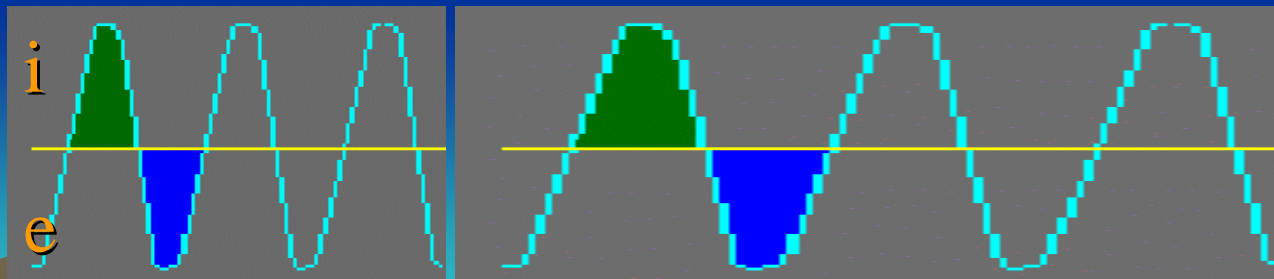


# Delta P = pic à pic

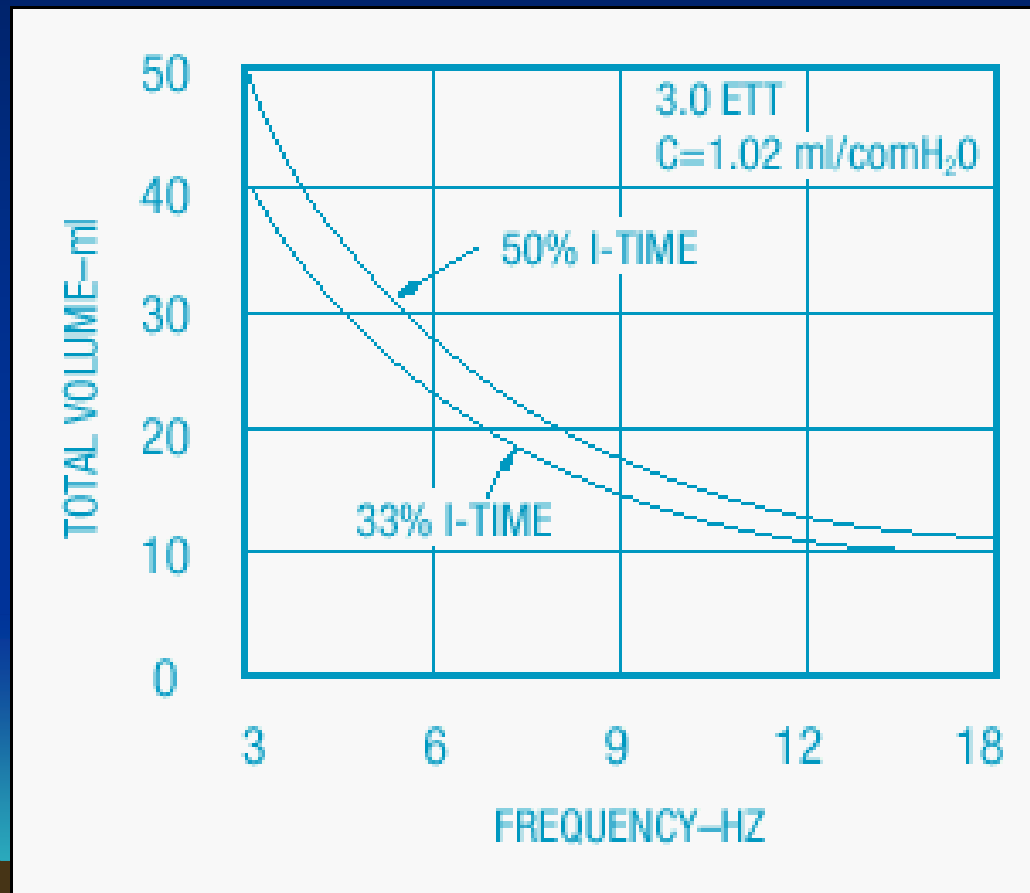
La Fréquence contrôle le temps pendant lequel il y a une variation du flux d'air, aussi bien  $i$  que  $e$ .

C'est ce volume de gaz déplacé qui détermine l'élimination du  $\text{CO}_2$ .

- Fréquence élevée : ventilation moindre
- Fréquence basse : ventilation meilleure

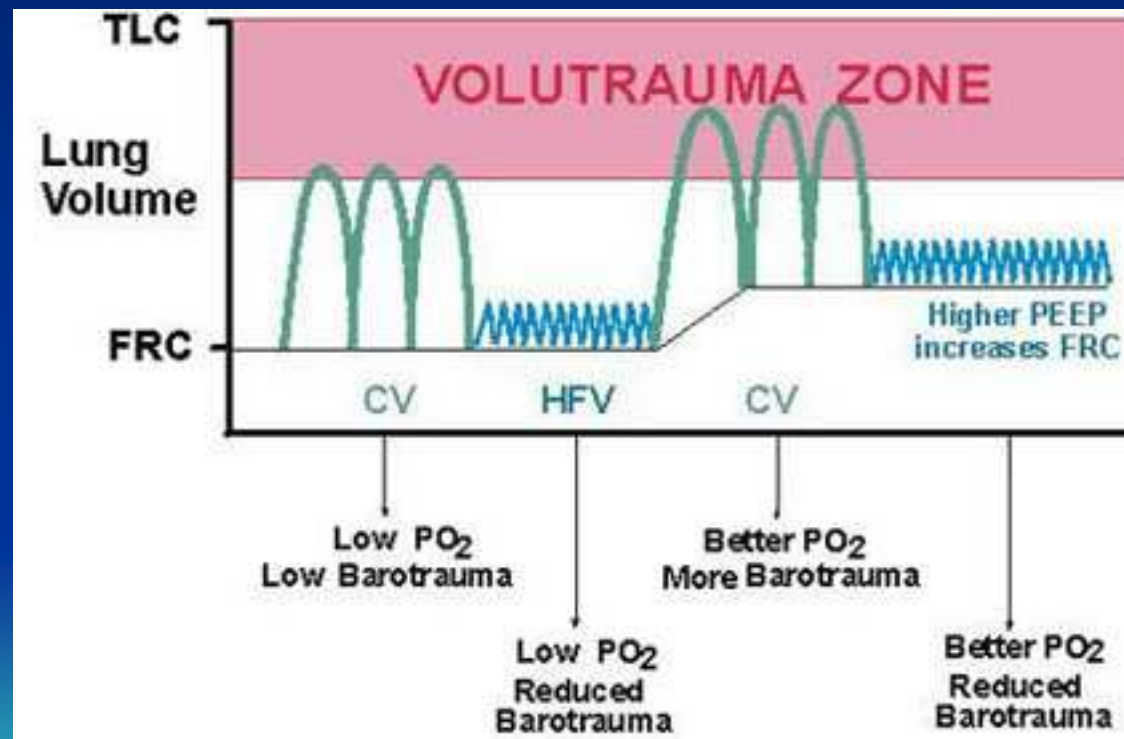


# Volume courant et fréquence





# Avantage théorique



# HFOV : réglages

- Flux  $>5$  l/min
- Fréquence de base 15Hz
- MAP = MAP conventionnelle + 2 cmH<sub>2</sub>O  
à ajuster selon la PaO<sub>2</sub>
- FiO<sub>2</sub> : selon besoins
- Pic à Pic : suffisante pour de bonnes vibrations thoraciques et une PaCO<sub>2</sub> normale

# Conclusions

- La ventilation du nouveau-né suppose :
  - une **connaissance technique “minimale”**, du fonctionnement et surtout des problèmes.
  - une bonne **appréciation de la pathologie**
  - un **suivi clinique** attentif ***baby first !!***
- Une ventilation uniformisée améliore les résultats globaux de prise en charge dans un centre donné