

Principes de fonctionnement des respirateurs

B.Lambergmont

Soins Intensifs Médicaux

CHU Sart Tilman-Liège



Plan de l'exposé

- ◆ Introduction
- ◆ Indications et buts de la ventilation mécanique
- ◆ Les différents types de respirateurs
- ◆ Les différents modes respiratoires
- ◆ La surveillance du patient ventilé
- ◆ Principes de mécanique respiratoire
- ◆ Deux exemples de réglage adapté à la pathologie du patient

Introduction

- ◆ La prise en charge de la ventilation et la protection des voies aériennes: actes vitaux de l'urgence non réservés aux anesthésistes ou aux intensivistes
- ◆ Connaître les principes de fonctionnement des respirateurs est important

MAIS AUSSI:

- ◆ Induction à séquence rapide (techniques et pharmacologie)
- ◆ Gestion de l'intubation difficile
- ◆ Importance du bon usage de la sédation
- ◆ Gestion optimale du remplissage et des vasopresseurs (attention au collapsus de reventilation)
- ◆ Gestion et diagnostic de la tamponnade et de l'embolie pulmonaire

La ventilation mécanique

Indications

- ◆ Arrêt respiratoire
- ◆ Détresse respiratoire (hypoxémique ou hypercapnique)
- ◆ Choc
- ◆ Protection des voies aériennes:
 - GCS < 8
 - trauma facial
- ◆ Nécessité d'une analgo-sédation majeure (anesthésie générale)

Objectifs

- ◆ Amélioration des échanges gazeux
- ◆ Protection des voies aériennes
- ◆ Diminution de la consommation en oxygène des muscles respiratoires

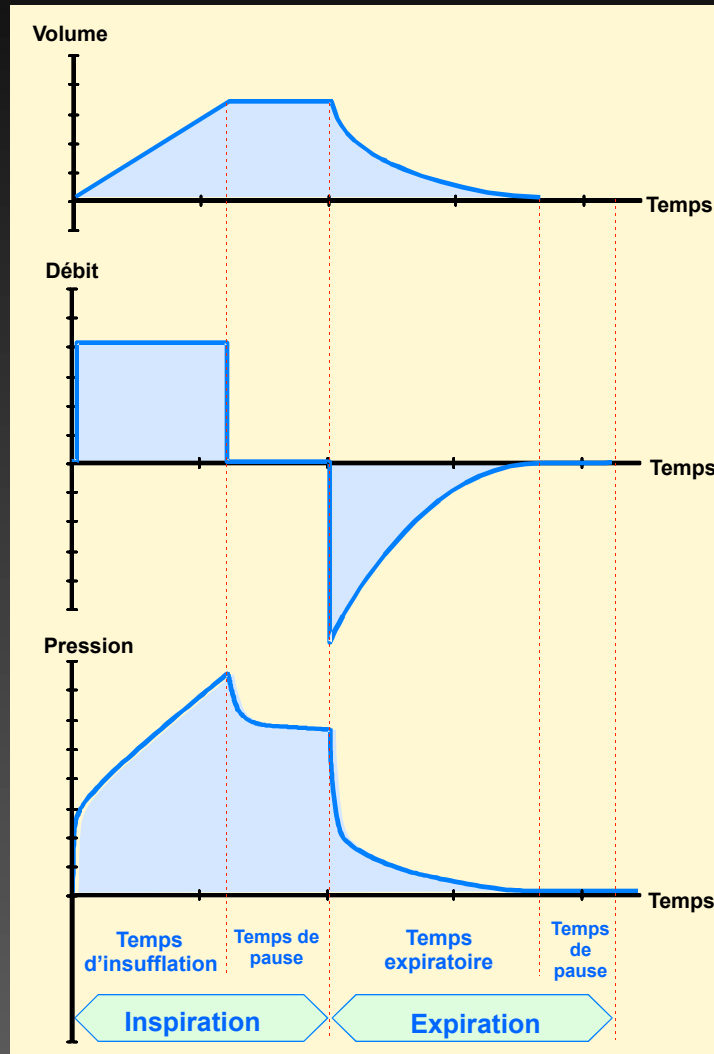
Les différents types de respirateurs



Les différents modes respiratoires

- ◆ Modes ventilatoires **totaux** (contrôlés):
 - VC, PC
- ◆ Modes ventilatoires **partiels** (assistés):
 - VAC, PS, VS, IMV, SIMV, cPAP, VIV
- ◆ Modes ventilatoires **mixtes**:
 - BIPAP, VC autoflow

Débit constant



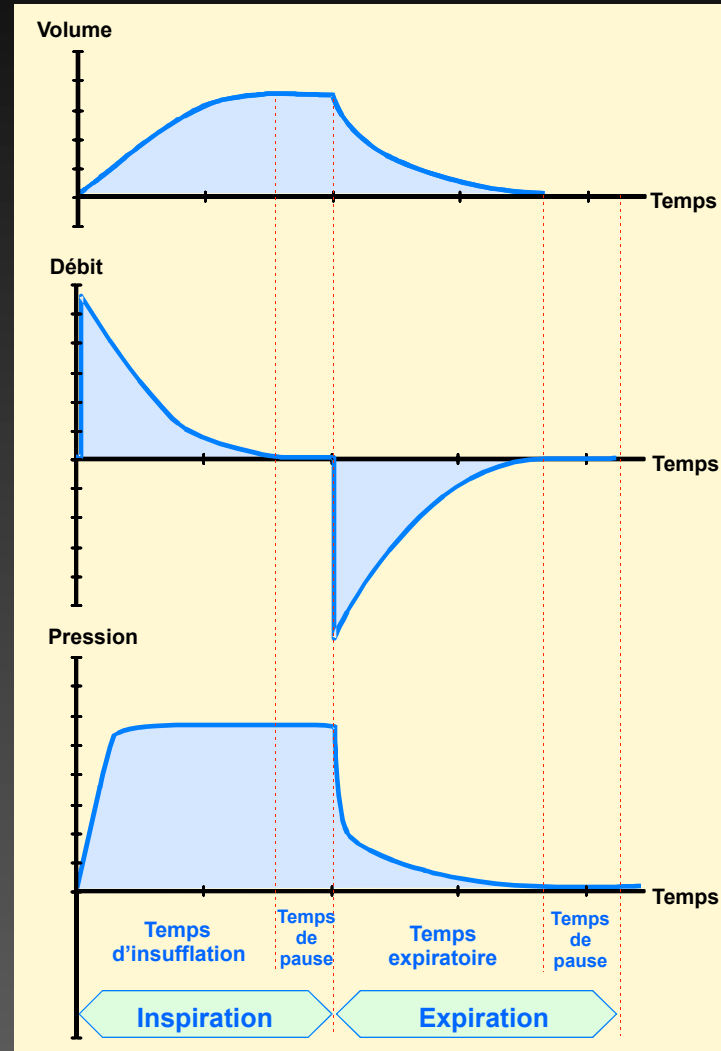
- ◆ **Débit constant**
- ◆ Volume déterminé
- ◆ Pression variable

= Volume contrôlé
Volume assisté/contrôlé
SIMV

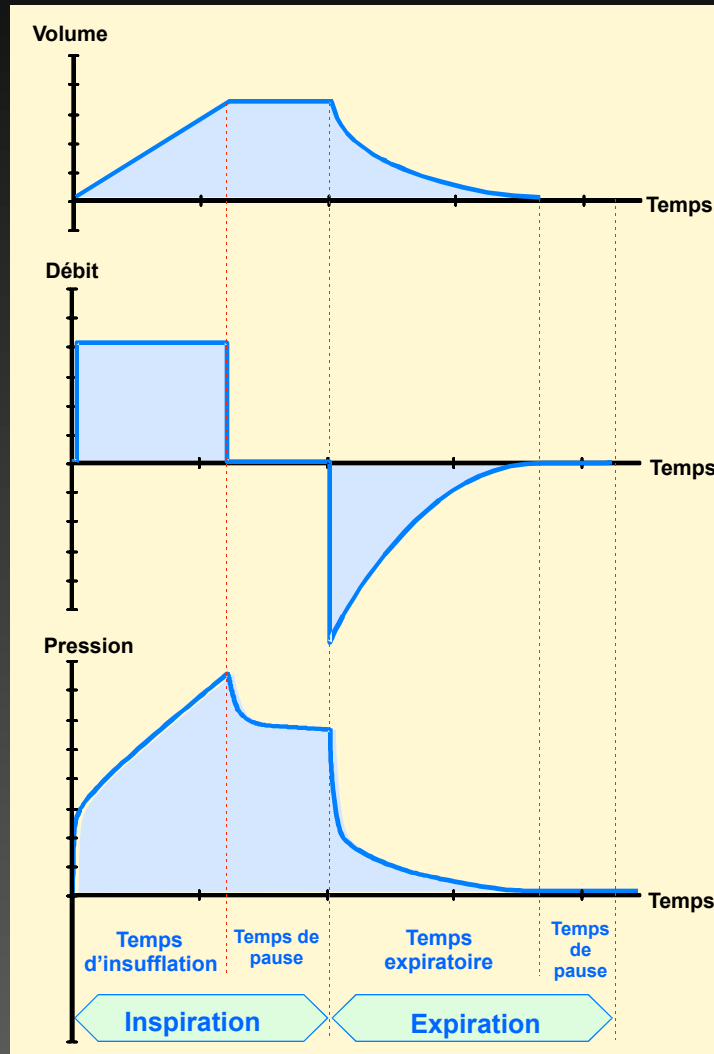
Pression constante

- ◆ Débit décélérant
- ◆ Volume variable
- ◆ **Pression constante**

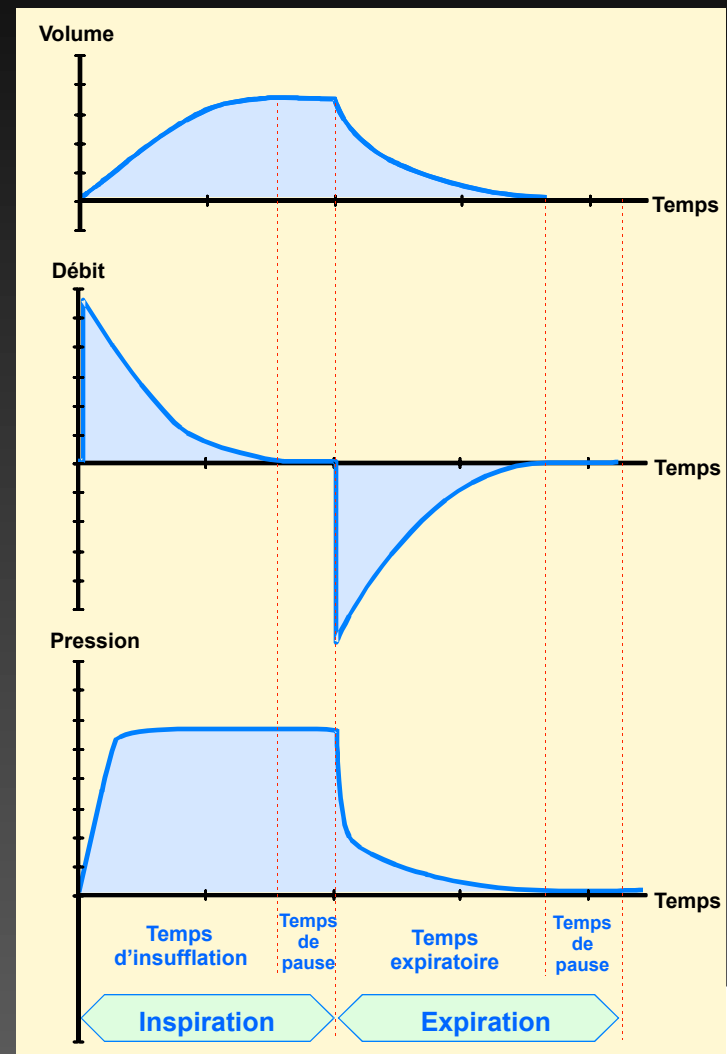
= Pression Contrôlée
Pression Assistée (PSV)
PRVC
Volume Support
BIPAP



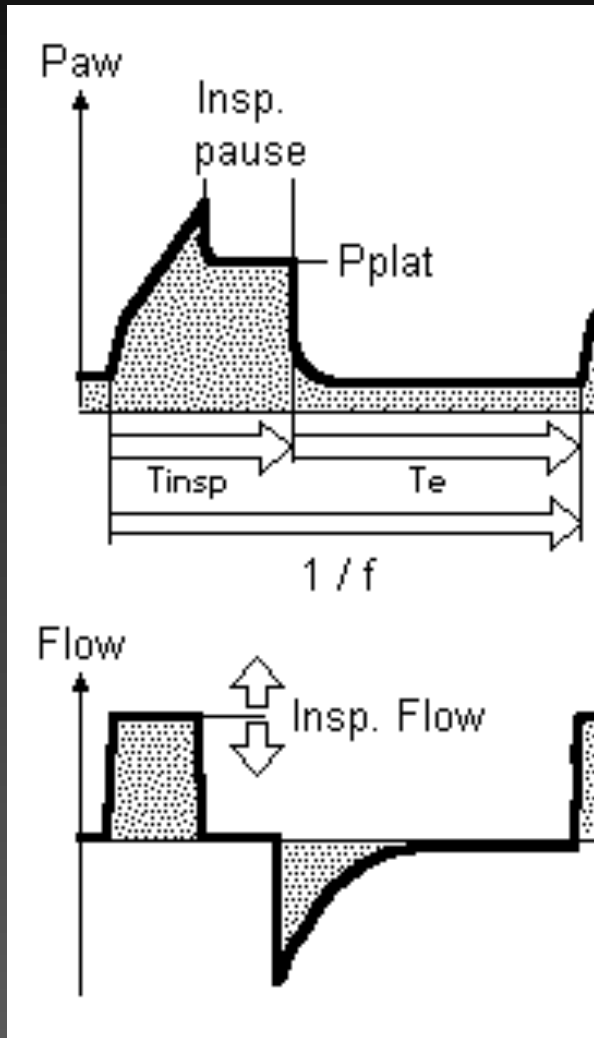
Débit constant



Pression constante



Volume contrôlé (VC, IPPV)

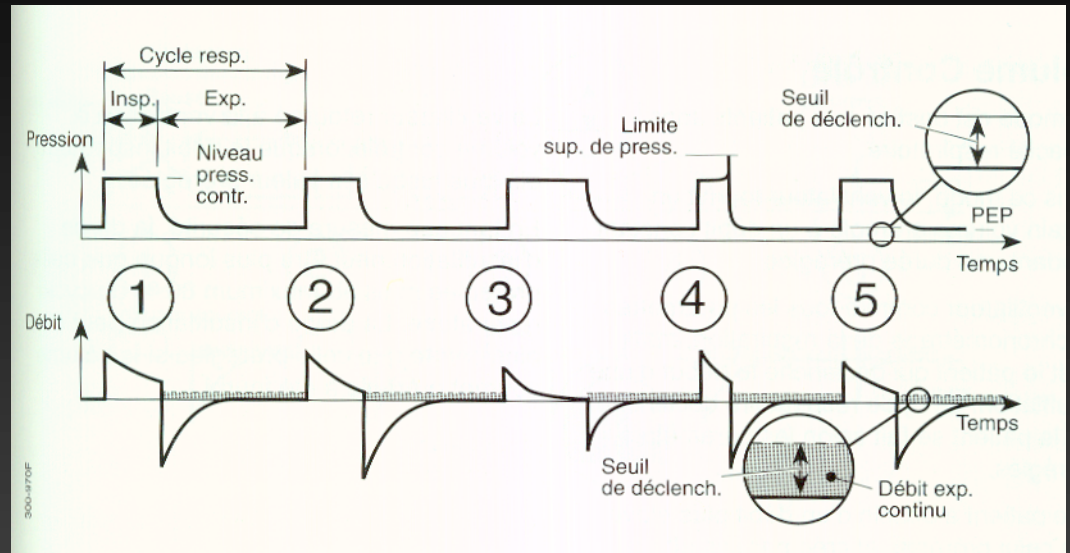


- ◆ Fréquence
- ◆ **Volume** (courant ou minute)
- ◆ Temps ins, exp, pause
- ◆ FiO₂
- ◆ PEEP
- ◆ Alarmes

Variantes: VAC, VACI (SIMV)

=> trigger à régler

Pression contrôlée



- ◆ Fréquence
- ◆ Pression insufflation
- ◆ Temps inspiratoire (pas de pause réglable)
- ◆ FiO₂
- ◆ PEEP
- ◆ Alarmes

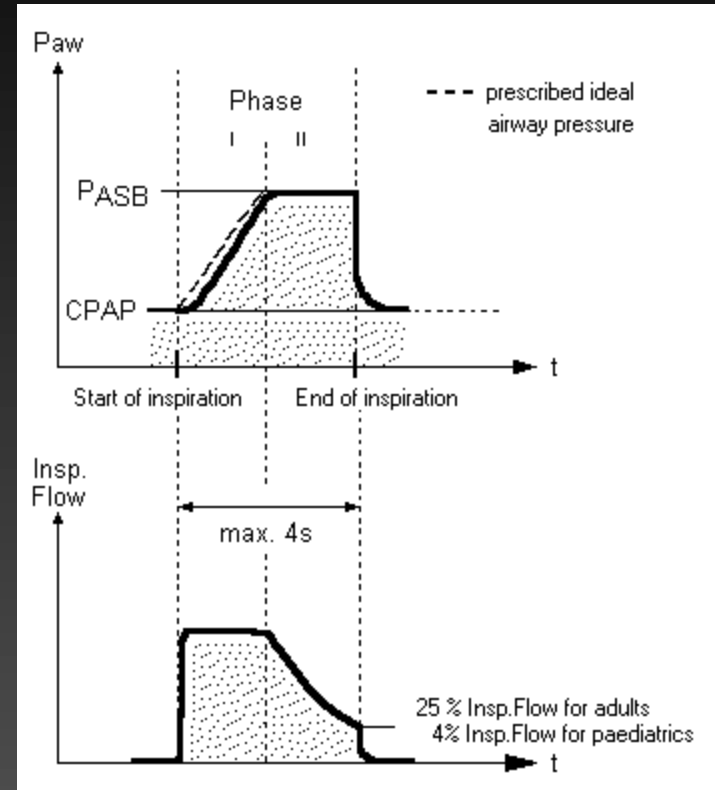
Aide inspiratoire (AI, PS, ASB)

◆ Déclenchement:

- Débit insp spont = valeur trigger
- Volume inspiré = 25ml
- Pression négative (trigger de pression)
- Système NAVA

◆ Fin du temps inspiratoire:

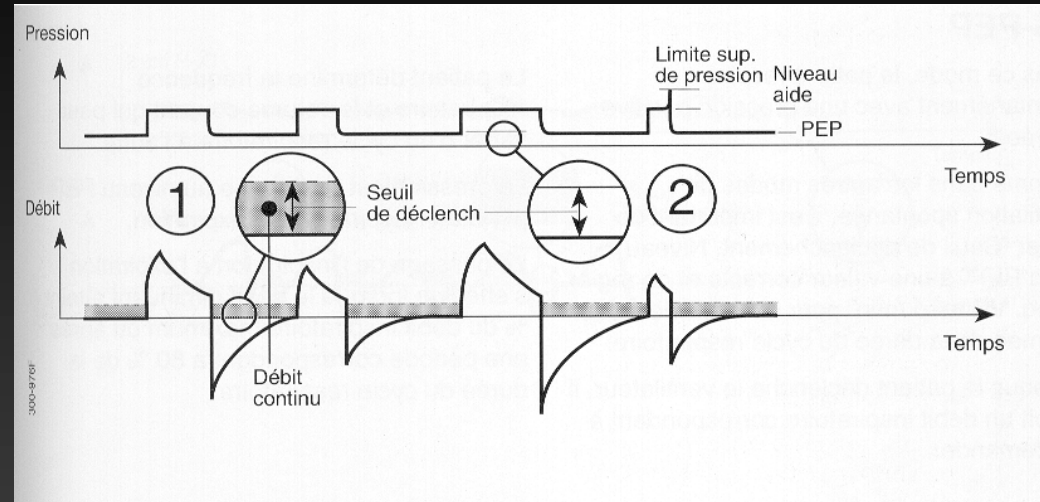
- Phase 1 : débit = 0
- Phase 2: débit 25% (5% Siemens) du débit inspiratoire (parfois réglable)
- Après 4 secondes
- Après une période = 80% de la durée du cycle respiratoire (réglage FR!)
- Lorsque la limite supérieure de pression est atteinte
- Système NAVA



Aide inspiratoire (AI, PS, ASB)

◆ Les réglages:

- Pression d'aide insp
- FiO₂
- Peep
- Pente inspiratoire
- Trigger inspiratoire et expiratoire
- Alarmes



Le patient détermine lui-même la FR et le rapport I/E

Réglages de base d'un respirateur

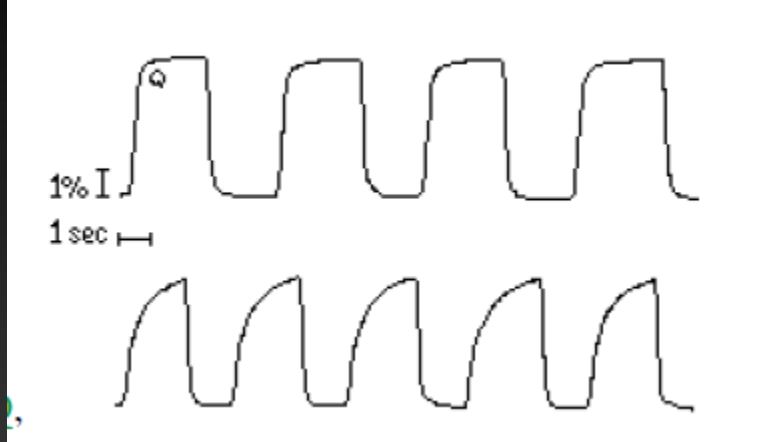
- ◆ Le mode respiratoire
- ◆ Le volume ou la pression
- ◆ La fréquence respiratoire
- ◆ Le rapport I/E
- ◆ La FiO_2
- ◆ La PEEP
- ◆ Les triggers inspiratoires (et expiratoires)
- ◆ Les alarmes

La surveillance d'un patient ventilé

- ◆ Les alarmes (en fonction du mode ventilatoire choisi!)
- ◆ La SpO₂
- ◆ Les paramètres hémodynamiques
- ◆ Le niveau de sédation ET d'analgésie
- ◆ La capno
- ◆ Les paramètres respiratoires:
 - Pressions crête, plateau, fin d'expiration
 - Volumes inspirés et expirés
 - Fréquence respiratoire, synchronisation patient-respirateur
 - Courbes de pression, de débit et de volume, boucles pression-volume, débit-volume

Le capnogramme

Normal



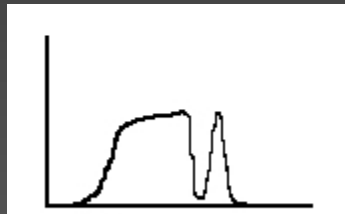
Bronchospasme

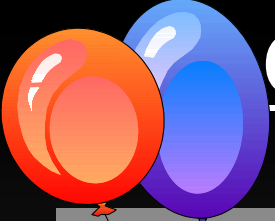
g.

*Chute du débit
cardiaque*

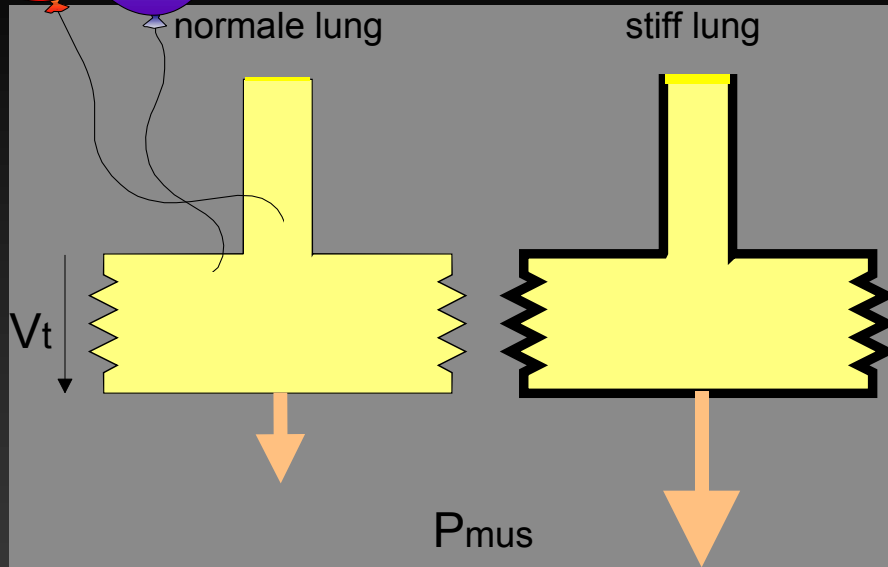


Désynchronisation





Compliance = résistance élastique

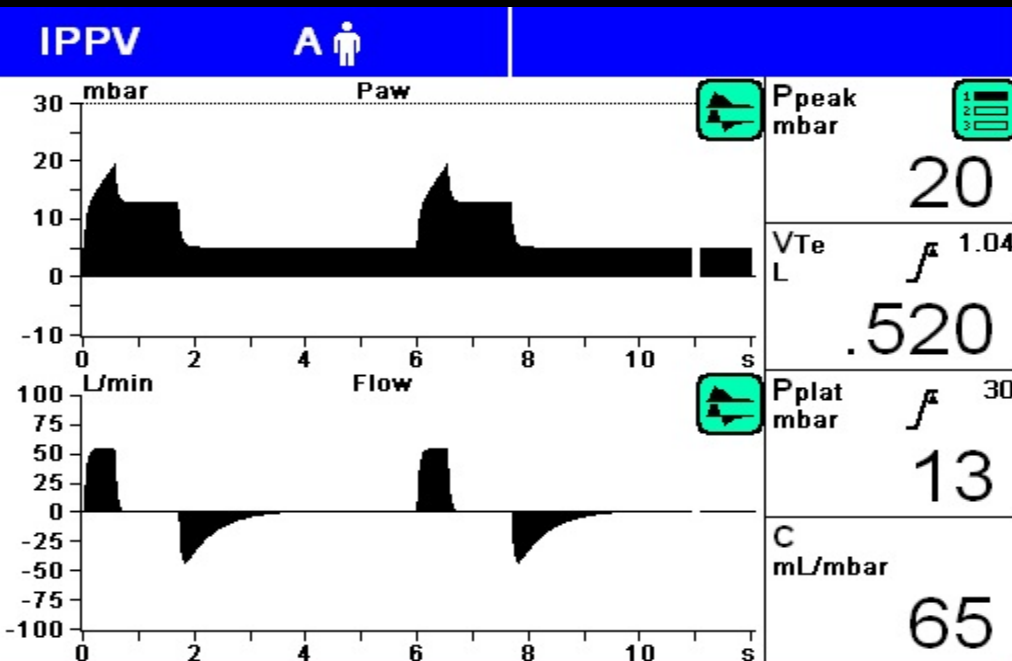


= la compliance décrit les propriétés élastiques de l'appareil respiratoire.

$$C = \frac{\Delta V}{\Delta P} = \frac{V_t}{P_{\text{plat}} - \text{PEEP}}$$

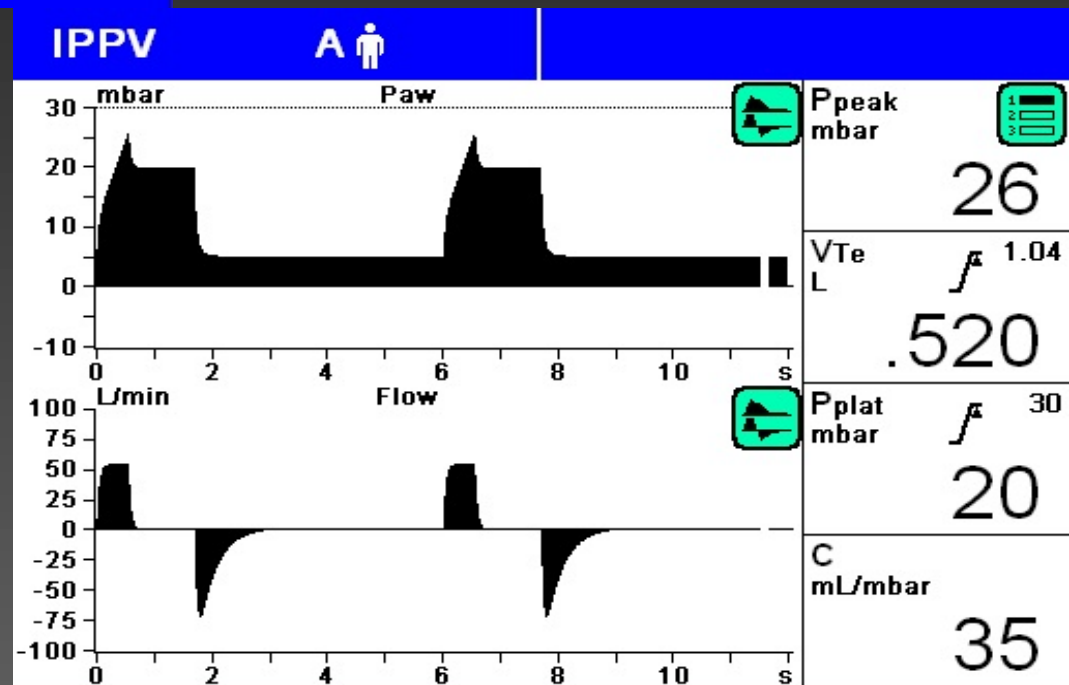
Valeurs normales (1 ml/cmH₂O/Kg de poids corporel):

- Adultes : 70 - 100 mL/cmH₂O
- Enfants : 10 - 40 mL/cmH₂O
- Nouveau-nés : 3 - 5 mL/cmH₂O
- Prématurés : < 3 mL/cmH₂O

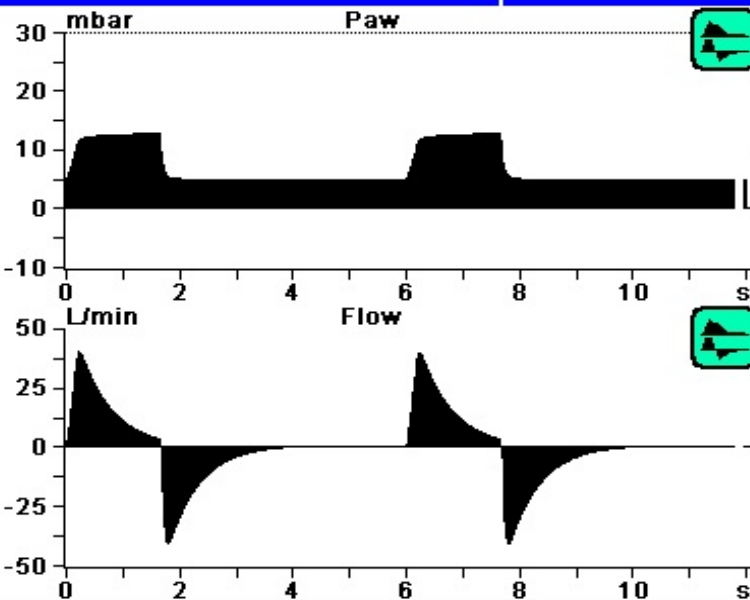


Débit constant

Diminution de compliance



BIPAP

A Ppeak
mbar

13

VTe
L

1.04

Pplat
mbar

30

C
mL/mbar

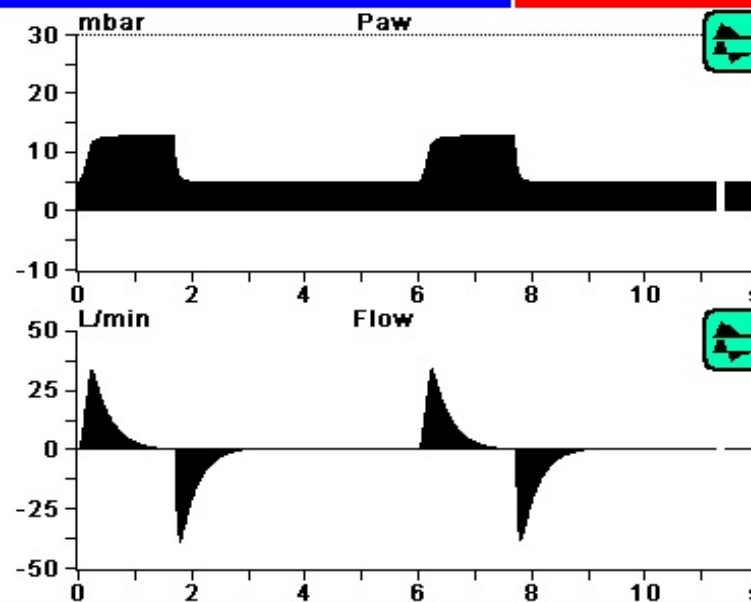
65

*Pression constante**Diminution de
compliance*

BIPAP

A 

MV low!!!

Ppeak
mbar

13

VTe
L

1.04

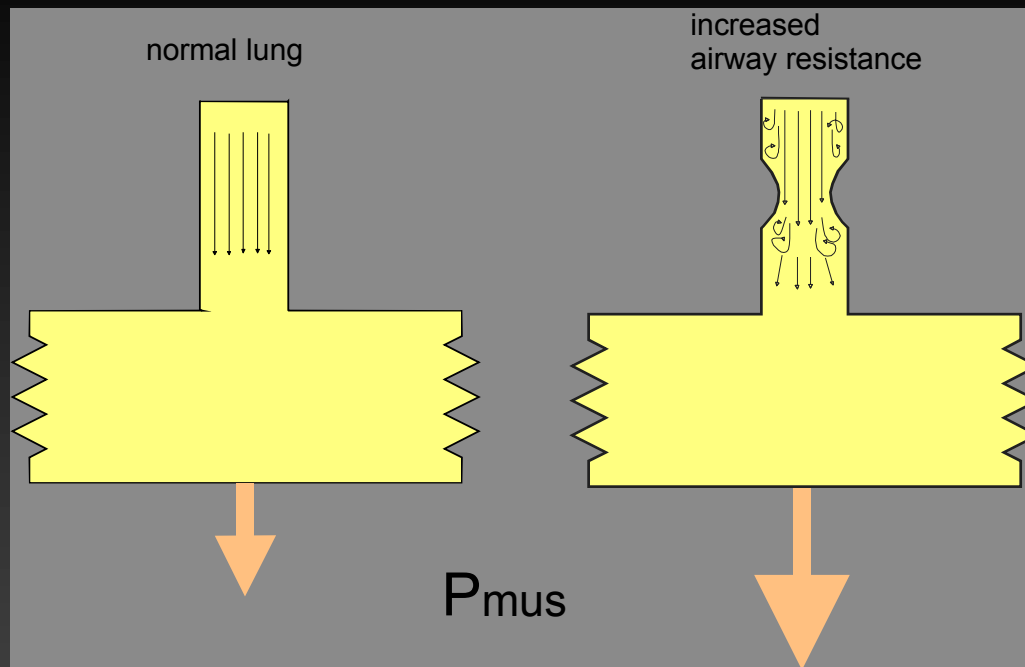
Pplat
mbar

30

C
mL/mbar

35

Résistance = résistance dynamique



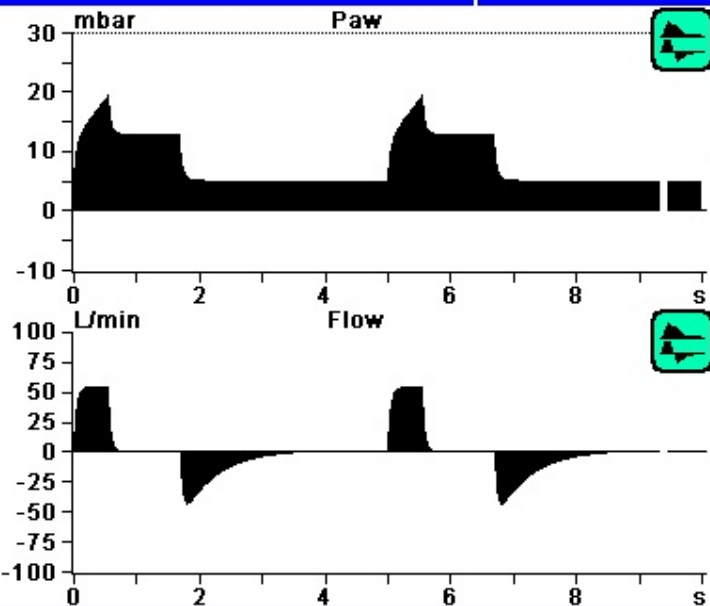
Valeurs normales :

- Adultes : 2 - 4 cmH₂O / L/sec
- Adultes intubés : 4 - 6 cmH₂O / L/sec
- Enfants : 20 - 30 cmH₂O / L/sec
- Nouveau-nés : 30 - 50 cmH₂O / L/sec

$$R = \frac{P_A - P_B}{\dot{V}} = \frac{\triangle P}{\dot{V}} = \frac{P_{Crête} - P_{Plat.}}{\dot{V}}$$

$\frac{\text{cmH}_2\text{O}}{\text{L / sec}}$

IPPV

A Ppeak
mbar

20

VTe
L

1.04

.520

Pplat
mbar

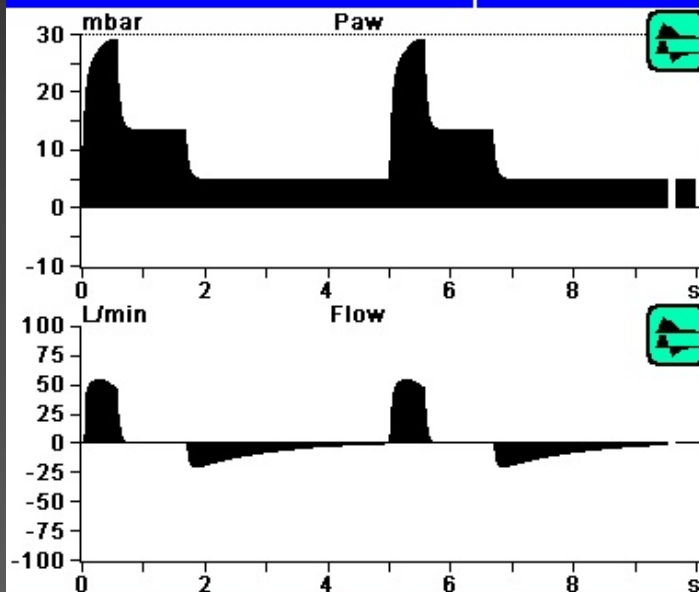
13

R
mbar/L/s

8

*Débit constant**Augmentation des
résistances*

IPPV

A Ppeak
mbar

29

VTe
L

1.04

.521

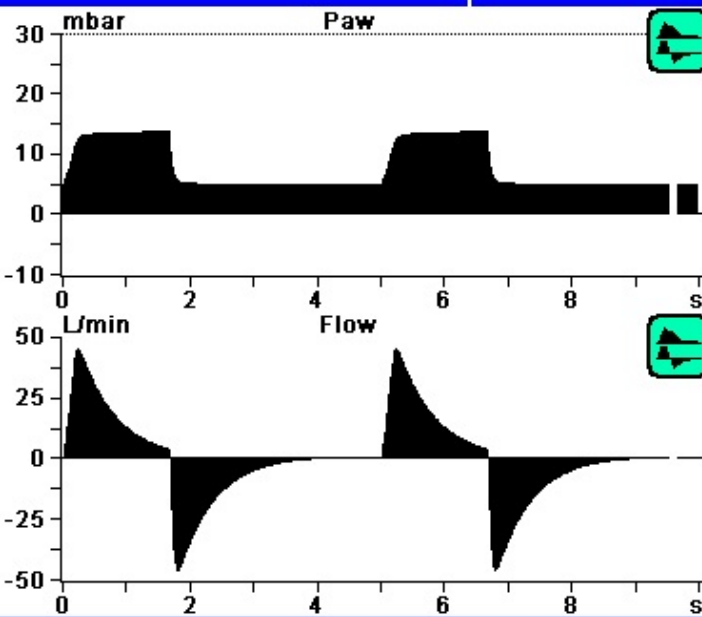
Pplat
mbar

14

R
mbar/L/s

20

BIPAP

A Ppeak
mbar

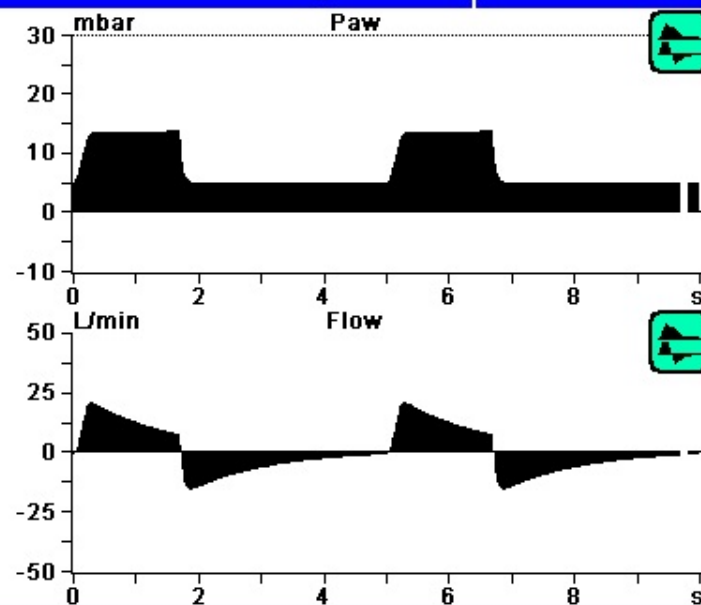
14

VTe
L1.04
.545MV
L/min9.40
3.70
6.48R
mbar/L/s

8

Pression constante
Augmentation des
résistances

BIPAP

A Ppeak
mbar

14

VTe
L1.04
.379MV
L/min9.40
3.70
4.39R
mbar/L/s

20

Conduite à tenir devant une augmentation des pressions (ventilation en volume) ou une chute des volumes (ventilation en pression)

➤ *Calcul de la compliance et de la résistance*

➤ *Observation de la courbe de débit expiratoire et de la courbe de capnographie*

Augmentation des résistances	Diminution de la compliance
Tube plié ou obstrué	Pneumothorax
Bronchospasme	Atélectasie
Secrétions endobronchiques	Pneumonie
	Œdème pulmonaire
	Epanchement pleural
	Hyperinflation pulmonaire
	Intubation sélective
	Compression extrinsèque

Ventilation en fonction de la pathologie sous-jacente: Deux exemples

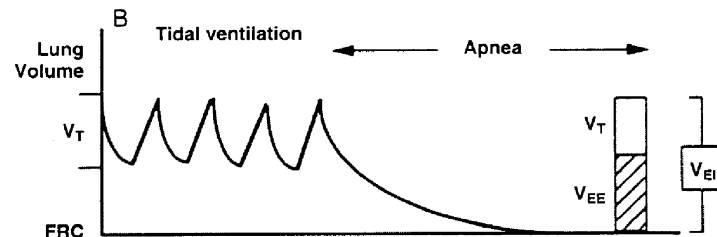
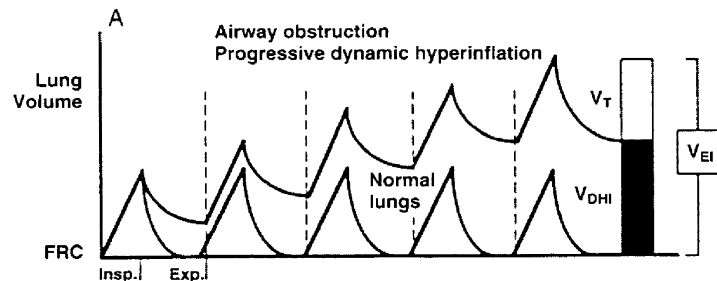
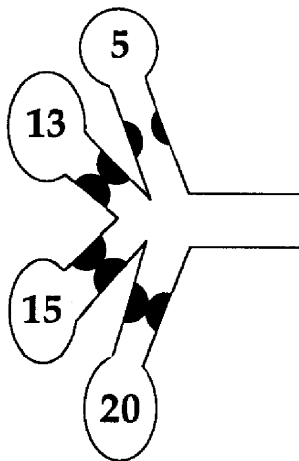
- ◆ Asthme sévère
- ◆ ARDS

Asthme sévère

- ◆ Obstruction bronchique réversible:
 - Augmentation des résistances des voies aériennes
 - Apparition d'une distension pulmonaire et augmentation du VR et de la CRF

End-Expiratory Airway Occlusion

Measured AP = 5 cm H₂O



AutoPEEP et Hyperinflation

Conséquence

- ◆ Augmentation du travail respiratoire
- ◆ Asynchronisme Patient-respirateur
- ◆ Echec de triggering
- ◆ Effet hémodynamique: retour veineux, augmentation post charge du VD, hypotension
- ◆ Augmentation de la pression intrathoracique: effet sur les valeurs de pression de PVC, PcP
- ◆ Risque Barotraumatique
- ◆ Calcul incorrect de la compliance

Ventilation du patient asthmatique à la phase aiguë

- ◆ Assurer une *ventilation alvéolaire* adéquate, corriger l'acidose
- ◆ Privilégier la durée du *temps expiratoire* pour éviter l'hyperinflation dynamique (danger de baro ou volotraumatisme, chute de PA et de DC)
 - Réduire le bronchospasme:
 - ❖ Bronchodilatateurs, corticoïdes
 - ❖ Sédation appropriée: choix du sédatif et profondeur de la sédation
 - Allonger le temps expiratoire:
 - ❖ En réduisant la fréquence respiratoire
 - ❖ En augmentant le débit inspiratoire ou si impossible en diminuant le volume courant
 - Pas de PEEP à la phase aiguë (uniquement si sevrage en mode support)

Surveillance de la ventilation du patient asthmatique

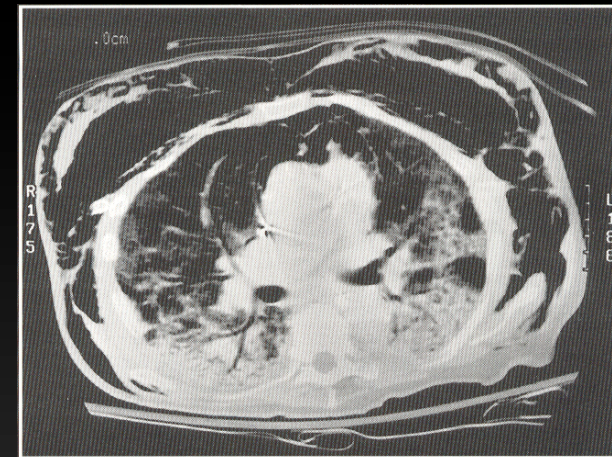
- ◆ pH > 7.25
- ◆ Hypercapnie permissive
- ◆ Pression plateau < 35 cm H₂O (P_{max} < 50 cmH₂O)
- ◆ Intérêt de la capnométrie
- ◆ Courbe de débit expiratoire (pic faible et pente faible), débit de fin d'expiration (EEF)

ARDS

◆ Définition:

- Atteinte pulmonaire bilatérale
- $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200 \text{ mmHg}$
- Absence d'insuffisance ventriculaire gauche

= OEDEME PULMONAIRE LESIONNEL



◆ Caractéristiques:

- Hypoxie sévère
- Inhomogénéité alvéolaire
 - ❖ Zone de collapsus alvéolaire non recrutables
 - ❖ Zone de collapsus alvéolaire recrutables
 - ❖ Zone normalement aérée (pfs 20%), évoquant un poumon de bébé, baby lung
- Compliance pulmonaire basse
- CRF diminuée
- Perturbation des rapports ventilation perfusion (les zones déclives collabées sont les mieux perfusées!)

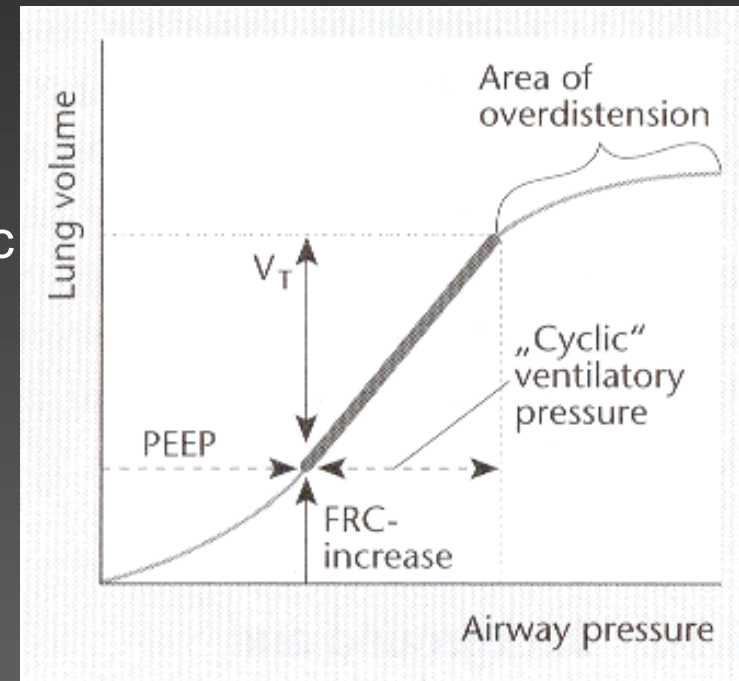
ARDS

◆ Objectifs:

- Maintenir une oxygénation adéquate (hypercapnie permissive) par un recrutement alvéolaire optimisé

◆ Contraintes:

- Éviter le trauma alvéolaire (alvéoles inhomogènes, baro ou volotraumatisme):
 - ❖ petit volume courant (6 ml/kg)
 - ❖ Fréquence respiratoire > 20/min si néc
 - ❖ Pression plateau < 30 cmH₂O
- Maintenir les alvéoles ouvertes (tendance au collapsus) sans induire de phénomène de recrutement-dérécrutement => PEEP



Conclusions

- ◆ La ventilation mécanique est une étape vitale pour la prise en charge des patients en défaillance respiratoire mais aussi dans d'autres indications
- ◆ Comme toute intervention médicale, la ventilation mécanique est potentiellement délétère: son utilisation doit être réservée au personnel compétent et les patients doivent en être sevrés aussi tôt que possible
- ◆ Un choix approprié du mode respiratoire et un réglage optimal des paramètres du respirateur sont les garants de soins de qualité
- ◆ Le respirateur peut aussi être utilisé comme un outil diagnostique