

# Comment utiliser la ventilation artificielle ?

- **Laurent Brochard**

AP- HP, Centre Hospitalier A. Chenevier - H. Mondor, Créteil

- **Alexandre Duguet**

AP- HP, Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière, Paris

- **Francis Leclerc\***

Réanimation Pédiatrique, CHU de Lille-France



\* Les spécificités pédiatriques sont indiquées en jaune

# Pourquoi ce diaporama ?

- L'objectif du diaporama est d'améliorer les connaissances générale des soignants sur la ventilation artificielle.
- Il a été crée dans le contexte de la pandémie grippale AH1N1 de 2009.
- Il est destiné aux soignants n'exerçant pas habituellement dans des réanimations ou soins intensifs respiratoires, mais possiblement amenés à être confrontés à la ventilation artificielle (par exemple lors d'une pandémie de grande ampleur)

dans un contexte de maladie  
respiratoire hautement contagieuse  
règles « habituelles »

- limiter le nombre de soignants dans la chambre
- se protéger avec masque FFP2 (bien positionné)
- respecter les règles d'hygiènes habituelles (solutions hydro-alcooliques +++)
- restreindre l'accès de la chambre aux femmes enceintes
- éviter l'endoscopie bronchique

# dans un contexte de maladie respiratoire hautement contagieuse en cas de ventilation mécanique

- utiliser les systèmes clos d'aspiration trachéale
  - évitent l'aérosol d'agents contagieux souvent présent lors de l'aspiration trachéale traditionnelle
- ne pas utiliser d'humidificateur chauffant, mais utiliser les filtres habituels échangeurs de chaleur et d'humidité
- éviter la ventilation non invasive (au masque)

# PLAN

- I. Objectifs de la ventilation
- II. Ventilation et sédation
- III. Equipement nécessaire (aspiration, humidification, circuits, ventilation manuelle)
- IV. Principaux réglages
- V. Le ventilateur
- VI. Les voies aériennes
- VII. Les paramètres de surveillance
- VIII. Problèmes et solutions
- IX. Le sevrage de la ventilation
- X. La ventilation non invasive

# I. Objectifs de la ventilation

1. Assurer une oxygénation satisfaisante
2. Assurer une élimination de CO<sub>2</sub> suffisante et un pH acceptable
3. Diminuer le travail des muscles respiratoires (éviter l'épuisement)

# Objectifs de la ventilation

## Assurer une oxygénation satisfaisante

- Réglages principaux
  - la fraction inspirée d'oxygène ( $F_{iO_2}$ )
  - la pression expiratoire positive (PEP)
- Un paramètre de surveillance essentiel : l'oxymétrie de pouls ( $SpO_2$ )
  - objectif 90 à 96 %
- Un paramètre de surveillance intermittent
  - les gaz du sang (au moins une fois par jour et après changement de réglage)

# Objectifs de la ventilation

Assurer une élimination de CO<sub>2</sub> suffisante et un pH acceptable

- Dépend de deux réglages :
  - le volume courant (VC ou VT pour Tidal Volume)
  - la fréquence respiratoire (FR)
- Surveillance : gaz du sang



# Objectifs de la ventilation

## Diminuer le travail des muscles respiratoires et éviter l'épuisement

- S'obtient par une ventilation contrôlée (VC) complète, qui nécessite une sédation profonde
- Ou s'obtient par une ventilation synchronisée avec la respiration du patient (ou « ventilation assistée »), qui est compatible avec un degré de réveil plus ou moins important du patient

## II. Ventilation et sédation

La sédation est souvent nécessaire pour :

- procéder à l'intubation (associée à une curarisation temporaire)
- pour maintenir le patient en ventilation contrôlée dans les situations critiques
- pour adapter un patient mal synchronisé avec son respirateur
- idéalement la sédation est ciblée pour que le patient soit calme et facilement réveillable

## II. Ventilation et sédation\*

- La sédation se fait souvent par une benzodiazépine par voie intraveineuse continue (ex. Midazolam 2 à 6 mg/heure)
- Une alternative est le Propofol (ex. 50 à 200 mg/heure)
- La sédation est souvent associée à une analgésie en continu (ex. Fentanyl 50 300 gammas/heure)
- Chez l'enfant: midazolam (1 à 2 mcg/kg/min) et fentanyl (1 à 2 mcg/kg/h) , mais pas de Propofol de façon prolongée, du moins avant 5 ans

## II. Ventilation et sédation

- La sédation a comme effets secondaires :
  - une baisse fréquente de la pression artérielle d'autant plus importante que les doses sont élevées et que des bolus sont effectués
  - une accumulation dans l'organisme responsable de retard de réveil prolongé à l'arrêt de la sédation
  - une diminution de l'élimination naturelle des sécrétions bronchiques

l'utilisation d'une sédation nécessite une surveillance continue de la fréquence cardiaque et une surveillance régulière de la pression artérielle.

## II. Ventilation et sédation

- La curarisation continue est réservée aux malades les plus graves et est strictement réservée aux unités de réanimation

# III. Equipement nécessaire

## Matériel d'aspiration

- Les sécrétions bronchiques du patient nécessitent d'être aspirées régulièrement :
  - au minimum toutes les 3 ou 4 heures
  - à la demande en cas de sécrétions audibles, visibles dans la sonde d'intubation ou les tuyaux
  - dans le cas de pression qui s'élève sur le ventilateur
  - dans le cas d'un patient en ventilation synchronisée qui se désadapte

# Aspirations

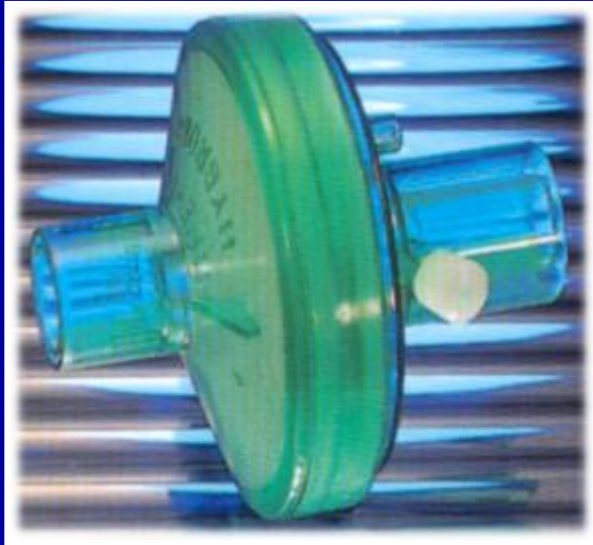
- L'aspiration est un geste traumatique devant être réalisé avec précaution
- Il faut éviter de débrancher le patient du ventilateur

# Humidification

- L'humidification des voies aériennes est Indispensable
- Elle peut être assurée grâce à des filtres échangeurs de chaleur et d'humidité
- Ces filtres sont placés entre la sonde d'intubation et le circuit du ventilateur
- Ils sont changés deux fois par semaine ou plus si souillés de sécrétions
- Les autres systèmes d'humidification (humidificateurs chauffants) sont utilisés dans les services de réanimation
- Chez l'enfant les humidificateurs chauffants sont préférés aux filtres (particulièrement chez le nourrisson), mais ces derniers peuvent être utilisés (attention si sécrétions abondantes)



# Humidification



**Filtre humidificateur**



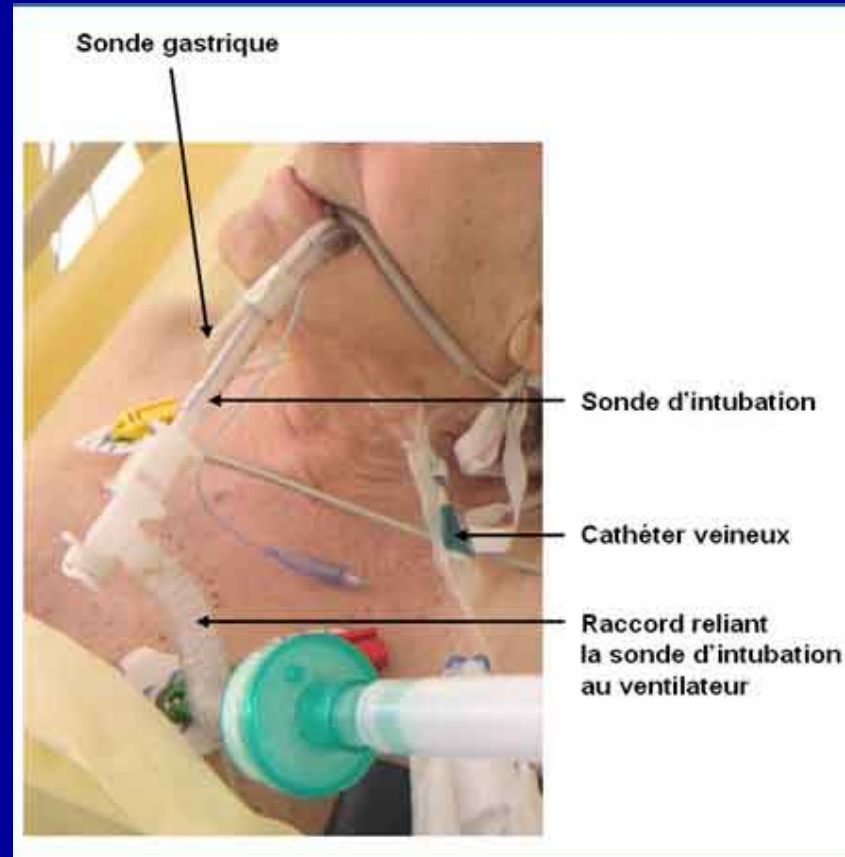
**Humidificateur chauffant**

*L'humidification des voies aériennes se fait le plus souvent avec un filtre humidificateur (échangeur de chaleur et d'humidité).*

# III. Equipement associé

- Le circuit du ventilateur comporte 2 branches interchangeables et une pièce dite en « Y »
- Les circuits sont jetables; ils sont gardés tout le long de la ventilation d'un même patient et ne sont changés qu'entre les patients
- Un tuyau est branché sur la sortie inspiratoire du ventilateur, un tuyau est branché sur la partie expiratoire
- La partie expiratoire du ventilateur contient en général le « bloc expiratoire », qui doit être changé entre chaque malade
- Chez le nourrisson et jeune enfant il est recommandé d'insérer un capteur de débit et pressions à la pièce en Y

# Humidification



*Le filtre humidificateur est situé entre le raccord qui est connecté à la sonde d'intubation et les tuyaux qui sont connectés au ventilateur*

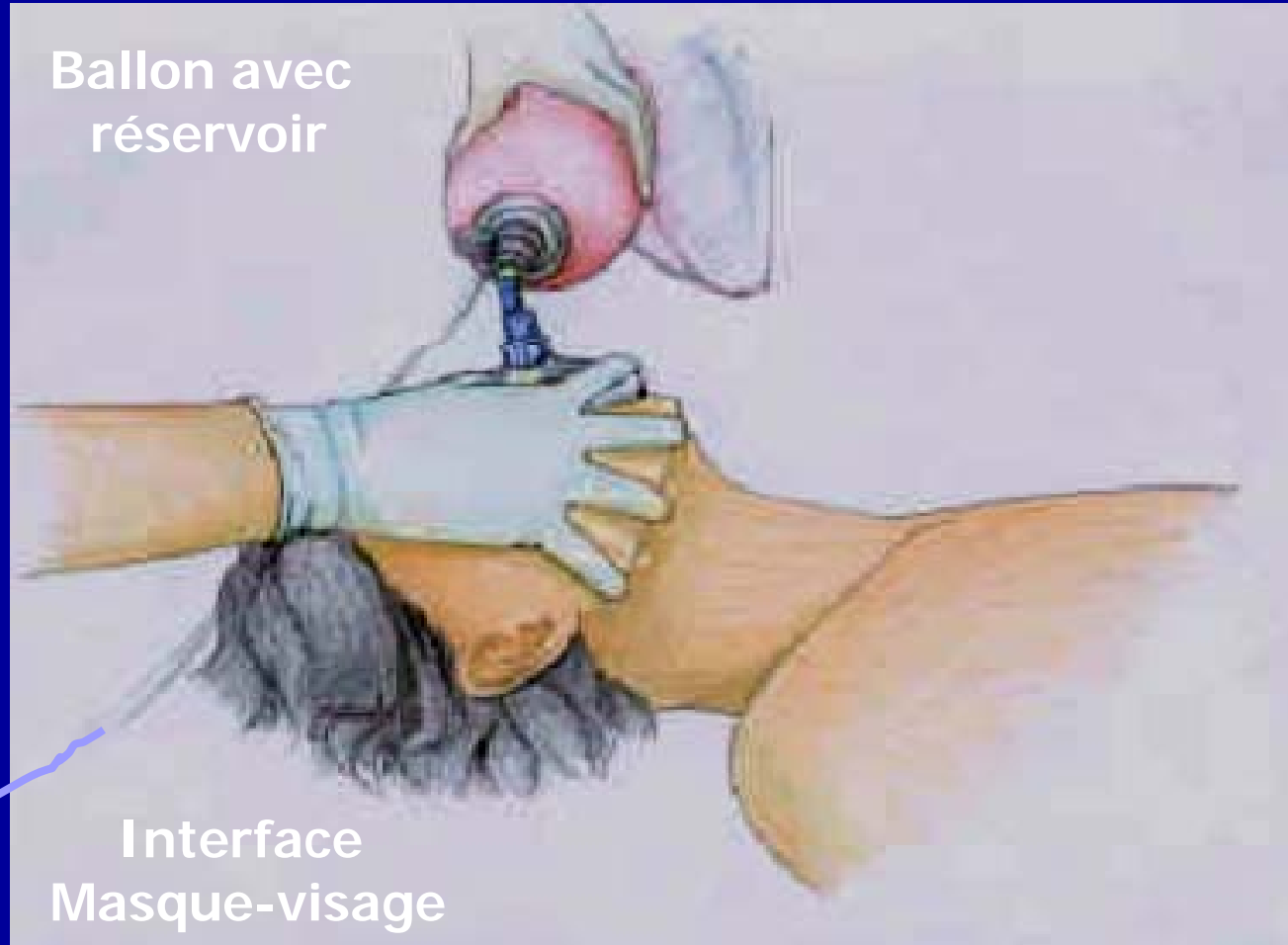
# III. Equipement associé

## Ventilation manuelle au ballon

- En cas de ventilation visiblement inadéquate du ventilateur :
  - alarme continue
  - défaut de ventilation
  - panne manifeste
  - patient en détresse
- il faut être capable de ventiler manuellement le patient grâce à un ballon d'insufflation branché sur l'oxygène
- ce ballon est disponible au lit du malade



Rotamètre  
débit élevé  
(20-30L/min)



Ballon avec  
réservoir

Interface  
Masque-visage

*La ventilation manuelle avec un ballon est utilisée presque toujours avant l'intubation (et très rarement en cas de problème avec le ventilateur)*

## IV. Principaux réglages

### La $FiO_2$ (fraction inspirée en oxygène)

- La  $FiO_2$  peut varier de 21 à 100 %.
- Elle doit être adaptée en fonction de la  $SpO_2$ .
- Elle sera immédiatement modifiée dès que la  $SpO_2$  chute.
- Les malades les plus sévères (en réanimation) peuvent avoir des  $FiO_2$  de 80 à 100 %
- La plupart des malades ont des  $FiO_2$  entre 40 et 60 %.

## IV. Principaux réglages

### La PEP (pression expiratoire positive)

- La PEP correspond à la pression dans les poumons à la fin de l'expiration.
- Elle aide à maintenir le poumon ouvert et améliore l'oxygénation des patients très hypoxémiques
- Les malades les plus sévères (en réanimation) peuvent avoir jusqu'à 15 cm H<sub>2</sub>O de PEP.
- La majorité des malades ont de 5 à 10 cm H<sub>2</sub>O

# IV. Principaux réglages

## Le volume courant

- Souvent noté  $V_T$  pour « tidal volume »
- Le réglage est basé sur le poids « idéal » (ne pas tenir compte du surpoids)
- Le  $V_T$  est réglé à environ 7 ou 8 ml/kg
- Pour les cas les plus sévères de réanimation, le  $V_T$  peut descendre à 6 ml/kg voire moins
- Pour l'enfant ces valeurs correspondent au  $V_T$  expiré mesuré à la pièce en Y



# IV. Principaux réglages

## La fréquence respiratoire (FR)

- Pour les modes contrôlés, la FR doit être réglée
- Pour les modes synchronisés ou assistés, la FR est celle du patient. Une fréquence minimale ou une alarme doit être réglée.
- La FR moyenne est autour de 20/minute.
- **Chez l'enfant on peut proposer : 0 à 1 an : 35, 1 à 4 ans : 25-30, 4 à 10 ans : 20-25/min**
- Elle peut être abaissée (si la PaCO<sub>2</sub> est trop basse) ou élevée (si la PaCO<sub>2</sub> est trop élevée).
- Les patients les plus graves (réanimation) peuvent nécessiter des fréquences au-delà de 30 cycles/minute

## IV. Principaux réglages

### La ventilation par minute (VE ou VM)

- C'est le produit du volume courant par la fréquence respiratoire

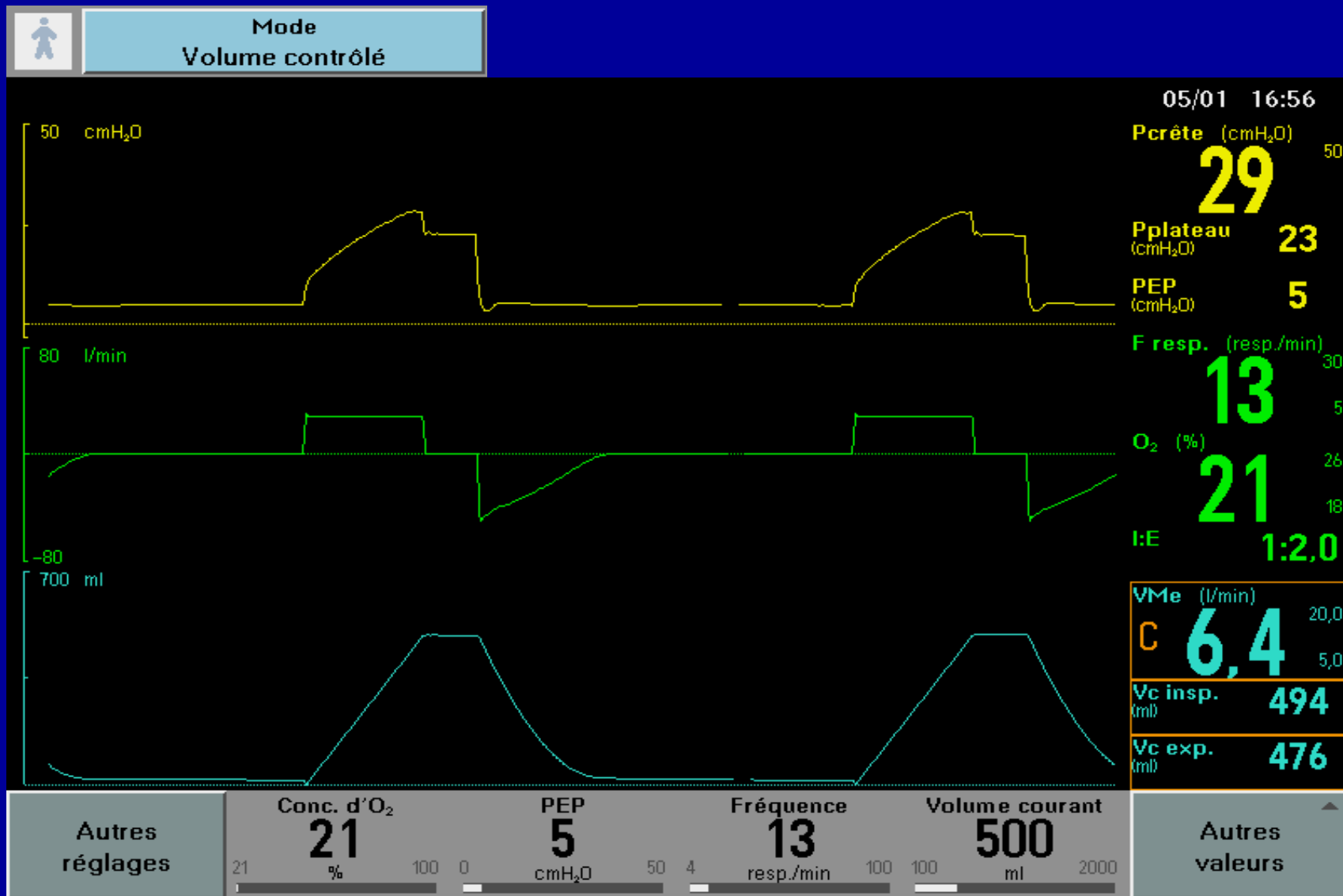
$$VE \text{ (L/min)} = VT \text{ (L)} \times FR \text{ (/min)}$$

- ex : 0,5 L insufflés 20 fois par minute, donne une VE de 10 L/min.
- Ce paramètre doit être réglé sur certains ventilateurs
- Il faut régler une alarme de VE minimale

## IV. Principaux réglages

### Le Temps inspiratoire ( $T_i$ ) ou le débit d'insufflation

- En ventilation contrôlée (et ventilation assistée contrôlée), il est nécessaire d'indiquer au ventilateur la durée de l'insufflation, c'est-à-dire le temps inspiratoire. Ceci peut être indiqué au ventilateur de 2 façons :
  - soit en réglant le débit d'insufflation (débit de pointe) : ex. 60 L/minute (c'est-à-dire 1 L/seconde). Avec le VT et le débit, le ventilateur calcule le temps d'insufflation.
  - soit en réglant la proportion d'inspiration et d'expiration par le réglage du rapport I/E (ex : I/E = 1/3); à partir de la fréquence respiratoire et du I/E, le ventilateur calcule un temps d'insufflation



Quel que soit le ventilateur (ici un ventilateur de réanimation avec des courbes), le mode « volume contrôlé » nécessite le réglage de la FiO<sub>2</sub>, de la PEP, de la FR et du volume courant

# Diminuer le travail des muscles respiratoires

- On peut diminuer le travail des muscles respiratoires :
  - par la ventilation totalement contrôlée (VC) avec sédation profonde
  - par une ventilation synchronisée : ventilation assistée-contrôlée (VAC) ou ventilation en aide inspiratoire (AI)

# Choix du mode ventilatoire

## La ventilation assistée contrôlée (VAC)

- Ce mode est le mode le plus fréquemment utilisée.
- Les réglages sont les mêmes qu'en ventilation contrôlée, mais la fréquence respiratoire est dictée par le patient. On règle donc une fréquence minimale.
- Ce mode de ventilation est compatible avec des degrés très variables de sédation.

# Choix du mode ventilatoire

## L'aide inspiratoire

- C'est une ventilation très proche de la ventilation spontanée.
- On « aide » le patient en lui délivrant un peu de pression inspiratoire à chaque cycle.
- Cette pression peut être réglée en général de 10 à 20 cm H<sub>2</sub>O.
- Cette pression est calculée « au-dessus » de la pression expiratoire positive

# Déclenchement de la ventilation synchronisée

- Pour synchroniser la ventilation dans les modes **ventilation assistée contrôlée (VAC)** ou **aide inspiratoire (AI)**, il est nécessaire de permettre au patient de déclencher le ventilateur (Trigger) :
- le déclenchement par Trigger doit être mis en route : Régler sur une sensibilité moyenne (ex.: 2 L/min ou – 1 cm H<sub>2</sub>O)



# V. Le ventilateur

- Certains ventilateurs de réanimation nécessitent d'être branchés sur l'air et l'oxygène mural
- Certains ventilateurs de réanimation ne nécessitent que d'être branchés sur l'oxygène mural (fonctionnant grâce à une turbine)
- Les ventilateurs de transport ne nécessitent que d'être branchés à l'oxygène mural ou en bouteille
- La majorité des ventilateurs de domicile fonctionnent sans connexion. On peut cependant ajouter de l'oxygène.

# Choix du ventilateur

## Les ventilateurs de transport

- Les plus simples n'ont que le mode « ventilation contrôlée » avec deux niveaux de  $FiO_2$ .
- Les plus sophistiqués permettent de régler la  $FiO_2$  et d'utiliser des ventilations synchronisées (VAC, aide inspiratoire).



Oxylog 3000, Drager



Carina, Drager



Elisée, Saime ResMed

*Exemple de ventilateurs de transports. Ces ventilateurs récents ont un écran permettant la surveillance des courbes de pression et/ou de débit.*

# Quelques ventilateurs conventionnels de première génération

**Bear 1000**



**Bird 6400**



**Servo 300 Maquet**



**Evita 2 Drager**



**Puritan Bennett 7200**



**Servo 900C Siemens**

# Quelques ventilateurs conventionnels de dernière génération



**Evita 4 Drager**



**Evita XL Drager**



**Servo i Maquet**

**840 Puritan Bennett (Covidien)**



**Galileo Hamilton**



**Avea Cardinal Health**



**Extend Taema**



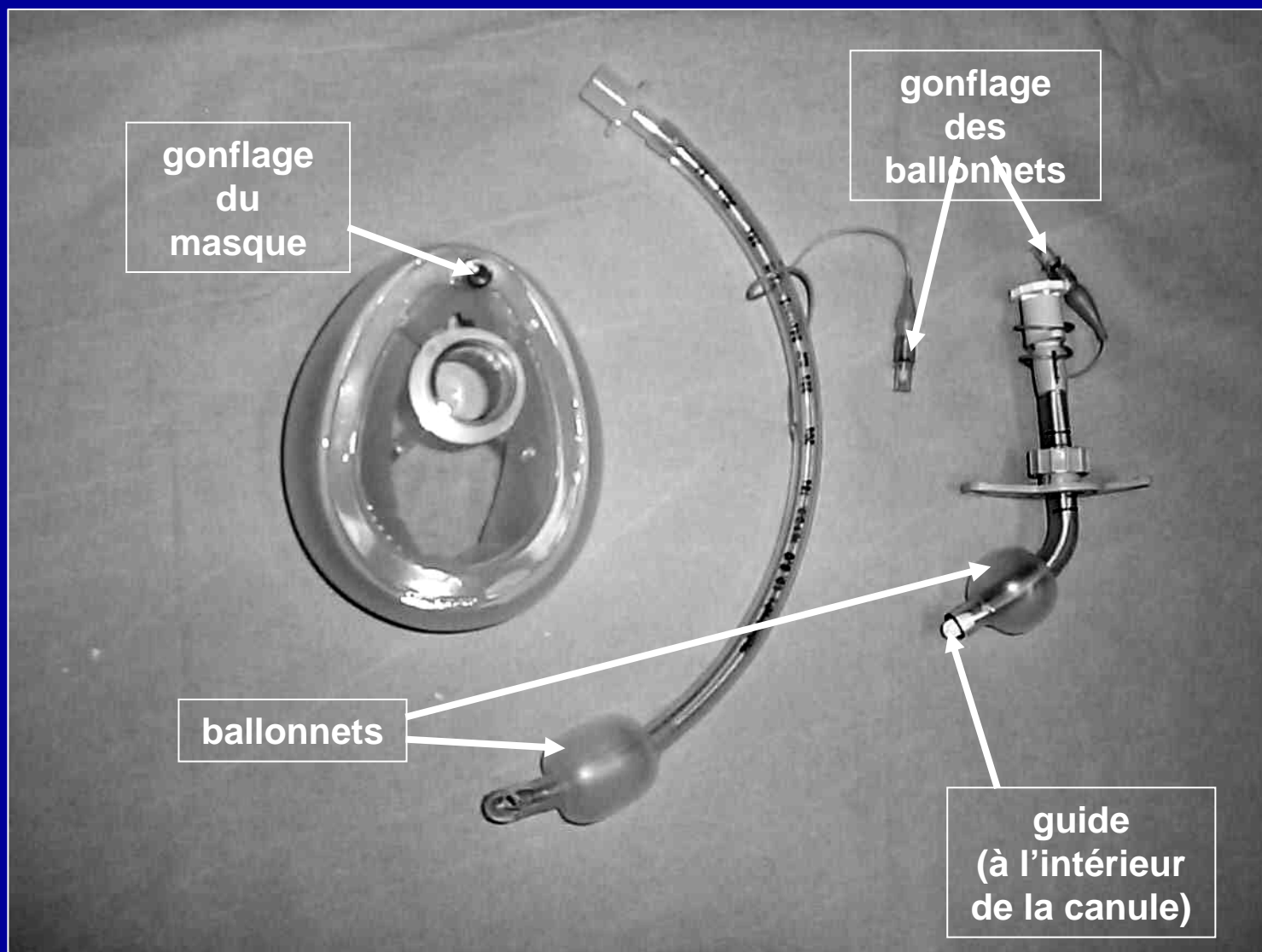
**Vision Respiration**

## VI. Les voies aériennes\*

- La ventilation artificielle nécessite l'accès aux voies aériennes inférieures (la trachée). Plusieurs voies sont possibles.
  - une sonde d'intubation oro-trachéale (introduction par la bouche ; le plus souvent)
  - une sonde d'intubation naso-trachéale (par le nez ; plus rarement)
  - une canule de trachéotomie (en cas de sevrage difficile de la ventilation)
  - **Chez l'enfant, les sondes à ballonnet peuvent être utilisées**

# Positionnement et fixation des sondes

- Les dispositifs de fixation des sondes d'intubation doivent être soigneusement et régulièrement vérifiés.
- La distance de la sonde d'intubation est repérée et régulièrement vérifiée par rapport aux arcades dentaires.
- Le niveau de gonflage du ballonnet de la sonde d'intubation est régulièrement vérifié (25 cm H<sub>2</sub>O), par exemple 3 fois/jour



*Plusieurs interfaces connectent le patient au ventilateur. Le masque est utilisé pour la ventilation non invasive. Les sondes endotrachéales et de trachéotomie sont utilisés en cas de ventilation invasive. Elles nécessitent de gonfler le ballonnet qui assure l'étanchéité dans la trachée à 25 cmH<sub>2</sub>O.*



# VII. Les paramètres de surveillance (valable pour tous les modes ventilatoires)

- La SpO<sub>2</sub> (objectif 90 – 96 %)
  - alarme basse indispensable
- La ventilation minute expirée (VE /min)
  - des alarmes sont indispensables
  - alarmes basses réglées à 50 % de la ventilation minute de départ
  - alarmes hautes à 200 % de la ventilation minute de départ
- Le volume courant expiré ou VTE

# Les paramètres de surveillance en ventilation contrôlée ou assistée contrôlée

- La pression maximum (ou de pic) dans les voies aériennes
  - alarme indispensable
  - 10 à 20 cm H<sub>2</sub>O au dessus de la pression de base en fonction de la variabilité
  - Quand c'est possible, la pression de plateau affichée (P<sub>plat</sub>) doit rester < 30 cm H<sub>2</sub>O
- La fréquence respiratoire du patient
  - ne devrait pas dépasser 30 à 35/minute
- SpO<sub>2</sub>, VE et VTE (comme pour tous les modes)

# Les paramètres de surveillance en aide inspiratoire

- le VTE
- la fréquence respiratoire
  - ne devrait pas dépasser 35/minute
- SpO<sub>2</sub>, VE et VTE (comme pour tous les modes)

# VIII. Problèmes et solutions

## 1. Il existe une désaturation importante

- Vérifier que le ventilateur fonctionne normalement (il est allumé, la ventilation minute est normale). Si ce n'est pas le cas, faire une ventilation manuelle.
- Rechercher un encombrement bronchique important et aspirer les sécrétions.
- Vérifier que la sonde d'intubation est bien en place :
  - ni ressortie (il existe des fuites et le patient n'est plus ventilé); si c'est le cas, appeler le médecin pour réintuber le patient
  - ni trop enfoncée (la ventilation ne se fait plus que dans un seul des deux poumons) :
    - si c'est le cas appeler le médecin et retirer la sonde d'intubation de 1 ou 2 centimètres
- Monter la FiO<sub>2</sub> ; Appeler le médecin et demander une radiographie à la recherche d'autres problèmes

# VIII. Problèmes et solutions

## 2. Les pressions s'élèvent

- Rechercher la présence de sécrétions importantes et aspirer,
- Vérifier que la sonde d'intubation n'est pas trop enfoncée (avec un seul poumon qui se soulève).
- Vérifier que le patient ne mord pas la sonde d'intubation.
- Sinon demander une radiographie et appeler le médecin à la recherche d'autres problèmes médicaux.

## VIII. Problèmes et solutions

### 3. Le volume courant expiré diminue de même que la ventilation minute

- Vérifier qu'il n'existe pas une fuite : au niveau des branchements, ballonnet dégonflé, sonde d'intubation trop retirée, trop haute.
- Vérifier qu'il n'existe pas des pressions trop élevées qui coupent la ventilation (vérifier l'« alarme haute pression »)

# IX. Sevrage de la ventilation mécanique

## L'épreuve de ventilation spontanée

- dite également « épreuve de pièce en T »
- consiste à débrancher le patient du ventilateur pendant 30 à 120 minutes
- tout en maintenant une oxygénation par la sonde d'intubation
- si cette épreuve est bien tolérée, le patient peut être extubé; si cette épreuve est mal tolérée, le patient doit être rebranché
- La même épreuve peut être faite en aide inspiratoire 7 cmH<sub>2</sub>O, sans PEP, sans débrancher le patient du ventilateur.

# Sevrage de la ventilation mécanique

## Quand faire une épreuve de ventilation spontanée ?

- si les critères suivants sont réunis :
  - patient conscient, coopérant, bougeant les membres, et ayant une toux
  - pas de catécholamine
  - FiO<sub>2</sub> à 50% ou moins
  - PEP à 5 cmH<sub>2</sub>O ou moins
- L'épreuve de ventilation spontanée nécessite une surveillance rapprochée



# Sevrage de la ventilation mécanique

Comment faire une épreuve de ventilation spontanée (pièce en T ou aide inspiratoire minimale) ?

- patient informé, rassuré, encouragé
- installé en position semi-assise
- aspiration trachéale préalable
- il existe un dispositif d'humidification des voies aériennes
- durée 30 à 120 minutes
- surveillance FR, FC, PA, SpO2, clinique
- Chez le nourrisson, l'épreuve peut être réalisée sous une enceinte de Hood

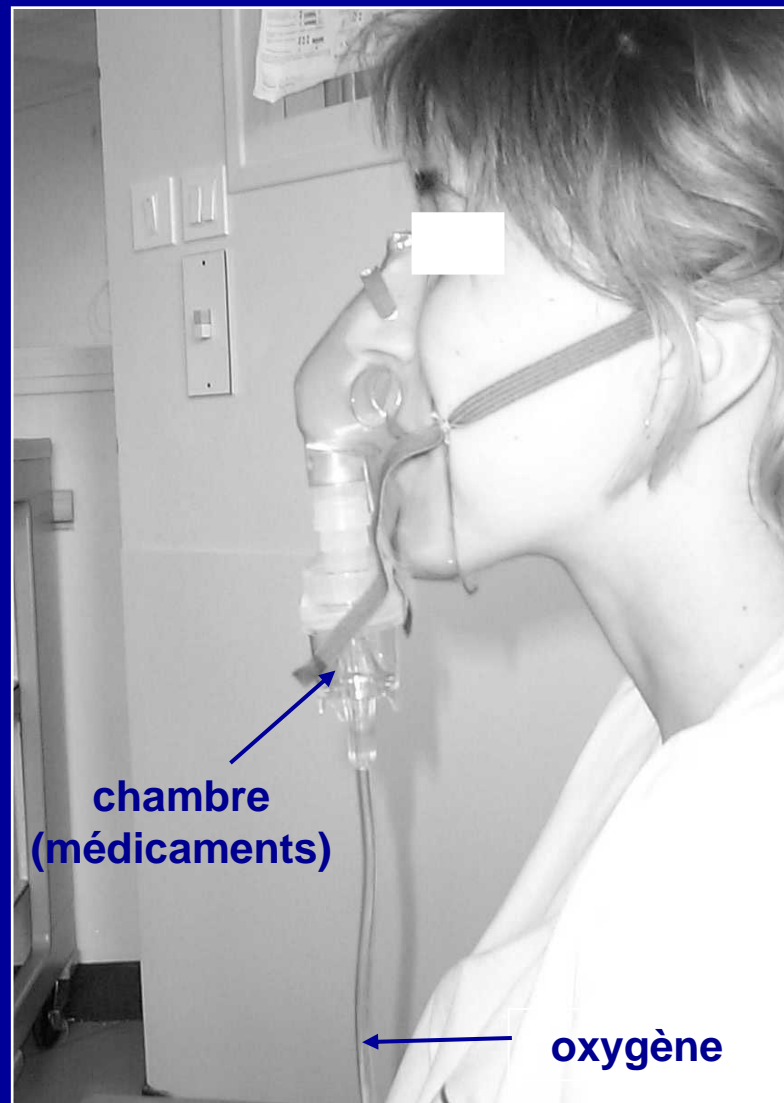
# Sevrage de la ventilation mécanique

## Comment savoir si l'épreuve de ventilation spontanée est satisfaisante ?\*

- si les critères suivants sont réunis
  - pas de signe clinique de détresse respiratoire
    - pas de sueur, pas de cyanose, pas d'agitation, pas de trouble de vigilance
  - pas d'augmentation importante de la fréquence respiratoire (FR < 35/min) (**tenir compte de l'âge chez l'enfant**)
  - pas d'augmentation importante de la fréquence cardiaque ou de la pression artérielle
  - SpO<sub>2</sub> > 90 %
- alors l'extubation sera probablement un succès
- une gazométrie artérielle peut être réalisée

# Sevrage de la ventilation mécanique

- L'extubation et le sevrage de la ventilation mécanique est plutôt facile chez 75% des patients
- Il est difficile chez 20 % des patients (plusieurs essais avant succès), en particulier en cas :
  - d'insuffisance respiratoire chronique
  - d'insuffisance cardiaque
  - de neuromyopathie
- Il est rarement très difficile ou impossible
- Pour les cas difficiles ou très difficiles, une expertise d'équipe est indispensable



*Ce masque est connecté à un dispositif pour aérosol relié à de l'oxygène.  
Il ne s'agit pas de ventilation artificielle.*

# IX. La ventilation non invasive (VNI) ou **Ventilation par masque**

- 1. Technique développée pour traiter les décompensations d'insuffisance respiratoire chronique
- Les autres indications de la VNI sont strictement réservées à la réanimation et aux USI
- Consiste à brancher le patient au ventilateur via un masque facial
- En utilisant généralement l'aide inspiratoire (environ 10 cmH<sub>2</sub>O) avec PEP (5 cmH<sub>2</sub>O)
- Des masques spécifiques et des ventilateurs dédiés existent (**notamment pour le nourrisson et l'enfant**)

# IX. La ventilation non invasive ou Ventilation par masque

- Technique très utile évitant de nombreuses intubations

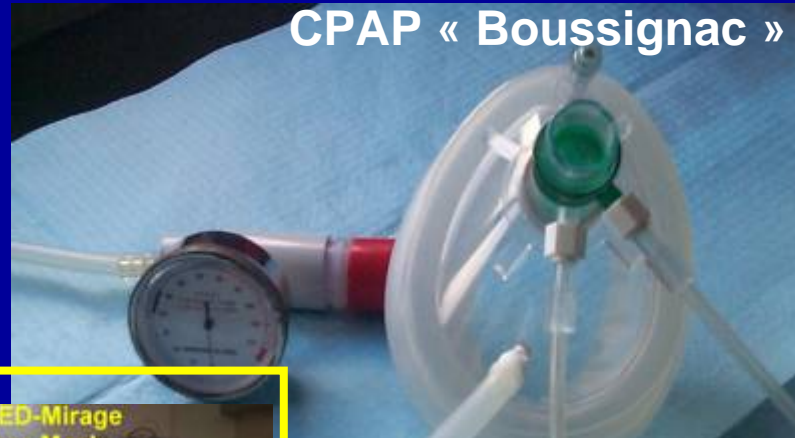
## MAIS

- Nécessite d'y être «entraîné» : repérer et minimiser les fuites, améliorer le confort du patient
- Pourrait augmenter la dissémination de particules si fuites importantes ou mauvaise surveillance
- A ne faire qu'avec prudence ++ en cas de grippe (isolement)

# IX. La ventilation non invasive ou Ventilation par masque

- 2. La ventilation en pression positive au masque (VS-PEP ou « CPAP») est une approche simplifiée pour traiter les oedèmes pulmonaires cardiogéniques ou améliorer l'oxygénation (ex : post-opératoire)
- Consiste à brancher le patient à la CPAP via un masque facial avec PEP (5 à 8 cmH<sub>2</sub>O)
- Des systèmes spécifiques existent (ex CPAP Boussignac) ne nécessitant qu'un simple apport d'oxygène
- Chez le nourrisson, les canules nasales sont très utilisées

# Ventilation non invasive



## Masques faciaux

Rüsch-Pilling  
masque bucco nasal  
05.62.18.79.40



RESMED-Mirage  
Full Face Mask



Facial Peters



IMAGES  
Respironics

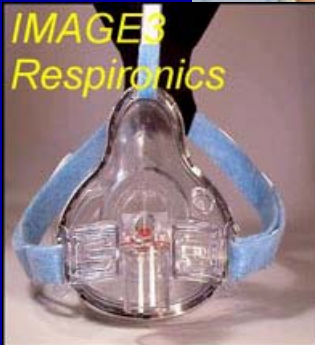


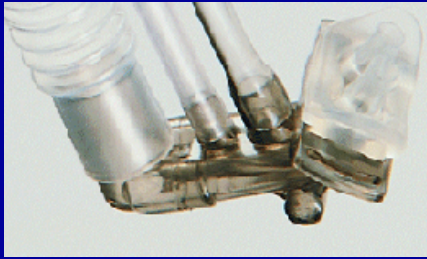
Photo : Dr Lelouch, avec permission



Exemple de  
Masque intégral



# Ventilation non invasive Enfant



Canules nasales



CPAP à bulles



Infant Flow®



Casque

# Intubation

- L'intubation est un geste risqué
- Il ne doit être pratiqué que par un professionnel en ayant une expérience.
- Ceci est particulièrement important chez les patients très hypoxémiques, ce qui est le cas habituel en cas de pneumonie sévère. Chez ces patients, une intubation difficile ou un échec de l'intubation est associé à une morbi-mortalité élevée.
- La VNI peut être utile avant l'intubation pour bien oxygéner et préparer le patient

# Remerciements

- Certaines diapositives ont été fournies par le Pr Jean-Christophe M. Richard (CHU de Rouen), le Dr Frédérique Schortgen (CHU Henri Mondor, Créteil), le Pr. Samir Jaber (CHU de Montpellier), le Dr François Lellouche (CHU Laval, Québec).
- Pour des renseignements supplémentaires on peut consulter [www.reamondor.aphp](http://www.reamondor.aphp)
- Pour la VNI, site ventiweb au CHU de Rouen (<http://www3.chu-rouen.fr/Internet/test/ventiweb>)
- Pour des renseignements sur les ventilateurs existants (en anglais): Ventworld ([www.ventworld.com](http://www.ventworld.com))

# Ce diaporama a été validé par:



- SRLF: Société de Réanimation de Langue Française
- SPLF, FFP: Société de Pneumologie de Langue Française, Fédération Française de Pneumologie
- SFAR: Société Française d'Anesthésie et de Réanimation
- SFMU: Société Française de Médecine d'Urgence
- GFRUP: Groupe francophone de réanimation et d'urgence pédiatrique