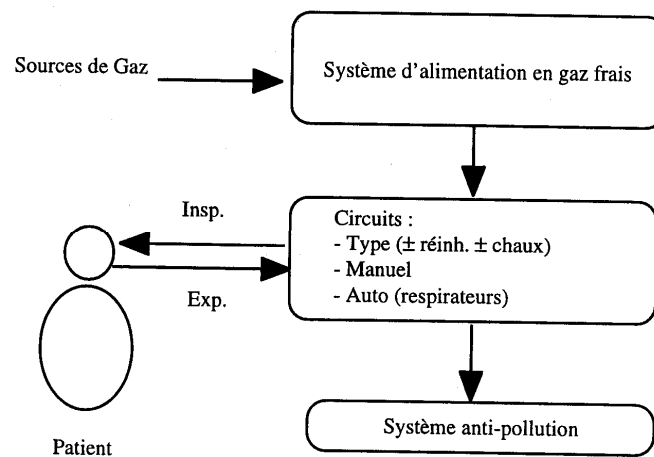


CIRCUITS ACCESSOIRES ET VALVES D' ANESTHESIE

Dr Hadrien Rozé
SAR2, Réanimation Thoracique
Hôpital haut Lévêque
CHU de Bordeaux

Introduction





Introduction

Trois types de circuits existent :

- circuits sans réinhalation de gaz expirés (ou circuit ouvert)
- circuits avec réinhalation et sans absorption du CO_2 (ou circuit semi-ouvert)
- circuits avec réinhalation et absorption du CO_2 (ou circuit semi-fermé et fermé)



Le système d'alimentation en gaz frais (SAGF)

- Arrivée des gaz
- Manomètres
- Détendeurs
- Alarme sonore de baisse de pression d' O_2
- Coupure automatique de N_2O en cas de défaut d' O_2



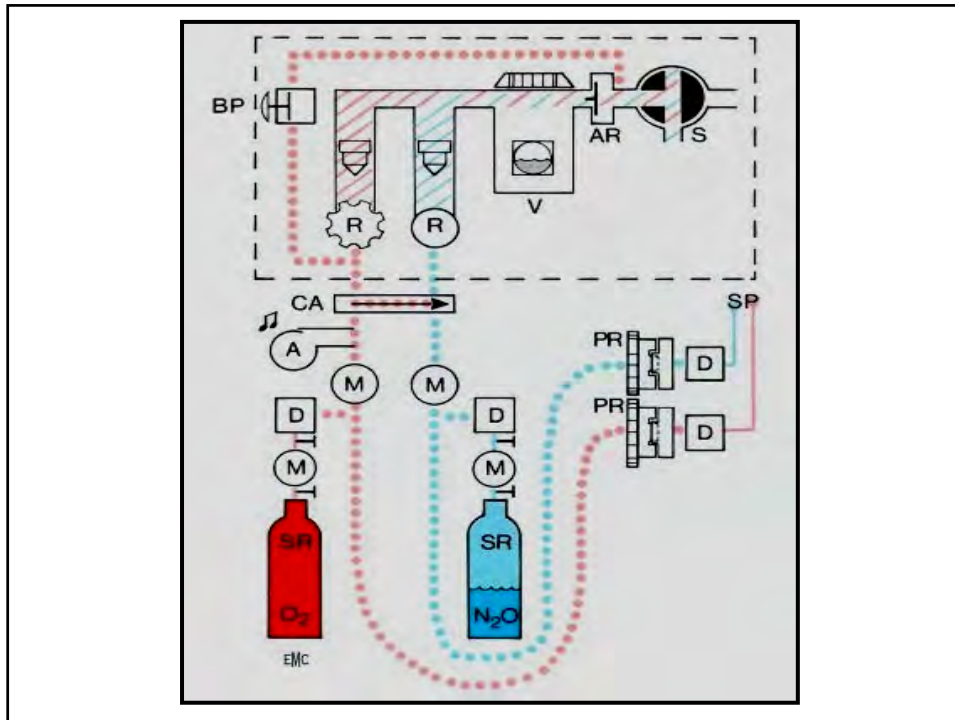
Le système d'alimentation en gaz frais (SAGF)

- Débitmètres
- Vaporisateurs
- Bypass d'O₂
- Sortie du mélange de gaz frais



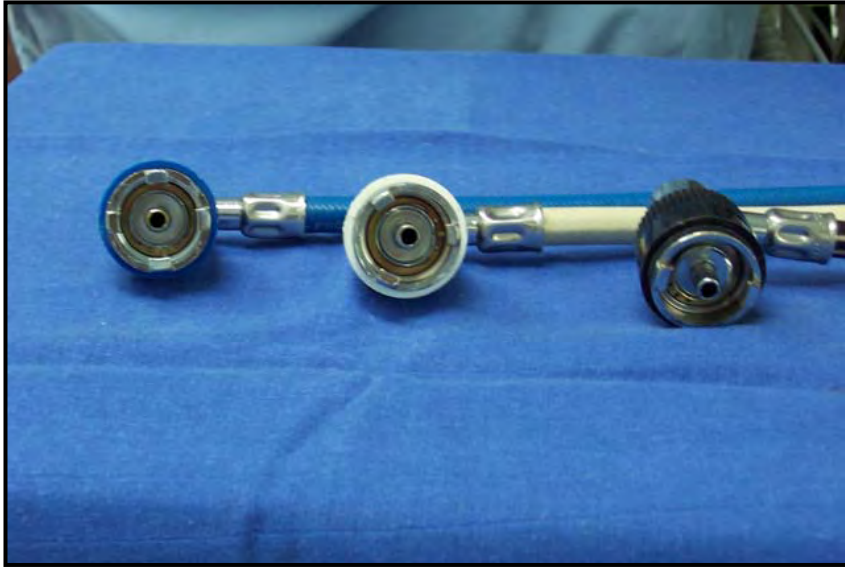
Le système d'alimentation en gaz frais (SAGF)

- Étage à « haute pression »
Sources de gaz → détendeurs
- Étage à « pression intermédiaire »
Détendeurs → débitmètres
- Étage à « basse pression »
Débitmètres → sortie du mélange

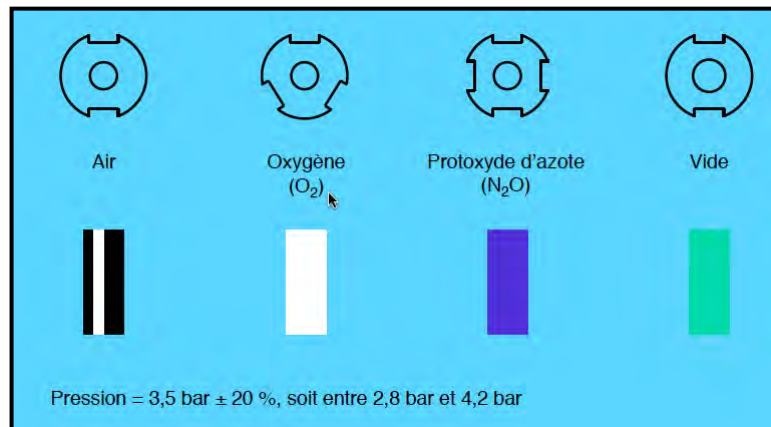


Le système d'alimentation en gaz frais (SAGF)

- Les sources principales ou centrales
 - Stockage sous forme liquéfiée
 - Prises rapides
 - Crans détrompeurs
 - Code de couleur
- Les sources de réserve



PRISES MURALES



Manomètres et détendeurs

- Unité : bar ou atm (atmosphère) avec 1 bar = 1 atm = 760 mmHg



Fonctions du détendeur

- Réduire une pression élevée, dite pression d'alimentation ou d'entrée, en une pression plus basse, dite pression de service ou de sortie
- Assurer une pression constante malgré un débit variable
- Assurer le maintien de la pression et du débit malgré des variations de pression d'alimentation



Débitmètres

- Délivrer un débit continu de gaz
- Calibré pour un gaz déterminé
- Non interchangeables



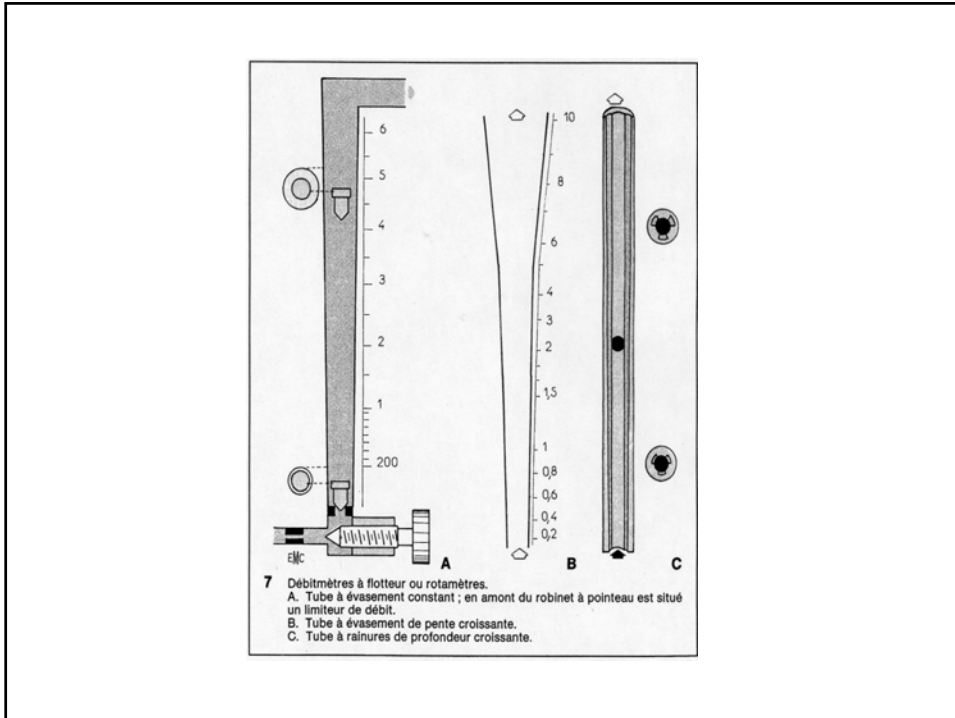
Débitmètres

- Débitmètres à flotteur ou rotamètres
- Débitmètres électroniques

Débitmètres à flotteur

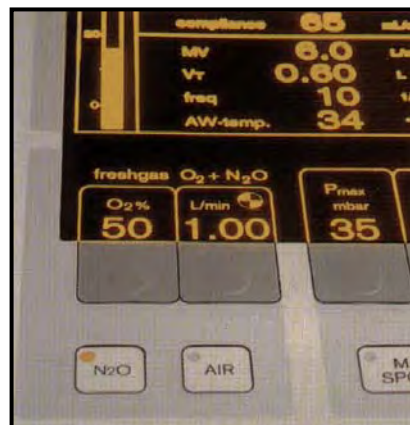
- Équiper la plupart des anciens appareils actuels
- Sont calibrés pour un gaz spécifique
- Leur précision est de l'ordre de $\pm 10\%$ de la valeur affichée
- Sensible aux modifications de pression et de température





Débitmètres électroniques

- Electronique
 - Pas de pièce mécanique
 - Détermination digitale du débit



Composants communs des systèmes anesthésiques



Circuit accessoire

TUYAUX ANNELES

- ADULTES 400- 450 ml/100cm
- Contenance Vt adulte
- Faible résistance au passage des gaz < 0.15 cm H₂O/100 cm
- Compliance
 - ⇒ Caoutchouc 1-4 ml/cm H₂O
 - ⇒ Polyéthylène 0.3- 0.8 ml/cm H₂O

BALLON



- Réservoir très compliant
- Réinhalation des gaz expirés
- Ventilation assistée ou spontanée
- Distension = « amortisseur »
 - ⇒ Caoutchouc: 30 à 50 cm H₂O
 - ⇒ Polymères plastifiés: - de sécurité

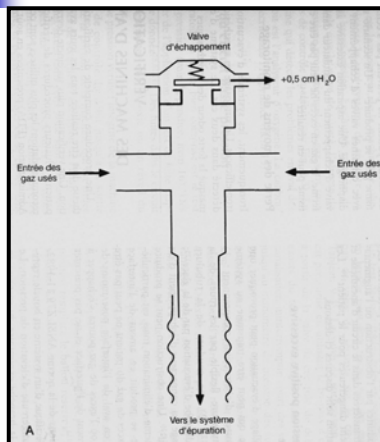


La valve d'échappement réglable

- APL (Adjustable pressure-limiting valve)
- Elle permet au gaz en excès dans le circuit de s'échapper quand sa pression dépasse une valeur réglable, appelée pression d'ouverture.
- Elle assure donc un contrôle de la pression régnant à l'intérieur du circuit d'anesthésie.



La valve d'échappement réglable



- Segment d'amont ou d'entrée
- Segment d'aval ou de sortie
- Segment d'échappement
- Résistance au passage des gaz faible (0,5 et 2 cmH₂O)



La valve d'échappement réglable En ventilation spontanée

- La valve est laissée entièrement ouverte
- L'excédent de gaz s'échappe vers la fin de l'expiration, quand la pression dépasse la pression d'ouverture de la valve (0,5 à 2 cmH₂O)
- La pression d'ouverture de la valve doit être légèrement supérieure à la pression de déplissement du ballon, pour permettre à celui-ci de se remplir préalablement



La valve d'échappement réglable En ventilation assistée ou contrôlée manuelle

- La valve doit être laissée en partie ouverte
- A l'inspiration, le ballon est comprimé manuellement et la pression dans le circuit augmente jusqu'à ce que la pression d'ouverture soit atteinte => l'excédent de gaz s'échappe donc vers la fin de l'insufflation quand la pression y est la plus élevée
- La pression d'ouverture de la valve (degré de serrage de la vis) est généralement réglable entre 2 et 80 cmH₂O



Bypass d'oxygène

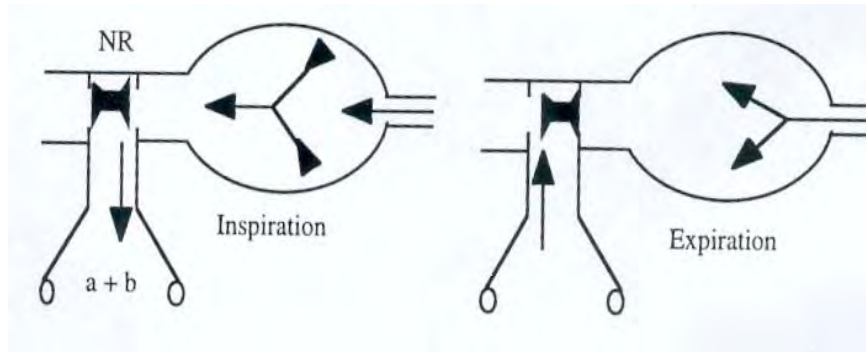
- Délivre instantanément au moins 30 l/min d'O₂ à la sortie du SAGF
- O₂ prélevé avant le débitmètre
- Le flux ne traverse pas le vaporisateur



Circuits sans réinhalation de gaz expirés

- Ce sont des montages très simples
- Ils comportent une valve de non-réinhalation (valve NR) qui dirige les gaz frais dans les voies aériennes et rejette les gaz expirés dans l'air ambiant.
- Ils permettent la ventilation spontanée, assistée et contrôlée.

Systemes avec valve de non-réinhalation



Valves de non-réinhalation (1)

- Empêchent la réinhalation des gaz expirés
- Elles se composent de trois segments assemblés en T :
 - un segment inspiratoire
 - un segment patient
 - un segment expiratoire



Valves de non-réinhalation (2)

- Comportent un ou plusieurs clapets ou valvule(s)

- Sens unique de circulation :

gaz frais ou ballon (segment inspiratoire) =>

patient => air extérieur (segment expiratoire)



Valves de non-réinhalation (3) la valve idéale

- De très faibles pressions d'ouverture et de fermeture du (des) clapet(s)
- Des résistances faibles
- Un espace mort minime



Valves de non-réinhalation (4) la valve idéale

- Pas de « fuites en avant »
 - passage de gaz insufflés dans le segment expiratoire en début d'insufflation

- Pas « fuites en arrière »
 - passage de gaz expirés dans le segment inspiratoire en début d'expiration



Valves de non-réinhalation (4)

La valve NR doit être :

- légère
- transparente
- facile à nettoyer, à démonter et à stériliser
- résistante aux chocs et à la stérilisation

Valve d'Ambu

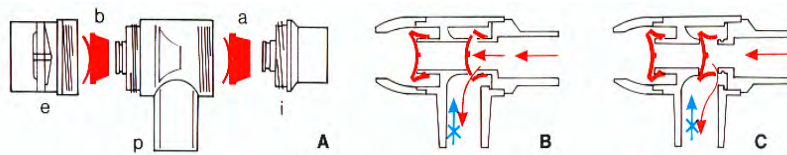
- Adulte et enfant
- La valve Ambu E
 - espace mort de 12 ml
 - peu de résistances au passage des gaz
 - elle comporte deux clapets en caoutchouc siliconé, l'un serti sur l'orifice interne du conduit inspiratoire et l'autre sur l'orifice externe du conduit expiratoire.



Valve d'Ambu E



Valve d'Ambu E

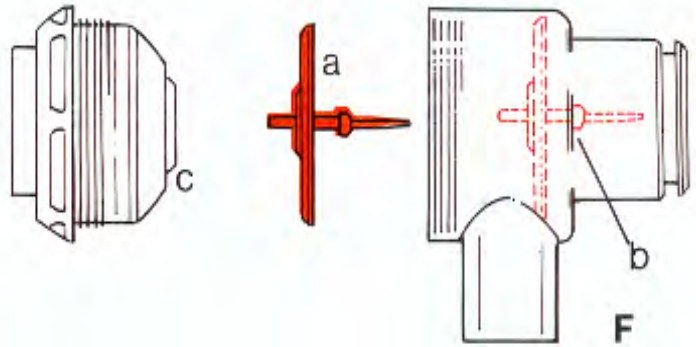


La valve Ambu Mark III à un clapet

- Un seul clapet inséré sur l'orifice interne du segment inspiratoire
- Le segment expiratoire ne dispose pas de clapet
- L'espace mort : 8 ml
- Résistances faibles



La valve Ambu Mark III à un clapet



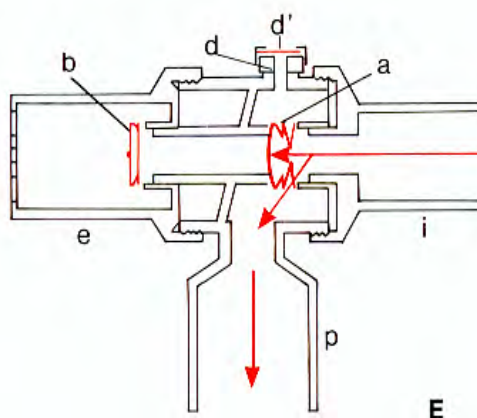
La valve Ambu Mark III à un clapet



Valve Ambu Paedi

- Valve d'échappement qui s'ouvre pour des pressions dépassant environ 30 cmH₂O.
- Disque obturateur métallique retenu par un aimant annulaire (se soulève sous l'effet de la pression des gaz)
- Espace mort : 0,8 ml
- Résistances relativement importantes
- Éviter la ventilation spontanée prolongée avec cette valve

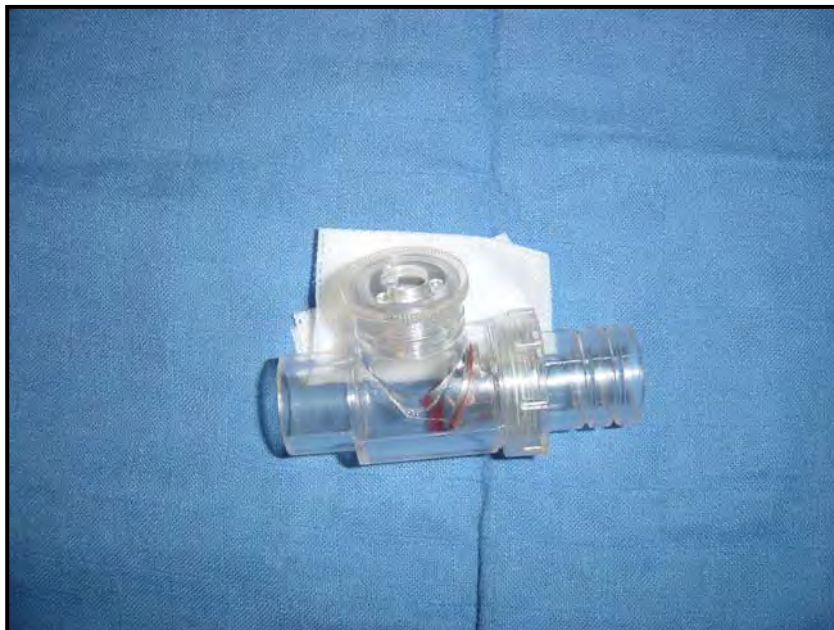
Valve Ambu Paedi



Valve de Digby-Leigh



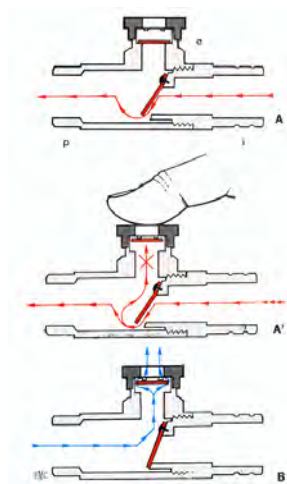
- Destinée uniquement à l'anesthésie pédiatrique
- Lame plastique travaillant en torsion => fortes résistances
- L'espace mort est de 7 mL
- Le clapet expiratoire «cliquette »



Valve de Digby-Leigh (2)

- La ventilation assistée est difficile avec cette valve
- Elle se démonte et se nettoie facilement
- Un retour partiel des gaz expirés dans le segment inspiratoire, donc une réinhalation, peut se produire

Valve de Digby-Leigh



Valve de Ruben



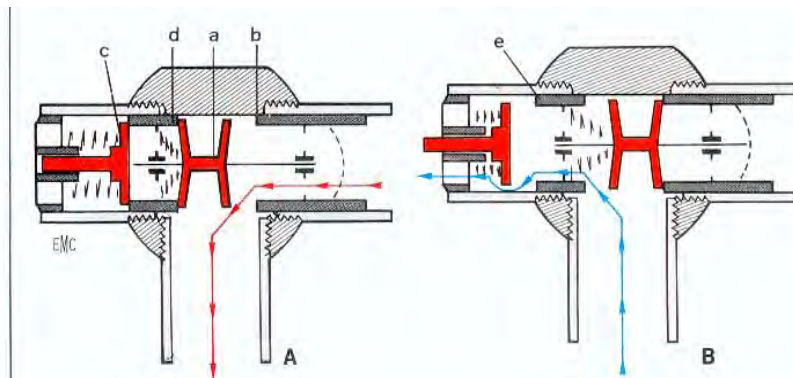
- L'un des clapets est double et comporte un axe d'acier asymétrique coulissant dans des bagues
- Valve fragile, elle n'est pas conçue pour être démontée de façon habituelle

Valve de Ruben

- De nombreuses erreurs sont possibles si le remontage n'est pas fait par des mains expertes : les ressorts doivent être positionnés avec un sens précis
- Elle est plus fragile que la valve Ambu



Valve de Ruben

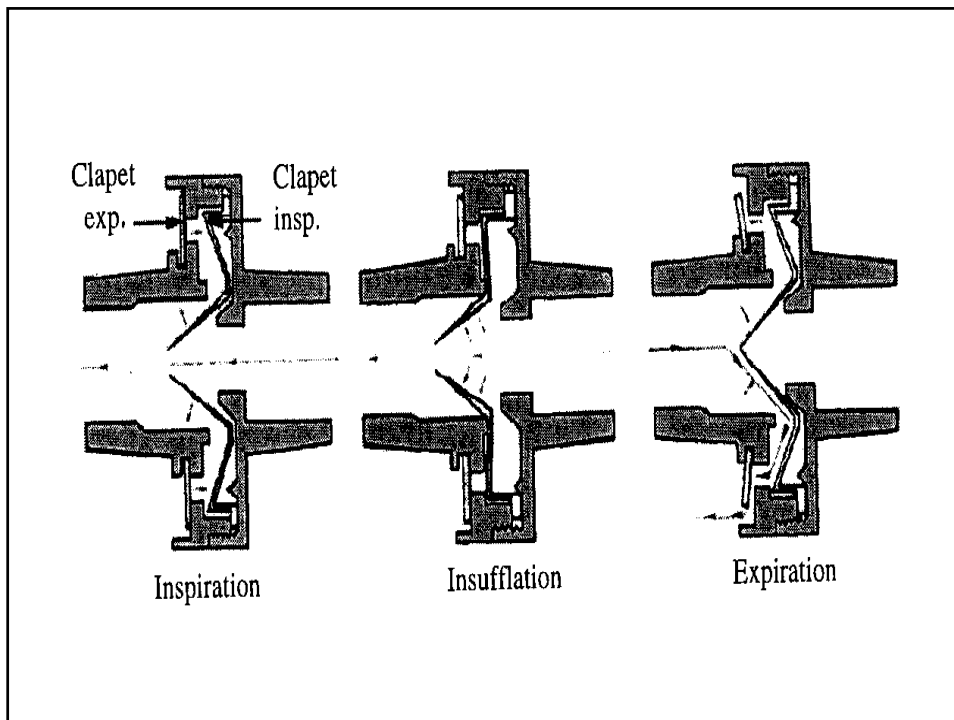


Valve Laerdal



- Elle comporte deux clapets en Silastic :
 - le clapet inspiratoire est en forme de bec de canard
 - Le clapet expiratoire en forme d'anneau
- L'espace mort 9 mL
- Résistances très faibles





Systèmes avec valve de non-réinhalation

- Systèmes avec valve NR sont :
 - Simples
 - Légers
 - peu encombrants
 - faciles d'entretien
 - bon marché

- Compliances et résistances peu élevées



Systèmes avec valve de non-réinhalation

- Amélioration du circuit :
 - tuyau annelé entre la valve NR et le ballon
 - valve d'échappement (soit incluse dans la valve NR, soit entre valve NR et ballon)

=> pour éviter les accidents d'hyperpression



Avantages

- Mélange gazeux sans gaz expiré
=> composition constante et connue +++
- Ventilation assistée ou manuelle
- Monitoring de la FiO_2



Inconvénients (1)

- Non-réinhalation => consommation élevée de gaz frais (= celle de la ventilation-minute)
+++
- DGF supérieur ou égal à la ventilation minute pour maintenir le ballon gonflé
- Gaz froids et secs => perte de chaleur et d'eau



Inconvénients (2)

- Si filtre échangeur de chaleur => augmentation de l'espace mort
- Pollution
- Ventilation effective du patient mal appréciée
- Défaut de valve



Systemes avec ballon ordinaire

- Evaluation de la ventilation-minute (VE), à partir des valeurs affichées sur les débitmètres alimentant le ballon, c'est-à-dire le débit de gaz frais (DGF) :
 - Si $DGF = VE$, les variations de volume du ballon restent constantes dans le temps
 - Si $DGF > VE$, le ballon se distend progressivement et un accident d'hyperpression peut survenir
 - A l'inverse, si $DGF < VE$, le ballon se collabe progressivement



Les différents circuits

A lire ...

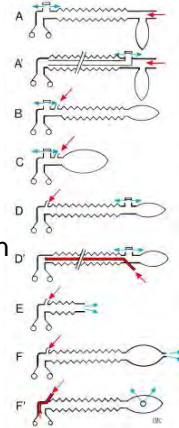
Systemes **SANS** réinhalation
SANS absorption du CO2

Circuit ouvert



Systèmes AVEC réinhalation SANS absorption du CO₂

- Les systèmes avec réinhalation de gaz expirés non épurés en CO₂, ou systèmes semi-ouverts
 - classification de Mapleson (5 systèmes A-E)
 - Willis et coll. ont ajouté un système F, correspondant, selon le siège de l'orifice d'échappement des gaz, au
 - système de Jackson-Rees ou au système de Kuhn
- systèmes en ligne fonctionnant en va-et-vient et dépourvus d'absorbeur de CO₂, de valves unidirectionnelles et de valves de non-réinhalation



MELANGE DE GAZ

- Réinhalation /Gaz frais (O₂, N₂O, AIR...)
- Absorption (tuyaux) et adsorption (chaux)
- Fuite
- Entrée d'air ambiant: réserve du mélange inférieure au V_t

MELANGE DE GAZ

Réinhalation

■ Réinhalation de gaz expirés inchangés

- ⇒ riches en CO₂ et appauvris en O₂
- ⇒ effets défavorables dont le principal est une hypercapnie
- ⇒ Reconnaître une réinhalation ? :
 - ⇒ ventilation spontanée, augmentation de la ventilation minute d'au moins 10 %, avec PaCO₂ inchangée ou augmentée
 - ⇒ en ventilation instrumentale à volume constant, augmentation d'au moins 5 mmHg (0,7 kPa) de la PaCO₂

MELANGE DE GAZ

Réinhalation

- surveillance PETCO₂
 - concentration fractionnelle de CO₂ de fin d'expiration, donc d'origine alvéolaire. (! Gradient alvéoloartériel)
 - délai entre le début de la réinhalation et celui de l'augmentation de la PaCO₂.
 - fonction du stock de CO₂ de l'organisme (normalement 15 à 20 litres chez l'adulte)
 - et de l'état des systèmes tampon.
- Si réinhalation
 - PETCO₂ ≠ CO₂ alvéolaire + CO₂ inspiré (FiCO₂).
 - FiCO₂ dépend
 - de l'anatomie du système anesthésique
 - du débit de gaz frais.

MELANGE DE GAZ

Réinhalation « bénéfique »

- passage dans un absorbeur (débarassés du CO₂) et enrichis en O₂ et en gaz anesthésique par inhalation
- Avantages
 - ⇒ Economie de gaz et vapeur anesthésiques.
 - ⇒ gain de chaleur et d'humidité au niveau de l'absorbeur de CO₂
 - ⇒ diminution de la pollution

MELANGE DE GAZ

Facteurs régissant la réinhalation

- Alimentation du système en gaz frais et modalités de ventilation
- Espace mort du système anesthésique
 - ⇒ Espace mort mécanique
 - ↳ le masque, ou la sonde d'intubation, ou la canule de trachéotomie
 - ↳ le " nez artificiel ", le segment patient ou axial du raccord en Y ou en T du circuit filtre,
 - ↳ la partie initiale des systèmes de la classification de Mapleson, le segment patient de la valve de non-réinhalation

MELANGE DE GAZ

Facteurs régissant la réinhalation

- L'espace mort mécanique peut contenir trois types de mélanges gazeux :
 - ⇒ du gaz **d'espace mort anatomique** (composition similaire au mélange inspiré, mais qui est saturé en vapeur d'eau et à 32°C environ) = **2 ml/kg**
 - ⇒ du gaz alvéolaire à la température corporelle, saturé en eau, appauvri en O₂ (15 à 16 vol %) et enrichi en CO₂ (5 à 6 vol %) ;
 - ⇒ un mélange de composition mixte, c'est-à-dire une combinaison des deux précédents, renfermant 3 à 4 vol % de CO₂ et 17 à 18 vol % d'O₂ pour une FiO₂ de 0,21.

MELANGE DE GAZ

Facteurs régissant la réinhalation

- Espace mort total $VD(\text{patient} + \text{système}) =$
 - ⇒ Fraction du volume courant (V_t) qui ne pénètre pas dans les alvéoles fonctionnelles
 - ⇒ La fraction d'air alvéolaire expiré, que le sujet va réinspirer dans son espace alvéolaire.
 - ⇒ $VD = V_T$ ventilation peu efficace
 - Normal $VD/V_T < 0,3$
 - Anesthésie et la ventilation artificielle augmentent le VD et le rapport VD/V_T peut atteindre 0,4 à 0,7
 - Age, cardiopathies VD/V_T 0,6 à 0,7

MELANGE DE GAZ

adsorption, absorption

- L'adsorption est la capacité de certaines substances de retenir sur leur surface des gaz et des vapeurs
 - ⇒ Chaux sodée: DGF faible= réveil !!
- ⇒ L'absorption est la capacité de certaines substances de capter, par une véritable dissolution en profondeur, des anesthésiques par inhalation
 - ⇒ coefficient élevé de solubilité:
 - caoutchouc, du silicone +++ et de la matière plastique des tuyaux et du ballon et/ou du soufflet du système anesthésique et du ventilateur
 - Relargage progressif, rinçage inefficace

MELANGE DE GAZ

adsorption, absorption

- « il faut endormir et réveiller la machine avant le patient »
 - Peu d'impact clinique
 - Hyperthermie maligne !!

MELANGE DE GAZ

Constante de temps

- CT dépend
 - du volume de distribution du mélange gazeux = volume système anesthésique et capacité résiduelle fonctionnelle (CRF)
 - du débit de MGF
 - et de la captation (ou du relargage) par les composants du système et les poumons (négligés quand le débit de gaz frais est important).
- La CT est d'autant plus grande que le volume du système et de la CRF est grand et que le débit de MGF est faible

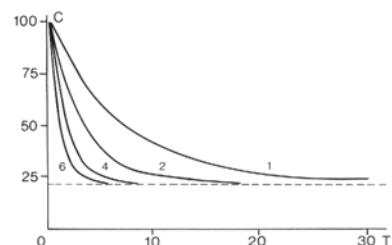
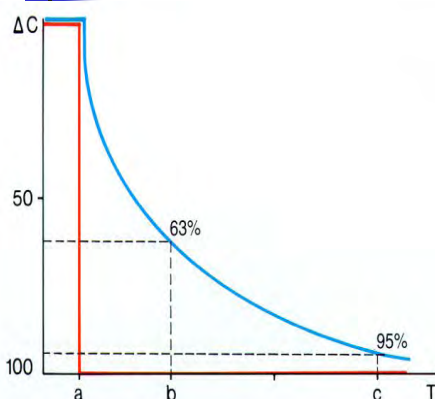
MELANGE DE GAZ

Constante de temps

- La CT : vitesse (min) MGF vers MGFSa à l'état final ou d'équilibre (si pas de sortie).
- $C/C_0 = 1 - \exp(-t / T)$ $T = CRF / VA$
- si $t = T$ $C/C_0 = 63.2\%$
 - Après un changement de composition du MGF, trois CT sont requises pour atteindre 95 % de l'état d'équilibre entre le MGF d'une part, le MGSA et celui de la CRF d'autre part

MELANGE DE GAZ

Constante de temps



6 Constantes de temps du système anesthésique de l'appareil Cicero[®] en fonction du débit de gaz frais, pour un changement de la concentration d'O₂ de 100 vol % à 21 vol % ;
C : concentrations d'O₂ (en vol %) ;
T : temps (en min) ;
1 : débit de gaz frais = 1 l · min⁻¹ ;
2 : débit de gaz frais = 2 l · min⁻¹ ;
4 : débit de gaz frais = 4 l · min⁻¹ ;
6 : débit de gaz frais = 6 l · min⁻¹ (d'après un document Dräger).

MELANGE DE GAZ

température, hygrométrie,...

Température et teneur en eau du mélange gazeux dans le système anesthésique

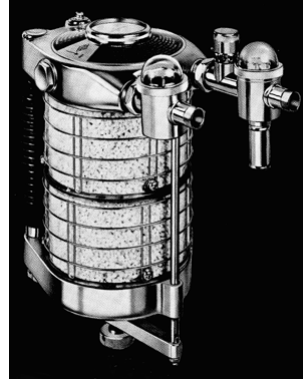
- Réchauffement et humidification peuvent être assurés par le système anesthésique lui-même (absorbeur de CO₂ et réinhalation de gaz expirés), par un nez artificiel ou un humidificateur chauffant.
- Le circuit filtre avec un absorbeur de CO₂ réchauffement et une humidification d'autant meilleurs
 - -que l'absorbeur est situé plus près du patient sur le segment inspiratoire du système anesthésique,
 - -que le volume interne de celui-ci est faible,
 - -que le débit de gaz frais est réduit,
 - -que l'anesthésie est plus longue.

Contamination du système anesthésique par des germes

- sur sa face externe par contact (masque facial, sonde d'intubation endotrachéale) par la flore cutanée, nasale et orale,
- sur sa face interne, par les gouttelettes de sécrétions des voies aériennes expulsées par les secousses de toux.
- effet bactéricide sur les germes non sporulés de la chaux sodée

Absorption du CO2

- « Chaux sodée » ?
 - ↳ Réaction de neutralisation
 - ↳ Activateur: NaOH ou KOH
 - ↳ $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
 - ↳ $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2 \text{NaOH (or KOH)} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$
(or K_2CO_3) + 2 H_2O + Energy
 - ↳ Na_2CO_3 (or K_2CO_3) + $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$
+ 2 NaOH (or KOH)
 - ↳ Sevoflurane instable:
 - ↳ **Compound A** (mortel à 130-340 ppm, ou insuffisance rénale à 25-50 ppm)
 - ↳ Non recommandé si < 1 L/min plus de 2 MAC/Hours.
 - ↳ **CO** : desflurane >= enflurane > isoflurane >> halothane = sevoflurane).



Absorption du CO2 (2)

- Nouveaux absorbants de CO2:
 - ↳ Diminution de NaOH, absence de KOH
 - ↳ Activateur: baryte
 - ↳ $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 + 9 \text{H}_2\text{O} + \text{Energy}$
 - ↳ $9 \text{H}_2\text{O} + 9 \text{CO}_2 \rightarrow 9 \text{H}_2\text{CO}_3$
(Then by direct reactions and by NaOH, KOH if present)
 - ↳ $9 \text{H}_2\text{CO}_3 + 9 \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 18 \text{H}_2\text{O} + \text{Energy}$



Les vaporisateurs

- Transforme un anesthésique liquide en sa vapeur
- Assure l'apport d'une quantité contrôlable dans le mélange gazeux inhalé par le patient
- Unité : volume pour 100 (nombre de volumes de vapeur par rapport à un total de 100 unités de volume du mélange gaz / vapeur anesthésique)

Compensation thermique

