

# CIRCUIT FILTRE

Le circuit filtre est devenu au fil des ans le standard de la machine d'anesthésie. Au ventilateur comprenant un système d'anesthésie ou circuit d'anesthésie se sont ajoutés au fil des ans divers monitorages, témoignant de l'évolution du ventilateur d'anesthésie vers le poste d'anesthésie plus ou moins intégré et plus ou moins modulaire.

Le principe de base du circuit filtre ou circuit en cercle repose sur le fait de permettre au patient la réinhalation partielle ou totale des gaz expirés.

## 1 Historique

### 1.1 Dates

L'histoire de l'anesthésie débute le 16/10/1846 : le Docteur Morton, dentiste réalise la première AG à l'éther.

Plusieurs dates peuvent être retenues depuis :

- 1864 : notion de prémédication (Claude Bernard), effet favorable de la morphine avant chloroformisation
- 1871 : intubation trachéale (Trendelenbourg)
- 1884 : AL par Koller
- 1885 : apparition des premiers appareils avec réinhalation de l'azote (HEWITT)
- 1906 : premières machines d'anesthésie avec réinhalation par Heidbrink
- 1924 : Waters démontre l'utilité de la neutralisation du CO<sup>2</sup> par la chaux.
- 1932 : barbituriques
- 1942 : curares
- 1952 : neuroleptiques
- 1954 : ventilateurs d'anesthésie
- 1956 : halogénés
- 1980 : Propofol
- 1986 : réintroduction du circuit fermé en France à grande échelle
- 1987 : Atracurium (produit à élimination non perturbée par l'insuffisance rénale ou hépatique)
- 1993 : introduction Desflurane (1<sup>er</sup> anesthésique avec évaporateur thermostaté)

### 1.2 Les machines d'anesthésie

Les premiers systèmes ou machine d'anesthésie se composaient d'un circuit patient composé d'une arrivée de gaz frais, d'une connexion patient et d'une sortie de gaz frais. Selon l'agencement de ces divers éléments on disposait de divers circuits. La classification de Mappelson reprend ces divers types de circuits. Certains circuits disposaient d'un ballon réservoir de gaz voire d'un canister<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Système contenant de la chaux sodée destiné à épurer les CO<sup>2</sup>.

Par la suite, en France ce sont imposés les systèmes d'anesthésie dits en circuit ouverts ou sans réinhalation. Le gaz frais était dirigé vers le patient puis expiré au dehors du circuit. La majorité des ventilateur de réveil, de transport ou de réanimation sont basés sur ce principe. Il est à noter que les circuits avec réinhalation ont toujours été utilisés un peu partout dans le monde sauf en France ; on leur reprochait le risque d'inhalation de CO<sup>2</sup> et la non connaissance de la composition du mélange gazeux.

La réintroduction du circuit filtre date des années 1986/1987. Plusieurs raisons expliquent ce renouveau.

En effet, le circuit filtre permet une

- diminution très importante de la pollution dans le bloc opératoire et les poumons de l'anesthésiste réanimateur.

Les normes (incitatives) de pollution en Halogénés et en N<sub>2</sub>O recommandés en France ne sont satisfaites qu'à l'état d'entretien de l'anesthésie qu'avec un circuit filtre, lorsqu'il n'existe pas de système d'évacuation des gaz anesthésiques. Le circuit en cercle nécessite moins d'halogénés et induit une relative économie. A titre d'exemple, le coût d'un flacon de 250 ml de Sévorane est d'environ 1000 francs.

- Les progrès du monitoring (capnographe à réponse rapide, analyseurs d'halogénés) rendent la pratique du circuit filtre plus sûre (surtout lors de l'apprentissage)
- Le circuit filtre apporte un certain degré de chaleur et d'humidification des gaz inspirés.
- Le marché français est devenu plus ouvert et plus standardisé (européanisation puis mondialisation des productions)
- Accessoirement, le circuit filtre permet des anesthésies plus stables du fait de la moins grande variabilité de la composition du mélange gazeux.

## **2 LE CIRCUIT D'ANESTHESIE : DEFINITION :**

Le circuit d'anesthésie est l'ensemble des éléments de l'appareil d'anesthésie par lesquels transitent les gaz : il peut aller de la simple compresse aux divers ventilateurs plus ou moins complexes.

### **2.1 Classification des circuits :**

On distingue des circuits ouverts, semi ouverts, semi fermés, et fermés, comme souvent en médecine les auteurs donnent des significations différentes à ces termes

Pour simplifier, on peut dire que :

- un circuit ouvert (ou semi ouvert) se caractérise par le fait que le patient inspire un mélange gazeux et le rejette vers l'extérieur

Exemple de circuit ouvert :

- un circuit fermé ou semi fermé se caractérise par la possibilité pour le patient, d'inspirer un mélange gazeux puis de l'expirer vers un "réservoir", lors de futures inspirations, une partie du mélange gazeux inspiré par le patient proviendra de ce réservoir. Il y a donc une réinhalation par le patient de ses gaz expirés. Ce circuit s'appelle circuit en cercle, circuit filtre ou circuit avec réinhalation. Les gaz réinhalés sont épurés du CO<sup>2</sup> par des moyens chimiques.
- Le circuit fermé avec un bas débit de gaz frais (ou low flow) est un circuit en cercle utilisé avec un débit de gaz frais inférieur à un litre par minute.
- un circuit est dit fermé "strict" lorsque le patient inhale uniquement son gaz expiré plus sa consommation de mélange gazeux (soit sa consommation d'oxygène et l'élimination de N<sub>2</sub>O). Seul certains appareils munis de système de surveillance et de monitoring

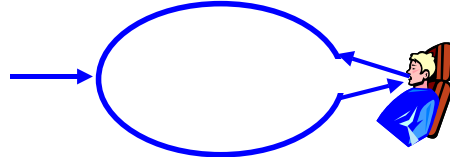
précis permettent une telle utilisation, dont le Physioflex™, L'intérêt clinique et financier de ce type de circuit ne se justifie à ce jour que dans des circonstances spécifiques (gaz rares)

### 3 Les éléments constitutifs du circuit filtre

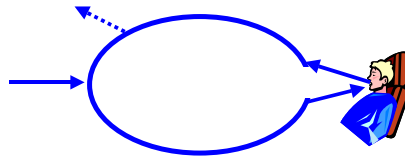
#### 3.1 Principe du circuit en cercle

un circuit filtre est un circuit qui permet au patient d'inspirer une partie des gaz qu'il a précédemment expirés, ses gaz étant épurés du CO<sub>2</sub>.

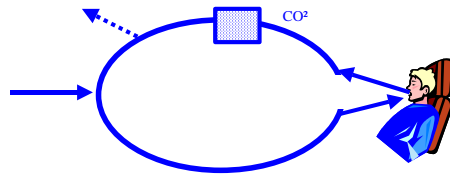
En pratique, les gaz arrivent dans l'appareil d'anesthésie, passent par un mélangeur, puis sont administrés dans le circuit d'anesthésie



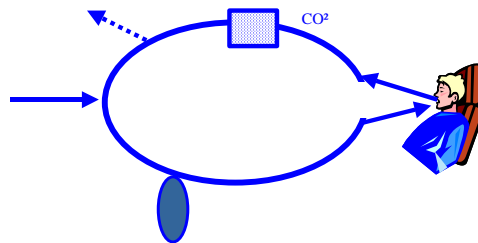
Bien sur il faut prévoir Un système permettant l'évacuation des gaz en excès, qui laisse s'échapper ce gaz à une pression la plus basse possible



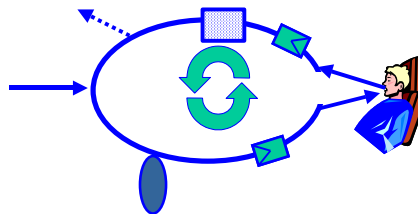
Un système d'épuration ou d'évacuation du CO<sub>2</sub>, en pratique on épure le CO<sub>2</sub> par la chaux dans le canister



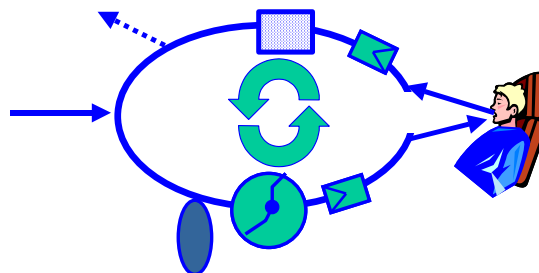
Le flux de gaz frais étant constant, la ventilation étant cyclique, il convient Soit d'avoir un DGF instantané supérieur au débit maximum inspiratoire du patient Soit d'avoir un réservoir tampon dans le circuit (ballon)



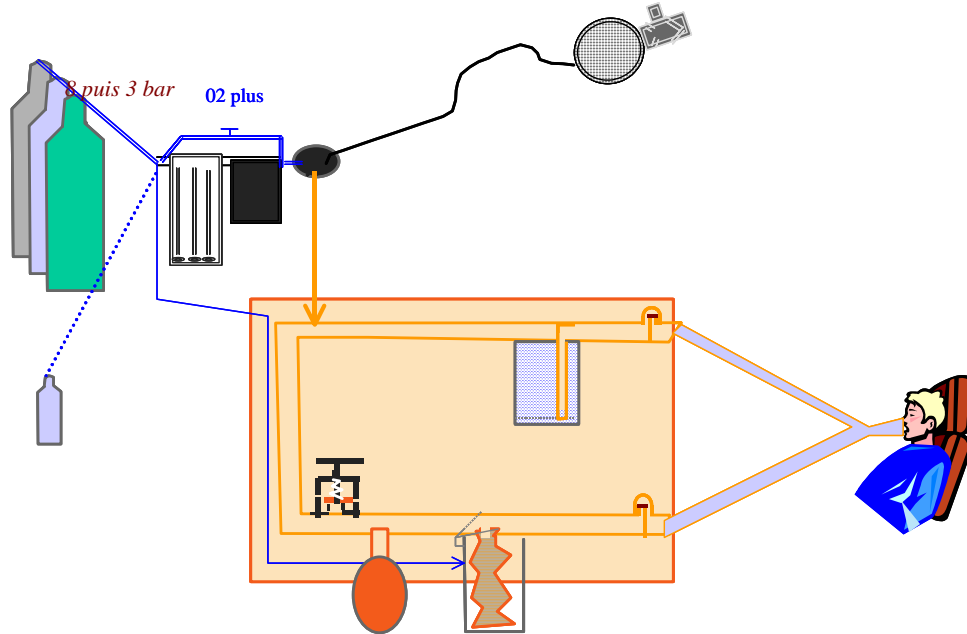
Afin d'être certain que la circulation de gaz dans le circuit se fasse toujours du patient vers le système de filtration, il faut imposer un sens de rotation au gaz, c'est le rôle des valves unidirectionnelles (généralement 2)



Au cours de l'anesthésie, il existe une hypoventilation du patient, il convient donc de pouvoir pratiquer une ventilation assistée au moyen d'un système moteur qui peut être ou non utilisé (VS ou V assistée) ou en bouchant la sortie des gaz en excès et en appliquant une pression sur le ballon réservoir



On obtient donc.



## 3.2 Le mélangeur

### 3.2.1 ROLE :

Le débit litre assure une délivrance constante ( $\pm$ ) d'un volume de gaz  
En cas d'administration de plusieurs gaz, la concentration de chaque gaz sera fonction du rapport des différents débits Ce rôle est assuré par un mélangeur (2 à 4 gaz)

Le mélangeur

\* Assure une composition précise du mélange gazeux et maintenir un volume précis de chaque gaz, indépendamment des variations de pression

On utilise deux ou trois types de gaz : oxygène, protoxyde d'azote, +/- air, quatre parfois ( $\text{CO}_2$ )

- assurer un ratio minimum entre le protoxyde d'azote et l' $\text{O}_2$  ce qui empêche la fourniture d'un mélange hypoxique
- \* assurer une coupure du protoxyde d'azote en cas de baisse de pression d'oxygène<sup>2</sup> au delà de certaines limites.
- Assurer l'étanchéité entre l'oxygène et le protoxyde d'azote



### 3.2.2 PRINCIPE :

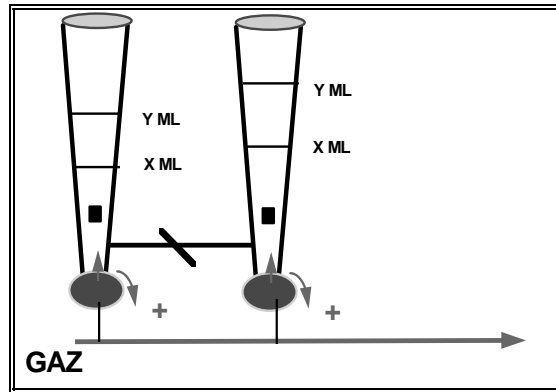
Le mélangeur classique est composé de tubes de verre évasés dans lequel se meut un témoin ou flotteur.

Le diamètre du ou des tubes croit (tube de Thorpe), donc plus il y a de débit plus le gaz en se déplaçant soulevera le témoin.

<sup>2</sup>Certains mélangeurs coupent la délivrance de protoxyde d'azote en deçà d'une certaine valeur de pression d'oxygène, d'autres réalisent une égalisation de pression entre  $\text{O}_2$  et  $\text{N}_2\text{O}$  jusqu'à une certaine pression (souvent 2 bar) puis en deçà d'une valeur critique coupent la délivrance protoxyde d'azote

Le tube est gradué en fonction du débit de gaz frais admis dans le tube. Plus il y a de gaz, plus le niveau du témoin est haut.

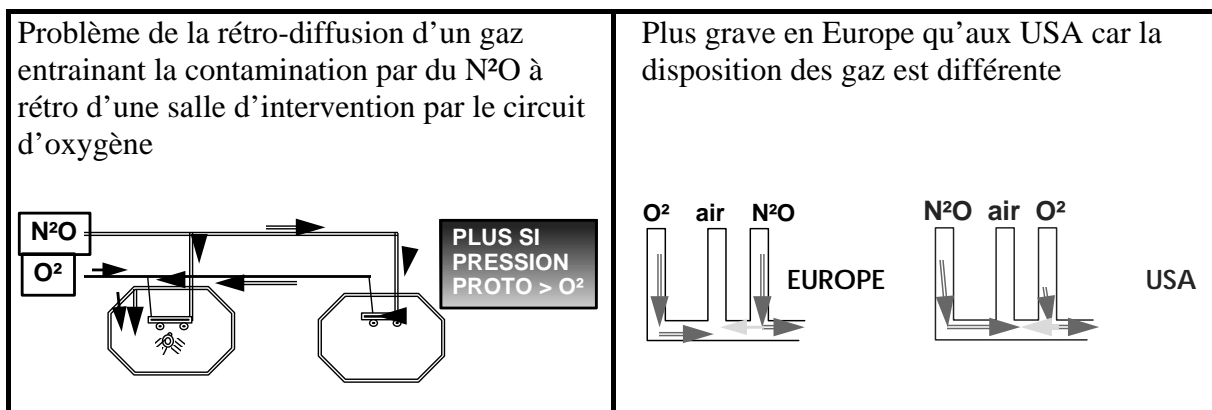
Pour certains débits litres on administre un débit donné de gaz et les graduations sont reportées ensuite sur le tube.



Ils fonctionnent dans des plages de valeur fixe,

### 3.2.3 PROBLEME DE LA RETRODIFFUSION :

Il y a quelques années des problèmes sont apparus avec les débit litres, dont celui de la rétrodiffusion. Il s'agit de la contamination à rétro par le protoxyde d'azote issu d'un mélangeur à l'arrêt vers le tuyau d'oxygène. Cette rétrodiffusion ne peut se faire que si la pression de proto est supérieure à la pression d'oxygène et ne se réalise qu'au sein de salles desservies par le même circuit secondaire.



La solution pour éviter ces phénomènes est

- consiste à mettre des valves antiretour ou(et) des systèmes d'asservissement de pression entre O<sup>2</sup> et N<sup>2</sup>O tels que la pression d'O<sup>2</sup> n'est jamais inférieure à celle de protoxyde d'azote.
- Régler au niveau du détendeur une pression d'O<sup>2</sup> > pression air > pression protoxyde d'azote
- Débrancher l'alimentation en gaz des machines lorsque le programme opératoire est terminé dans une salle

### 3.2.4 LES DEBITS LITRES « ELECTRONIQUES » :

Depuis peu, certains appareils sont équipés de débits litres électroniques. Il n'existe plus de tube, le débit est indiqué par un chiffre ou un bar graph sur le ventilateur.

Le principe consiste à ouvrir une vanne, le gaz libéré dans une enceinte semi close génère une pression qui est fonction du débit de gaz. Cette pression est mesurée.

A un débit désiré par l'utilisateur correspond une pression définie dans la chambre de mesure étalonnée, la valve s'ouvre jusqu'à atteindre la pression désirée.

#### 3.2.4.1 L'oxygène rapide

Permet d'administrer dans le circuit du ventilateur de l'oxygène pur, détendu, à un débit d'au moins 30 litres par minute. Le flux d'O<sub>2</sub> NE PASSE PAS PAR LES EVAPORATEURS.

### 3.3 Les lignes

Comprennent les tuyaux internes et externes servant à conduire les gaz. Nous en rapprocherons le circuit d'induction ou accessoire utilisé en France

#### 3.3.1 LIGNES INTERNES

De diamètre variable, c'est là où le flux inspiratoire et expiratoire se mélange, une condensation peut s'y produire.

Les capteurs des monitorages internes de la machine d'anesthésie y sont intégrés.

Le volume des lignes, canister et élément moteur d'un ventilateur d'anesthésie est de 3 à 5 litres.

#### 3.3.2 LIGNES INSPIRATOIRES ET EXPIRATOIRES :

Composées de tuyaux annelés de 22 mm. de diamètre intérieur. Le PVC absorbe moins les halogénés que le caoutchouc.

La compliance de ces tuyaux est de 1 à 3 ml/cm H<sub>2</sub>O (c'est à dire que lorsque la pression augmente de 1 cm d'eau, un volume de 1 à 3 ml de gaz frais est comprimé puis décomprimé à l'expiration dans ces tuyaux et ne sera pas délivré au patient.

La compliance globale d'un respirateur en circuit fermé est de l'ordre de 5 à 10 ml/cm H<sub>2</sub>O.

Certains respirateurs possèdent des systèmes dits de correction de compliance qui ajustent le volume courant insufflé en fonction du V<sub>t</sub> programmé et des pressions d'insufflation. La compliance d'un appareil avec circuit filtre est en effet plus importante que celle d'un appareil en circuit ouvert.

Elles comportent des pièges à eau sur la branche expiratoire<sup>3</sup>

Le montage ainsi réalisé permet de récupérer le gaz expiré par le patient et de le quantifier = spirométrie

#### 3.3.3 L'EVACUATION DES GAZ

Les gaz anesthésiques sont évacués à l'extérieur de la machine, ils sont alors

- Rejetés dans la salle
- Passent sur un élément absorbant les halogénés (charbon activé)
- Aspirés par un système d'extraction des gaz anesthésiques (SEGA). Ces systèmes sont en théorie obligatoires pour toute nouvelle construction de bloc.

Il n'y a pas en France de norme fixant la limite supérieure en ppm d'halogénés ou de proto dans les salles d'intervention mais des valeurs recommandées. Ces valeurs exigent pour ne pas être dépassées de travailler en circuit à bas débit de gaz frais.

---

<sup>3</sup>sur la branche inspiratoire aussi si utilisation de réchauffeur humidificateur



Prise SEGA

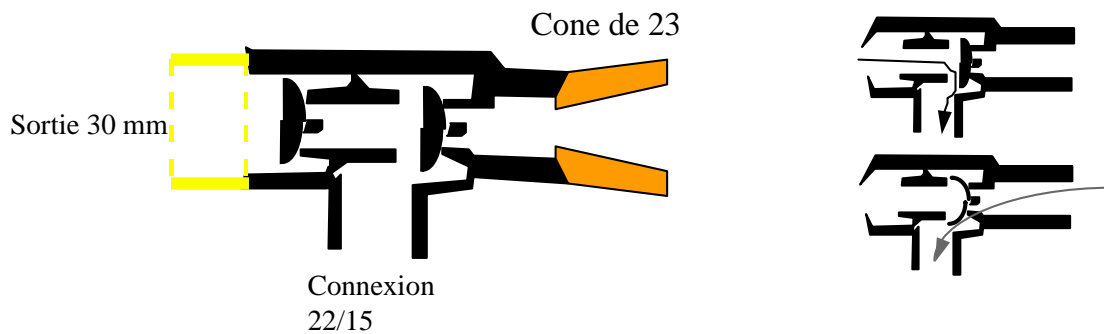


### 3.3.4 LE CIRCUIT D'INDUCTION

Il comporte

- Tuyau de gaz
- Ballon réservoir
- Valve bidirectionnelle servant à conduire le flux inspiré de ballon vers le patient (avec impossibilité d'entrée de l'air ambiant) puis à diriger le flux expiratoire vers l'extérieur

Ces valves sont différentes en anesthésie et réanimation, elles doivent être conçues pour ne pas pouvoir être montées du mauvais sens sur le masque ou la sonde d'intubation.



*Valve d'ambu anesthésie et réanimation*

Intérêt

- Facilité d'emploi, légèreté, possibilité de ventilation assistée manuelle, habitude

Inconvénient

- FiO<sub>2</sub> pas toujours monitorée
- Spirométrie rarement mesurée
- Capnographie pas systématique
- Direction des gaz vers machine ou circuit d'induction pas toujours asservie à la ventilation mécanique (donc risque d'administration de mélange hypoxique si mise en route de la ventilation contrôlée et gaz frais dirigés vers le circuit d'induction)

Donc ce circuit est actuellement remis en cause par certains, les arguments développés semblent moins pertinents lorsque l'on place un monitoring des gaz sur ce circuit.

## 3.4 Valves unidirectionnelles

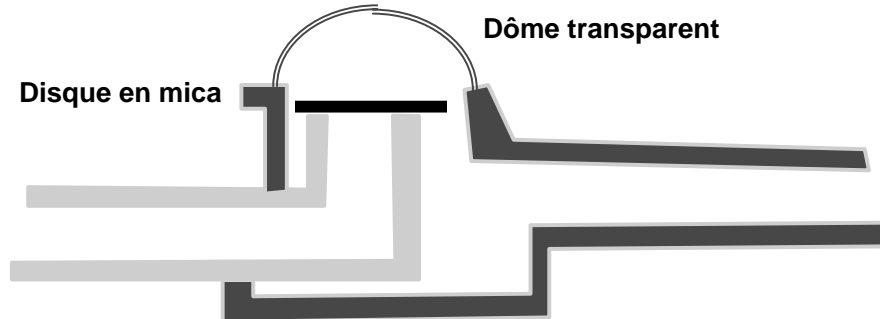
### 3.4.1 PRINCIPE :

Cette valve autorise le passage d'un flux gazeux dans un sens et empêche le passage dans le sens opposé, pour remplacer notre valve unique, il suffit donc de placer sur un tube en T deux valves unidirectionnelles et le patient

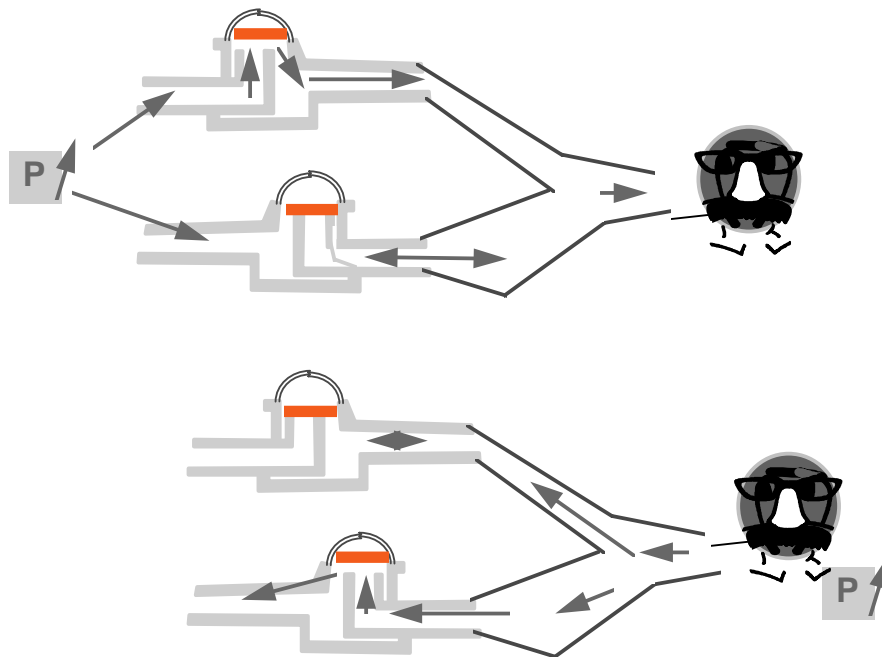
### 3.4.2 TYPES DE VALVES UNIDIRECTIONNELLES :

#### 3.4.2.1 Valves en Mica

Elles sont constituées d'un disque très léger qui est mu par le déplacement des gaz anesthésiques et la différence de pression entre les deux cotés de ces valves rondes (généralement visibles sur la plupart des respirateurs) ;



Leur faible poids fait que la pression d'ouverture de ces valves est très faible et permet la ventilation spontanée du sujet dans le circuit machine (0.2 cm d'eau). Leur résistance à l'écoulement des gaz est également faible ( à 30 l/min. de gaz frais, environ 1 à 1.5 cm D'EAU).



#### 3.4.2.2 Les valves à clapets

Elles sont moins utilisées car elles offrent une résistance très supérieure.

*Ces valves unidirectionnelles peuvent être situées près d'un Y conduisant au patient ou peuvent être situées plus loin du patient ; sur le ventilateur.*

#### 3.4.2.3 Turbines

Qui font circuler le mélange gazeux (Physioflex)

### 3.5 Le ballon réservoir :



L'activité ventilatoire étant cyclique, il est indispensable que le débit de gaz arrivant au patient soit toujours supérieur à son débit instantané inspiratoire ; or le débit depuis le débit litre ou le mélangeur est constant (en théorie) donc deux solutions :

- Utilisation de gros débits de gaz frais
- Stockage du gaz frais dans un réservoir "amortisseur" : c'est le ballon réservoir

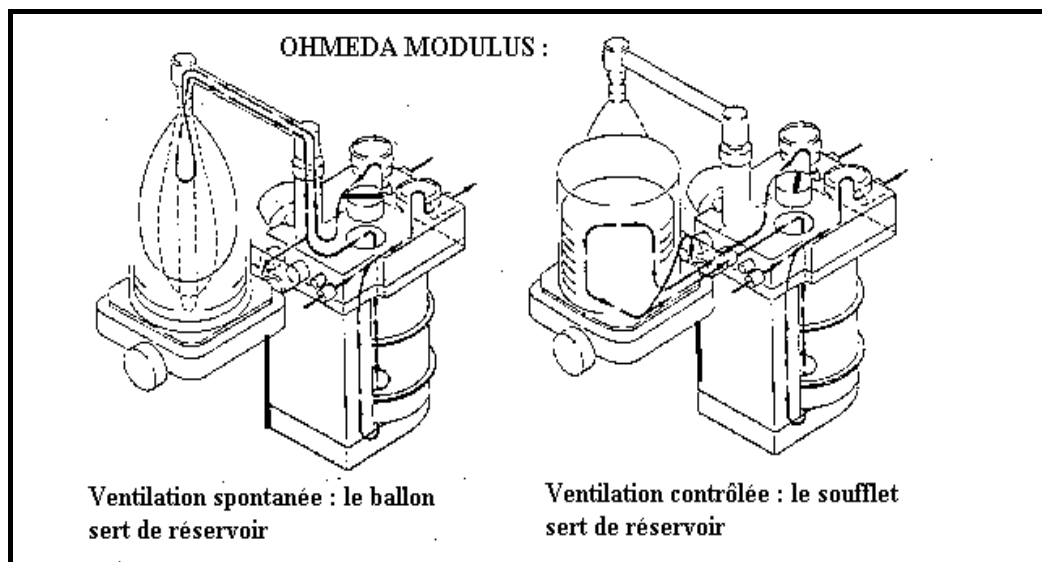
Le ballon reçoit à la fois des gaz frais et des gaz expirés, selon la position de l'arrivée de gaz frais dans le circuit par rapport à la position du ballon et le DGF, le rapport gaz frais/gaz expirés sera différent dans le ballon.

D'une contenance de trois à cinq litres, le patient et le soufflet de la machine y puisent leur gaz.. Son état de remplissage est le reflet de l'adéquation entre le débit de gaz frais et la consommation du patient.

En ventilation contrôlée ou assistée mécanique, il existe

- Des machines dont l'élément moteur mobile (soufflet, piston) va lorsqu'il se remplit puiser des gaz dans le ballon réservoir
- Des machines dont l'élément moteur (soufflet) se remplit à l'expiration et sert de ballon réservoir (Ohméda 7800, 7900, aestiva, Datex Flexima).

Le ballon est en caoutchouc ou en néoprène, il est marqué CE, donc fait partie intégrante des accessoires de la machine.



Il sert de réservoir en VS et VC ; compte tenu de l'inertie du circuit fermé, si, lorsque le débit de gaz est inférieur de 50 ml à la consommation du sujet et de la machine ; un ballon de trois litres sera vide en 60 minutes (s'il n'y a pas de fuites).

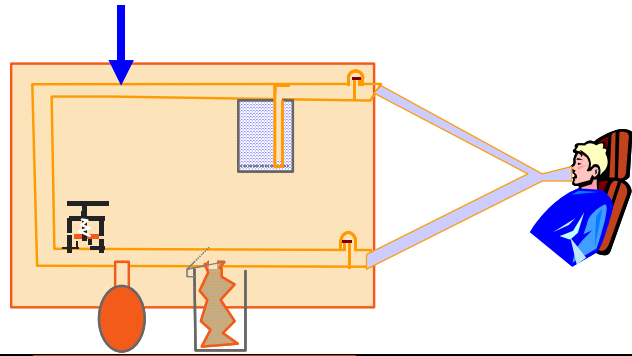
### 3.6 Le tuyau d'arrivée de gaz frais

Les gaz frais arrivent au ventilateur par un tuyau interne ou externe. Ils peuvent être dirigés vers le circuit accessoire.

La position de l'arrivée du gaz frais a des conséquences sur le comportement de la machine.

Arrivée de gaz frais sur la branche  
« expiratoire du circuit », en amont ou en  
aval du canister

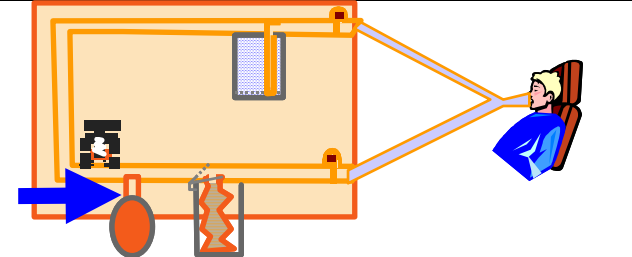
Le circuit aura plus d'inertie et le ballon  
réservoir se remplira de gaz expiré et de gaz  
frais. En amont du canister, le gaz frais sera  
légèrement réchauffé, mais le volume du  
canister doit être plus grand



Arrivée près du ballon réservoir, en amont  
du système moteur,

Pendant la phase inspiratoire, le ballon se  
remplira de gaz frais, pendant la phase  
expiratoire, il se remplira de gaz frais et  
d'expirés.

L'inertie du circuit sera plus faible



Arrivée près du patient au delà du système  
moteur.

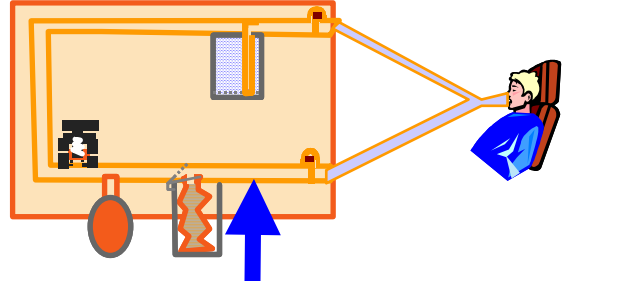
Lors de l'inspiration, le  $V_t$  administré au  
patient sera égal au volume du au  
déplacement du système moteur + le  
volume de gaz frais parvenu durant la  
période inspiratoire.

Le mélange inhalé comportera donc  
beaucoup de gaz frais, mais le  $V_t$  variera en  
fonction du DGF

Par exemple, si  $V_t$  du au déplacement du soufflet est de 500 ml,  $f = 10$ ,  $I/E = 1/2$ , le temps  
d'une insufflation est de 2 secondes, le volume administré au patient (volume déplacé du  
soufflet + DGF) sera de

- Si DGF = 1 litre :  $500 + (1000/60 * 2) = 533$  ml
- Si DGF = 8 litres :  $500 + (8000/60 * 2) = 766$  ml

Pour cette raison les machines modernes (7900, Aestiva) utilisant cette technique adaptent le  
déplacement de leur élément moteur au débit de gaz frais (ou au volume inspiré mesuré). Par  
contre pour les modèles plus anciens, il convient lors du réglage de la ventilation de prendre  
en compte ce facteur notamment chez l'enfant.



### 3.7 Valve d'échappement des gaz en excès

Elles sont encore appelées : Valves d'échappement OU "POP\_OFF" OU "APL" :

#### 3.7.1 PRINCIPE :

Le rôle de ces valves est

- Assurer l'échappement des gaz en excès dans le circuit filtre. Pour ce faire elles doivent permettre l'issue du gaz en excès sans occasionner de surpression dans le circuit (pression d'ouverture basse)
- Mais, pour maintenir les gaz expirés et les gaz frais dans le ballon réservoir, il est indispensable qu'une légère pression résiduelle soit maintenue. Sinon le ballon, du fait de son poids et de sa distension élastique se viderait. Le maintien de cette pression

positive dans le circuit est maintenu par la valve d'échappement des gaz en excès.

Cette valve est donc tarée à 1-2 cm d'eau.

En pratique, il faut retenir qu'il existe toujours une pression positive résiduelle dans un circuit filtre, sauf lorsque l'on travaille en circuit fermé strict (la valve ne s'ouvrant pas).

Lorsque la valeur d'ouverture de cette valve augmente, la pression dans le circuit et les voies aériennes du patient augmente aussi. La fermeture cyclique de cette valve et la compression du ballon réservoir permettent donc d'assurer une ventilation en pression du patient. C'est le principe de la ventilation assistée manuelle dans le circuit.

Cette ventilation se fait soit

- En bouchant la sortie de gaz en excès
- En réglant lors de la compression du ballon réservoir la pression d'échappement de cette valve à une valeur déterminée (évite les surpression).

Cette valve doit donc

- En ventilation spontanée ou assistée mécanique s'ouvrir à une valeur de 1 à 2 cm d'eau
- En ventilation assistée manuelle se fermer ou pouvoir être ajustée à un niveau de pression d'échappement, c'est pourquoi on l'appelle aussi valve APL ou Adjust Pressure Limiter

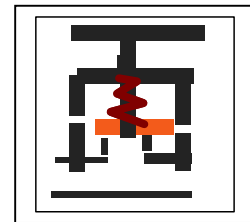
### 3.7.2 REALISATION

Ces valves sont de type Heidbrink, c'est à dire qu'elles sont composées d'un disque reposant sur une embase circulaire et surmonté d'un ressort précontraint. Leur rôle est de permettre l'échappement du gaz en excès contenu dans le circuit filtre au-delà d'une certaine pression (APL = Adjust Pressure Limiter).

Ces valves génèrent donc une pression positive résiduelle qui peut augmenter si le débit de gaz frais est très important. Il est à noter que cette PPR n'apparaît pas toujours sur le moniteur de pression de tous les respirateurs.

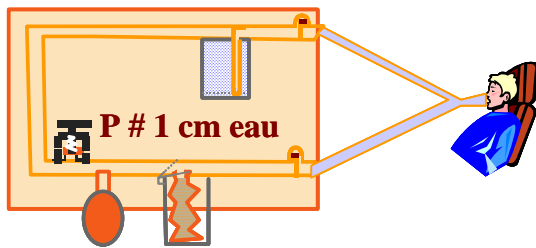
Qu'elle que soit la position de précontrainte du ressort, il est nécessaire que la valve soit appliquée sur son embase de façon à empêcher toute aspiration d'air extérieur lorsque le système moteur (soufflet) puise de l'air dans le ballon réservoir, sinon, il y a un risque de pollution du circuit anesthésique par de l'air ambiant et de baisse de puissance du mélange anesthésique.

Le rôle de l'A.P.L. n'est donc pas seulement une valve d'échappement mais c'est aussi le garant de l'étanchéité du circuit et du bon échappement des gaz en excès.

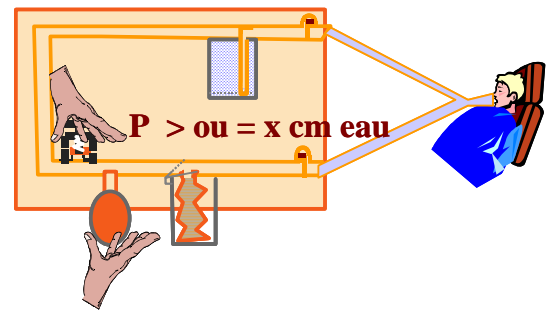


### 3.7.3 VENTILATION

VS



Ventilation assistée



### 3.8 Valve d'air additionnel

Certaines machines ont la possibilité en cas de manque de gaz frais pour remplir le système moteur (En Ventilation assistée) ou les poumons du patient (En VS), de compléter du volume nécessaire d'air pris dans la pièce.

Cette entrée d'air dans le circuit se fait via une valve s'ouvrant en cas de dépression dans le circuit (1-3 cm eau), c'est la valve d'air additionnel.

D'autres machines n'en sont pas pourvues. De la présence ou non de cette valve, dépend l'intérêt de réaliser des test en pression négative lors de la vérification avant emploi.

En cas de dysfonctionnement de cette valve, il peut exister une entrée d'air trop facile dans le circuit.

En cas d'absence de gaz frais, une machine avec entrée d'air additionnel ventilera toujours mais la composition de gaz variera, une machine ne disposant pas de cette diminuera le Vt administré



### 3.9 Système moteur

La force motrice nécessaire au déplacement des gaz peut être manuelle comme nous l'avons vu précédemment.

Sur les appareils munis de ballon réservoir, Lorsque le circuit est mis en pression il est indispensable de mettre un système ou valve qui peut être pneumatique ou électromécanique et qui empêche le gaz de retourner vers le ballon. Ce système d'exclusion du ballon réservoir n'existe pas quand le soufflet sert de ballon de réserve.

#### 3.9.1 TYPES DE SYSTEME MOTEUR

Plusieurs système peuvent être utilisés pour comprimer et envoyer au patient une quantité définie de gaz

- Soufflets
- Piston (un ou plusieurs)
- Compresseur de gaz (non utilisé actuellement)

L'énergie utilisée peut être électrique ou être du gaz comprimé ou les deux

##### 3.9.1.1 Soufflets

Il existe deux types de soufflets, ascendants et descendant. Ceci se réfère à leur mouvement durant la phase passive d'expiration, les soufflets descendants (SA, Julian, Alys) s'étendent

durant l'expiration, leur poids peut exercer une baisse de pression dans le circuit. Ils sont compatibles avec l'utilisation de valve d'air additionnel.

Les soufflets ascendants (Ohmeda, Felix) se remplissent vers le haut lors de l'expiration. Ils ne peuvent pas occasionner de dépression dans le circuit, par contre leur poids doit être le plus faible possible et leur compliance élevée. La valve APL doit être réglée à un niveau supérieur au niveau de pression exigé pour remplir le soufflet. La valve d'air additionnel est souvent absente dans ce type de circuit (elle ne serait utile qu'en VS).

L'énergie utilisée à la phase inspiratoire peut être électrique (SA1 et SA2), dans ce cas, le soufflet repose sur un plateau qui monte de manière active à l'inspiration et provoque le raccourcissement du soufflet.

L'énergie peut être le gaz sous pression arrivant à la machine d'anesthésie.

Dans cas, lors de l'inspiration, le soufflet placé dans une enceinte est mis sous pression, le gaz comprimé dans le soufflet se dirige vers le patient. Lors de la bascule en mode expiratoire, la pression dans l'enceinte devient égale à la pression atmosphérique. Le contrôle du déplacement du soufflet est de plus en plus réalisé de façon électronique et donc nécessite la présence de courant électrique.

### 3.9.1.2 Piston

Le soufflet est remplacé par une ou plusieurs enceintes rigides, un piston se déplace, mu par un moteur pour comprimer le gaz vers le circuit (Cato, Physioflex, Kontrn ABT). Ce système est également utilisé sur certaines machines de réanimation (NPB 740, 760)

## 3.10 Le canister

Le CANISTER est l'élément de purification du circuit en gaz carbonique

### 3.10.1 PRINCIPE DE L'EPURATION DU CO<sub>2</sub> :

La chaux sodée contient 94% hydroxyde de calcium (Ca(OH)<sup>2</sup>) et 5% hydroxyde de sodium (Na OH) et 1% hydroxyde de potassium (K OH)

La chaux se présente en jerrican de 10 litre (400 F) ou en cartouche prête à l'emploi (90 F le canister ). Divers type de chaux existent :

Composé	Chaux sodée	Chaux Barytée	Amsorb
<i>Ca(OH)<sub>2</sub> %</i>	94	80	83
<i>NaOH %</i>	5	-	-
<i>KOH %</i>	1	6	-
<i>CaCl<sub>2</sub> %</i>	-	-	1
<i>CaSO<sub>4</sub> %</i>	-	-	1
<i>Polyvinylpyrrolidone %</i>	-	-	1
<i>Humidité %</i>	14-19	11-16 (octahydrate)	14
<i>Ba(OH)<sub>2</sub>-8H<sub>2</sub>O %</i>	-	20	-

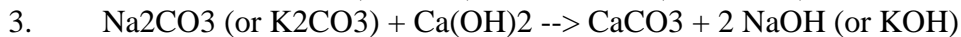
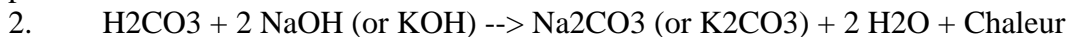
### 3.10.1.1 chimie :

#### 3.10.1.1.1 *Chaux sodée*

Pour qu'une chaux soit efficace, il est important de préserver l'intégrité du granule.

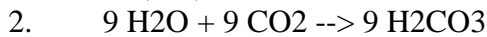
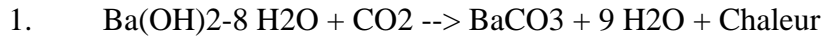


première réaction

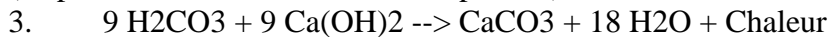


seconde reaction et regeneration de l'activateur

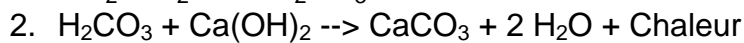
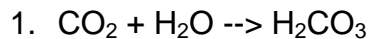
#### 3.10.1.1.2 *Chaux barytée (Barafyme™)*



(en présence de NaOH +/- KOH si présent)



#### 3.10.1.1.3 *Amsorb*



#### 3.10.1.2 \* Indicateurs colorés

On y ajoute un indicateur coloré dont la coloration apparaît lorsque la chaux est partiellement saturée en  $\text{CO}_2$  et de la silice :

Blanc qui vire au rose = phénolphtaléine

Blanc qui vire au violet = violet d'éthyle



#### 3.10.1.3 \* Contenance du canister :

40 à 60 % de son volume total de gaz, 0.2 à 0.3 ml de  $\text{CO}_2$  épuré par gramme de chaux

Le volume entre les grains doit être supérieur au volume courant afin d'assurer une épuration satisfaisante en permettant un temps de contact suffisant pour la réaction chimique et afin de diminuer les résistances (un canister trop petit augmente les résistances).

Lorsque le  $V_t$  est supérieur à l'espace entre les grains, une partie du gaz a un temps de contact trop court avec la chaux pour permettre la réaction de neutralisation du  $\text{CO}_2$ , lorsque le volume est supérieur ou égal au  $V_t$ , le temps de contact est d'au moins un cycle machine (ou patient).

#### NB :

Chaux barytée n'existe pas en France

Trichloréthylène + chaux ==> phosgène

#### 3.10.1.4 Effets de la réaction :

##### 3.10.1.4.1 *Production de chaleur*

- 100 gramme de chaux sodée (1 mole de Ca) épure 26 litres de  $\text{CO}_2$  ce qui délivre environ 14 à 15 Kcal.
- Le réchauffement est plus efficace en fermé strict, toutefois la réaction exothermique est lente. L'intensité du réchauffement est fonction des caractéristiques de la machine, il est rare à l'équilibre de dépasser 23 à 24 degrés au niveau du départ des lignes inspiratoires. La réaction n'est complète que si l'humidité relative est sup. ou égal à 15%, il convient donc d'amorcer la chaux lorsqu'elle et le circuit sont secs. Les filtres humidificateurs laissent passer assez d'humidité sur la branche expiratoire pour initier la réaction

#### 3.10.1.4.2 *Effet sur l'humidification*

la perte d'eau en Circuit ouvert par rapport au fermé est 4 fois plus importante  
En sortie de canister, on obtient #60% d'humidité relative en 90 min.

#### 3.10.1.4.3 *Risque septique*

Le circuit fermé induit par définition une recirculation des microbes expirés dans le circuit, il existe des facteurs agissants sur le risque de prolifération bactérienne :

- Facteurs inhibant le développement des germes :  
Concentration d'O<sup>2</sup> élevée  
Chaux sodée et agent halogénés (Ph 12)  
dilution dans le circuit
- Facteurs favorisant le développement des germes :  
nombreux patient à la suite (<10 min. entre deux patients)  
intubation traumatique  
circuit non changé  
matériel de CF. supporte mal la stérilisation, certaines pièces ne se stérilisent pas

Le risque de contamination croisée entre deux patients se situe peut être par la contamination des premiers centimètres du circuit. Intérêt des filtres voire des circuits à usage unique. Il semble que le ratio entre le nombre de germe en amont est 400 fois plus important qu'en aval du canister. A l'intérieur du canister il est difficile de savoir s'il existe ou pas une prolifération bactérienne (pas de milieu de culture à PH 12).

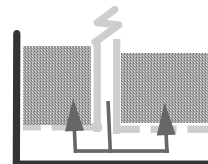
#### 3.10.1.5 capacité dépuracion :

100 grammes de chaux sodée épure 26 litres de CO<sup>2</sup> ce qui délivre environ 14 à 15 Kcal.  
La chaux sodée ne fonctionne qu'en présence d'une humidité relative de 15% donc sur un appareil sec et avec une chaux sèche, il faut amorcer la réaction en mettant de l'eau (5 à 10 ml) dans le canister.

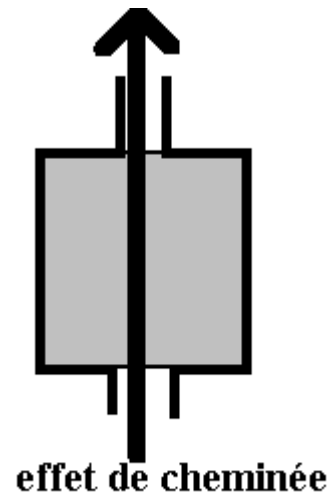
#### 3.10.2 CONTENANT

En matière plastique ou en fonte d'aluminium avec bac transparent afin de visualiser le changement de couleur. Parfois, il existe un piège à eau au fond de celui ci pour récupérer l'eau de condensation et éviter l'apparition d'une PPR

Le sens de passage des gaz varie selon les machines, la mode actuelle est de haut en bas (temps de contact plus long).



Le volume entre les grains doit être supérieur au volume courant afin d'assurer une épuration satisfaisante et afin de diminuer les résistances (un canister trop petit augmente les résistances). La diffusion du courant gazeux doit se faire de façon uniforme afin d'éviter l'effet de cheminée (certains constructeurs proposent une arrivée des gaz en « entonnoir inversé », d'autres mettent des grilles au milieu du canister).



Pour qu'une chaux soit efficace, il est important de préserver l'intégrité du granule.  
*NB : Il arrive parfois que la chaux vire de couleur à la fin d'une journée de travail et redevienne blanche le lendemain matin, on a improprement appelé cela "l'effet de régénération". En fait, l'hydroxyde de sodium est à la périphérie du granule et réagit rapidement avec le  $CO_2$ , faisant changer la chaux de couleur, puis une réaction se fait entre le  $CO_2$  et l'intérieur du granule où se trouve l'hydroxyde de calcium. Après un certain temps, l'hydroxyde de Na est donc moins combiné au  $CO_2$ .*

La chaux sodée s'use plus vite si le débit de gaz frais est plus faible

### 3.10.3 INTERFERENCE AVEC LES HALOGENES :

Il existe une absorption des halogénés par la chaux sodée, celle-ci est fonction de l'halogéné et de son humidité. Cette interaction n'a pas de traduction clinique avec les 3 halogénés utilisés aujourd'hui.

Il paraît évident que lorsque l'on change d'halogéné sans changer de chaux, un relargage du premier doit être théoriquement possible.

Sévoflurane et composé A

### 3.10.4 INHALATION DE CHAUX :

L'inhalation de chaux ou de ses poussières provoque un bronchospasme sévère.

## 3.11 Les systèmes de sécurité :

### 3.11.1 VALVE D'ÉCHAPPEMENT DE PRESSION HAUTE

Valve permettant l'échappement lorsque la pression dans le circuit est supérieure à 80 cm  $H_2O$ . Cette valve peut être différente de la valve APL, ceci représente une sécurité supplémentaire (Cato, Cicero, etc.)

### 3.11.2 LA VALVE D'ÉCHAPPEMENT REGLABLE

La plupart des machines disposent d'une valeur de réglage de la pression maximale au-delà de laquelle se produit soit un échappement (passage en expiration), soit une décélération de la vitesse d'insufflation et un maintien de la pression. La plupart du temps alarme et pression



d'échappement se confondent mais certaines machines régulent de manière indépendante les deux niveaux (risque d'hypoventilation si pression d'alarme > pression d'échappement).

## 3.12 Le monitoring obligatoire

### 3.12.1 MESURE DE FI O<sup>2</sup>

#### 3.12.1.1 Utilisation

sur la branche inspiratoire au-delà de la valve unidirectionnelle inspiratoire, le but principal est d'éviter l'administration de mélanges hypoxiques.

L'analyseur de FiO<sup>2</sup> est obligatoire sur tout dispositif délivrant des gaz et utilisé en anesthésie (table d'anesthésie, mélangeur, respirateur).

Donc sur le circuit d'induction, il convient d'avoir aussi cette mesure.

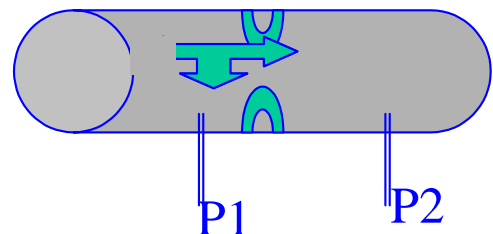
La mesure aspirative étant souvent étant couplée aux autres gaz, l'analyseur du respirateur est utilisable en circuit d'induction français

### 3.12.2 SPIROMETRE

Fonction : mesure des volumes, soit exsufflés soit insufflés ou les deux

#### 3.12.2.1 Technique

- Ailette :
  - Le flux gazeux passe dans une ligne au milieu de laquelle se trouvent des ailettes sur un axe (hélice), Plus le flux est important, plus les ailettes tournent, Une cellule photoélectrique enregistre le nombre de tour et en déduit les volumes
  - Précision limitée pour les enfants et les adultes avec le même dispositif
- Fil chauffant
  - Un fil est porté à température constante, la consommation électrique nécessaire au maintien de la résistance du fil est fonction du débit ventilatoire
  - Généralement deux fils croisés en platine
- Pneumotachographe
  - Le flux gazeux passe dans un tuyau avec une réduction pneumatique, la différence de pression de part et d'autre de la réduction est fonction du flux
  - précis, parfois permet de connaître les volumes inspirés et expirés
  - permet de reconstituer les courbes pression et débit/volume



#### 3.12.2.2 Utilité

Détecter hypoventilation ou débranchement

Une alarme basse portant sur le volume minute y est associée, et parfois une limite haute.

### 3.12.3 SYSTEMES DE MESURE DE PRESSION DANS LE CIRCUIT :

Sont placés dans une des lignes du circuit ou au Y patient (Flexima)

### 3.12.4 \* ALARMES :

#### 3.12.4.1 Alarmes de débranchement

Principe : une valeur de pression est déterminée, si cette pression n'est pas franchie (dans le sens ascendant comme dans le sens descendant) dans un intervalle de temps donné, la machine interprète cela comme un éventuel défaut de ventilation et donc comme un débranchement.

Cette alarme est différent de l'alarme d'apnée de certains analyseur pour lesquels un cycle correspond à une variation de CO<sup>2</sup> d'un certain niveau (généralement 1%). En cas de variation de Fet CO<sup>2</sup>-Fi CO<sup>2</sup> inférieur à 1% durant un certain temps l'appareil conclu à une apnée (si l'appareil dispose aussi du monitoring de pression (CATO), l'alarme affichée est apnée CO<sup>2</sup>.

NB sur certains ventilateurs, si cette alarme est inférieure au niveau de PPR, l'alarme se déclenche alors que le patient n'est pas débranché (Dräger E.V. 800)

#### 3.12.4.2 Alarmes de FiO<sup>2</sup>

Se déclenche lorsque la valeur mesurée de Fi O<sup>2</sup> est inférieure à la valeur programmée de l'alarme. Afin que l'alarme ne se déclenche pas à l'induction, le plupart des valeurs par défaut son ≤ à 21%, les valeurs par défaut sont donc à modifier lors de l'anesthésie. Les cellules chimiques ont un temps de réponse de l'ordre de 10 à 20 secondes, les aspiratives de 1 à 2 secondes plus le temps pour l'échantillon d'arriver au site de mesure.

#### 3.12.4.3 Alarmes de haute pression

Parfois doubles, i.e. une dans le ventilateur, une dans l'analyseur.

L'alarme de pression trop élevée : c'est un seuil de pression fixé par l'utilisateur pour lequel il estime que s'il est atteint, il y a un risque de barotraumatisme pour le sujet.

Cette alarme est souvent asservie à un système d'échappement des gaz ou d'arrêt de l'inspiration

### 3.12.5 AUTRES :

- filtres bactériens

Ils doivent être

- Hydrophiles (recommandation SFAR, échangeur d'humidité)
- Echangeur de chaleur ??
- Antibactériens et viraux (efficacité démontrée sur BK)
- Offrant peu de résistance
- Filtration mécanique > électrostatique

Attention à l'espace mort de ces filtres (70 ml chez l'adulte) et compenser par une augmentation du Vt.

## 4 **MODES D'UTILISATION :**

Par rapport au circuit ouvert, nous avons donc une Indépendance totale entre la ventilation minute du sujet et le débit de gaz frais

En effet, dans ce type de circuit, la ventilation minute du patient ne dépend que du déplacement de l'élément moteur, si ce déplacement est de 10 fois 600 ml, nous aurons toujours une ventilation de 6 l/min. mais la composition du mélange inhalé sera variable en fonction du débit de gaz frais.

on distingue donc diverses mode de fonctionnement :

## 4.1 Influence du débit de gaz frais sur le mode de fonctionnement :

### 4.1.1 LE MODE FERME :

Le débit de gaz frais (DGF) est égal à la consommation en oxygène et en N<sup>2</sup>O du patient

### 4.1.2 LE MODE SEMI FERME :

Le DGF est supérieur à la consommation du patient mais inférieur à sa ventilation minute ; le patient respire un mélange composé du DGF et d'une partie du gaz expiré, pour simplifier, la fraction rejetée vers l'extérieur sera égale en théorie à :

$$\text{vol rejeté} = V \text{ min.} - \text{DGF} - \text{consommation O}_2$$

Dans cette classe on dit que le circuit semi fermé avec un DGF inférieur ou proche de 1 litre est à bas débit (low flow)

### 4.1.3 LE MODE " SEMI OUVERT"

En théorie, si le DGF est égal à la ventilation minute, l'arrivée de gaz frais suffit à remplir le soufflet, la totalité du gaz expiré est rejetée à l'extérieur, nous sommes en circuit ouvert C'est une appellation qui n'est vrai que si la totalité du flux expiré est éjecté en dehors du circuit, ce qui est rarement le cas sauf si l'appareil dispose d'un système d'exclusion des gaz expirés

**LE MODE "GASPILLAGE" OU LE DGF EST SUPERIEUR AU VOLUME MINUTE EXPIRE N'A DONC AUCUNE UTILITE**

**NB : SI LE DGF EST NUL**

- Ou bien il n'existe pas de ventilation (Modulus, Excel, Flexima) c'est à dire tous les ventilateurs à soufflet ascendant
- ou bien le patient est ventilé grâce à la valve d'air additionnel, quand elle existe, il inhale donc de l'air (O<sup>2</sup>=21%), au cycle suivant, il respire le volume expiré (qui est retourné en totalité au ballon (et qui a une Fi O<sup>2</sup><21% ) et de l'air (Vol expiré- consommation O<sup>2</sup>) . Il y a donc risque d'administrer un mélange hypoxique. Cela peut survenir lorsqu'on oublie de tourner le robinet 3 voies qui dirige le flux soit vers le circuit d'induction, soit vers la machine.

Certains ventilateurs avertissent l'utilisateur de cette mauvaise manœuvre ou interdisent cette possibilité ou basculent automatiquement le flux de gaz vers la machine, certains ne le font pas (dans ce cas ou bien pas d'alarme immédiate mais alarme secondaire de baisse de FiO<sup>2</sup> ou bien alarme immédiate de « Absence gaz frais » (Cicero, Cato anciennes génération, Alys)

## 4.2 Composition du mélange inhalé à l'induction :

- Circuit ouvert

En circuit ouvert le gaz frais à la même composition que celui inhalé ; le gaz expiré a une composition proche du gaz inhalé en quelques minutes, toute variation de la concentration d'un composant se répercute immédiatement sur le mélange inhalé et en peu de temps sur le mélange expiré

- Circuit fermé :

En circuit fermé, le gaz frais se dilue dans l'expectoration du sujet (ou plus exactement le circuit machine). L'ensemble patient + circuit machine représente selon les machines 7 à 10 litres de gaz.

On en déduit que :

au départ il faut parvenir à passer de l'équilibre pré anesthésique (patient respire de l'air et exhale de l'air) à l'équilibre voulu en per anesthésique (patient inspire un mélange gazeux et expire le même mélange moins l'halogéné absorbé plus le CO<sup>2</sup>)

Il est donc nécessaire de pratiquer un "wash out" ou une purge de la majorité du N<sup>2</sup> contenu dans les tissus à équilibration rapide.

Pour y parvenir le plus vite possible, le meilleur moyen est de travailler comme en circuit ouvert c'est à dire avec un haut débit de gaz frais.

En effet, c'est dans ces conditions que le mélange anesthésique inhalé sera le plus proche possible du mélange voulu et que la majorité des gaz expirés sera rejeté vers l'extérieur.

Cette phase dure entre 5 et quinze minutes selon les machines pour obtenir une équilibre (Fi# Fe) pour les composés à diffusion rapide (protoxyde d'azote et Desflurane).

On peut alors fermer le circuit, ceci consiste à diminuer l'apport de gaz frais en gardant le débit de proto égal au débit d'oxygène + la consommation d'oxygène du patient pour réaliser une ventilation en circuit fermé ou bien il suffit de baisser l'apport de gaz frais pour réaliser du semi fermé.

Etant donné que l'équilibre en fraction inspirée et expirée des autres halogénés est atteint bien plus tardivement, il faut augmenter la concentration d'halogénés dans les gaz frais sinon il existe une baisse de la concentration d'halogénés dans le circuit machine et un risque de réveil du patient.

La concentration d'halogéné dans le circuit est inférieure à celle de l'évaporateur à l'état stable : donc il n'y a pas de risque de surdosage si état stable

Stabilité de l'anesthésie :

Les mêmes raisons font que pour faire varier la concentration d'halogéné dans le circuit, il est plus utile d'augmenter le débit que la concentration ;

500 ml minute à 5% apportent 250 ml d'halogénés en 10 minutes

3000 ml minute à 2% apportent 600 ml d'halogénés en 10 min. au circuit

en fait, c'est le nombre de molécules de vapeurs amenées au circuit et au patient qui fait varier la concentration dans le circuit patient

### 4.3 Réveil

Le processus est identique au réveil, ce qui a deux conséquences :

- on peut ouvrir le circuit au réveil, de façon à faire changer la composition du mélange inhalé de manière rapide.
- on peut commencer par couper l'administration d'halogénés (+/- N<sup>2</sup>O) avant la fin du bloc opératoire et laisser décroître la concentration jusqu'au réveil. Cette technique s'applique à certains halogénés et certains types d'intervention.

L'inertie de ce circuit fait que les réveils sur table dus à de brusques variations du mélange gazeux sont moins fréquents qu'en ouvert et l'approfondissement d'une anesthésie peut être si très progressif

En semi fermé la composition du mélange gazeux est difficilement prévisible sans analyseur, d'autant plus que le DGF est faible. Les facteurs qui influent sur la composition du mélange sont absorption et la diffusion des gaz dans le patient, le volume total du système (volume du circuit machine + C.R.F.), le débit de gaz frais.

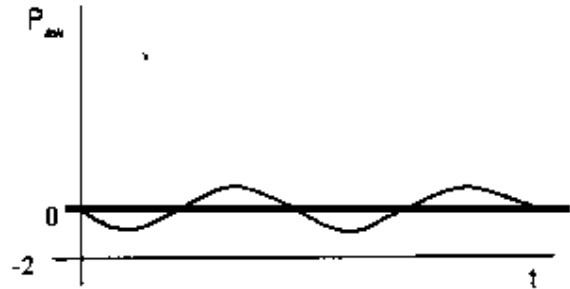
L'azote est épuré pour sa plus grande part en 10 minutes, en circuit fermé, il persiste 10% de Fi N<sup>2</sup> au bout d'une heure.

Le N<sup>2</sup>O est absorbé pendant deux à trois heures ; puis on atteint un équilibre clinique.  
La réinhalation maximale théorique admissible de CO<sup>2</sup> est de 1%.

## 5 LES MODES DE VENTILATION EN ANESTHESIE :

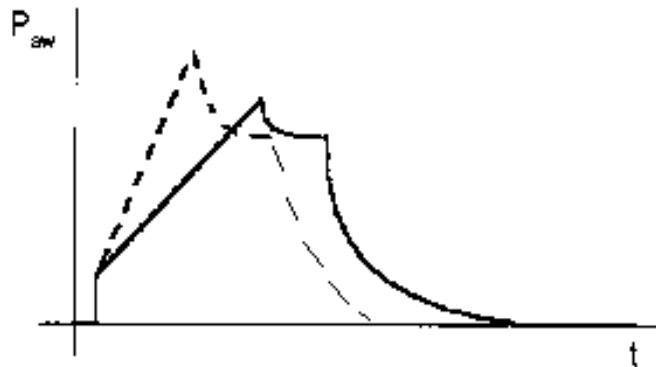
### 5.1 Ventilation Spontanée :

L'inspiration est faite par le patient, les variations de régime de pression sont faibles, il est important que la machine offre le moins de résistance possible à l'inspiration et à l'expiration



### 5.2 Ventilation contrôlée en volume

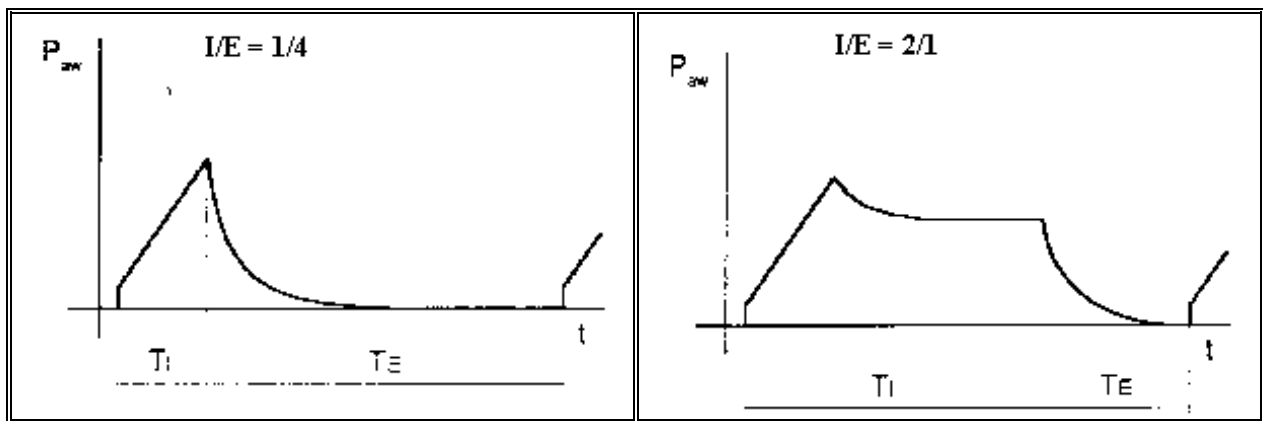
Le régime de pression est différent puisque le cycle inspiratoire est en pression positive. Le débit inspiratoire influe sur les pressions d'insufflation et sur le rapport I/E sur les relaxateurs de volume utilisés en anesthésie. Certaines machines permettent de modifier le débit et l'appareil calcule le I/E (ou Ti/T tot), sur d'autres machines l'utilisateur détermine un rapport I/E qui influe sur le débit Inspiratoire



Certaines machines proposent un plateau inspiratoire, c'est le moment où le débit inspiratoire est nul, Diminuer le plateau revient pour un même I/E à augmenter le temps d'insufflation donc à diminuer le débit inspiratoire et donc à baisser les pressions maximales.

Le rapport insufflation / exsufflation est disponible sur la plupart des machines d'anesthésie, un rapport I/E à 1/3 signifie que l'insufflation dure 3 fois moins longtemps que l'exsufflation est correspond à un rapport temps insufflatoire sur temps total d'un cycle (Ti/Ttot) à :

$$I = 1 / (E + I) = 1 / (3 I + I) = 25\% \text{ dans l'exemple pré cité.}$$



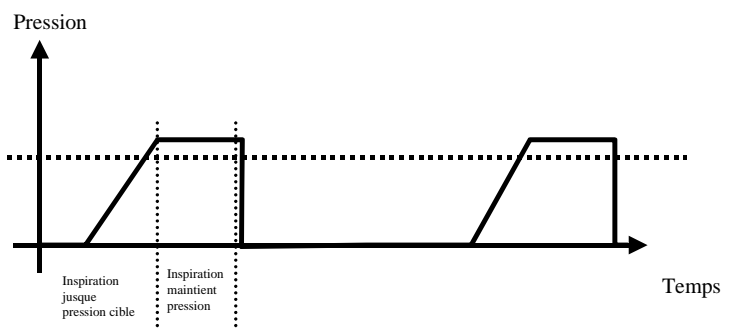
En cas de ventilation assistée manuelle, la force motrice est exercée par la main de l'anesthésiste, les courbes de pression ne sont pas aussi stéréotypées qu'en VC

### 5.3 Ventilation en pression contrôlée

Le ventilateur insuffle du gaz jusqu'à atteindre une pression cible définie par l'utilisateur puis maintient cette pression (il existe donc un débit de gaz). Le temps de cette insufflation est déterminé par l'utilisateur.

Selon les ventilateurs, la vitesse d'insufflation initiale peut être réglable.

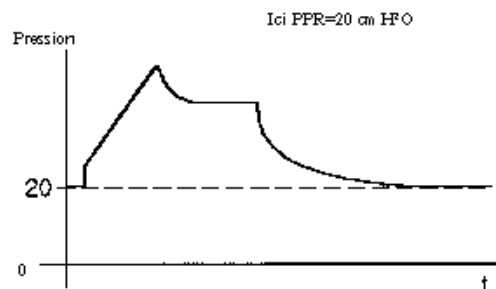
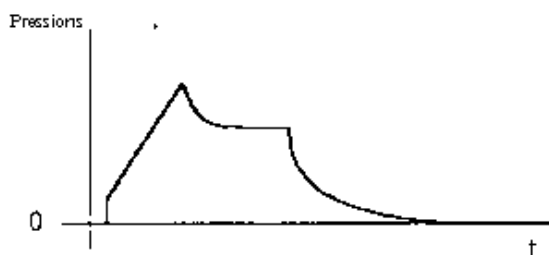
La ventilation minute dépendra de la compliance du poumon du patient.



### 5.4 Pression positive résiduelle

En principe, en fin d'exsufflation, la pression dans les voies aériennes ou plus exactement dans le ventilateur revient à 0

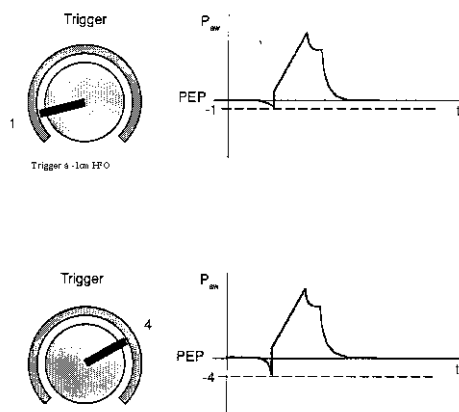
La PPR maintient une pression positive continue dans le ventilateur. Le niveau de PEEP s'exprime en cm d'eau. Une bonne valve de PEEP ne doit pas induire d'effet de frein expiratoire



## 5.5 Ventilation auto déclenchée

Le début d'une inspiration patient induit une dépression, lorsque celle ci atteint un niveau déterminé par la machine ou l'utilisateur, un cycle machine se déclenche.

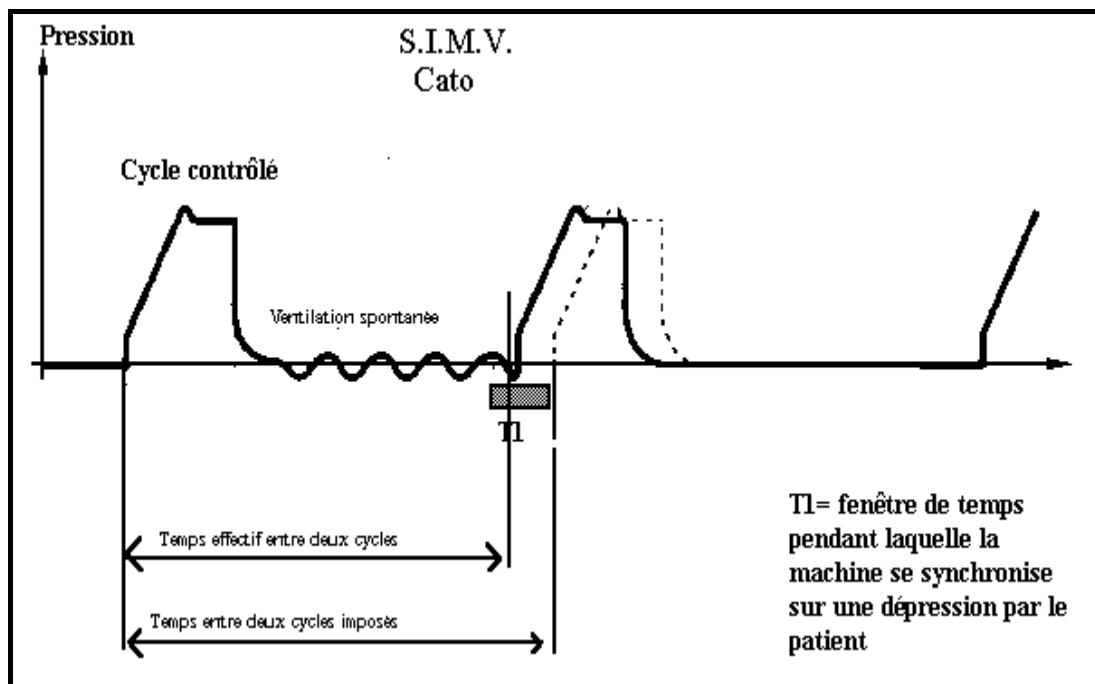
En anesthésie c'est utile lorsque le patient reprend sa ventilation (évite l'hypercapnie) ou lorsque sa ventilation est insuffisante pour induire un approfondissement de l'anesthésie par des agents volatils



## 5.6 Ventilation assistée contrôlée intermittente

Utilisée sur certaines machines

. Consiste à imposer un certain nombre de cycles machines par minutes, ces cycles sont déclenchés en priorité par l'inspiration du patient. Entre les cycles la ventilation est spontanée.



## 5.7 L'aide inspiratoire

## 6 CONCLUSION

- Quelle que soit la machine les divers éléments se retrouvent

- En circuit filtre la ventilation et la composition du mélange anesthésique se gèrent de manière indépendante
- Fermer un circuit se résume à diminuer le débit de gaz frais et augmenter la concentration d'halogénés utilisés (classiquement doubler la concentration souhaitée su DGF #1.51)
- Vu le faible débit de gaz frais un circuit fermé doit être étanche aux fuites et aux entrées d'air intempestif, il convient donc (comme avec tout appareil) de vérifier l'étanchéité du circuit
- En raison de l'élimination pulmonaire de certaines substances, il faut rouvrir le circuit toutes les deux ou trois heures
- Les risque du CF. sont :  
La réinhalation de CO<sup>2</sup>  
le réveil (sous dosage en halogénés plus fréquent que surdosage)

## 6.1 Incidents

L'incident est fréquent, l'accident est souvent du à des défaillances associées ou à une suite d'erreur

- 1982 : Craig : 5% des décès per anesthésiques sont directement imputables au matériel d'anesthésie
- 1984 : Cooper : 11% des accidents d'anesthésie avec séquelles dus au matériel

INSERM : la fréquence est de 1/ 40000 anesthésies

- Défaut d'oxygène
- Problèmes de valves
- dysfonctionnement du respirateur

Société Hospitalière d'assurances mutuelles (80/86) : 1.5% des dossiers

Sou médical : les décès par anomalie de distribution de gaz :

- 17 de 81 à 83
- Poitiers
- 2 de 87 à 89

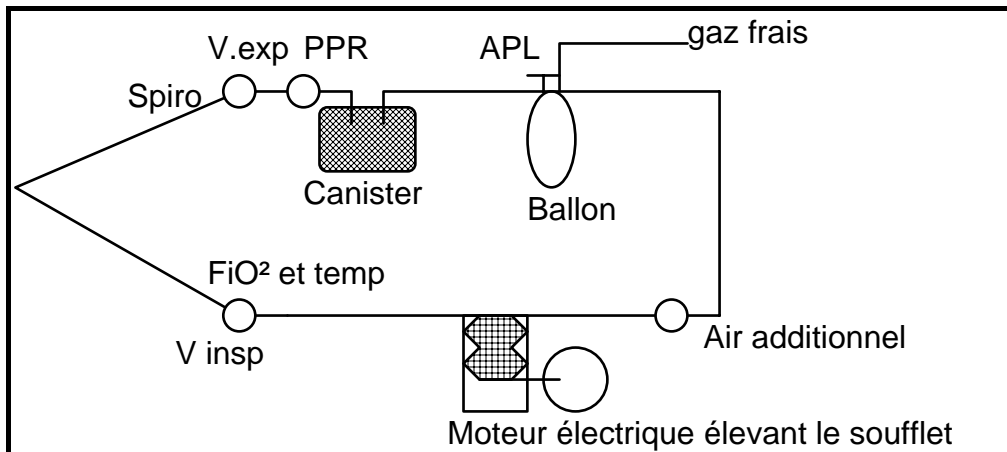
## 7 Diverses machines

### 7.1 Le Dräger SA1

#### 7.1.1 SYNOPTIQUE DU CIRCUIT

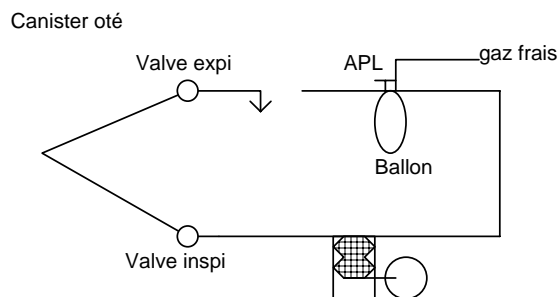
Le SA1<sup>®</sup> est un appareil qui existe en version électrique ou pneumatique, je vais ici vous détailler l'électrique. Le SA2 reprend la même partie ventilatoire, seul l'électronique et le monitoring ont changé.





### 7.1.2 CONSIDERATIONS PRATIQUES :

Si on enlève le Canister, on se retrouve avec un appareil de circuit ouvert puisque tout l'air expiré se retrouve au dehors du circuit



Le réglage du volume courant est constant quel que soit l'apport de gaz frais, en cas de manque de celui ci, le valve d'air additionnel s'ouvre modifiant la composition mais pas le volume du gaz insufflé.

Le rapport I/E se règle en % de  $T_i/T_{tot}$ , en cas de baisse de fréquence (si l'on passe de 15 à 7), le temps d'insufflation augmente ici, il double) et inversement (donc augmentation des Pressions d'insufflation si on augmente beaucoup la fréquence).

Le SA1 ménage toujours un plateau de 10 à 50%.

Le gaz frais se mélange au gaz exsufflé par le patient de façon plus facile qu'avec le CAR, ce type de circuit présente donc une inertie plus longue que le précédant. Pour diminuer cette inertie, il faut ôter le canister.

### 7.1.3 ALARMES

La valve d'échappement en ventilation contrôlée se règle indépendamment de l'alarme de surpression.

Si la valeur d'échappement est inférieure à la valeur d'alarme. Dans ce cas, il y a risque d'hypoventilation sans alarme (sauf sur la ventilation minute).



## 7.2 Le Dräger Cato (et Cicero)

Ces appareils se distinguent par :

- L'utilisation de mélangeurs type Low Flow permettant d'administrer de très faibles débits de gaz frais et l'utilisation possible de faibles débits de protoxyde d'azote sans oxygène.
- L'utilisation d'un piston pour comprimer les gaz patient
- Un système d'échappement des gaz en excès qui est différent en ventilation manuelle et en ventilation mécanique
- Les modes de ventilation suivants : VS, Ventil manuelle, VC, VPC, VACI
- L'utilisation de gaz moteur (2 litres par minutes) pour le fonctionnement interne.

### 7.2.1.1 Une valve de PPR qui ne fonctionne qu'en VC

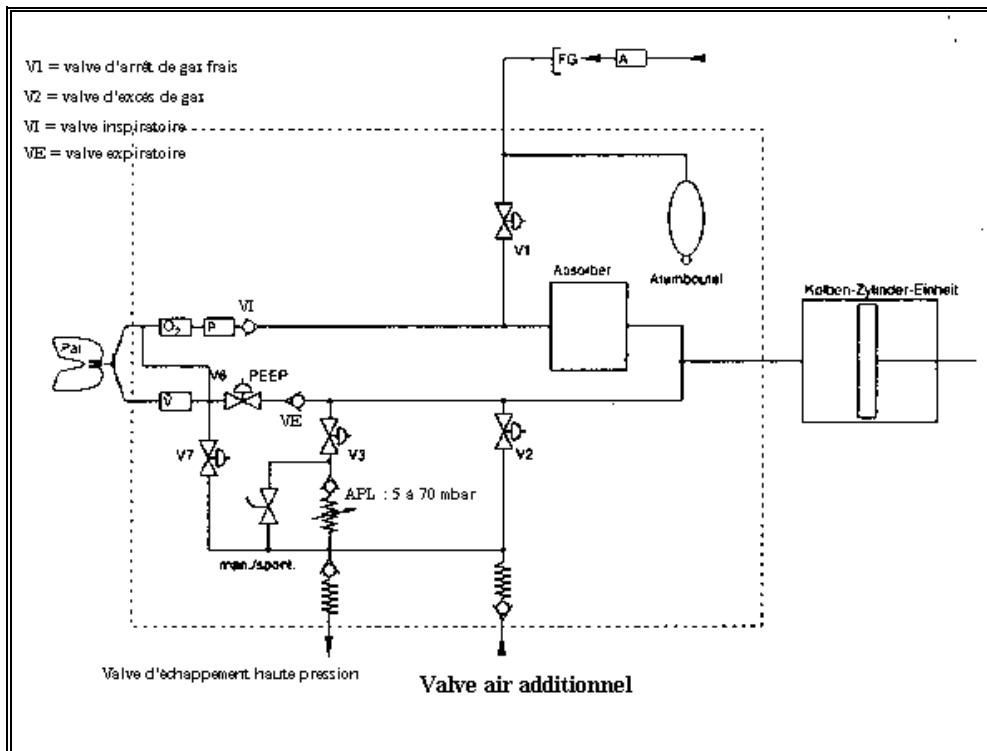
Une valve qui permet la totale exclusion du flux expiratoire lorsque le ballon réservoir est plein (séparation flux inspirés et expirés en circuit fermé avec Débit de gaz frais  $\geq$  ventilation du patient).

Un réchauffement de la platine portant les valves afin d'éviter la condensation

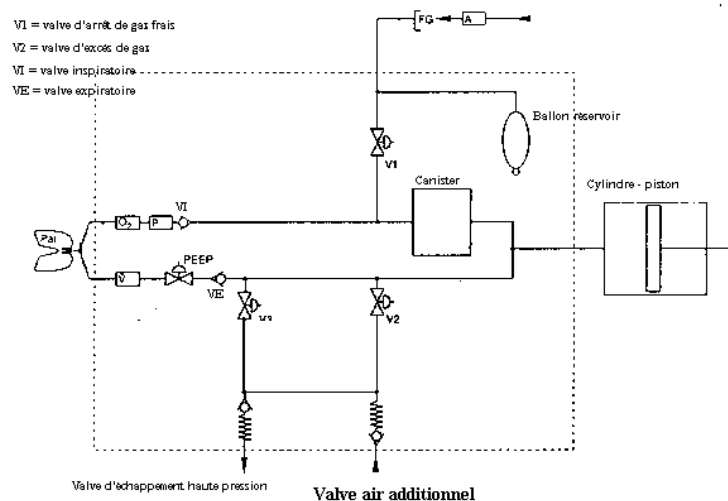
Un soufflet qui est remplacé par un piston mu par un moteur électrique

Un canister sur la branche inspiratoire (pas de ventilation sans Canister, mais pas de réinhalation si chaux saturée et circuit avec DGF = V minute car valve d'exclusion des gaz expirés)

### 7.2.2 DESCRIPTION DU CIRCUIT



En ventilation contrôlée : le circuit n'utilise qu'une partie des valves et le schéma devient :



Lors d'une insufflation, il y a fermeture des valves V1 (donc  $V_t$  reste constant) et V2 donc pas d'échappement de gaz.

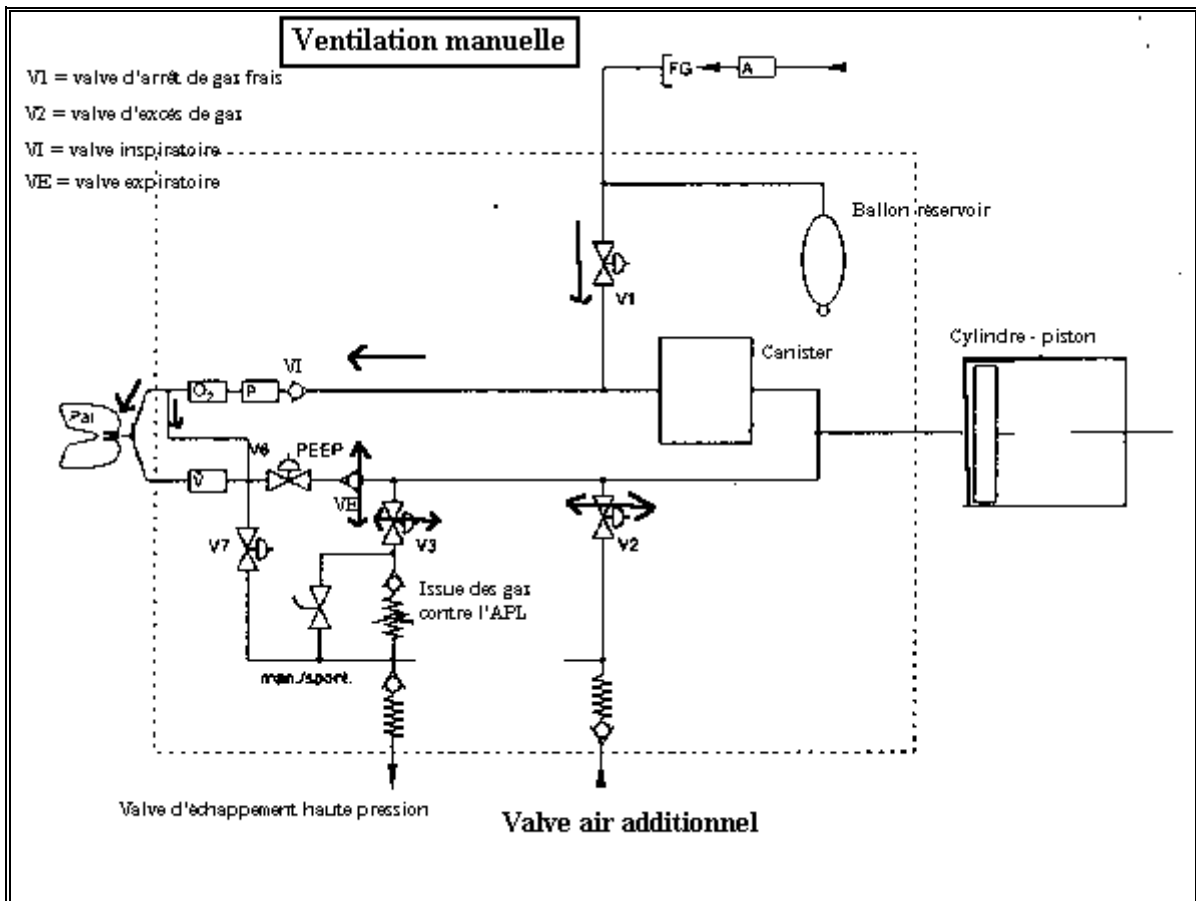
à l'expiration, la valve V1 s'ouvre en premier, le gaz issu du patient va donc vers le ballon de GF et passe sur le canister, si le ballon réservoir est plein, il s'exerce une pression d'au moins 1 cm d'eau ouvrant la valve V2 ; donc le gaz expiré se dirige vers l'extérieur. Si le ballon n'est pas plein (circuit fermé strict), la pression dans le circuit reste basse, V2 ne s'ouvre pas.

En ventilation spontanée :

L'issue de gaz frais se fait à l'inspiration soit par une valve tarée à 1 cm d'eau en mode spontané, soit contre une pression déterminée par la valve APL entre 5 et 70 mbar en mode "manuel".

Le premier facteur est la variation de pression entre les deux cotés de la valve inspiratoire

Le circuit est donc :

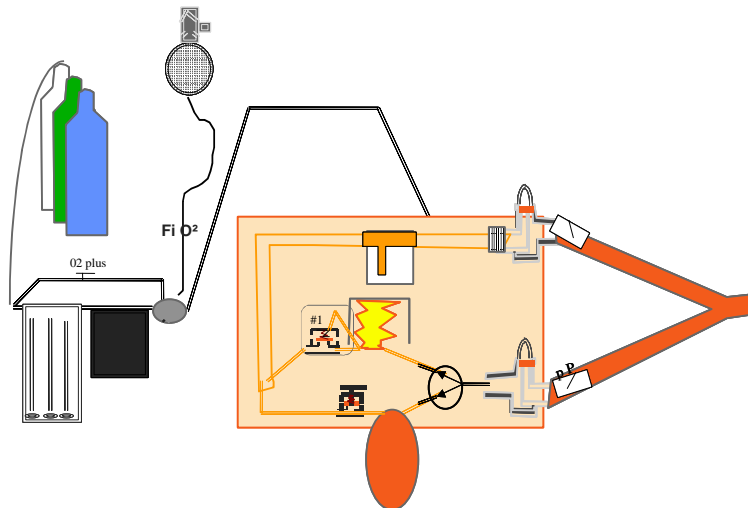


L'expiration retrouve le même schéma qu'en VC

**7.2.2.1 En mode spontané, l'issue des gaz se fait contre la valve tarée à 1 cm d'eau**

**7.3 Datex Ohmeda Aestiva**

ces appareils sont caractérisés par la présence du canister fils ont sur la branche expiratoire du circuit, soufflet ascendant, et le fait que en ventilation contrôlée, le soufflet ascendant sert de ballon réservoir. Il y a donc un espèce de robinet à trois voies qui permet de diriger le gaz frais vers le soufflet ou bien vers le ballon réservoir. Lorsque le gaz et diriger vers le ballon réservoir, les modes de ventilation accessibles sont donc la ventilation spontanée et la ventilation assistée manuelle, la valeur de pression d'échappement se règle en sur la valve APL.

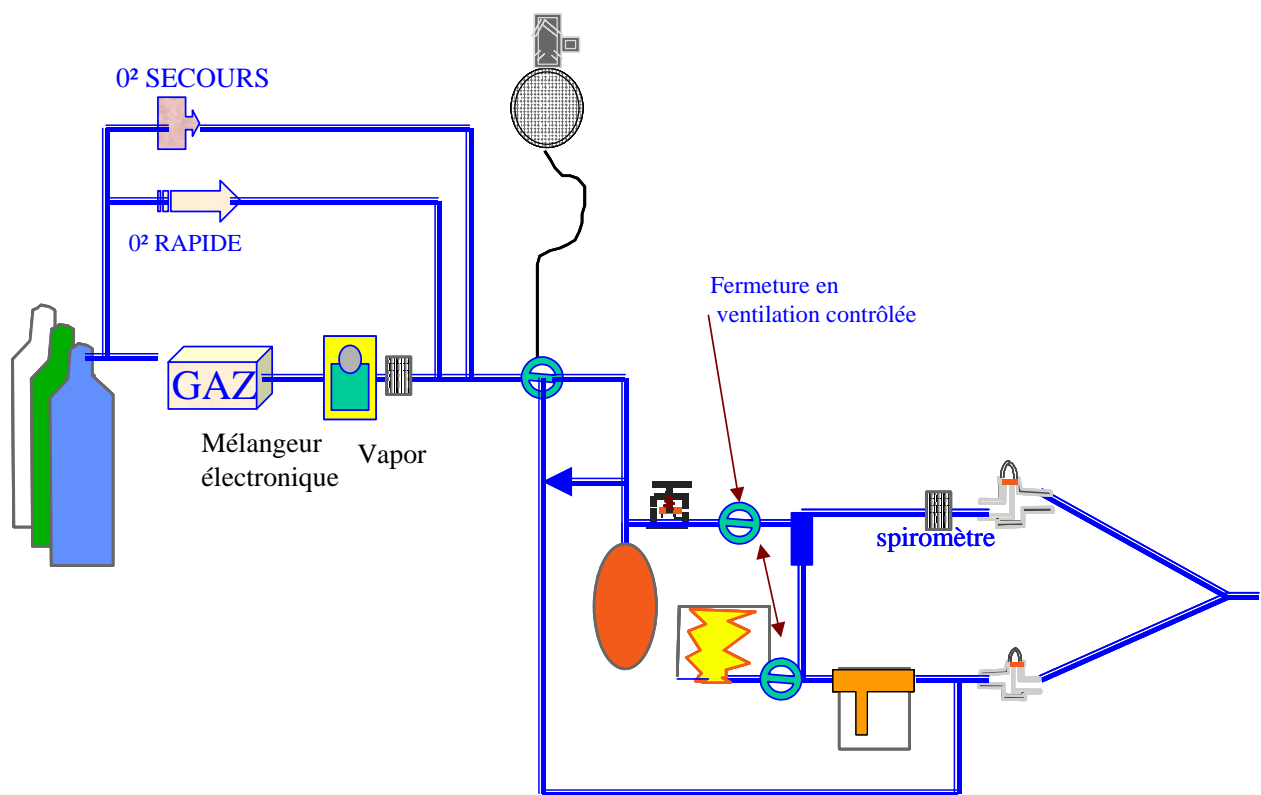


L'arrivée de gaz frais se situant sur la branche inspiratoire, le volume de gaz frais parvenant au circuit pendant une insufflation va s'ajouter au volume courant. Ce volume risque donc d'être majoré de manière importante lorsque le débit de gaz frais est important. Pour ce faire il existe une correction du volume de déplacement du soufflet en fonction des informations recueillies par le spiromètre placé sur la branche inspiratoire. En pratique lors d'une variation du débit de gaz frais, le volume courant retrouve sa valeur de consignes en deux à trois cycles. Ces appareils disposent des modes de ventilation classiques ainsi que de l'aide inspiratoire. Les appareils de la série 7900 reprennent globalement le même schéma de circuit.

## 7.4 Siemens Kion

appareils d'anesthésie en circuit fermé avec le gaz moteur, il se caractérise par la présence d'évaporateur à gicleurs et de débit litres électronique.

Un système de débit litres d'oxygène de sécurité mécanique est prévu.



C'est un poste d'anesthésie complet c'est-à-dire qu'il intègre également le monitoring des gaz. Il dispose de modes de ventilation classique ainsi que de l'aide inspiratoire.