

# LES EVAPORATEURS

HERVE MENU

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
1.1. LES ANESTHESQUES VOLATILS : .....	3
1.2. EVAPORATEUR : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT : .....	3
1.3. HISTORIQUE .....	4
<b>2. PROPRIETES PHYSIQUES DES GAZ.....</b>	<b>5</b>
2.1. DEFINITION.....	5
2.2. LOI D'AVOGADRO : .....	7
2.3. DIAGRAMME DES PHASES: .....	7
2.4. CHALEUR LATENTE DE VAPORISATION: .....	8
2.5. RELATION PRESSION VOLUME : .....	8
2.6. EQUATION D'ETAT : .....	8
2.7. LES RELATIONS GAZ, VOLUME, PRESSION, TEMPERATURE DE TOUS LES GAZ: .....	9
2.8. DIFFERENCE GAZ REEL ET PARFAIT POUR L'OXYGENE: EXEMPLE .....	10
2.9. APPLICATION AUX HALOGENES : .....	10
<b>3. LES UNITES UTILISEES:.....</b>	<b>11</b>
3.1. TEMPERATURE.....	11
3.2. PRESSION : .....	11
3.3. VOLUME : .....	12
<b>4. CLASSIFICATION DES GAZ.....</b>	<b>5</b>
4.1. SELON LEUR ETAT PHYSIQUE .....	5
4.2. CLASSIFICATION SELON LES PROPRIETES CHIMIQUES.....	6
4.3. CLASSIFICATION SELON LEUR PROPRIETE PHYSIOLOGIQUE .....	6
4.4. CLASSIFICATION SELON LES COMPOSANTS : .....	6
4.5. CLASSIFICATION SELON LA PURETE : .....	7
<b>5. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN EVAPORATEUR CLASSIQUE :.....</b>	<b>12</b>
5.1. PRINCIPE .....	12
5.2. ASPECT CALORIQUE : .....	13
5.3. AUGMENTATION DE LA SURFACE DE CONTACT : .....	14
5.4. ROLE DES MODIFICATIONS DE PRESSION : .....	15
<b>6. LES DIFFERENTS EVAPORATEURS : .....</b>	<b>18</b>
6.1. CYPRANE FLUOTEC MK2 .....	18
6.2. FLUOTEC 3 .....	19
6.3. TEC 4 .....	19
6.4. VAPOR 19 DE DRAEGER .....	19
6.5. VAPORISATEUR A GICLUR: >SIEMENS POUR SERVOVENTILATEUR.....	17
<b>7. QUELQUES REMARQUES PRATIQUES :.....</b>	<b>24</b>
7.1. THYMOL ET HALOTHANE .....	24
7.2. ERREUR D'HALOGENE : .....	24
7.3. TRANSPORT : .....	25
7.4. ENTRETIEN : .....	25
7.5. POSITION DANS LE CIRCUIT : .....	25
7.6. VARIATION SELON LA COMPOSITION DU GAZ .....	25
7.7. VAPORISATION ET REMPLISSAGE : .....	26

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. LES ANESTHESIQUES VOLATILS :

Les anesthésiques volatils sont à 20° sous forme liquide, pour les administrer au patient il faut  
Les faire passer à l'état gazeux rôle et de la chambre d'évaporation  
influence des propriétés physiques des gaz  
Pouvoir doser la quantité de vapeur délivrée au circuit patient Rôle du vaporisateur

Les évaporateurs sont des dispositifs qui transforment un anesthésique liquide en sa vapeur ( on définit comme vapeur un gaz qui est principalement sous forme liquide à température ambiante). Cet évaporateur délivre une quantité contrôlable de gaz dans un flux gazeux destiné à un patient : les "gaz frais".

## 1.2. EVAPORATEUR : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

Un liquide volatil mis en contact avec de l'air s'évapore, ceci est du au fait que des molécules de ce gaz diffusent dans le gaz. Cette évaporation est fonction de :

- \* la volatilité du liquide
- \* la température du liquide
- \* débit du gaz à la surface
- \* la surface de contact (ou le volume et la configuration de la chambre d'évaporation)

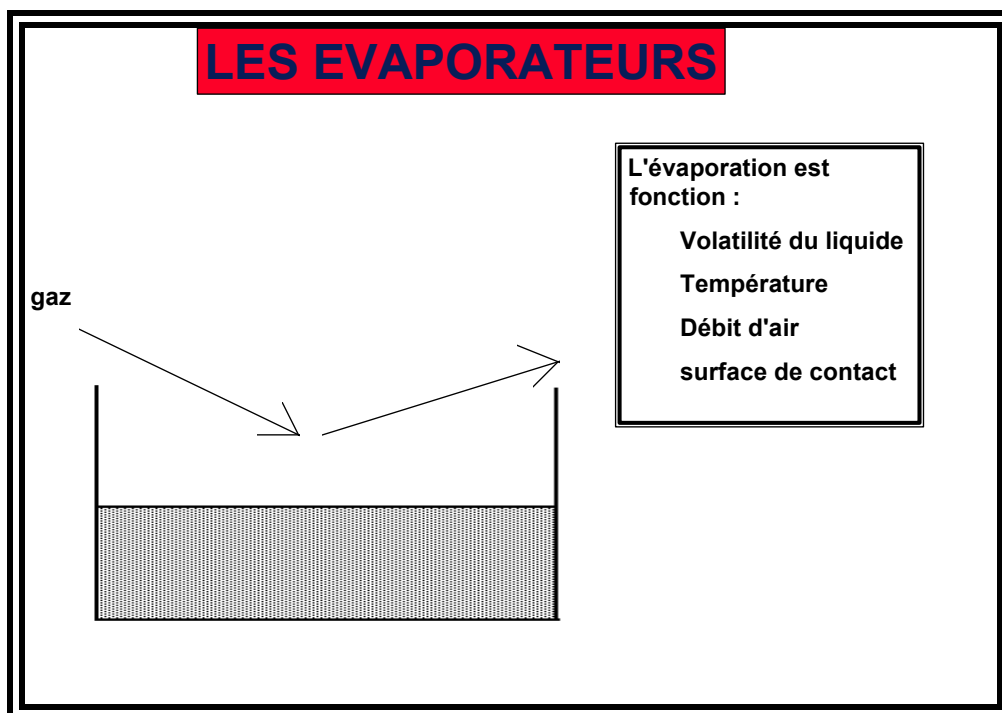


Figure 1 : l'évaporation

DANS TOUT CE QUI VA SUIVRE, on considère que les vapeurs anesthésiques se comportent comme des gaz.

### 1.3. HISTORIQUE

- 1638 Le belge JB HELMONT découvre l'anhydride carbonique, le mot gaz dérive du flamant Ghoast (=esprit).
- 1676 : loi de Mariotte sur la compressibilité des gaz
- 1772 : Rutherford découvre l'azote
- 1773 : Carl Wilhelm SCHEELE isole l'oxygène
- 1776 Priesley isole le protoxyde d'azote'
- 1798 : Alexandre César CHARLES énonce la loi d'augmentation de pression à volume constant
- 1799: Humphry DAVY purifie le Protoxyde d'Azote et envisage de l'utiliser dans la douleur chirurgicale
- 1801 : DALTON énonce la loi des proportions multiples
- 1808 : Louis Joseph GAY LUSSAC énonce la loi qui dit que les volumes de 2 gaz qui se combinent entre eux sont dans un rapport simple
- 1811 AVOGADRO énonce la loi qu'un même volume de gaz contient le même nombre de molécules et en déduit les masses moléculaires.
- 1844 : le dentiste américain Horace Wells réalise sur lui la première anesthésie au Protoxyde d'Azote'
- 1837 :inscription oxygène à la pharmacopée française
- 1877 : première liquéfaction des gaz
- 1908 inscription Protoxyde d'Azote à la pharmacopée française
- 1930 : utilisation du Cyclopropane
- 1932 : première installation de gaz médicaux
- 1934 : utilisation de Trilène (trichloréthylène)
- 1947 : Chlorure d'éthyl ( $C^2H_5Cl$ )

- 1950 : première installation air médical par combinaison oxygène et azote
- 1953 : Fluoromar
- : Halothane
- 1963 : synthèse Enflurane
- 1965 synthèse Isoflurane
- 1992 : loi 92 1279 du 8/12/1992 imposant que les gaz à usage médicaux aient un A.M.M.
- (transpose la directive européenne 89/341/CEE du 3 mai 1989)
- 1994 : Mise sur le marché du Desflurane
- 1995 : Mise sur le Marché du Sévorane

Des propriétés physiques des molécules pouvant passer sous forme de gaz vont influencer sur la conception des chambres d'évaporation.

## 1.4. DEFINITION

Corps qui se présente à l'état fluide expansible et compressible à température et condition de pression normales soit température = 0 Celsius et pression d'1 atmosphère..

### 1.4.1. Expansibilité

se répartit et occupe tout le volume d'un espace clos en engendrant une pression partout identique

### 1.4.2. Compressibilité possibilité d'entraîner une faible augmentation de

pression en diminuant le volume du contenant.

## 2. CLASSIFICATION DES GAZ

### 2.1. SELON LEUR ETAT PHYSIQUE

#### 2.1.1. Gaz comprimés

gaz dont la température critique est inférieure à la température ambiante; Tout le produit est à l'état gazeux dans la bouteille

### 2.1.2. Gaz liquéfiés sous pression

Température critique supérieure à température ambiante, la compression les fait passer en partie sous forme liquide. La pression exercée est égale à la PVS.

### 2.1.3. Gaz liquéfiés à basse température ou cryogéniques:

Gaz rendus liquides par baisse de la température et transportés réfrigérés;

### 2.1.4. Gaz Dissous

Gaz instable dissous dans un solvant (acétylène).

## 2.2. CLASSIFICATION SELON LES PROPRIETES CHIMIQUES

un Gaz peut être neutre (Gaz n'entraînant pas de combustion et ne réagissant que dans des conditions extrêmes (Argon)) ou bien combustible (= inflammable) ou bien comburant (= oxydant) ou bien corrosif.

Un gaz qui s'enflamme spontanément au contact de l'air est dit Pyrophorique (Silane)

## 2.3. CLASSIFICATION SELON LEUR PROPRIETE PHYSIOLOGIQUE

### 2.3.1. Gaz inerte

Gaz dénué d'effet physiologique connu autre qu'asphyxiant si hypoxie (argon, azote, hélium).

### 2.3.2. Gaz pharmacologique ment actifs :

Gaz qui administrés par voie pulmonaire ont un effet physiologique voire thérapeutique.

### 2.3.3. Gaz toxiques:

Gaz nocifs pour les organismes vivants, cette toxicité peut être instantanée, immédiate (15 min.), ou à long terme.

Pour ces gaz on définit :

- La VLE (Valeur limite d'exposition) qui est une valeur toxique mesurée pour des durées d'exposition de moins de 15 minutes'
- La VME: Valeur Moyenne d'Exposition déterminée pour une exposition de 8 heures.

Ces doses sont exprimées en p.p.m. ou particule par million ou millièmes en volume ou en  $\text{mg/m}^3$

## 2.4. CLASSIFICATION SELON LES COMPOSANTS :

Gaz pur ou mélange.

## 2.5. CLASSIFICATION SELON LA PURETE :

S'exprime en %, en p.p.m. ou en p.p.b./vol (Partie par milliard en volume

On distingue des gaz industriels, médicaux (leur pureté est inscrite à la pharmacopée), et de laboratoire.

Les dérivés halogénés sont donc des bouteilles de gaz renfermant un gaz pur ou un mélange (halothane et conservateur par exemple), physiologiquement actif et pouvant par assimilation être considérés comme liquéfié.

Les vapeurs d'halogénés étant la forme active et se comportant comme des gaz, il est important de connaître les propriétés physiques d'un gaz pour comprendre la cinétique de la vaporisation et le comportement des vapeurs dans un mélange gazeux.

## 3. PROPRIETES PHYSIQUES DES GAZ

### 3.1. LOI D'AVOGADRO :

Des volumes égaux de 2 gaz à température et pression identiques renferment le même nombre de molécules.

Donc densité du gaz proportionnelle à son P.M.

Le nombre d'Avogadro est le nombre de molécules contenues dans un volume molaire normal (22,41 litres). Ce nombre est égal à  $6,02 \cdot 10^{23}$ .

### 3.2. DIAGRAMME DES PHASES:

Donne en fonction de la température et de la pression l'état d'un gaz

#### **Figure 2 : diagramme des phases**

Le point critique se définit comme étant le point où il n'existe plus d'équilibre gaz/liquide (tout est gazeux)

Ceci montre qu'un corps à l'état liquide est en fait toujours en équilibre avec sa pression de vapeur saturante (PVS)

A l'état d'équilibre et à une température donnée, la pression exercée par la vapeur reste constante et en équilibre avec le gaz, cette pression est appelée Pression de Vapeur Saturante.

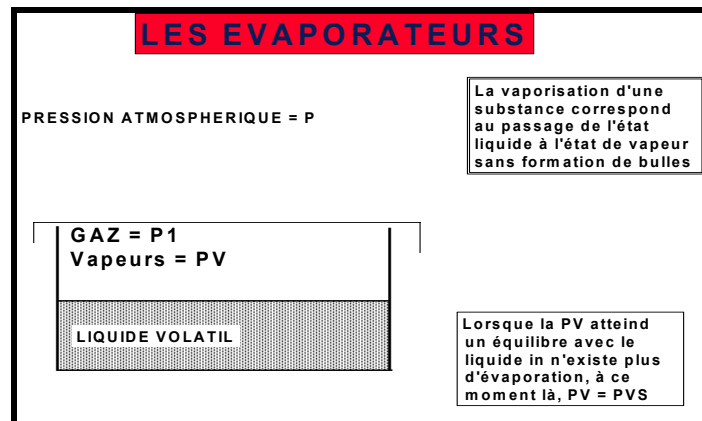


Figure 3 : La pression de vapeur saturante

### 3.3. CHALEUR LATENTE DE VAPORISATION:

Le passage liquide gaz nécessite l'apport de chaleur, cette chaleur latente varie en fonction du corps, des condition de pression.

La chaleur latente de vaporisation est nulle lorsque la température est  $>$  à la température critique.

NB: Protoxyde d'Azote : température liquéfaction =  $-88,5$ , température solidification =  $-90,8$ , donc dur de garder Protoxyde d'Azote à phase liquide.

### 3.4. RELATION PRESSION VOLUME :

La compression d'un gaz se fait selon 3 phases :

- Basse pression, corps gazeux  
augmentation régulière de pression quand vol diminue
- Gaz en partie liquide : La réduction du volume se fait à pression constante
- Quand tout le corps est liquéfié :  
grande augmentation de pression quand petite baisse de volume.

### 3.5. EQUATION D'ETAT :

C'est une équation qui relie pression, température, volume

La plus simple est la loi de Mariotte ou équation des gaz parfaits

$$P V = n R T$$

où



P est la pression absolue

V est le Volume occupé par le gaz

n est le nombre de moles contenues dans le volume de gaz V

R est la constante des gaz parfaits ( $R = P_0 \cdot V_0 / T_0 = 8,314 \text{ Joules Moles}^{-1} \text{ Kelvin}^{-1}$ )

T est la température en degrés Kelvin.

En réalité cette loi ne tient compte que des collision entre les molécules d'un même gaz, seul l'hydrogène s'en rapproche.

Plus un gaz est près de sa température de liquéfaction, moins il est parfait.

Pour les gaz réels, le loi de Mariotte est corrigée par un facteur de compressibilité Z, on obtient donc

$$P V = Z(T,P) n R T$$

### 3.6. LES RELATIONS GAZ, VOLUME, PRESSION, TEMPERATURE DE TOUS LES GAZ:

#### 3.6.1. La Loi de Boyle Mariotte :

à température et masse constante, le produit pression par vol est une constante.

$$P V = \text{cst}$$

*En pratique*, une bouteille contenant du gaz sous forme gazeuse pure : le contenu de la bouteille en gaz décomprimé est proportionnel la pression

#### 3.6.2. Loi de Gay Lussac

La pression et la masse restant inchangée, le volume varie en fonction de la température absolue

$$V/T = \text{cst}$$

$$V = V_0 (1 + \alpha (T - T_0))$$

$\alpha$  est une constante indépendante de P

#### 3.6.3. Loi de Charles

Le volume et la masse restants inchangés, La pression d'un gaz exercée sur son contenant varie en fonction de sa température absolue

$$P/T = \text{cst}$$

$$P = P_0 (1 + \beta (T - T_0))$$

$$\alpha = \beta = 1/T_0 = 1/273,15$$

#### 3.6.4. Loi de Dalton

La pression d'un mélange gazeux dans un contenant est la somme des pressions partielles qu'auraient chacun des gaz s'ils occupaient seul la même volume, à une même température.

La pression exercée par un gaz étant le produit de sa concentration fractionnelle par la pression totale (ici la barométrique)

$$P_0 = F_0 \cdot P \text{ barom}$$

Pour les évaporateurs fonctionnant à 20° cette fraction peut se traduire en fraction, ainsi pour l'Halothane, elle est de 32%.

Si la température baisse ou augmente, la valeur de la PVS et de la fraction change dans le même sens. Lorsque l'halogéné atteint sa température d'ébullition, la pression partielle qu'il exerce est égale à la pression atmosphérique.

### 3.7. DIFFERENCE GAZ REEL ET PARFAIT POUR L'OXYGENE: EXEMPLE

Une bouteille de 50 litres contient O2 à 200 bars à 15°.

GAZ PARFAITS

GAZ REELS

Le coefficient de compressibilité 200 bar et

15° = 0,9415

1 bar et 15 °=0,9994

Donc

Vol del \* P atm = Vol (50) \* pression  
(200)

Vol (1atm) \* Pres atm = Vol (50)\*press (200)

-----  
Z (1/15)                      Z (200/15)

donc

donc

V= 50\*200/ pression atmo

V=(0,9994/0,9415)\*(200/1)\*50=**10610 litres**

V=50\*200/1 = **10 000 litres**

### 3.8. APPLICATION AUX HALOGENES :

La loi d'Avogadro peut avoir une utilité en anesthésie lorsque l'on veut calculer la consommation d'un halogéné.

En effet, soit PMH le P.M. de l'halogéné, PMH donne 22.414 litres de gaz, donc

1 gramme de liquide donne 22.414 l / PMH litres de vapeur (ou de gaz)

autrement dit :

un ml de liquide devient :

22.414 \* densité du produit / PMH litre de vapeur (\*1000 si on veut en ml)

comme on travaille à une température t: 1ml d'halogéné devient :

((22.414\*(1+t/273))\*densité halog/PMH)\*1000 ml de vapeur

Les données des 3 halogénés principaux sont :

NOM	P.M.	Densité
FLUO	197.39	1.86
Ethane	184.5	1.52
Forène	184.5	1.49
Desflurane	168	1.50
Sevorane	200	

ainsi pour le Fluo :

1 ml donne à 20 degrés

$$22.414 * (1+20/273) * 1.86 / 197.39 * 10000 = 226 \text{ ml}$$

Ethane = 198 et iso = 194

## 4. LES UNITES UTILISEES:

### 4.1. TEMPERATURE

Echelle	Température congélation	Température ébullition	1° K = (équivalence des degrés)
Kelvin (°K)	273,15	373,15	1
Celsius (°C)	0	10	1
Réaumur (°R)	0	80	0,8
Fahrenheit (°F)	32	212	1,8

### 4.2. PRESSION:

L'unité SI est le pascal qui est la pression exercée par 1 newton sur une surface de 1 mètre carré

Unité	Abréviation	Valeur en SI
Pascal	Pa	1
Bar	Bar	$10^5$ Pa (100 000)
Atmosphère	atm	101 325 pa
Centimètre d'eau	cm H <sub>2</sub> O	249

Millimètre de mercure	mm HG	133,3
Torricelli	Torr	133,3 =1 mm Hg=1/760 atm

NB 1 mm Hg = cm d'eau

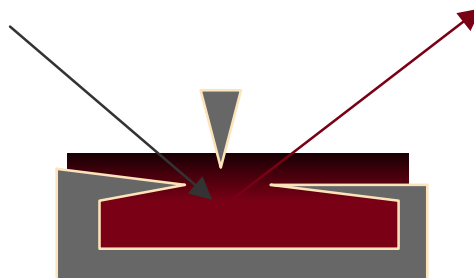
#### 4.3. VOLUME :

Unité	Abréviation	Correspondant à (litre)
Mètre cube	m <sup>3</sup>	1000
	ft <sup>3</sup>	28,32
Galon	US gal	3,785

## 5. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN EVAPORATEUR CLASSIQUE :

### 5.1. PRINCIPE

Les évaporateurs fonctionnent en mettant en contact un gaz vecteur avec du liquide en équilibre avec ses vapeurs; il existe trois type de contact :



**Figure 4 : principe d'un évaporateur**

Goutte à goutte :

- \* simple: on laisse tomber des gouttes dans le conduit du gaz et une certaine quantité s'évapore
- \* plus actuel : Délivrance par SAP ou injecteur d'une certaine quantité d'halogénés calculée en fonction du débit de gaz frais et de la concentration voulue, l'halogéné est ensuite passé sur un système de nébuliseur à ultra son et les vapeurs sont emportées par le gaz
- \* Système à léchage : le courant d'air balaye la surface du liquide
- \* Système à barbotage : le gaz passe au travers du liquide la surface de contact des gouttes est importante.

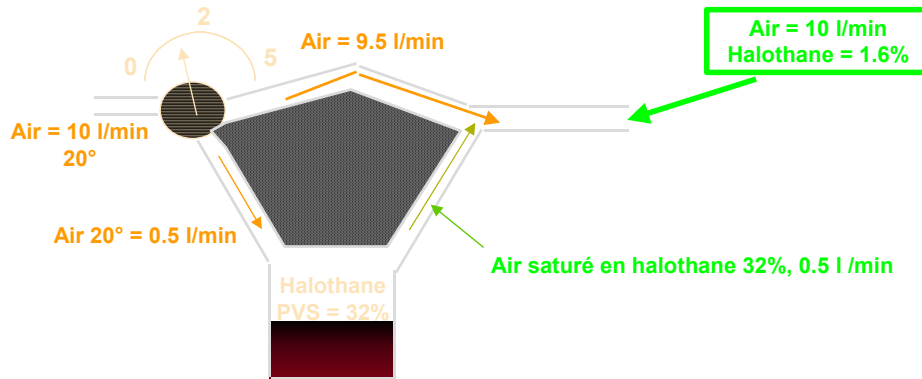
La concentration maximale en vapeur doit être égale à la PVS dans le chambre d'évaporation; cette quantité ne dépend que de l'halogéné et de la température. Pour avoir une concentration précise

de vapeur halogéné, il suffit de diluer une quantité connue de vapeur halogénées dans un mélange gazeux sans halogéné. C'est le principe des évaporateurs à bypass variable ou à débit contrôlé.

## 5.2. LES EVAPORATEURS A BYPASS VARIABLE

La majorité des évaporateurs fonctionnent sur ce principe, une partie du flux de gaz frais est dirigé vers une chambre d'évaporation où la pression de vapeur halogénée est la pression de vapeur saturante, l'autre partie court circuitée cette chambre d'évaporation

Exemple avec l'halothane (PVS #32% à 20°), concentration souhaitée de 1.6%



**Figure 5 : Evaporateur à bypass variable**

Bien entendu, si l'on souhaite une concentration supérieure par exemple 3,2 %, dans ce cas il passera 98 minutes par le bypass et 1 l par la chambre d'évaporation. La manette de réglage de l'évaporateur va donc permettre de faire varier la partie de débit de gaz frais passant par la chambre d'évaporation. Cette modélisation n'est valable qu'à température constante. En pratique, il se greffe des problèmes de température de fonctionnement et d'échange thermique.

## 5.3. ASPECT CALORIQUE :

### 5.3.1. les problèmes rencontrés :

Pour qu'un liquide s'évapore, il faut qu'il y ait une certaine agitation thermique (à - 273 elle est nulle et y'a plus de gaz). L'évaporation consomme donc de la chaleur, pour évaporer un gramme de FLUO, il faut une perte de 35 calories. Cette quantité est appelée chaleur latente de vaporisation. Or, la quantité de chaleur pour augmenter ou diminuer la température du FLUO aux alentours de 20° est de 0.19 calories; cette quantité est appelée chaleur spécifique.

On conçoit donc que si l'on a une cuve de 50 ml contenant du FLUO, totalement isolée sur le plan thermique et que 1 gramme de FLUO s'évapore soit 0.5 ml, la perte est de 35 calories, ceci fait passer la température du reste du mélange à  $35/0.19 \times 100 \approx 1.8$  °. Il faut donc si l'on veut avoir une réaction stable dans le temps prévoir une cuve conductrice de chaleur et de masse importante de façon à pouvoir absorber les variations de températures.

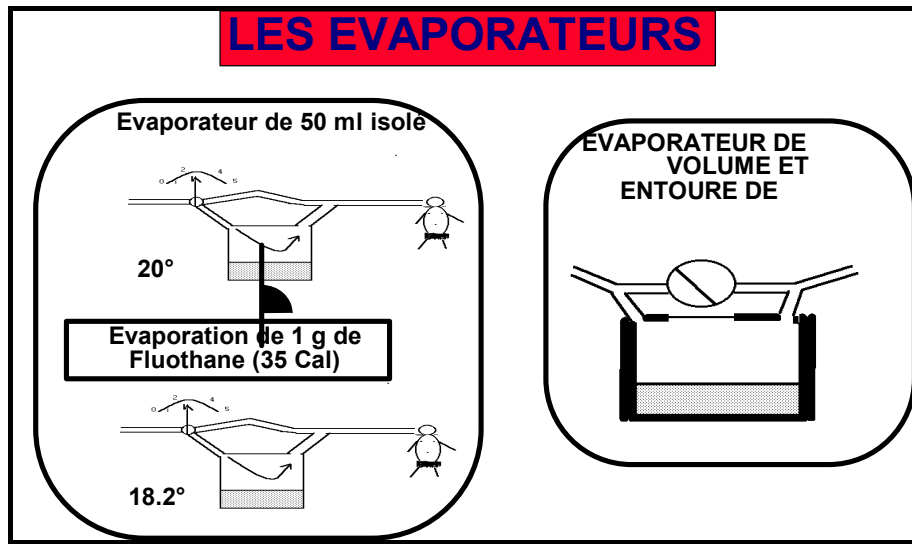


Figure 6 : aspect calorique de la vaporisation

### 5.3.2. Valve thermostatique :

Lorsque la température baisse dans l'évaporateur, la PVS baisse et donc la fraction délivrée d'halogénés. Pour maintenir une concentration constante d'halogéné, il faut augmenter la partie de flux de gaz passant par la chambre de vaporisation et diminuer le flux du bypass. Ceci a aussi pour effet d'augmenter le transfert de chaleur depuis le gaz vecteur vers l'halogéné et de combattre la chute de température. Cette modification est sous le contrôle d'une valve thermostatique. Celle ci a l'aspect d'une bivalve métallique.

### 5.4. AUGMENTATION DE LA SURFACE DE CONTACT :

Si le flux de gaz est important, il est possible que la chambre d'évaporation ne soit pas totalement saturée en vapeurs d'halogénés ( $PV < PVS$ )

Pour faciliter le maintien d'une  $P.V. = PVS$ , on peut également jouer sur la surface de contact entre le gaz et l'halogéné, c'est le rôle des mèches (généralement métalliques situées dans la chambre d'évaporation :

# LES EVAPORATEURS

compensation thermique et augmentation surface d'échange

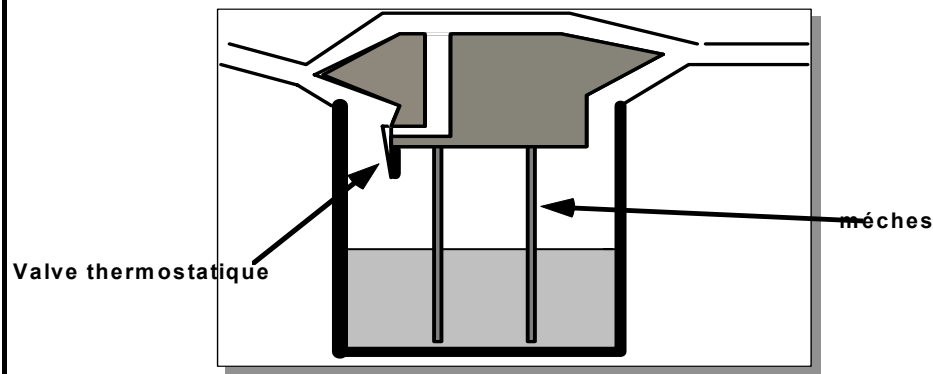


Figure 7 : mèches et valves thermostatiques

## 5.5. ROLE DES MODIFICATIONS DE PRESSION :

Si je ventile un sujet à l'ambu avec un évaporateur simple placé en amont, il existe une augmentation de pression en amont qui se répercute au niveau de l'évaporateur, ce qui occasionne une augmentation de la pression (donc du nombre de molécules) du gaz alors que le nombre de molécule de vapeur reste constant; ceci induit une baisse de la fraction de vapeur. C'est d'autant plus vrai que le débit de gaz est élevé et que la concentration de vapeur souhaitée est faible. Cet effet s'appelle l'effet de pressurisation.

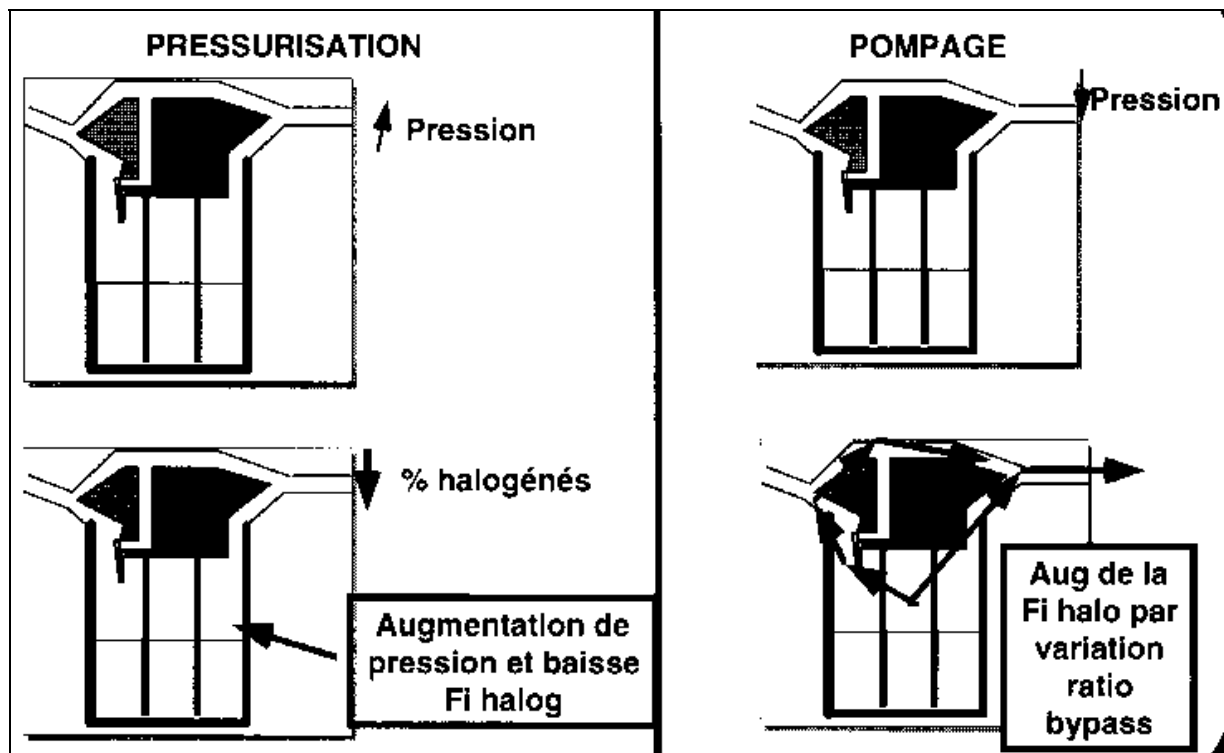


Figure 8 : effets des variations de pression

Lors de la baisse de pression, il existe une issue depuis la chambre d'évaporation vers le patient plus importante que à flux constant, ceci peut entraîner un passage de gaz et d'halogéné vers le bypass et

augmenter transitoirement la concentration vers le patient. Ceci s'appelle l'effet de pompage. On le combat en diminuant le volume de gaz de la chambre d'évaporation et en allongeant le trajet du gaz entrant dans la chambre ( tube spiralé). L'effet de pompage survient plutôt quand les débits de gaz sont faibles et la concentration souhaitée forte. Il est plus important en clinique que l'effet de pressurisation.

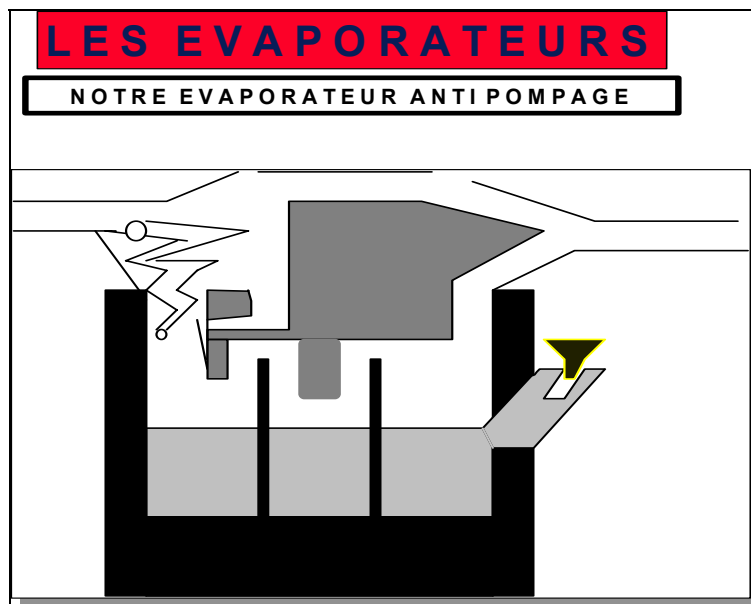


Figure 9 : vaporisateur schéma

### 5.6. EVAPORATEURS A DEBIT DE VAPEUR CONTROLEE

Par rapport au précédent type d'évaporateurs, le flux de gaz frais et les chargés de molécules d'halogènes et évaporer. Ce débit de vapeur peut être soit réglé manuellement, soit sur les machines actuelles réglées de manière électronique. La majorité des évaporateurs d'y électronique fonctionne sur ce principe.

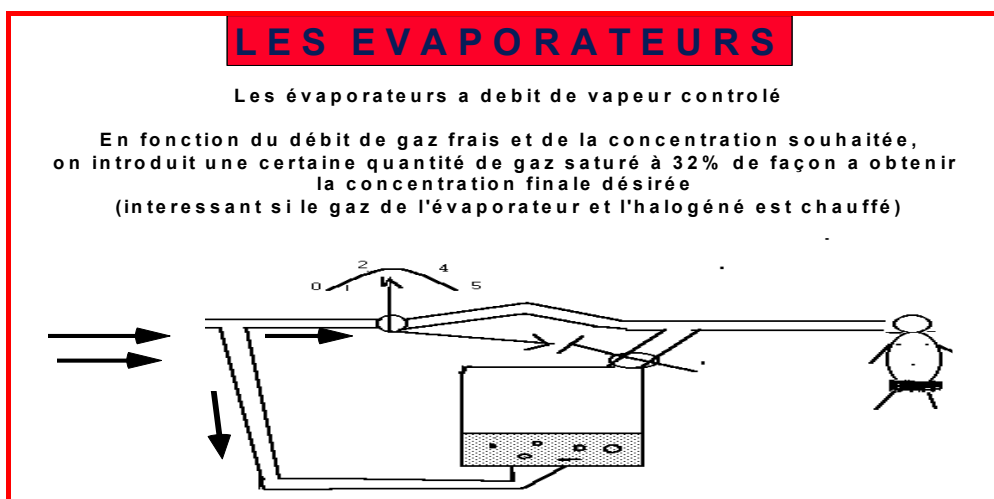
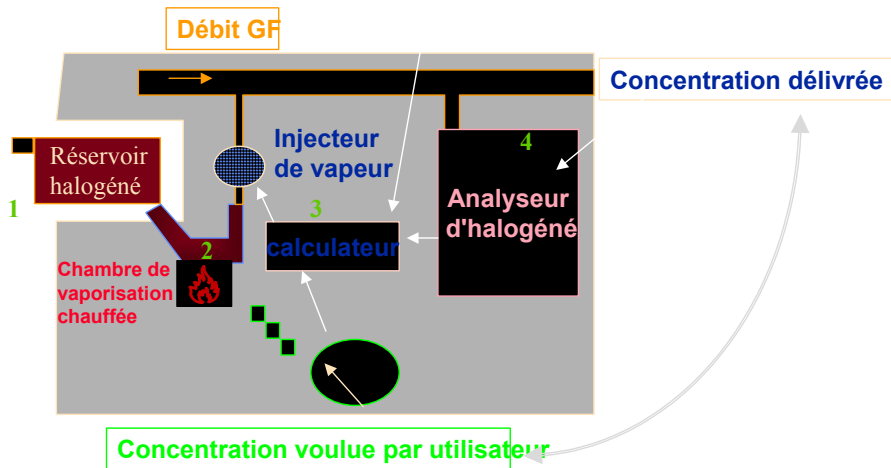


Figure 10 : Evaporateur à débit contrôlé

Le schéma suivant vous présente ce type d'évaporateur, (exemple Datex ADU)





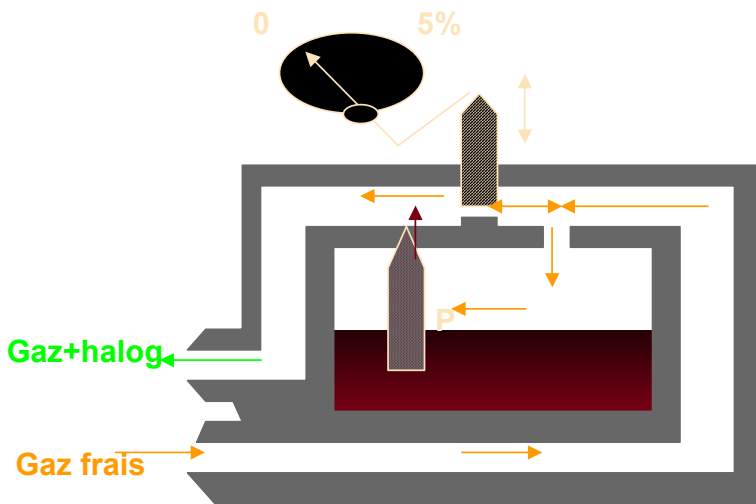
1. une cassette contenant des halogènes et est introduite auprès de l'évaporateur et permet la reconnaissance de l'halogène.



2. Une chambre de vaporisation chauffée permet la conversion totale de l'halogène et est présent dans cette chambre sous forme de vapeur. La température de cette chambre peut-être ajustée en fonction de l'halogène et point c'est évaporateur permet donc d'utiliser plusieurs halogénés et avec le même système de vaporisation.
3. En fonction de la concentration désirée par l'utilisateur, et du débit de gaz frais, un calculateur calcule que le nombre de millilitres de vapeur a apporté au circuit patient. Cet apport sera réalisé grâce à un injecteur de vapeur.
4. La contrôle de la concentration dans le débit de gaz frais est assuré de manière optionnelle par un analyseur d'halogènes et qui peut transmettre ces informations au calculateur afin de valider ses calculs

### 5.7. VAPORISATEUR A GICLEUR: >SIEMENS POUR SERVOVENTILATEUR

l'anesthésique sous pression est injecté en amont du ventilateur, à des pressions voisines de 3bars dans le flux de gaz. Il faut une compensation de l'injection en fonction du mélange gazeux.



**Figure 11 : Vaporisateur à gicleur**

Une Réduction du diamètre variable (1) génère une contre pression dans la chambre de vaporisation, plus la réduction est importante, plus la pression sur le gicleur est élevée et donc plus on injecte d'halogénés.

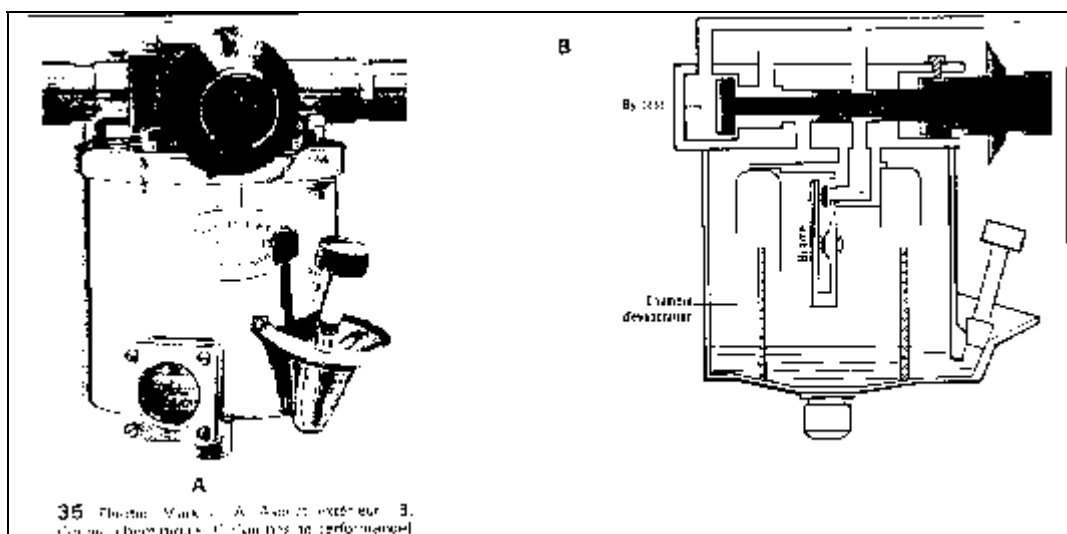
L'augmentation de DGF crée aussi une augmentation de pression qui induit une injection plus importante d'halogénés dans le circuit

Ce type de vaporisateur peut être mis dans un circuit fermé si vérification constante de la concentration d'halogénés.

## 6. LES DIFFERENTS EVAPORATEURS :

### 6.1. CYPRANE FLUOTEC MK2

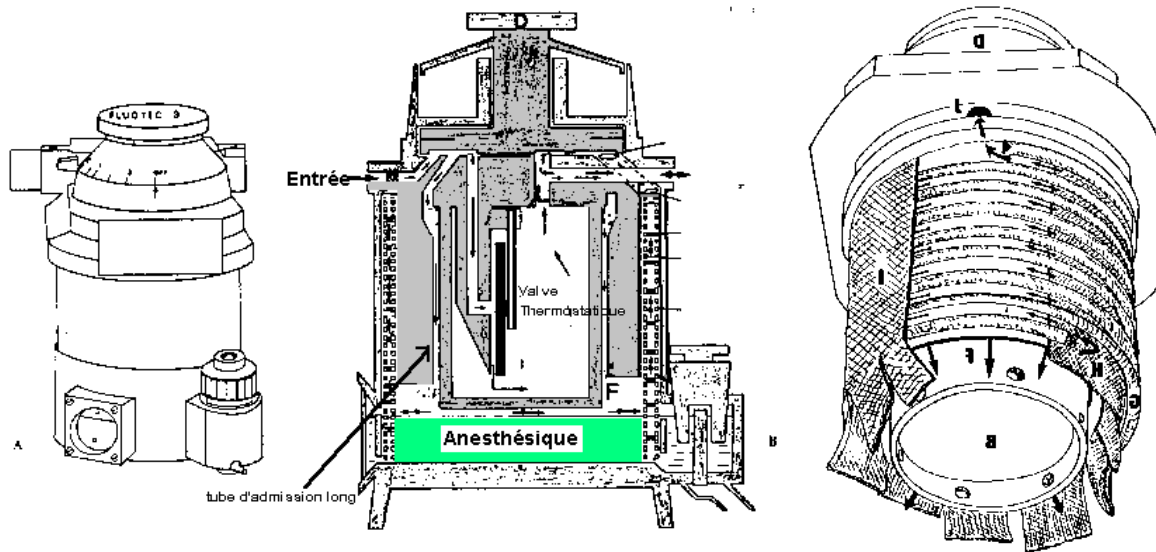
Ressemble au notre, le volume de la chambre est de 630 ml, la concentration est proche de celle affichée de 4 à 10 l/min. Si le débit est inférieur à 0.5 litres, la concentration est nulle puisque la force d'inertie du gaz n'arrive pas à vaincre les résistances de l'évaporateur, de 0.5 à 4 litres la concentration est supérieure à celle affichée.



**Figure 12 : Cyprane Tec 2**

## 6.2. FLUOTEC 3

Le volume de la chambre est de 150ml; le gaz frais passe dans une chambre d'évaporation et ressort dans 'un serpentín de cuivre de 2.40m tapissé de mèche.



## 6.3. TEC 4

Supporte d'être incliné jusque 45° sans problème.

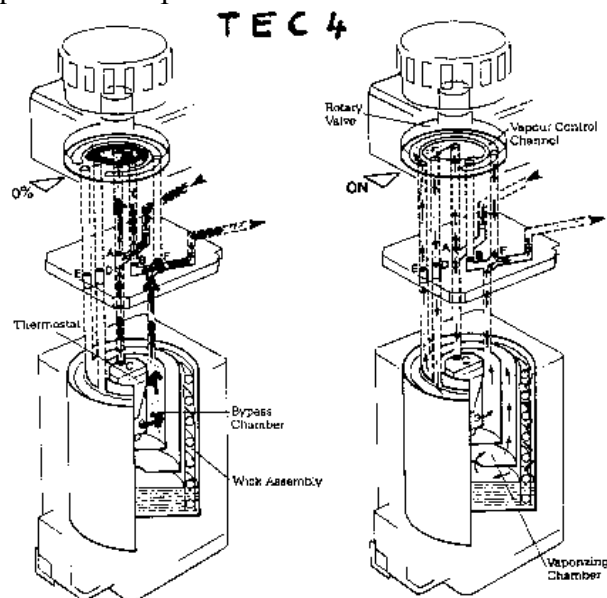
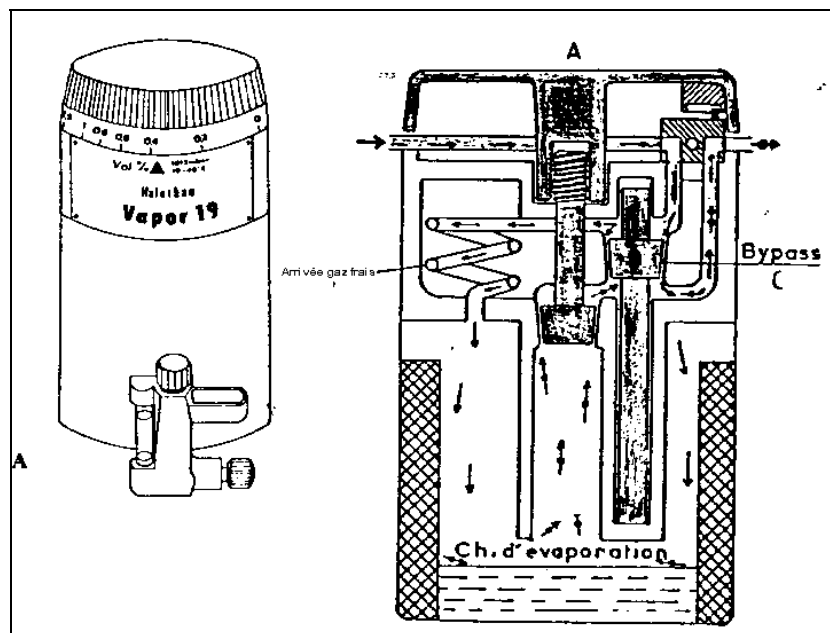


Figure 13 : évaporateur Tec 4

## 6.4. VAPOR 19 DE DRAEGER

La connexion se fait par le système *Interlock 2*



Température entre 15 & 35°

Débit de fluide de 0.5 à 15 litres/minute

Il est interdit de fonctionner en affichant une concentration entre 0 et 0.2% (la concentration n'est alors pas connue).

\* AVEC HALOTHANE :

Entre 0.3 et 1% la différence entre la concentration indiquée et la concentration mesurée peut être de 0.15% maximum ( *Un appareil en bon état de marche délivre pour une concentration affichée de 0.4% entre 0.25 et 0.55% Halothane* )

Au delà de 1% la variation permise est de 15% de la concentration affichée ( *Un appareil en bon état de marche délivre pour une concentration affichée de 3% entre 2.55 et 3.45% Halothane* )

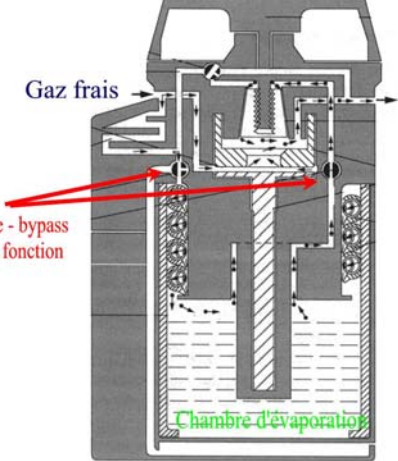
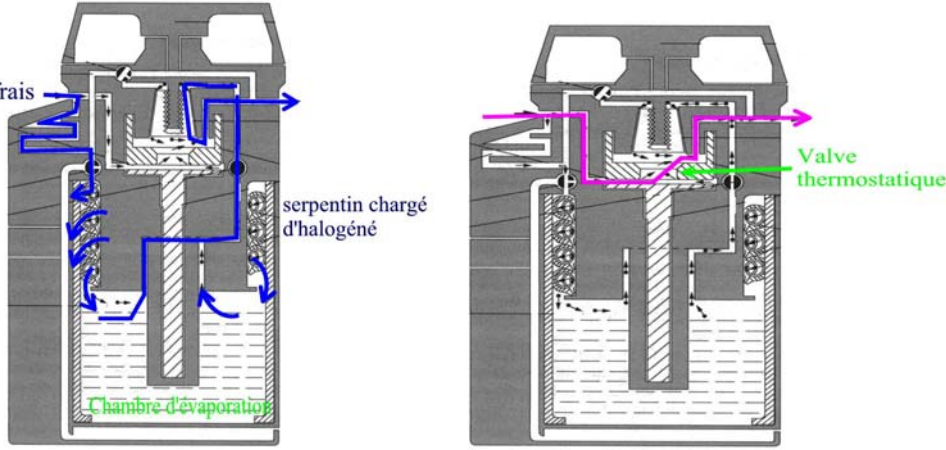
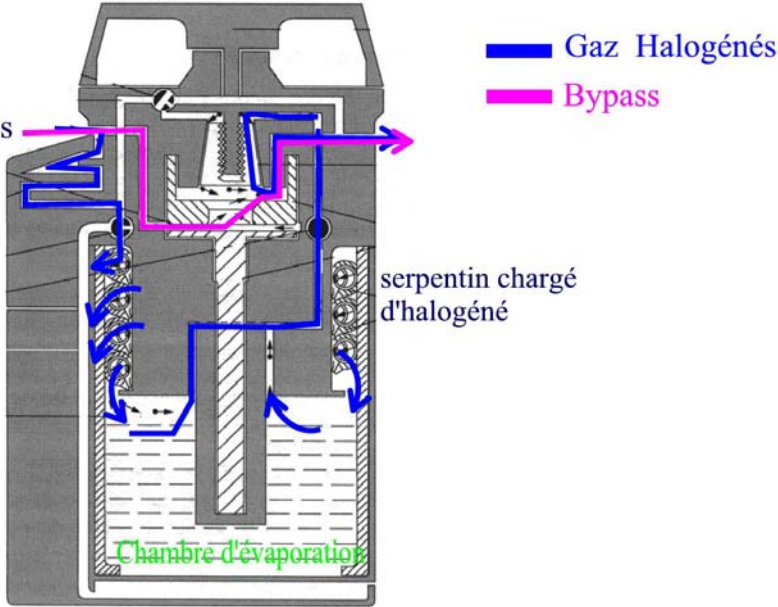
\* AVEC ISOFLURANE :

Entre 0.2 et 1%, la différence entre la concentration indiquée et la concentration mesurée peut être de 0.15% maximum ( *Un appareil en bon état de marche délivre pour une concentration affichée de 0.4% entre 0.25 et 0.55% d'Isoflurane* )

Au delà de 1% la variation permise est de 15% de la concentration affichée ( *Un appareil en bon état de marche délivre pour une concentration affichée de 5% entre 4.25 et 5.75% d'Isoflurane* ).

## 6.5. DRAGER VAPOR 2000

le

<p style="text-align: center;">molette de réglage de concentration</p>  <p>Gaz frais</p> <p>Vannes d'isolement chambre - bypass quand l'évaporateur est hors fonction</p> <p>Chambre d'évaporation</p> <p>1</p>	<p>À l'arrêt c'est évaporateur, permet un isolement de la chambre d'évaporation du flux de gaz serait par deux vannes. C'est vannes permettent par contre la vidange du contenu.</p> <p>En mode transport l'évaporateur supporte toutes les positions</p>
 <p>Gaz frais</p> <p>serpentin chargé d'halogéné</p> <p>Chambre d'évaporation</p> <p>Valve thermostatique</p>	<p>Le gaz frais pénètre dans l'évaporateur, une partie de celui-ci se dirige au travers du système anti pompage, et le long de serpentin dont la surface étendue d'halogènes par capillarité, vers la chambre d'évaporation.</p> <p>Ensuite se gaz chargés d'halogènes et va se mélanger au gaz du bypass dont le circuit figure ci dessous.</p>
 <p>Gaz frais</p> <p>serpentin chargé d'halogéné</p> <p>Chambre d'évaporation</p> <p>■ Gaz Halogénés</p> <p>■ Bypass</p>	<p>La valve thermostatique agit donc ici sur le débit du bypass.</p>

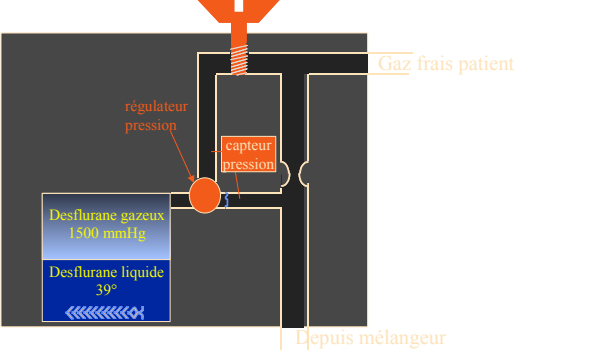
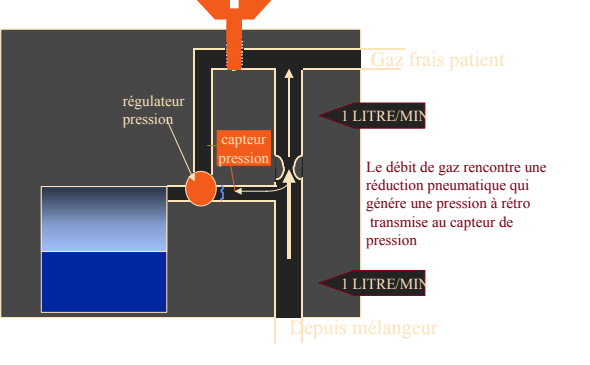
## 6.6. RESUME DES CARACTERISTIQUES DES EVAPORATEURS A BYPASS VARIABLE

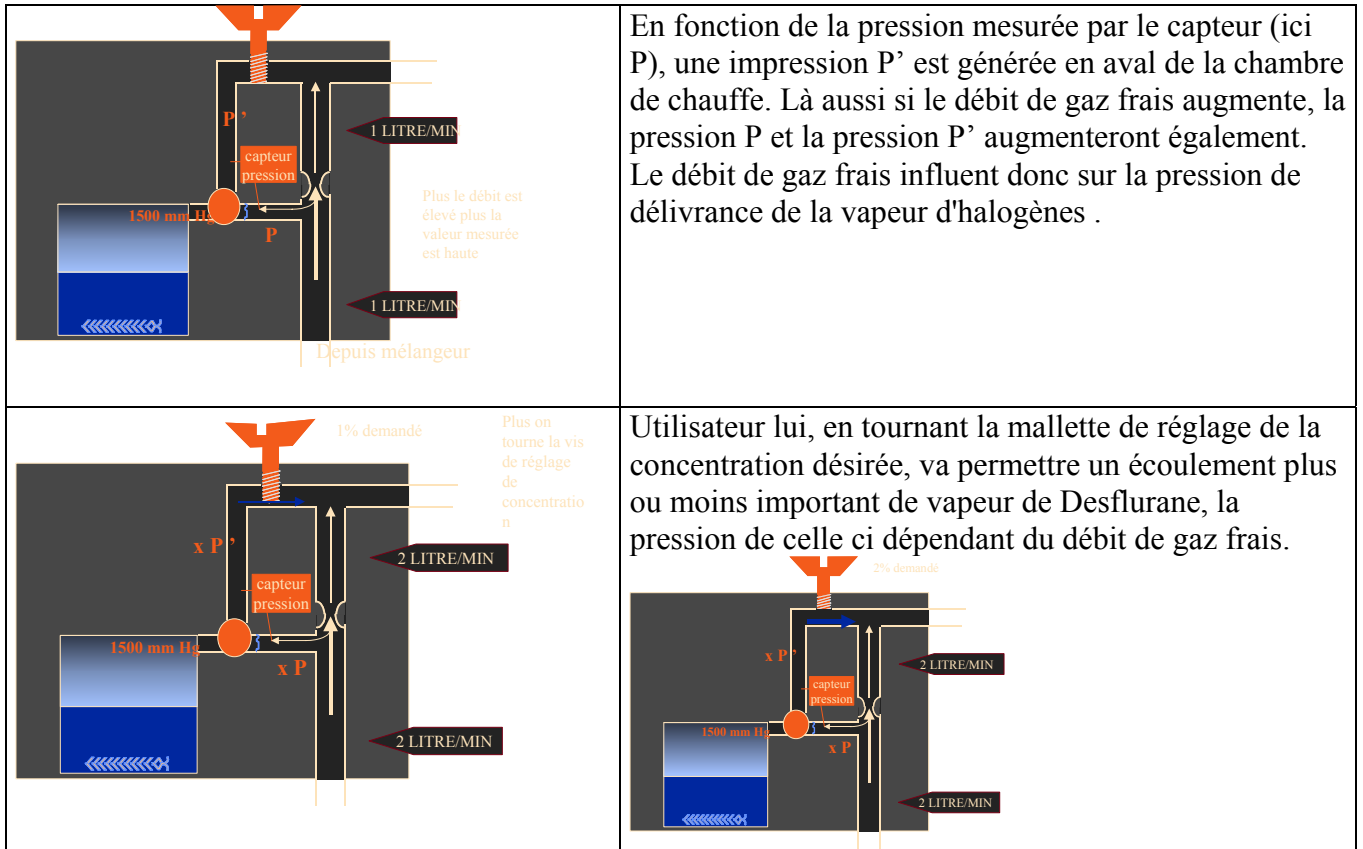
Nom	chambre	température	débit l/min	erreur	commentaire
Fluotec 2	630 ml	20 -30	4 - 10		
Fluotec 3	150 ml	18 - 36	0.25 - 10	15% jusque 3% plus ensuite	pds=6.3kg
Fluotec 4					
Dräger 19.3		15 - 35	0.5 - 15	15 % ou 0.15	
Dräger 2000	300 ml (+60ml pour mèches)	10 à 40 ° C	0.25 – 15 l,		Angle inclinaison supporté en service 30° à
Tec 6					

## 6.7. EVAPORATEUR A DESFLURANE :

Commercialisé par Draeger et Ohmeda mais fabriqué seulement par Ohmeda.

La temp de vaporisation de Desflurane est de 23° donc, la choix a été fait d'utiliser ce produit au delà de sa valeur d'ébullition.

	<p>Le Desflurane est introduit dans une chambre de vaporisation chauffée à 39°, au-dessus du Desflurane liquide se trouve le Desflurane sous forme gazeuse. À cette température la pression de vapeur sature 30 et 2500 mm de mercure. Lorsque cette températures et pressions est atteinte le dispositif est prêt à fonctionner.</p>
	<p>Le passage d'un débit de gaz frais se heurte à une réduction pneumatique, cette réduction va générer une pression mesurée par un capteur de pression. Plus le débit de gaz frais est élevé, plus la pression mesurée par le capteur sera élevée du fait que la réduction pneumatique invariable.</p>



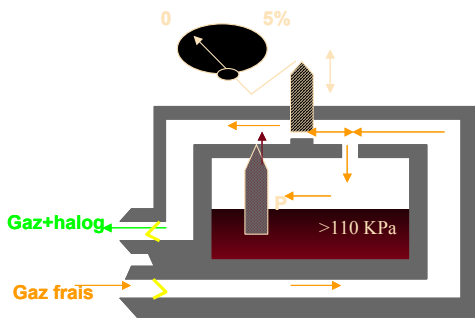
Cet évaporateur sophistiqué nécessite un temps de prêt chauffage pour être fonctionnel, l'entretien de deux ce dispositif doit se faire tous les trois ans par retour en usine.

**Figure 14 : vaporisateur à Desflurane**

### 6.8. EVAPORATEUR PIVAP (DESFLURANE SIEMENS)

C'est un Evaporateur a gicleur pour Desflurane

Le Principe est identique à l'évaporateur a gicleur mais pour que cela fonctionne il faut que le Desflurane n'atteigne pas son point d'ébullition, de façon à ce qu'il reste liquide lors de l'injection.



Or la température d'ébullition du Desflurane est de 22° Celsius à 101,3 kPa (pression atmosphérique) et de 39° à 110 kPa.

En conséquence à la fin que le Desflurane reste sous forme liquide, une pression de 110 KPa est maintenue à l'intérieur de l'évaporateur. Ainsi le fonctionnement de c'est évaporateur et superposable au fonctionnement des autres évaporateurs à gicleurs. Bien sûr le fonctionnement ne sera pas possible au-delà de 39°. En cas de déconnexion de l'évaporateur de son support, des valves se ferment et maintiennent la pression à l'intérieur du dispositif.

## 7. QUELQUES REMARQUES PRATIQUES :

### 7.1. THYMOL ET HALOTHANE

Halothane est stabilisé par 0.01% de Thymol, le Thymol ayant un point d'ébullition à 233°C, il est donc moins volatil que le Fluo, il aura donc tendance à rester dans la cuve, c'est ce qui donne la jolie couleur jaune au vieux Fluo. Il convient donc en moyenne une fois par mois (toute les semaines pour la SFAR) de faire ou de faire faire une vidange des cuves à fluo ( vider, remplir, vider , jeter puis remplir à nouveau).

### 7.2. ERREUR D'HALOGENE :

Evaporateur\ halogéné versé	Halothane	Enflurane	Isoflurane
Halothane	1.00	0.60	0.97
Enflurane	1.60	1.00	1.55
Isoflurane	1.02	0.63	1.00

C'est surtout quand on remplit un évaporateur à Enflurane d'autre chose qu'on a des risques de surdosage; lorsque cette erreur se produit ; un analyseur est il utile?

Les analyseurs infrarouge monobande ont un coefficient de gain six fois plus important pour le FLUO que pour les autres, i.e. si

1% fluo et sur Ethrane ou iso sélectionné : on lira 0.2 - 0.3 %

si sélectionne fluo sur analyseur et que il arrive 1% d'éthane, la concentration lue sera de 5 - 6%

Si remplissage évaporateur à Ethrane avec Fluo et qu'on affiche 1%; la concentration délivrée sera de 1.6%; si l'analyseur est sur :

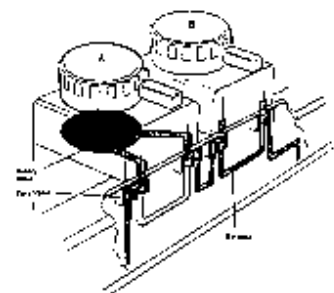
Ethane on lira 0.3%

Fluo on lira 1.6%

Lorsque le remplissage survient sur une cuve non vide , on aura un mélange d'halogéné qui donnera quelque chose de plus dangereux et de difficilement quantifiable.

Diverses solution ont été proposées : rampes Sélectatec ou Interlock ou autre

Système de remplissage sélectif avec parallélépipède spécifique et filetage spécifique





### 7.3. TRANSPORT :

Il convient de transporter les évaporateurs debout ou vidés (sauf Tec 4)

Vapor 19.3 :L'appareil ne doit pas être incliné de plus de 45°, si une telle éventualité se produit: faire passer un flux de 10 litres à concentration max. pendant 20 minutes au travers de l'évaporateur avant nouvel emploi (attention à la pollution de la pièce!!)

Lorsque l'on transporte des vaporisateurs d'une pièce à une autre qui ont des températures différentes, il faut attendre le temps nécessaire à ce que l'évaporateur soit à la température de la pièce pour s'en servir

### 7.4. ENTRETIEN :

Problèmes éventuels:

- \* Dérive de la concentration : c'est pas grave car clinique et analyseurs
- \* Fuites : problème moins accessible, le risque principal est (expérience personnelle sur Tec 3 en mater) lorsque l'on ventile en pression positive de voir le gaz repartir par la molette de l'halogéné, on se retrouve sans halogéné et sans oxygène!!

Donc nécessité d'un entretien préventif (ne serait ce que du point de vue médico-légal) tous les ans pour Tec 3 et 4, Six mois pour Draeger, Trois ans pour Tec 5. La chambre d'évaporation et les mèches ont une durée de vie de 2 à 5 ans en moyenne)

Ce genre d'entretien a un coût de 1500 à 2500 F par an et un vaporisateur coûte 15 à 20 000 francs.

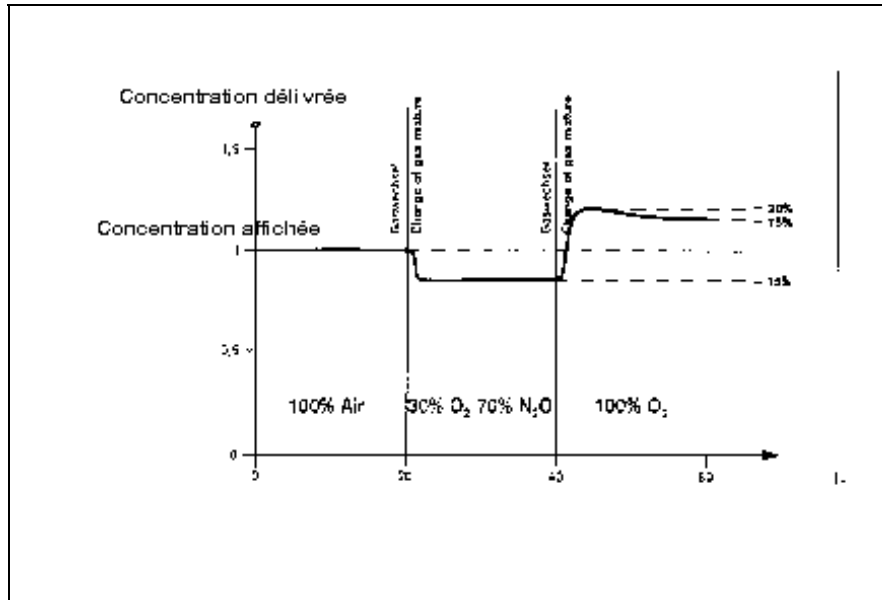
### 7.5. POSITION DANS LE CIRCUIT :

Lorsque deux vaporisateurs sont placés en série, il faut toujours mettre en amont celui qui a la PVS la plus faible, ainsi la fraction du bypass qui va dans l'évaporateur est plus faible dans le second.??

### 7.6. VARIATION SELON LA COMPOSITION DU GAZ

Tout évaporateur est réglé en présence d'air, en cas de variation de la composition du gaz des variations de concentrations apparaissent du fait de changement de la viscosité du fluide :

- \* En O<sup>2</sup> pur : augmentation de 15% de la concentration d'halogénés
- \* Avec 30% d'O<sup>2</sup> et 70% de N<sup>2</sup>O : baisse de 15 % de la concentration par rapport à celle observée en air.



**Figure 15 / VARIATION DE LA CONCENTRATION SELON LE GAZ**

Donc si on veut contrôler un évaporateur : le faire en air (la SFAR préconise une précision de +/- 20 %, mais ne précise pas le gaz vecteur)

### 7.7. VAPORISATION ET REMPLISSAGE :

Lorsque la quantité d'halogéné baisse dans la cuve, il arrive un moment donné où la concentration délivrée diminue, heureusement, les mèches diminuent ce phénomène.

Suite au remplissage d'une cuve par un produit sortant en théorie du réfrigérateur; il existe une baisse de la PVS jusqu'à ce que la température du médicament soit redevenue égale à celle avant remplissage. Les valves thermostatiques permettent une compensation de ce phénomène.

# INDEX

<b>A</b>		<b>G</b>	
agitation thermique	12	Gay Lussac	
Aspect calorique du fonctionnement des évaporateurs	12	loi 6	
Avogadro		Gaz	
loi		classification	9
définition	4	effet chimiques	10
exemple		effets physiologiques	10
application aux halogénés	8	actifs	10
nombre	4	inerte	10
Azote		toxique	10
isolement	3	état physique	9
<b>B</b>		comprimés	9
barbotage	11	cryogéniques	9
Boyle Mariotte		dissous	10
loi 6		liquéfié	9
bypass variable	11	compressibilité	4
<b>C</b>		expansibilité	4
Calcul		Gaz frais	2
contenu bouteille O <sup>2</sup>	6	Gaz toxiques	10
Chaleur latente de vaporisation	5; 12	<b>L</b>	
chaleur spécifique	12	léchage	11
Charles		Loi de Boyle Mariotte	6
loi 7		Loi de Charles	7
Compressibilité		Loi de Dalton	7
exemple	7	Loi de Gay Lussac	6
cryogènes	9	Loi de Mariotte	6
Cyprane Tec 2	15	<b>M</b>	
<b>D</b>		Mariotte	
Dalton		loi 6	
loi 7		loi corrigée	6
débit contrôlé	11	exemple	7
Diagramme des phases	5	mèches	13
<b>E</b>		<b>O</b>	
Entretien	19	Oxygène	
Equation d'état		isolement	3
définition	6	utilisation	3
Equation des gaz parfaits	6	<b>P</b>	
Evaporateur		Point critique	5
Définition	2	Position dans le circuit	19
entretien	19	Pression de vapeur saturante	5
Principe de fonctionnement	2	Principe de fonctionnement d'un évaporateur	11
Transport	19	Protoxyde d'Azote	
évaporateur		isolement	3
contrôle par analyseur de gaz	20	Utilisation	3
Evaporateur à gicleur	17	PVS	5; 13
<b>Evaporateurs</b>		<b>R</b>	
exemples	15	Relation Pression Volume	6
<b>F</b>		<b>S</b>	
Fluotec 3	16	surface de contact	13
		Système à barbotage	11
		Système à léchage	11

<b>T</b>			<b>V</b>	
Tec 4		16	Valeur limite d'exposition	10
<b>U</b>			Valeur Moyenne d'Exposition	10
Unités		8	Valve thermostatique	13
pression		9	Vapeur	
température		8	Définition	2
volume		9	Vaporisateur	<i>Voir</i> Evaporateur
			Vaporisateur à gicleur	17
			VLE	<i>Voir</i> valeur limite d'exposition
			VME	<i>Voir</i> Valeur moyenne d'exposition