

Oxygénothérapie

Duprez F.

Service Soins Intensifs

C.H. Hornu Frameries

63 route de Mons 7301 Hornu

Le principe de l'oxygénothérapie est d'assurer l'augmentation de la pression partielle en oxygène dans les alvéoles par l'inhalation d'un air enrichi en oxygène.

O² thérapie = \nearrow PA_{alvéolaire} O²

A pression atmosphérique normale (760 mm Hg soit 1013 Hpa),
la P_{aO^2} d'un adulte en bonne santé est de +/- **95 mm Hg**. P_q ?

Calcul de la P_{aO^2} : (Loi de Dalton $P_{pO^2} = P_{totale} \times F_{O^2}$)

La $P_{iO^2} = P_{atm} \times F_{iO^2} = 160 \text{ mmHg}$ (STPD)

La $P_{O^2} = (P_{atm} - P_{H^2O}) \times F_{O^2}$ (BTPS)

$$= (760 \text{ mmHg} - 47 \text{ mmHg}) \times 0.21 = 150 \text{ mmHg}$$

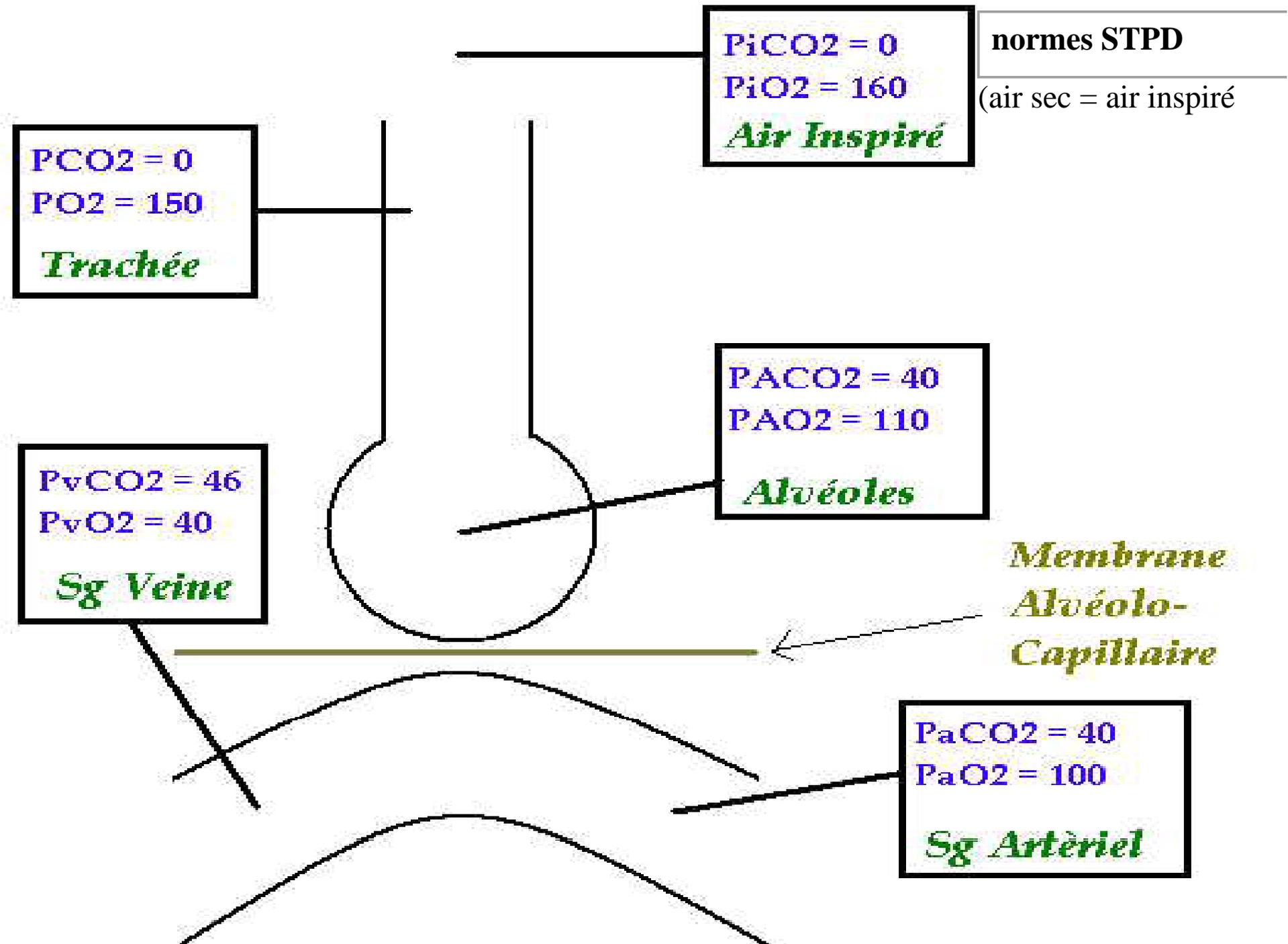
P_{O^2} = Pression partielle en oxygène dans les bronches

P_{H^2O} = Pression de la vapeur d'eau à 37°C

$P_{AO^2} = 150 \text{ mm Hg} - 40 \text{ mm Hg} (P_{ACO^2}) = 110 \text{ mmHg}$

$P_{aO^2} = 95 \text{ mm de Hg}$ (du à la chute de P de par la MAC)

STPD = Standard Temp Pressure dry - BTPS = Body Temp Pressure Saturated



Sources d'oxygène

Il existe TROIS façons de délivrer de l'oxygène:

- 1) Bouteilles d'oxygène
- 2) Oxygène liquide
- 3) Oxyconcentrateurs

1) Bouteilles d'oxygène:

Présentées sous forme d'obus peints en

BLANC

NB: Protoxyde d'azote (bleu) / Azote (bleu)



Pression maximale: 200 bars !

Les obus présentent différents volumes (1,5,10,20 litres)

$$P \times V = \text{constante (BM)}$$

Soit des contenances de (200/1.000/2.000/4.000 litres d'O²)

NB:NE JAMAIS VIDER COMPLETEMENT UNE BOUTEILLE O² (cfr humidité et P atmsp)

2) Oxygène liquide :

Plutôt que de comprimer l'oxygène dans des cylindres, on peut le refroidir.

$$P \times V = n \times R \times \text{Temp} \quad \text{GL}$$

A -183°C , l'oxygène passe sous forme liquide.



2) Oxygène liquide :

Il peut être conservé dans des récipients à double paroi sous vide du type **bouteille thermos**.

Le stockage à l'état liquide (liquéfaction) permet d'emmagasiner de grandes quantités d'oxygène sous un faible volume, puisqu'un litre

d'oxygène liquide libère, en se vaporisant, environ 850 litres

d'oxygène gazeux à **pression**
et température ambiantes



2) Oxygène liquide :

En pratique, un réservoir fixe est installé au domicile du patient. Sa contenance

peut aller de 24 à 44 litres (+/- **20.000** à +/- **38.000** litres

d'oxygène gazeux disponibles) soit une réserve suffisante

pour assurer une oxygénothérapie à un débit de 2 à 4

litres/min pendant **une semaine**.



3) Oxyconcentrateurs :



Ces appareils servent à « extraire » l'oxygène de l'air ambiant en retenant l'azote.

Ce système permet donc une production continue d'oxygène (pur à 95%) au domicile du patient. Le débit (jusque 4 litres/minute) se règle classiquement par un débitmètre (rota mètre)

Humidification de l'oxygène

Théoriquement, l'oxygène qui sort des débitmètres présente une humidité proche de **0%**, ceci afin d'éviter l'éventuelle prolifération de microbes dans les conduits gazeux.

gazeux.



Humidification de l'oxygène

« In routine humidification of low-flow oxygen or low-concentration oxygen is not justifiable in patients who need oxygen inhalation, as **the humidity of room air is sufficient** ».

Nihon Kokyuki Gakkai Zasshi. 2004 Feb;42(2):138-44. Department of Physical Therapy, Hokkaido University School of Health Science, N-12, W-5, Kita-Ku, Sapporo, Japan



Humidification de l'oxygène

« Il ne faut pas humidifier l'oxygène si le débit < 5 l/min »

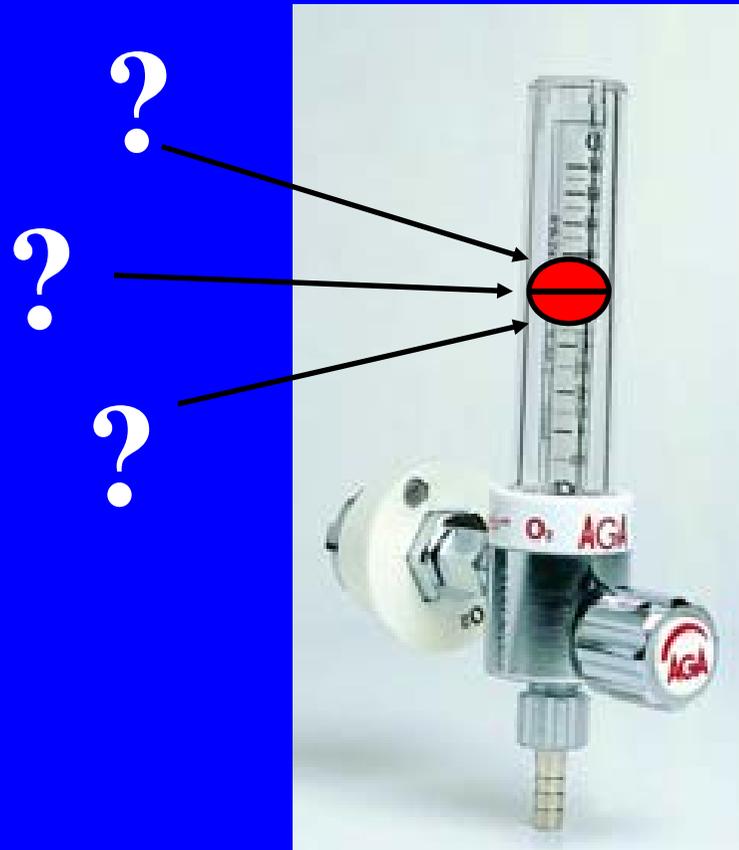
C. Gut-Gobert, E. L'Her

Intérêts et modalités de l'oxygénothérapie

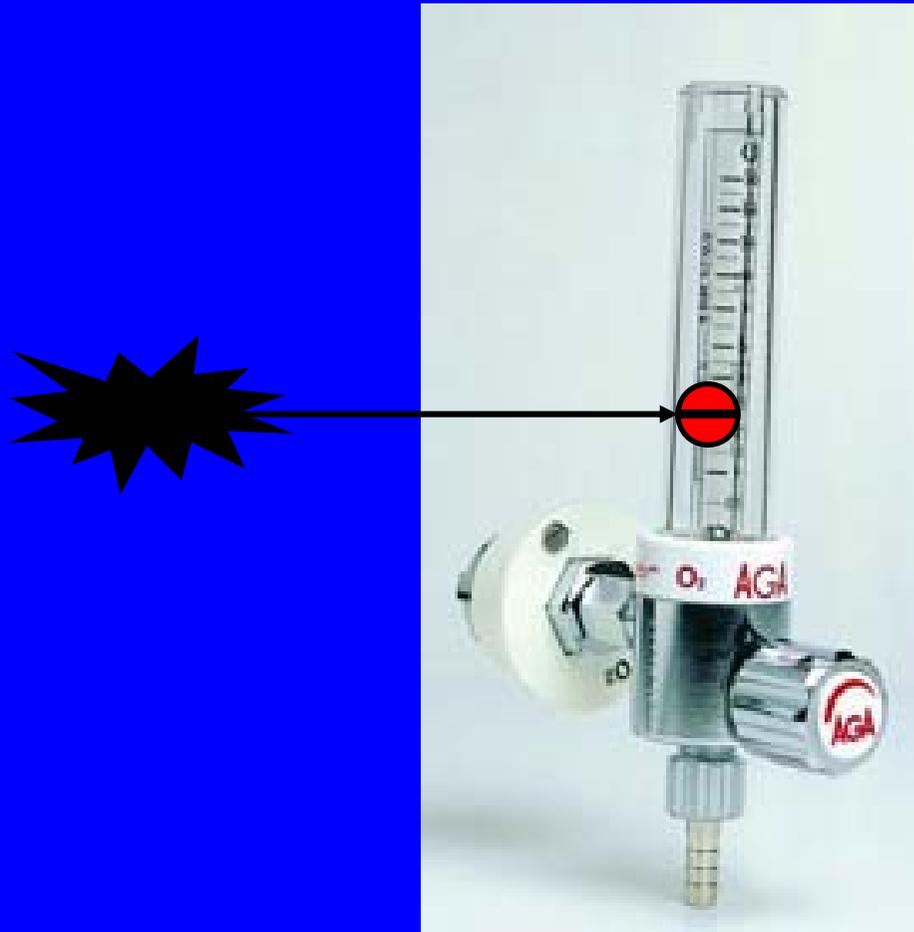
Rev Mal Respir 2006 ; 23 : 3S13-3S23

Doi : 10.1019/200530213

Note sur le réglage du débit de l'oxygène à l'aide des rota mètres hospitaliers



Réglage du rota mètre



La lecture se fait au milieu de la bille

(Doc Air Liquide 2006 & Cairo JM, Mosby's respiratory care equipment, 66, 1999)

Administration de l'oxygène

« Effective delivery concentrations of oxygen depends on the mask's ability to match the oxygen flow to the patient's minute ventilation and peak inspiratory flow without diluting that oxygen with room air »

Somogyi R, *behind the mask, case report, journal of respiratory therapist oct 2002*

Donc, la FiO_2 trachéale est le résultat du mélange de:

-Ventilation minute générée par le patient (FiO_2 21 %)

-Débit d'oxygène pur entrant dans le masque (FiO_2 100 %)

-Valeur de la capacité du masque à « confiner » l'oxygène dans le masque ($P_{et}CO_2$) c'est: « l'espace mort matériel »

NB: le masque ne doit pas augmenter le travail ventilatoire du patient

Air ambient 21%

O² pur



$$FiO_2 \text{ trachée} = f (\text{débit } O_2 \text{ pur} + \text{débit air ambient } (21\%))$$



O² à 21 %

O² Pur

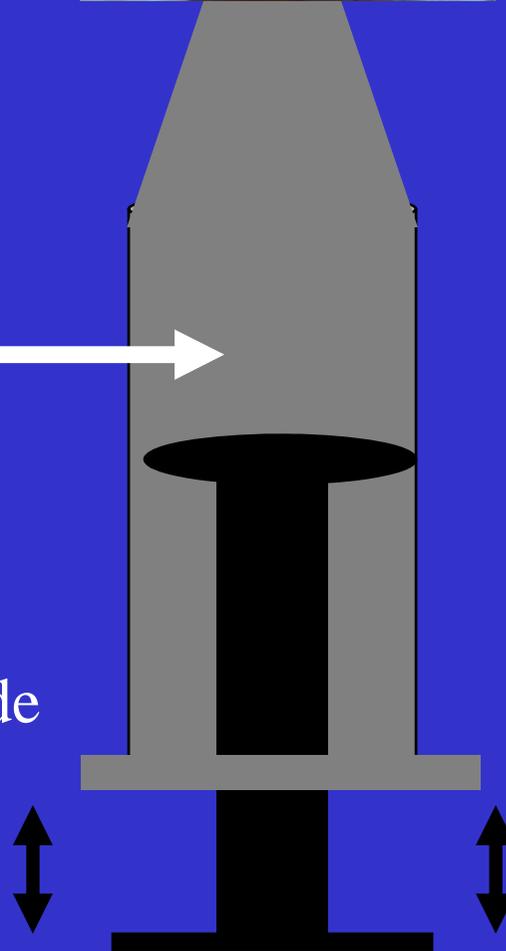
FiO² Trachéale



fct de:

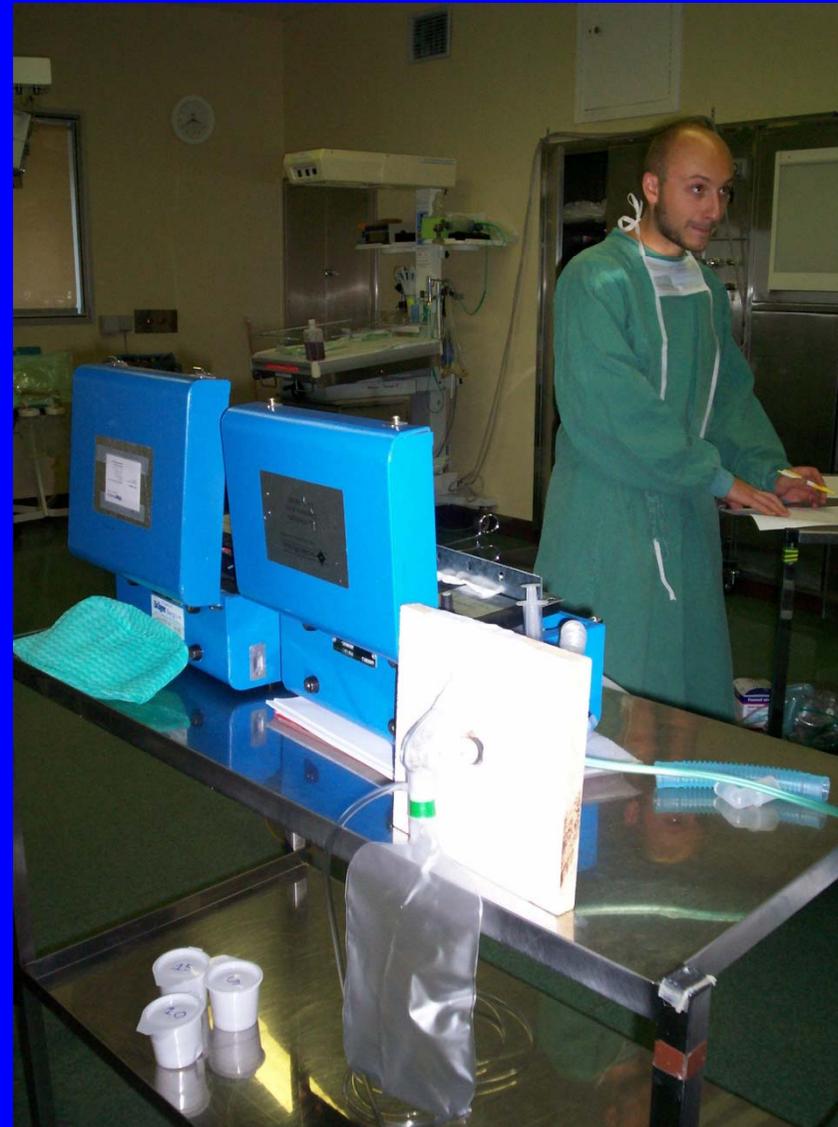
-Débit O² pur

-Ventil.par Minute de l'air à 21%



Effets de la ventilation minute sur les FiO_2

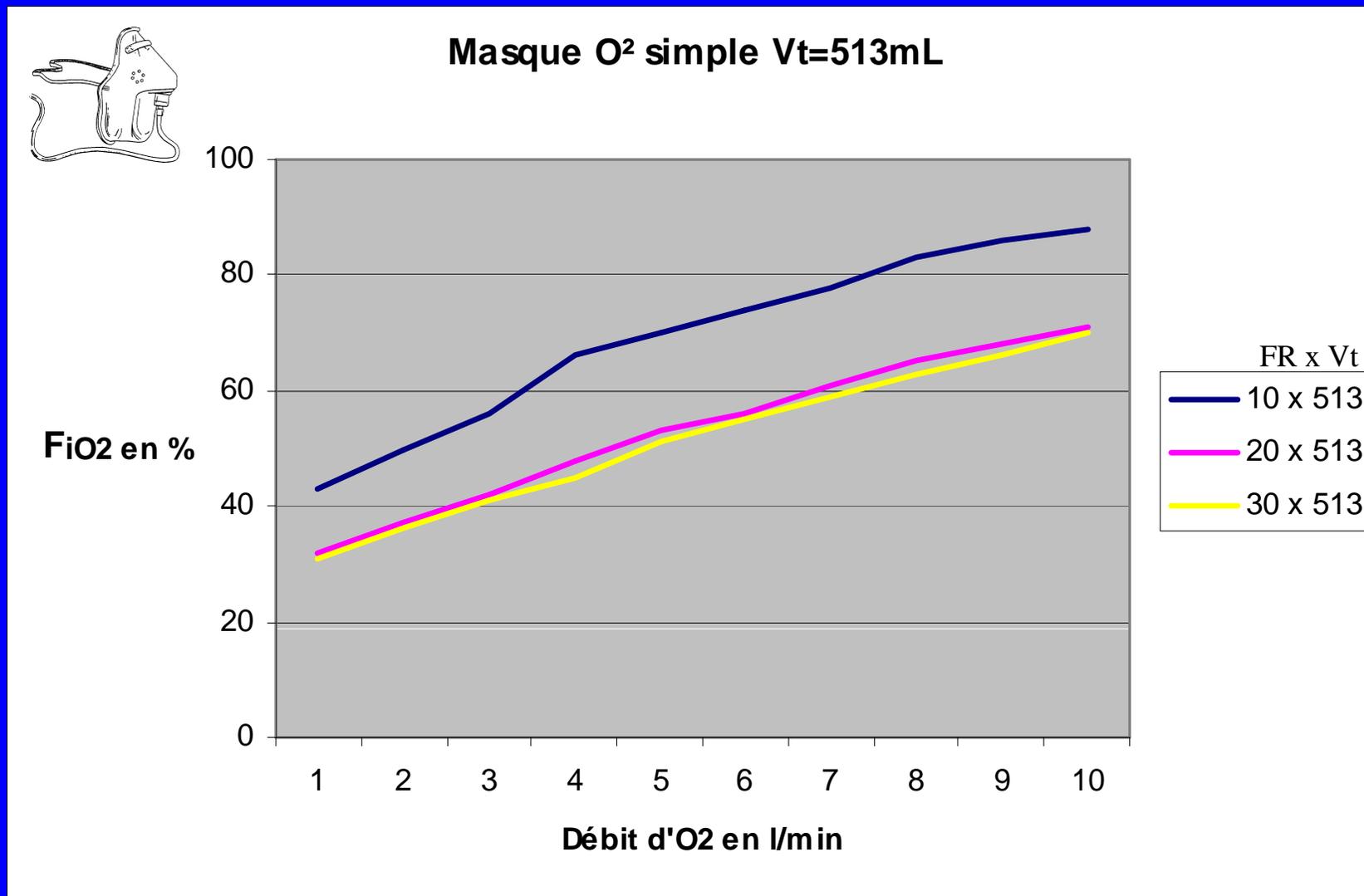
Duprez F, Davoine S: HEPHO Tournai 2007



Effets de la ventilation minute sur les FiO_2

Duprez F, Davoine S: HEPHO Tournai 2007

Masque à Oxygène simple

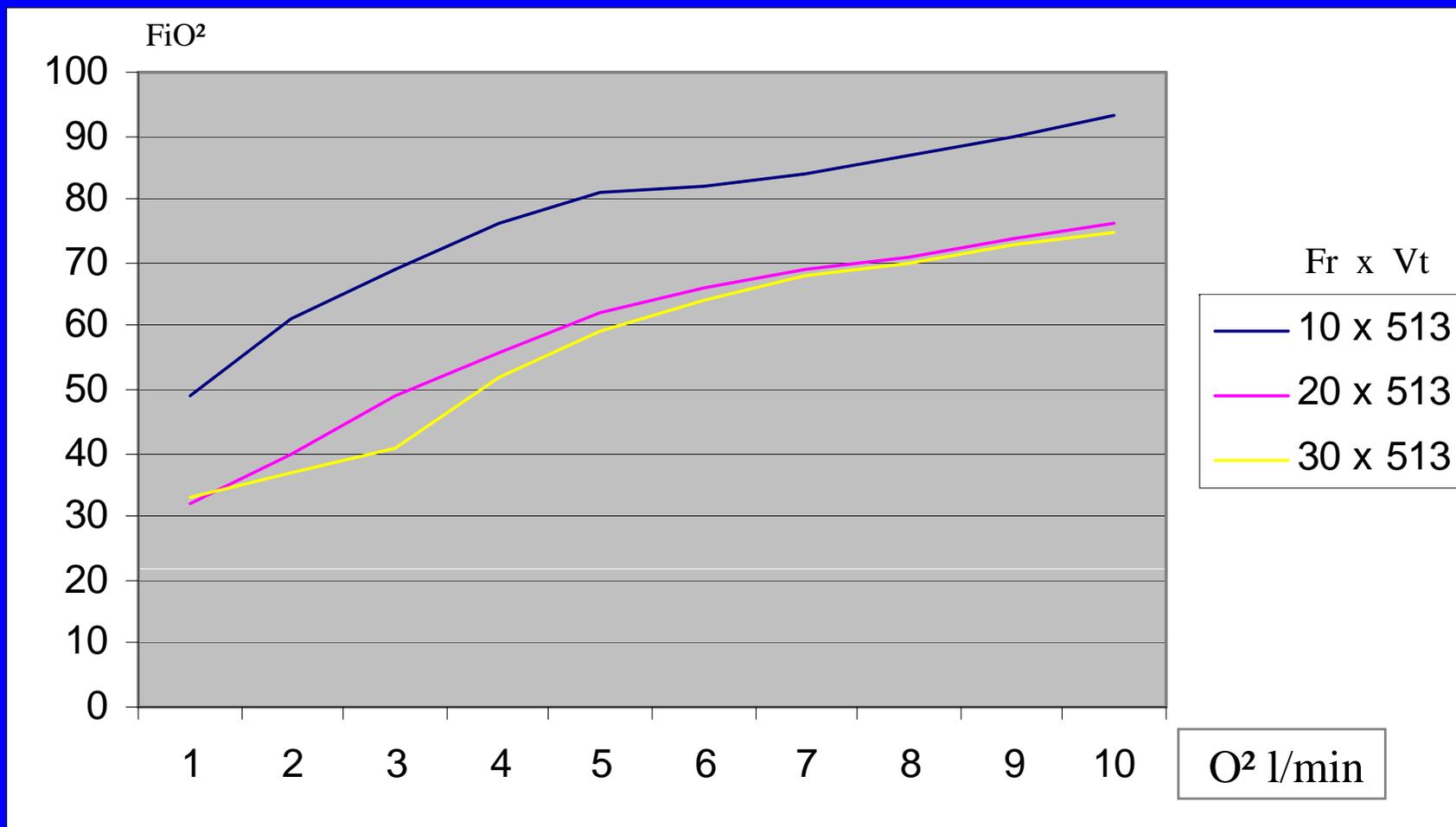


Effets de la ventilation minute sur les FiO_2

Duprez F, Davoine S: HEPHO Tournai 2007



Masque NRM



Dangers de l'oxygène

1) Toxicité



2) Hypercapnie



Toxicité de l'oxygène *

L'administration d'oxygène à une $FiO_2 > 0.50$ pendant plus de 24 heures peut entraîner :

- ✧ **Risque d'hypercapnie chez certains BPCO**
- ✧ **Production de radicaux libres**
- ✧ **Risque d'atélectasie d'absorption par dénitrogénéation (peut survenir dans la première heure !)**

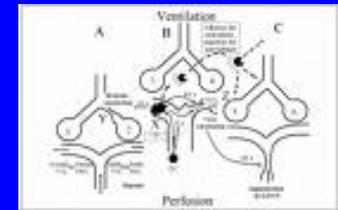
* Godet G, Deladrière H, Montalvan C. Conférences d'actualisation **1996**, p. 179-208. Elsevier, Paris, et SFAR. Problèmes rencontrés au cours de la chirurgie de l'aorte thoracique.

Hypercapnie

1) « Endormissement » du centre respiratoire



2) Modification des rapports ventilation / perfusion



3) Effet Haldane



L'administration d'oxygène peut se faire à l'aide de systèmes:

a) **A performance variable** (la FiO_2 trachéale est variable)

- Lunettes à oxygène



- Sondes à oxygène



- Masques à oxygène simple

- Masques avec sac réservoir (Partial and NRM total)



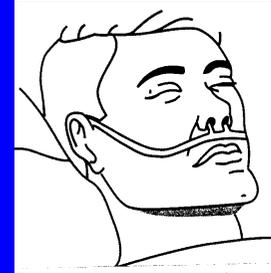
b) **A performance fixe**

- Masques Venturi (Ventimask)

- Tentes à oxygène, cloche de Hood



Lunettes et sondes à oxygène



Utilisées depuis les années 50.

Bien tolérées, elles permettent une oxygénation à bas débit.

La FiO_2 dans ce cas est fortement dépendante du type de respiration du patient (respiration nasale ou buccale) et surtout du volume inspiratoire (effet de dilution de l'oxygène).

Débits O_2 : de 0,25 à 6 l/min

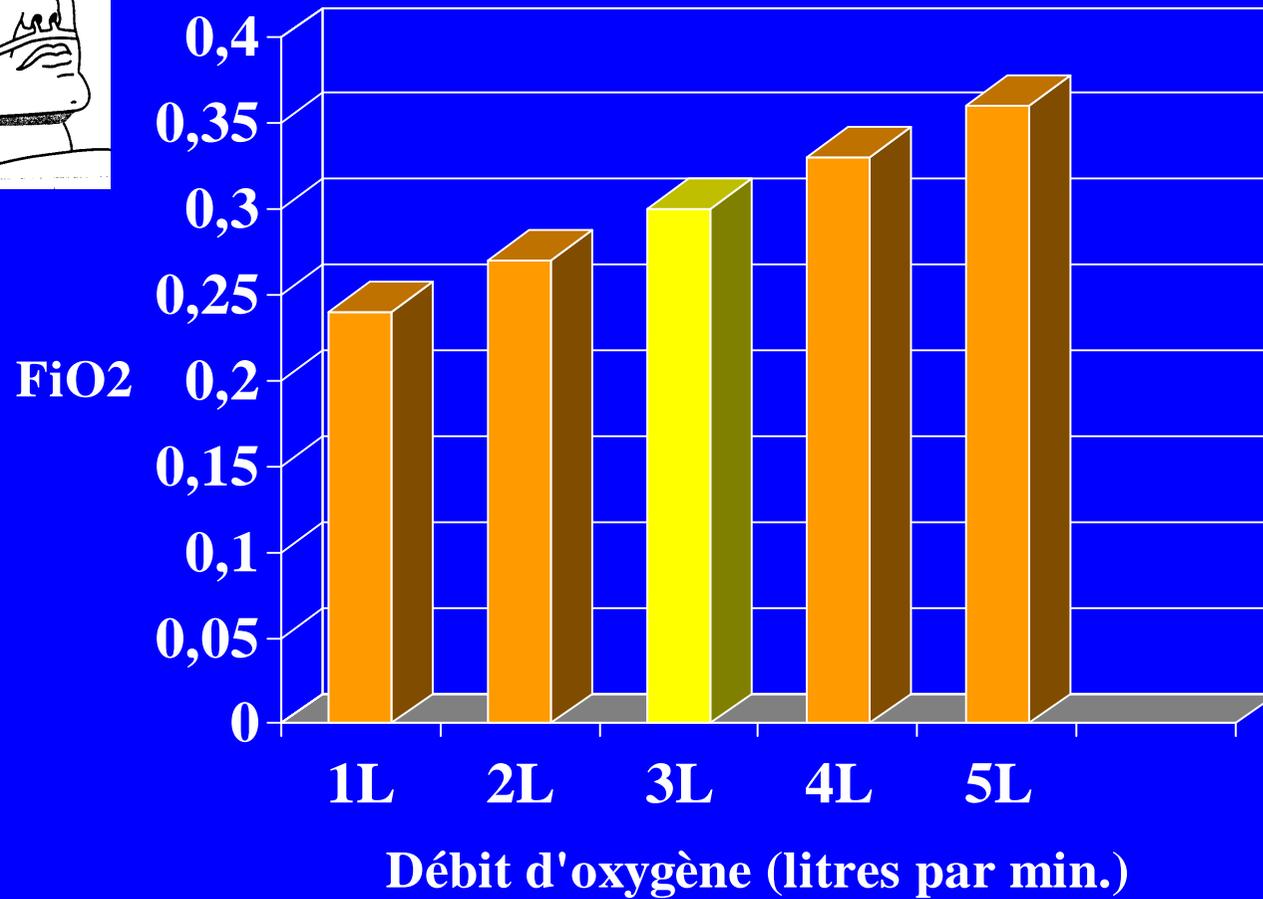
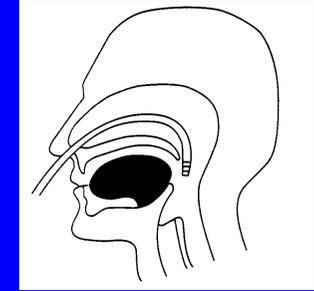
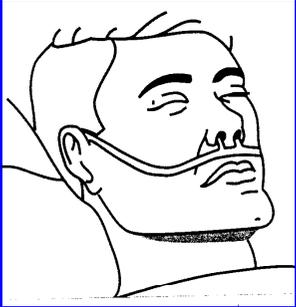
NB:

La FiO_2 augmente de 3%
par litre d' O_2 administré.

(Slingeneyer M, Pilote E.
Oxygénothérapie, Kluwer 2001)

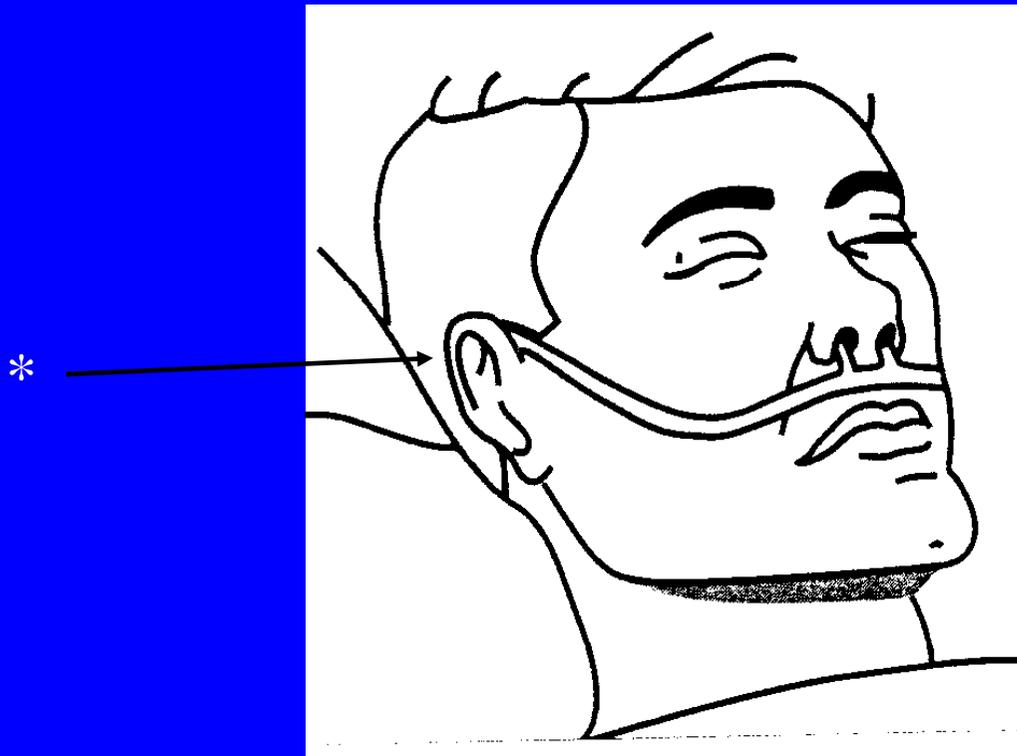


Relation entre le débit d 'oxygène et la FiO₂

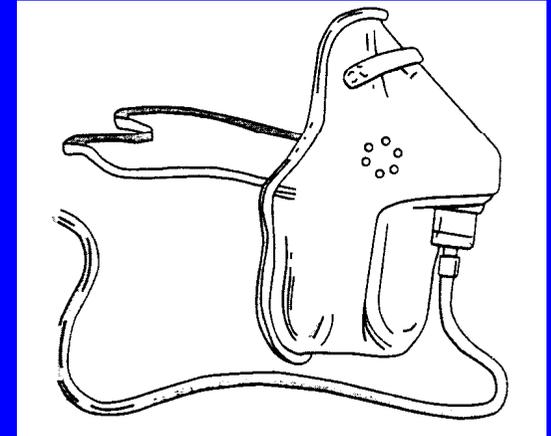


Lunettes et sondes à oxygène

Le principal inconvénient des lunettes à oxygène est la possibilité, à long terme, d'irriter les parties supérieures et postérieures des oreilles du patient *.



Masque à oxygène classique



Utilisé depuis 1953 *

Ce type de masque est utilisé dans les situations d'urgence, les débits d'oxygène vont de 5 à 10 litres par minute.

La FiO_2 augmente de 3% par litre d'oxygène administré.

* Davis JM, Oxygen therapy; administering oxygen by mask. Mod Hosp 1953

Non Rebreathing Mask



Boeing B-17 Flying fortress – cabine non pressurisée (versus B29)



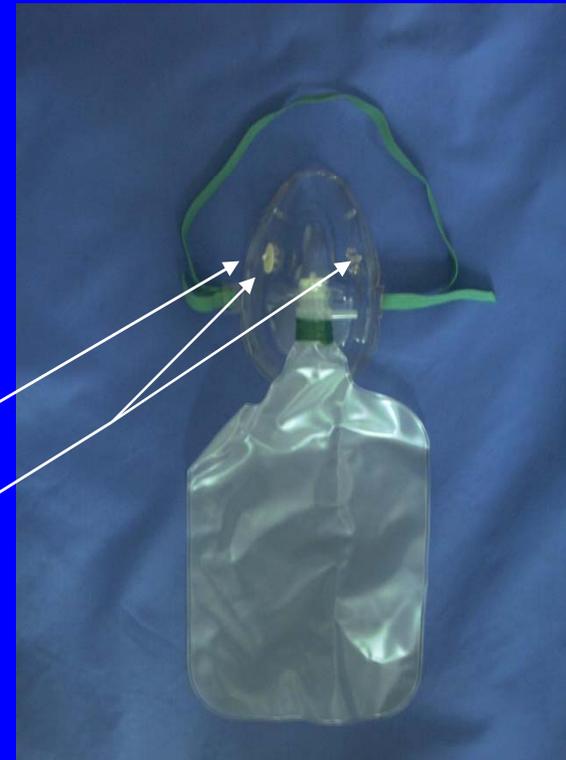
Continuous Flow Rebreathing Mask, 1941

Non Rebreathing Mask*

Il en existe 2 types:

- Partiel (une valve latérale)

- Total (deux valves latérales)



* STEPHEN CR, SLATER HM. A non-rebreathing mask. Anesthesiology. 1952 Mar;13(2):226-9.

Non Rebreathing Mask



-Partiel (une valve latérale):

Ce masque a la réputation de permettre l'administration de FiO_2 comprise entre 40 et 70 % (débits O_2 de 6 à 10 l/min)

-Total (deux valves latérales)

Ce masque a la réputation de permettre l'administration de FiO_2 comprise entre 60 et 80 % (débits O_2 > 10 l/min)

NB: Ce masque devrait en principe disparaître ds les années futures

Non Rebreathing Mask



Avantages:

Peu coûteux

Facile d'utilisation

Répond à de nombreuses situations d'urgence

Non Rebreathing Mask

Inconvénients:

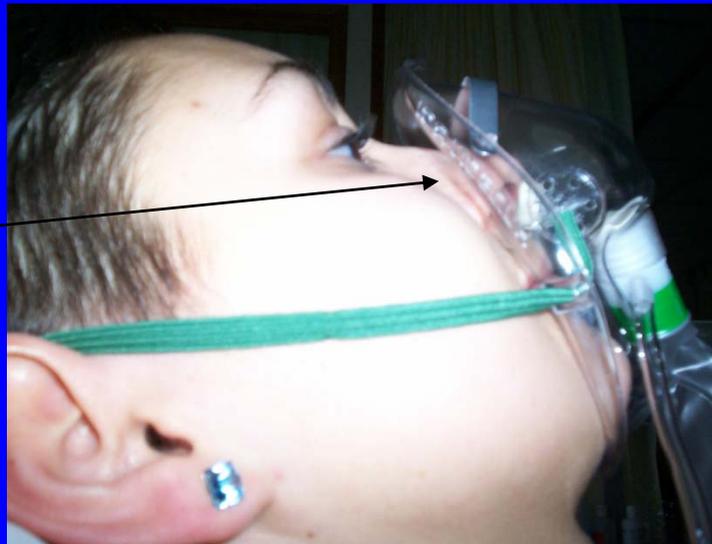


- En position semi assise le sac réservoir est souvent clampé.
- Les FiO_2 ne sont pas tjs aussi importantes que les valeurs annoncées
- Grand consommateur d'oxygène
- Si la ventilation minute du patient est $>$ au débit d'oxygène le sac réservoir se collabe

Non Rebreathing Mask

Inconvénients:

- En cas d'augmentation de ventilation minute, les FiO_2 ont tendance à s'effondrer
- Si le masque n'est pas correctement étanche sur le visage du patient, le sac réservoir ne fonctionnera pas correctement et la FiO_2 s'effondrera.





24%

Nasal Cannula

40% (up to 6 L/min)*

35%

Simple Mask

50% (5-10 L/min)*

40%

Partial Re-breathing Mask

70% (6-10 L/min)*

60%

Non-rebreathing Mask

80% (min 10 L/min)*



Systemes assurant

(en théorie)

une

FiO_2 fixe

Ventimask

(masque Venturi, masque de Campbell)

Nécessite débits d'oxygène de 2 à 12 litres par minute.

Ce système permet d'administrer des FiO_2 précises.

FiO_2 disponibles: 0,24 / 0,28 / 0,31 / 0,35 / 0,40 / 0,50



Tentes à oxygène

Abandonnées depuis plusieurs décennies dans les services de pneumologie, elles sont encore (rarement) utilisées en service de pédiatrie.

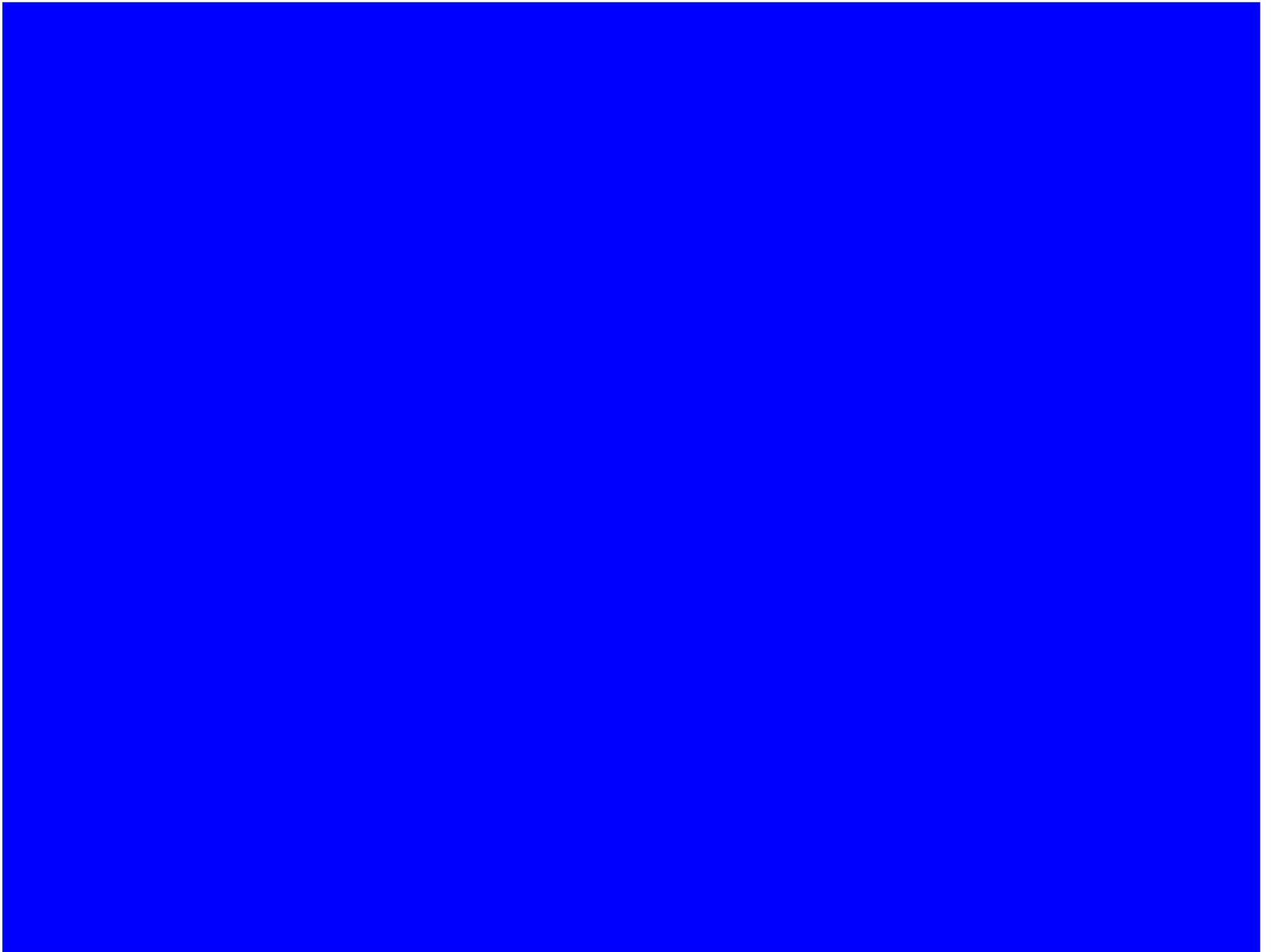
Elles permettent d'assurer une oxygénation correcte des patients, mais le danger d'explosion est important.



Cloche de Hood

Elles sont utilisées en service de pédiatrie. Elles assurent une oxygénation correcte des patients.





Nouveaux masques à oxygène

OXYMASK





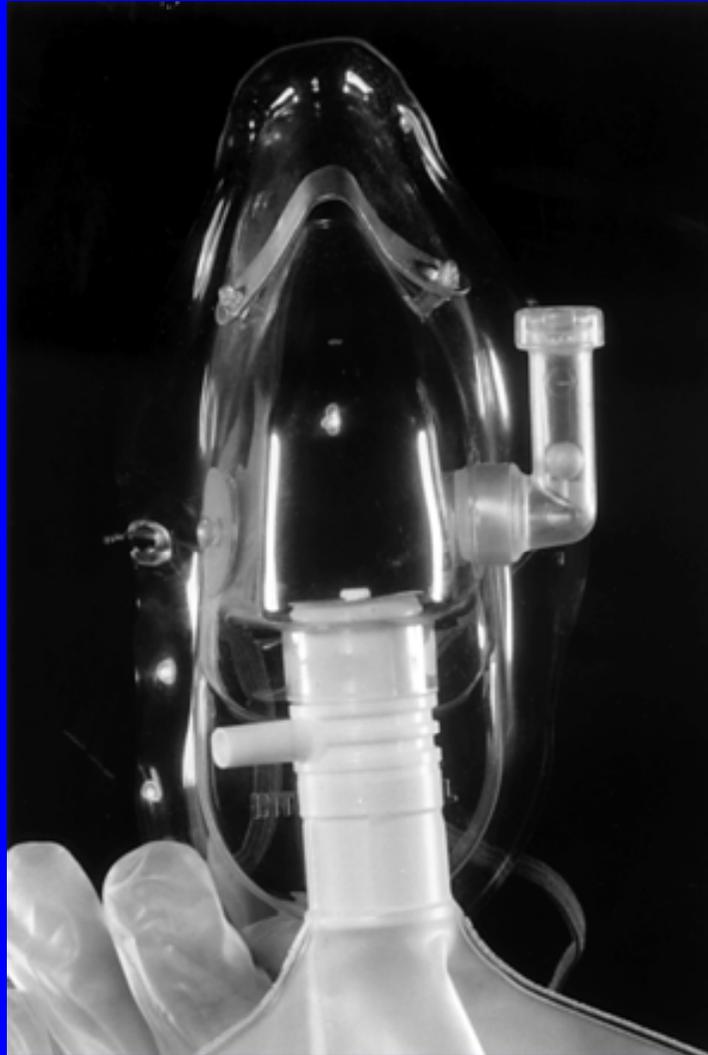
L'OxyMask * (Southmedic Inc., Canada) est un nouveau masque facial pour l'administration d'oxygène qui utilise un petit « diffuseur » pour concentrer et diriger l'oxygène vers la bouche et le nez. Selon l'hypothèse des auteurs, cette conception originale permettrait à l'OxyMask d'administrer l'oxygène plus efficacement que le masque Venturi (Hudson RCI, É. U.) chez les patients souffrant d'hypoxémie chronique.

* *Beecroft JM*, Canadian respiratory journal July/August 2006, Volume 13, Number 5 : 247-252

Respi-check mask

A new oxygen mask incorporating a breathing indicator

Emerg Med J 2001; 18:366-369, 2001, the Emergency Medicine Journal



Masques originaux étudiés au
CH Hornu Frameries

Nouvelle modalité de masque

TUSK MASK :

- ✿ NRM avec « cornes » surajoutées

Hnatiuk (Crit.Care Med 1998 jun;26(6):1032-5)



TUSK MASK II :

- ✿ Masque aérosol avec « cornes » de 18 cm.



DOUBLE TRUNK MASK:

- ✿ TUSK MASK II avec « cornes » de 38 cm.



TUSK MASK



DTM



TUSK MASK II



Principe de fonctionnement du Tusk Mask II et DTM ?

Tusk Mask II



DTM



INSPIRATION



EXPIRATION

O_2 —

CO_2 —



Etude

Nous avons comparé 5 modes d'administration d'oxygène que nous avons évalué en fonction de leurs effets sur la gazométrie artérielle :

- Sonde à oxygène
- Masque à oxygène classique
- Masque avec sac réservoir(NRM)
- TUSK MASK II
- DOUBLE TRUNK MASK



Etude réalisée à l'USI CHGH (2000)

Best free paper srlf Paris 2001

Special prize Emergency medicine WADEM Lyon 2001

Symposium on Intensive Care and Emergency Medicine

JL Vincent Brussels, Belgium. 20–23 March 2001

Essai clinique (Cross Over Study)

- ✿ **N = 42**
- ✿ **Age moyen 68.4 ans** (moyennement hypoxémique).
- ✿ **Patients nécessitant une oxygénothérapie(BPCO, post-op AAA, gastrectomie, hémorragie digestive, infarctus, OPH, sepsis ...)**

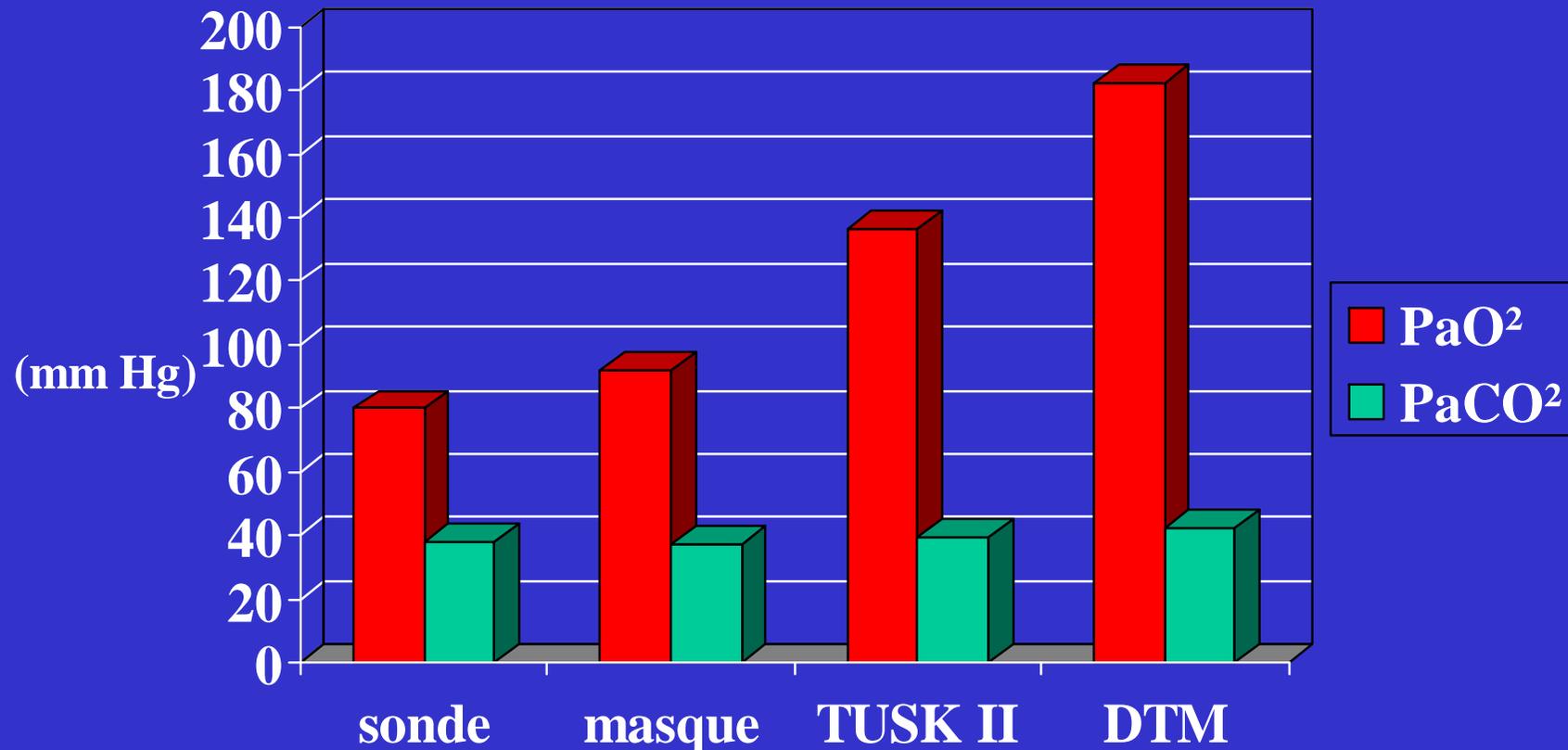
Etude réalisée à l'USI CHGH

**Prélèvement au niveau du cathéter artériel (PA) après
20 minutes d'O² par sonde nasale (SN) :**

Ensuite, nous plaçons de façon randomisée :

- ◊ **Masque aérosol sur SN pendant 20 minutes puis PA.**
- ◊ **TUSK MASK II sur SN pendant 20 minutes puis PA.**
- ◊ **DTM sur SN pendant 20 minutes puis PA.**

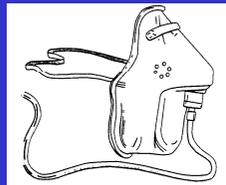
débit O² = 3 l/minute



sonde
nasale



masque



TUSK II



DTM



Tendance générale

Variation de la PaO_2 :

- SN versus masque : + 15.3%
- SN versus Tusk mask II : + 70.02 %
- SN Versus DTM : + 128.2 %



Tendance générale

Variation de la PaCO_2 :

- SN versus masque : - 1.6 %
- SN versus Tusk mask II : + 4.2 %
- SN Versus DTM : + 12.6 %



Comparaison de l'oxygénation par masque avec sac récupérateur et DTM

N = 45

Age moyen = 67,6 ans

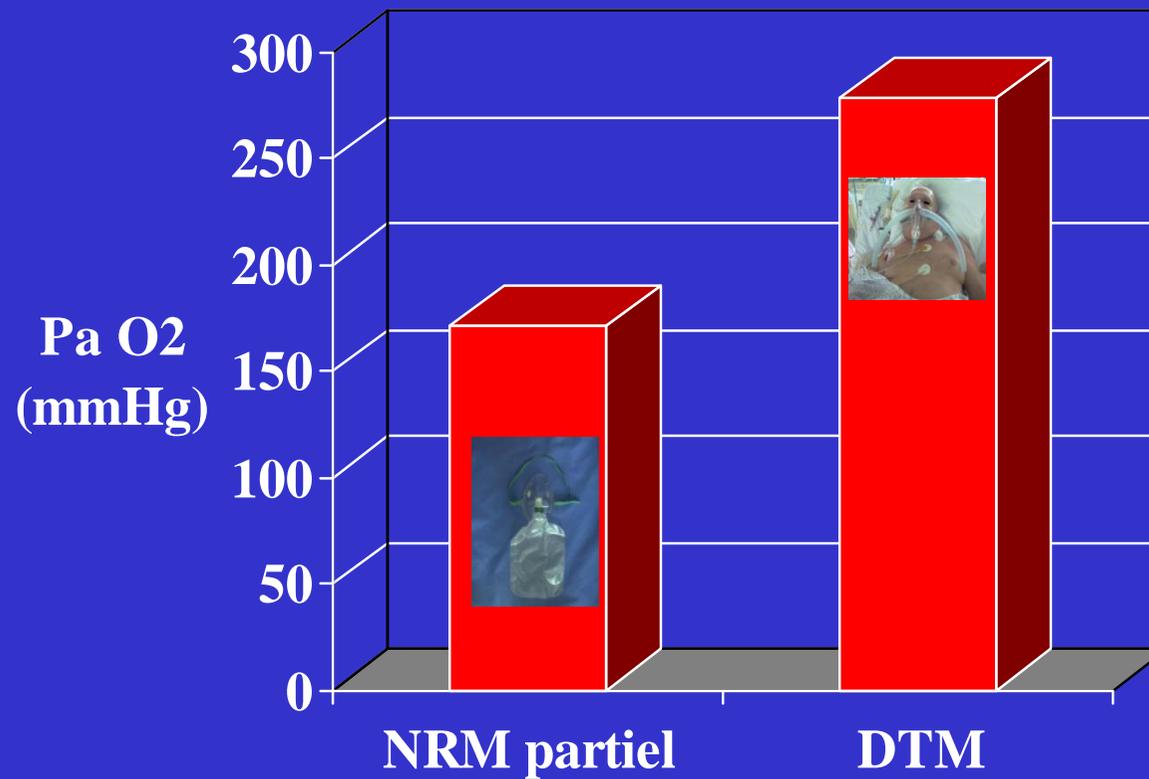
**Patients de soins intensifs (BPCO, post. op abdo, sepsis, OPH,
défaillance respiratoire aiguë...)**

Paramètres observés : PaO², PaCO², FR



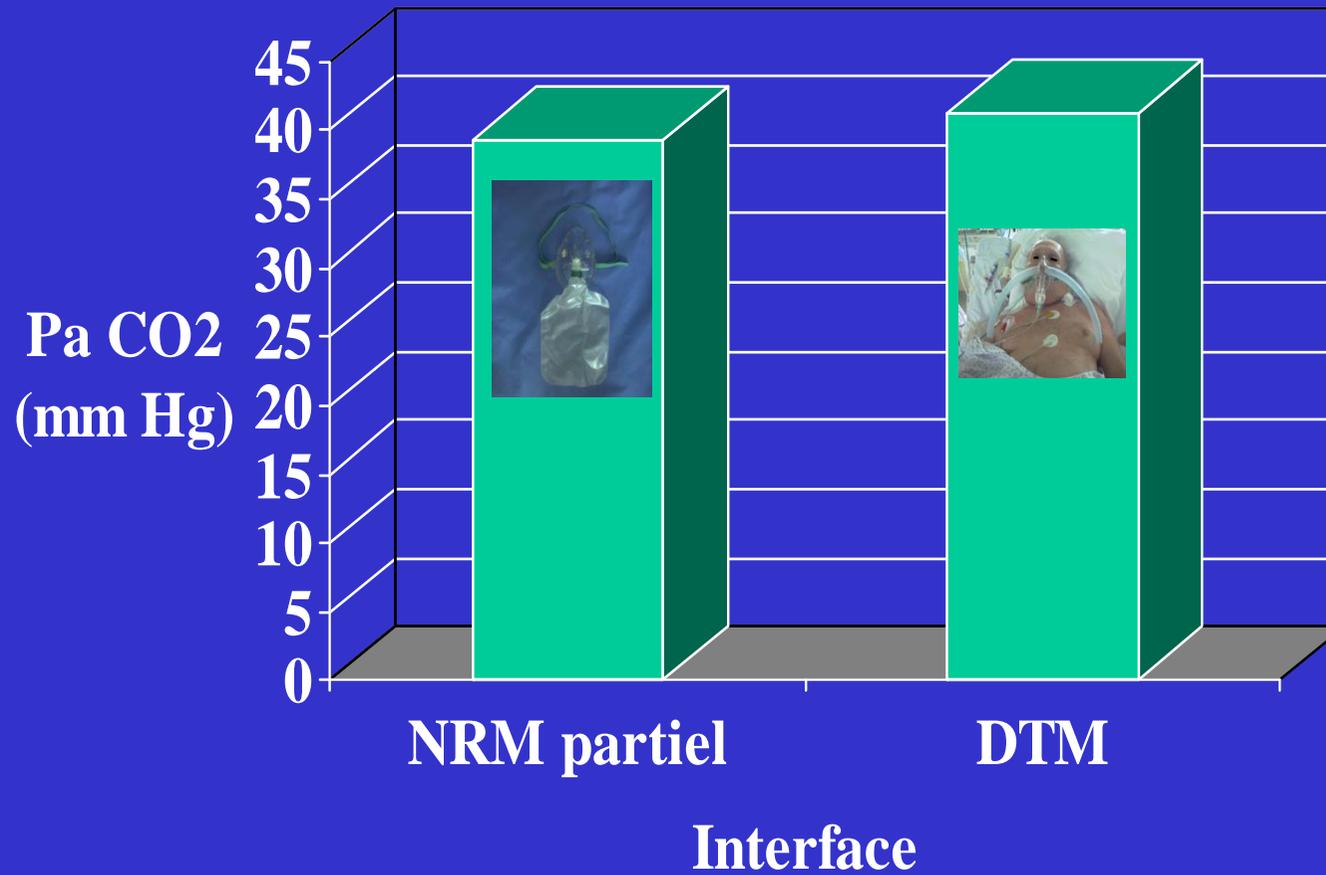
Groupe NRM Partiel versus DOUBLE TRUNK Mask

$O_2 = 8 \text{ l/minute}$



Groupe NRM Partiel versus DOUBLE TRUNK Mask

$O_2 = 8 \text{ l/minute}$



DTM aux Urgences

n = 17 (détresse respi. OPH, BPCO décomp...)

1er temps: SN (3.5 l O² / min) (30 min) puis PA

2ème temps: DTM sur SN pendant 30 min puis PA

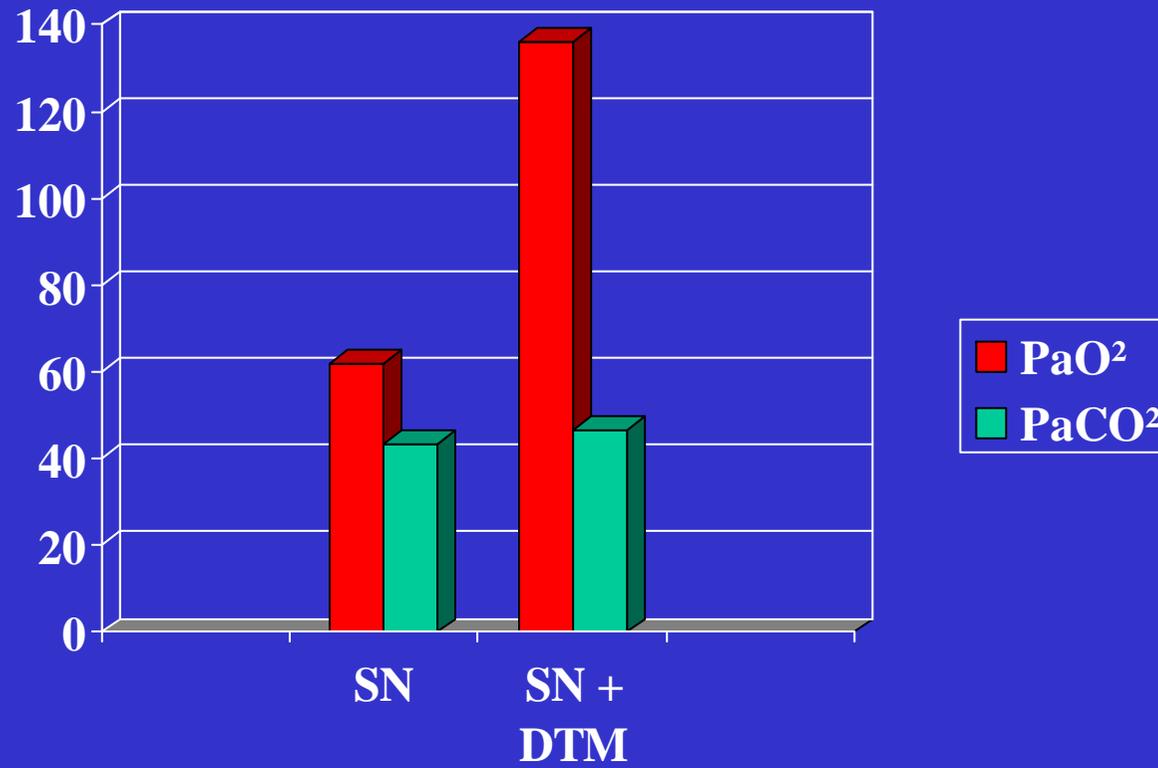


30 min.



SN versus SN + DTM (SU)

O²: 3.6 lpm



Résultats SN versus SN + DTM en SU

PaO²: SN \longrightarrow SN + DTM: + **120 %**

PaCO²: SN \longrightarrow SN + DTM: + **8 %**



DTM: Dead space ?

Une expérimentation a permis de définir la débimétrie d'oxygène à ajouter au Double Trunk Mask afin d'annuler la ré inhalation des gaz expirés ([best free paper srlf/skr Paris 2007](#)).

Nous avons comparé capnographiquement le rebreathing provoqué par le Double Trunk Mask et celui induit par un masque à oxygène simple.

33 sujets sains ont été évalués: valeurs mesurées : FR, EtCO₂ au sein d'un DTM et au sein d'un masque simple.

DTM: Dead space ?

On observe que le DTM provoque un rebreathing supérieur de 8% par rapport au masque simple.

De l'oxygène à débit précis est administré dans le DTM dans l'hypothèse de laver tout ou une partie des gaz exhalés et donc de diminuer la valeur d'EtCO₂.





DTM: Dead space ?

Statistiquement, cette expérience nous montre que l'ajout d'oxygène au sein du DTM, et ce dès 1 l/min, permet l'obtention d'un taux de rebreathing égal voire inférieur à celui mesuré en utilisant un masque simple sans ajout d'oxygène. En effet, on observe que pour des débits d'O₂ de 2 à 8l/min, le rebreathing devient même nettement inférieur au masque simple. Notre hypothèse de lavage des gaz expiré est donc vérifiée et validée dès 1l d'O₂ par minute.



DTM: Dead space ?

Dans le cadre d'une oxygénothérapie à une débitimétrie minimale de 1l/min (ou d'une aérosolthérapie) le DTM se montrera donc efficace et n'induera qu'un très faible rebreathing qui sera totalement annulé à 2l/min dans notre expérimentation.

Ce débit de gaz frais diminue « l'espace mort matériel » du DTM

FIN



Etude scintigraphique:

(en collaboration avec Dr Hupez et M. Nicaise - Centre Hospitalier Grand Hornu)

Comparaison du DTM par rapport au masque aérosol classique :

N = 3 (3 hommes, volontaires sains d'âge moyen 33 ans).

Débit Air Comprimé : 8 l/min.

Position assise.

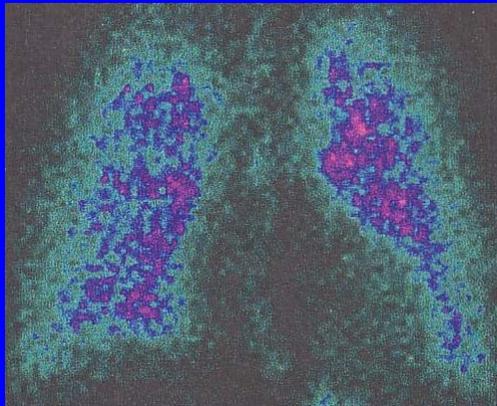
Temps d'inhalation 4 minutes.

Inhalation de Technétium 99 radioactif (10 millicuries).

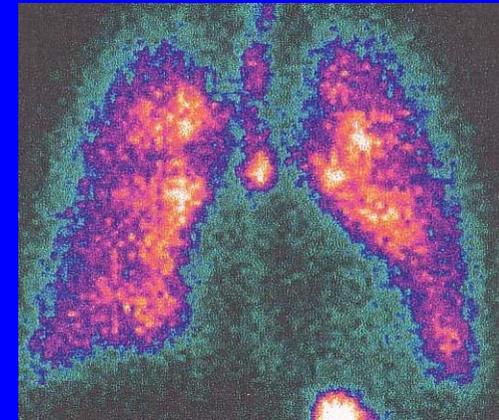
Intervalle des 2 inhalations : 7 jours

Résultats:

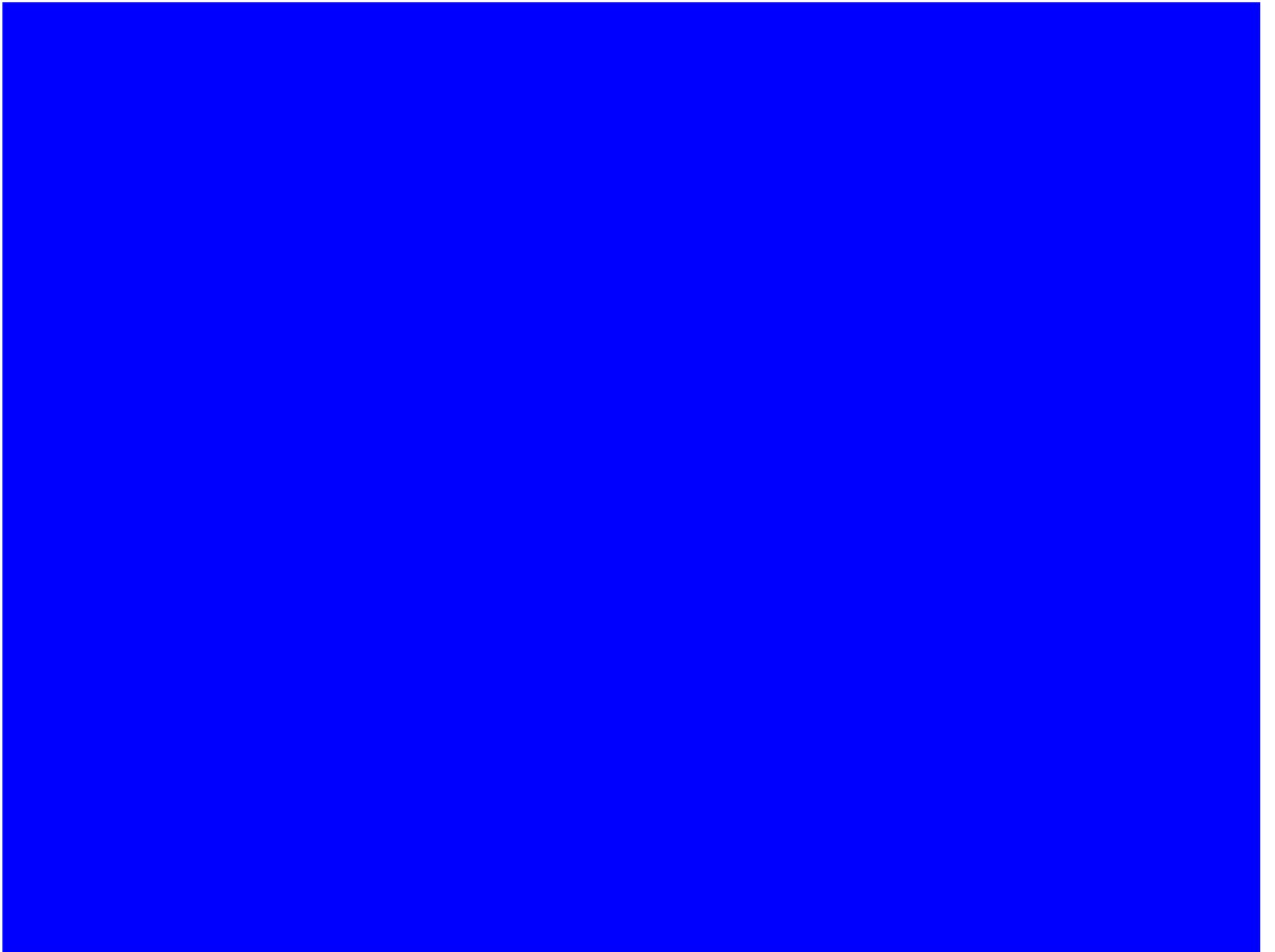
Augmentation de 77 % de la déposition particulaire de Technétium radioactif lorsqu'on utilise le DTM, et ce, par rapport au masque aérosol classique.



Aérosol classique



Aérosol DTM



Le Pilot Mask



Le Pilot Mask

Il s'agit d'un masque à oxygène innovant constitué:

- d'un masque fermé (ou semi ouvert)
- d'un injecteur vertical dirigé vers le haut
- d'un tube 22mm de longueur variable ($N = +/- 40 \text{ cm}$)
- d'un système de nébulisation (en option)

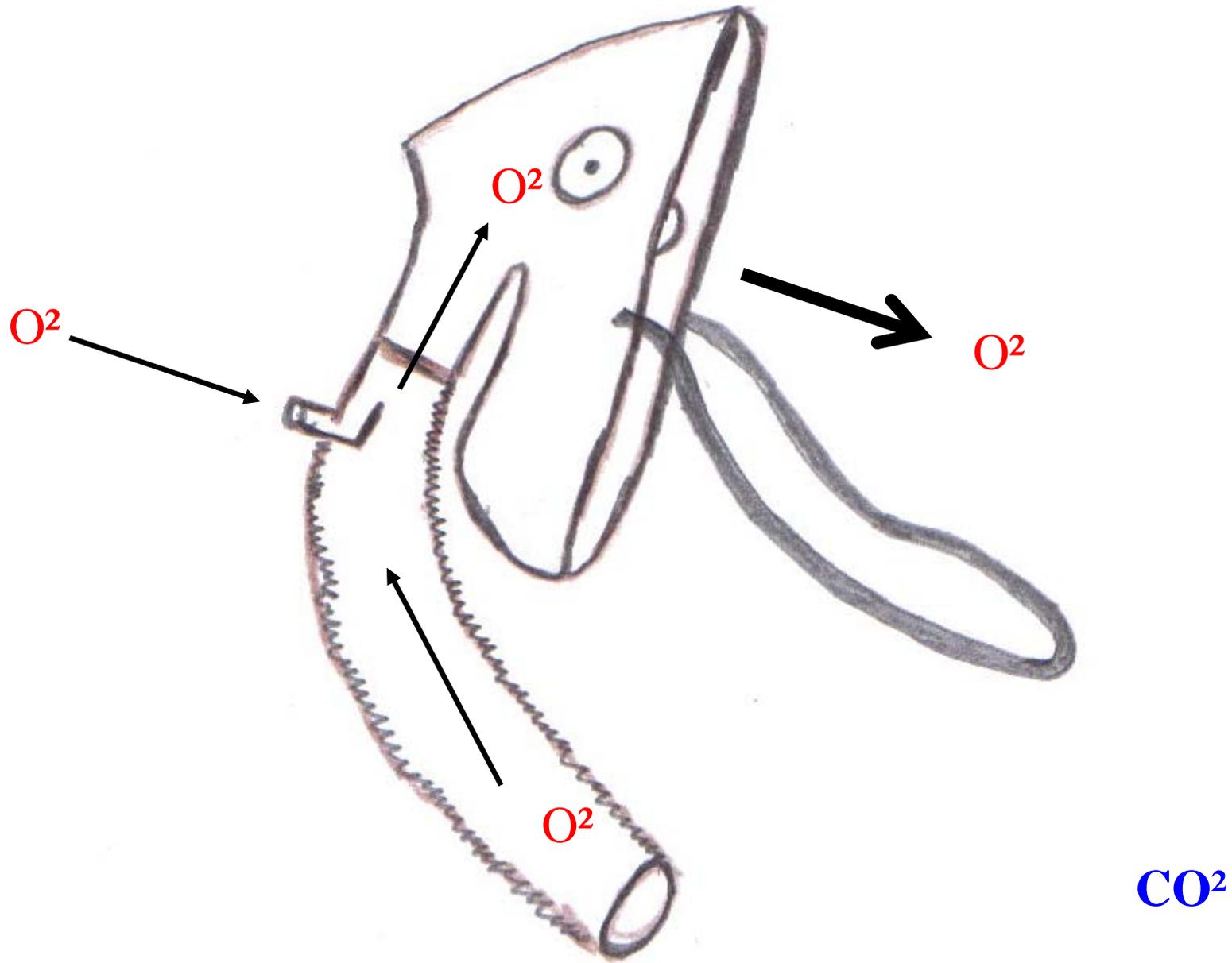
Le Pilot Mask

Son principe est simple, injecter un débit d'oxygène vers la bouche du patient.

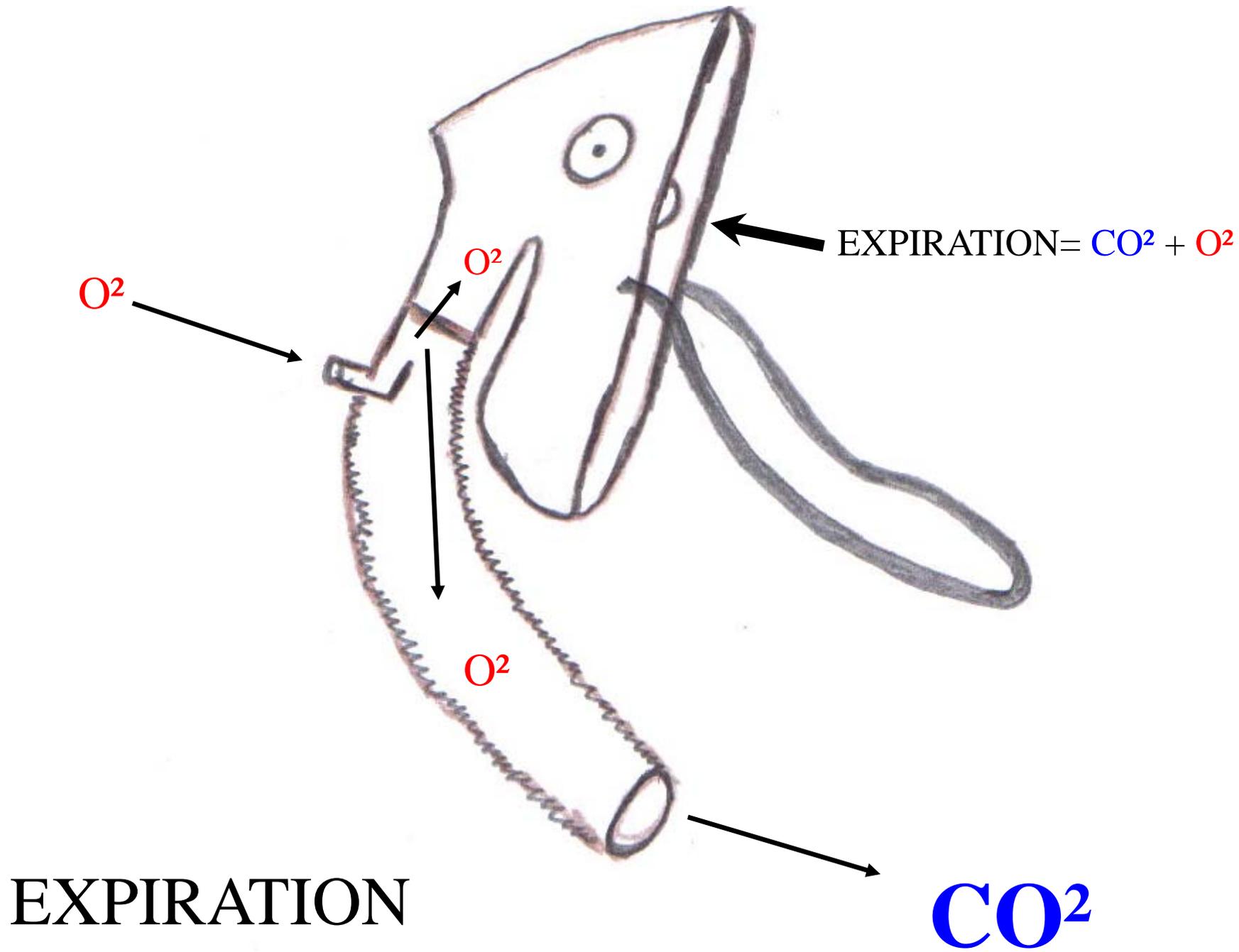


A l'expiration, le débit d'oxygène continu s'accumule dans le tuyau de 22 mm et chasse le CO² expiré présent dans celui-ci, ce qui explique la **NON AUGMENTATION** de la Pet CO² avec ce système.

A l'inspiration suivante, l'oxygène accumulé dans le tuyau est inhalé par le patient



INSPIRATION



Comparaison NRM, PM1TB, PMTB

