

Précision des débitmètres à oxygène en milieu hospitalier: Implications pour la pratique.

F Duprez^{1,2,3}, G Cuvelier³, S Machayekhi¹, A Legrand²

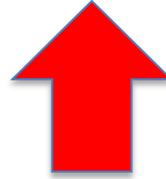
1) Service des Soins Intensifs. Epicura, Hornu, Belgique

2) Service de physiologie et de pharmacologie. Faculté de Médecine. U-Mons, Belgique

3) Laboratoire de l'effort et du mouvement. Condorcet, Tournai, Belgique

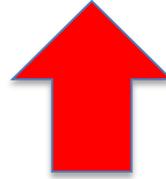
Rappels

Buts oxygénothérapie:



FiO₂

Buts oxygénothérapie:

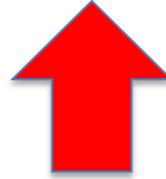


FiO_2

- Corriger ou prévenir l'hypoxémie
- Soulager la dyspnée (ssi Patient hypoxémique)

NB: l' O_2 n'a aucun effet sur la dyspnée si le patient n'est pas hypoxémique

Buts oxygénothérapie:



FiO_2

- Corriger ou prévenir l'hypoxémie
- Soulager la dyspnée (ssi Patient hypoxémique)

NB: l' O_2 n'a aucun effet sur la dyspnée si le patient n'est pas hypoxémique

Dosage: en fonction de la SpO_2 (+ pH et $PaCO_2$)

94 à 98 % pour la plupart des patients

> 88% mais < 92% BPCO

L'oxygénothérapie a un effet **très limité** sur le transport d'oxygène

$$\text{CaO}_2 = (\text{SaO}_2 \times \text{Hb} \times 1,34) + (0,0031 \times \text{PaO}_2)$$

$$\text{TaO}_2 = \text{CaO}_2 \times \text{IC} \times 10$$

L'oxygénothérapie a un effet **très limité** sur le transport d'oxygène

$$\text{CaO}_2 = (\text{SaO}_2 \times \text{Hb} \times 1,34) + (0,0031 \times \text{PaO}_2)$$

$$\text{TaO}_2 = \text{CaO}_2 \times \text{IC} \times 10$$

L'oxygénothérapie a un effet **très limité** sur le transport d'oxygène

$$\text{CaO}_2 = (\text{SaO}_2 \times \text{Hb} \times 1,34) + (0,0031 \times \text{PaO}_2)$$

$$\text{TaO}_2 = \text{CaO}_2 \times \text{IC} \times 10$$

Dangers oxygénothérapie:

Rétinopathie du nouveau né (vasoconstriction +++)

Atélectasie par dénitrogénéation

Effet Lorrain Smith

Effet Paul Bert

Effet Euler Liljestrand

Effet Haldane

Dangers oxygénothérapie:

Rétinopathie du nouveau né (vasoconstriction +++)

Atélectasie par dénitrogénéation

Effet Lorrain Smith

Effet Paul Bert

Effet Euler Liljestrand

Effet Haldane



Causes principales de l'Hypercapnie

Patients à risques:

- BPCO
- Asthme Chronique
- Certaines maladies neuromusculaires
- Syndrome d'obésité hypoventilation



Matériel disponible



Canule nasale

Débits O_2 de 0,5 à 6 l/min



Canule nasale

$$FiO_2 = 20 + (4 * \text{débit } O_2) *$$

A.T.S.

$$FiO_2 = 21 + (3 * \text{débit } O_2)$$

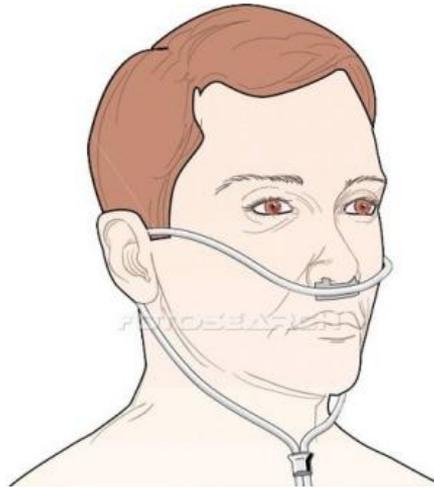
Belgique



Wilkins (2003). Egan's Fundamentals of Respiratory Care, 8th Edition. Mosby
* American thoracic society

Exemple:

| | ATS | Belgian nurses |
|------------------------|-----|----------------|
| 3 l/min O ₂ | 32% | 30% |
| 5 l/min O ₂ | 40% | 36% |



(* American Thoracic Society (www.thoracic.org) 2013

Canule nasale

FiO_2 dépend du rapport entre
débit d'O₂ et VE du patient (+ I/E)

Si VE et/ou débit O₂

FiO_2



Canule nasale

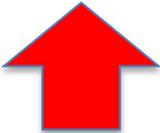
FiO_2 dépend du rapport entre
débit d' O_2 et VE du patient (+ I/E)

Si VE  et/ou débit O_2
 FiO_2



Canule nasale

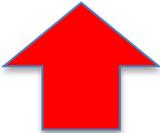
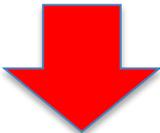
FiO_2 dépend du rapport entre
débit d'O₂ et VE du patient (+ I/E)

Si VE  et/ou débit O₂ 
 FiO_2



Canule nasale

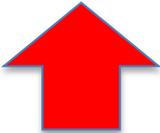
FiO_2 dépend du rapport entre
débit d'O₂ et VE du patient (+ I/E)

Si VE  et/ou débit O₂ 
 FiO_2 



Canule nasale

FiO_2 dépend du rapport entre
débit d'O₂ et VE du patient (+ I/E)

Si VE  et/ou débit O₂ 

Pour I/E = 1/2

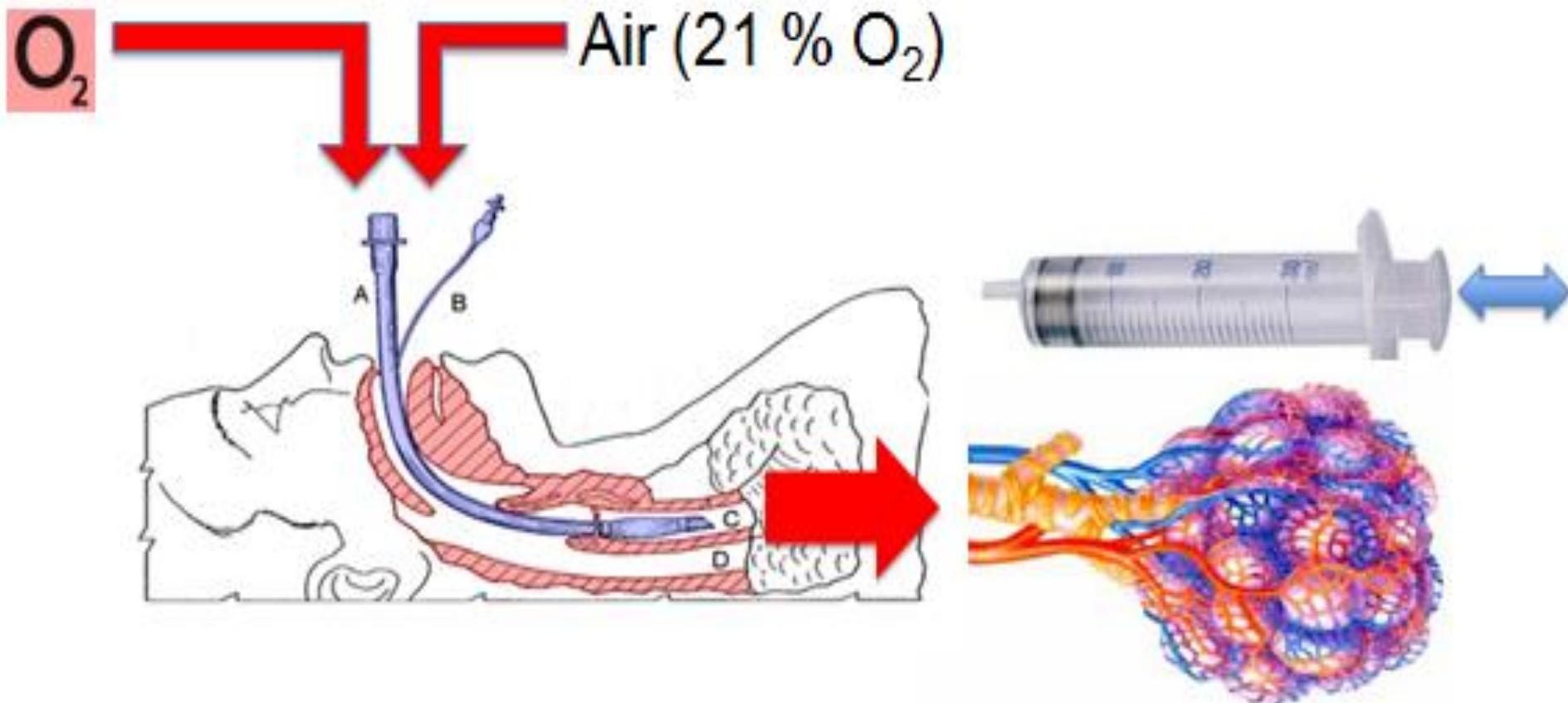
FiO_2 

$$FiO_2 = 0,21 + \frac{\text{débit d'O}_2}{VE * 4}$$

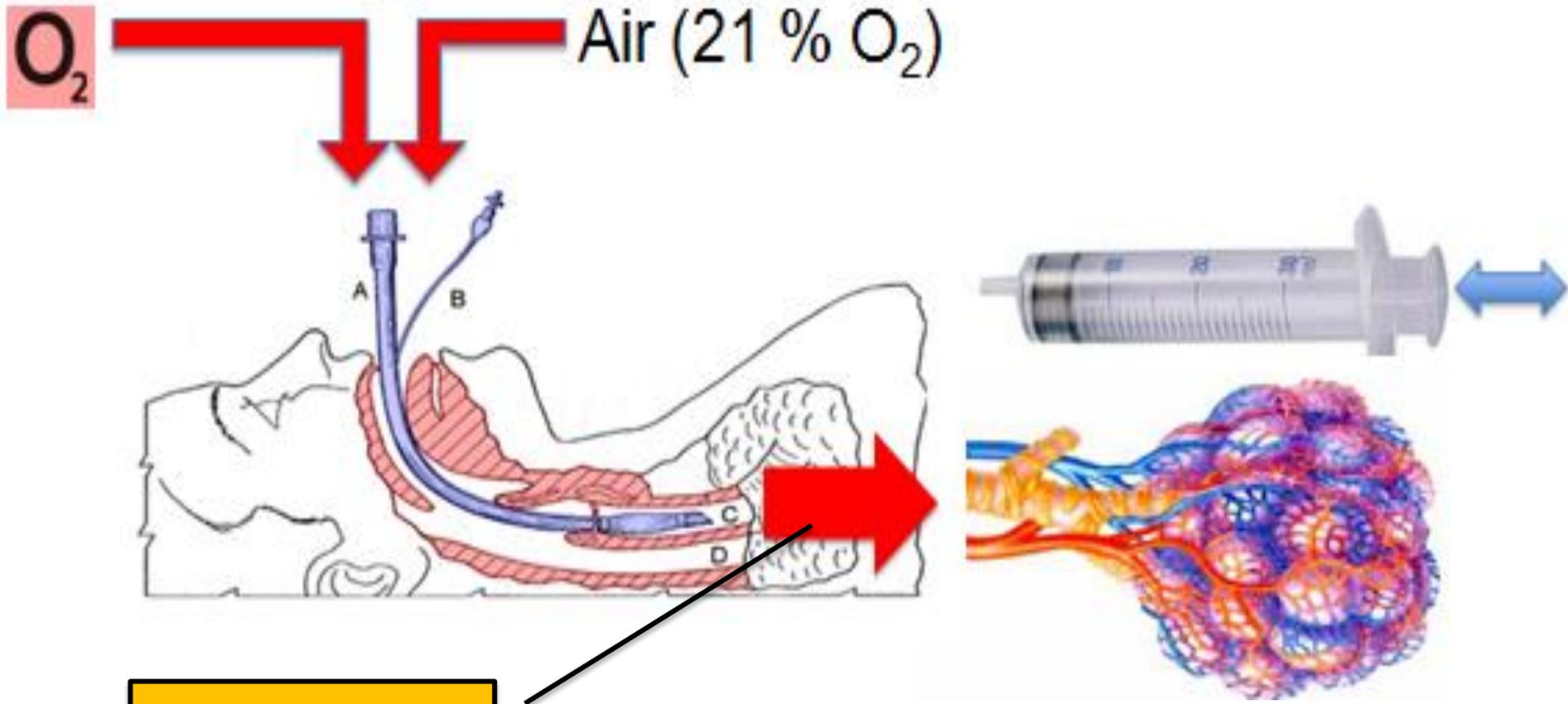
$$F_{iO_2} = 0,21 + \frac{\text{débit } d'O_2}{VE * 4}$$

Pour I/E = 1/2

FiO_2 is dependent on both the inspiratory flow of ambient air and the oxygen flow rate entering in the tube **during the inspiratory time.**

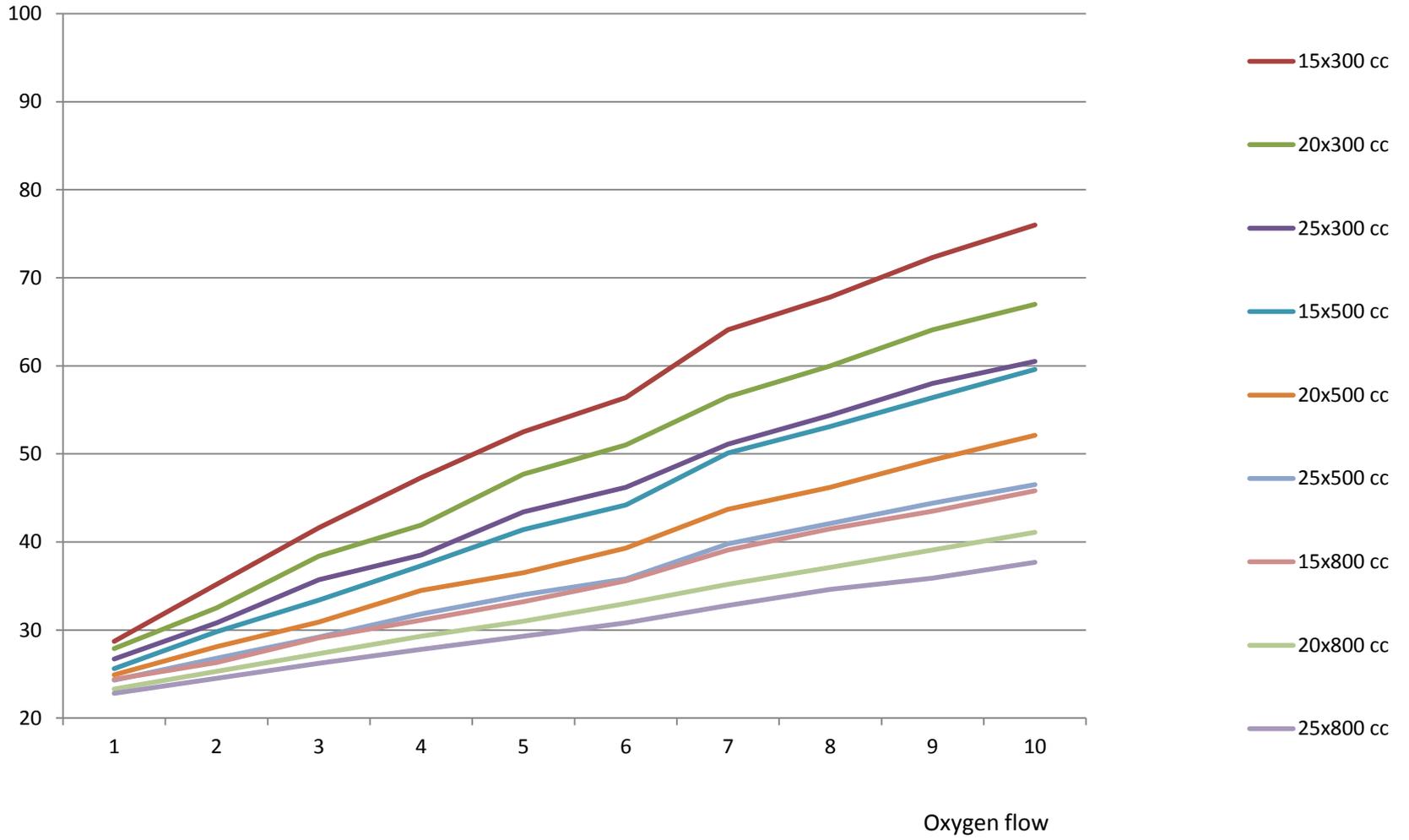


FiO_2 is dependent on both the inspiratory flow of ambient air and the oxygen flow rate entering in the tube **during the inspiratory time.**

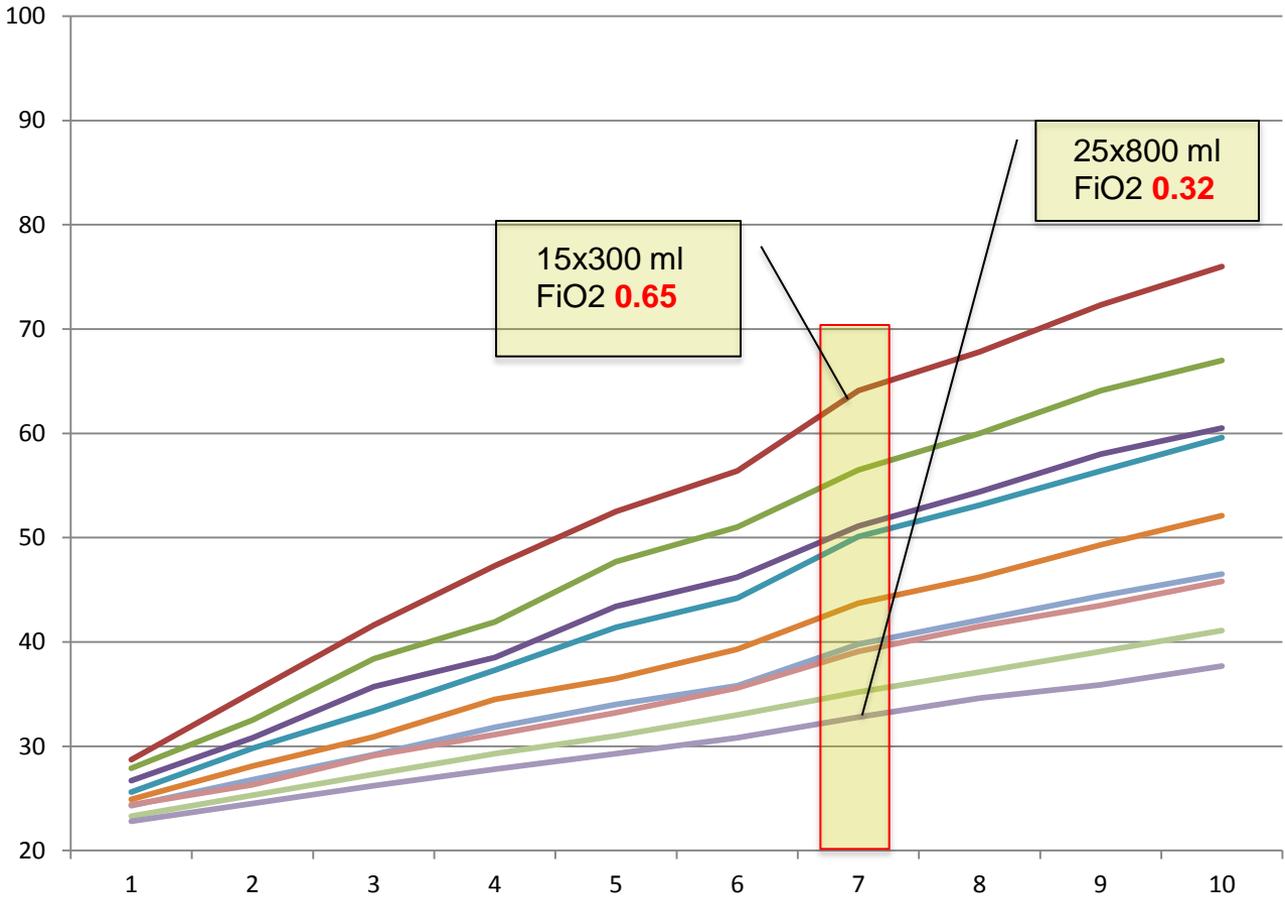


FiO₂ résultante du mélange AIR-O₂

FiO₂



FiO₂



- 15x300 cc
- 20x300 cc
- 25x300 cc
- 15x500 cc
- 20x500 cc
- 25x500 cc
- 15x800 cc
- 20x800 cc
- 25x800 cc

Oxygen flow

Masque simple

Débits O₂: 5 à 10 l/min

FiO₂ 35% à 60%



« *Flow must be at least 5 L/min to avoid CO₂ build up and resistance to breathing* »

Wilkins (2003). Egan's Fundamentals of Respiratory Care, 8th Edition. Mosby.

Le masque simple:

- Vd 100 à 300 ml
- FiO₂ dépend de la VE
- Intérêt chez patient qui respirent seulement par la bouche
- Difficile à supporter de façon prolongée
- Difficulté pour manger



Non Rebreathing mask:

en théorie $FiO_2 > 90\%$

En réalité $FiO_2 \text{ max} = 70 \%$

Très souvent peu d'étanchéité du masque sur visage patient.



Wilkins (2003). Egan's Fundamentals of Respiratory Care, 8th Edition. Mosby.

Morris EA. Performance of standard and reservoir-type Hudson masks in pregnant and non-pregnant subjects. Int J Obstet Anesth. 2001 Oct;10(4):284-8

Non Rebreathing mask:

en théorie $FiO_2 > 90\%$

En réalité $FiO_2 \text{ max} = 70 \%$

Très souvent peu d'étanchéité du masque sur visage patient. **FiO_2 pas plus élevée que masque simple !**



Wilkins (2003). Egan's Fundamentals of Respiratory Care, 8th Edition. Mosby.

Morris EA. Performance of standard and reservoir-type Hudson masks in pregnant and non-pregnant subjects. Int J Obstet Anesth. 2001 Oct;10(4):284-8



En cas d'étanchéité +++

- Si la ventilation minute du patient est $>$ au débit d'oxygène le sac réservoir va se collaber



Partial Rebreathing mask:

En théorie FiO_2 administrées inférieures au NRM



Wilkins (2003). Egan's Fundamentals of Respiratory Care, 8th Edition. Mosby.

Morris EA. Performance of standard and reservoir-type Hudson masks in pregnant and non-pregnant subjects. Int J Obstet Anesth. 2001 Oct;10(4):284-8

Partial Rebreathing mask:

En théorie FiO_2 administrées inférieures au NRM

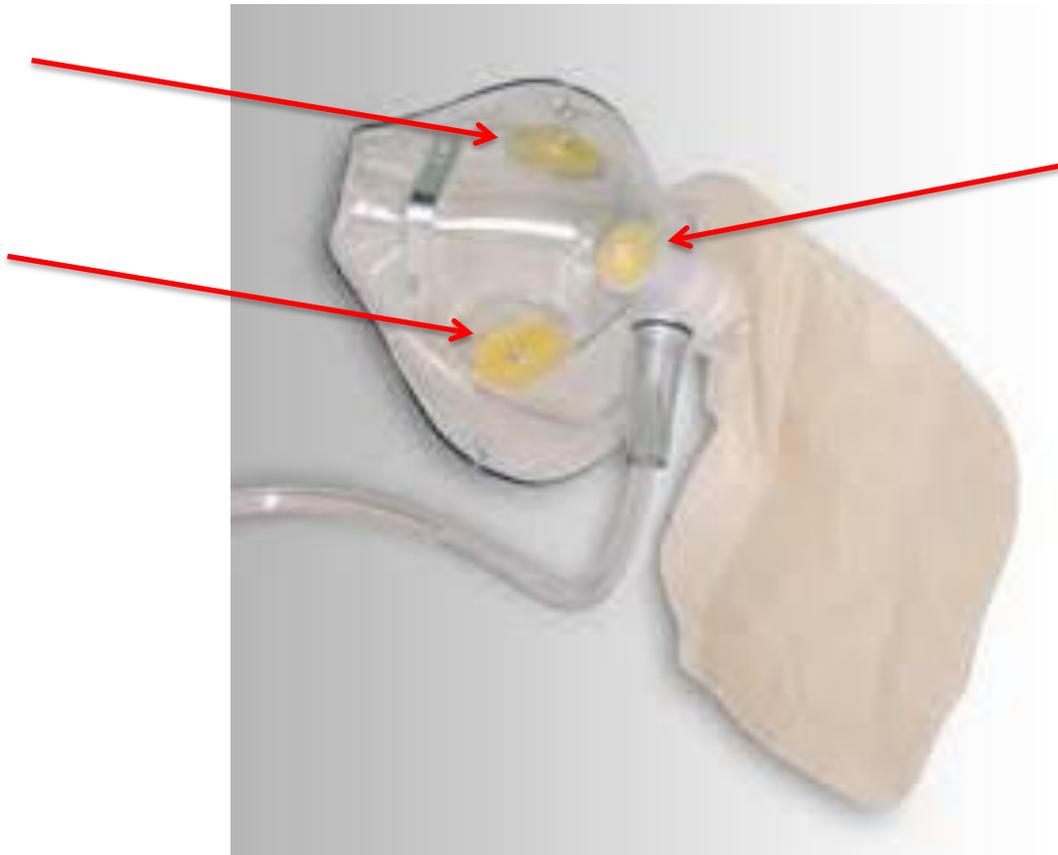
Masques en pratique peu efficaces !



Wilkins (2003). Egan's Fundamentals of Respiratory Care, 8th Edition. Mosby.

Morris EA. Performance of standard and reservoir-type Hudson masks in pregnant and non-pregnant subjects. Int J Obstet Anesth. 2001 Oct;10(4):284-8

Observez si le fonctionnement des valves est correct



Masque Venturi

But: délivrer FiO_2 constantes.

FiO_2 disponibles: 24, 28, 25, 40, 60%



Wilkins (2003). Egan's Fundamentals of Respiratory Care, 8th Edition. Mosby.

Masque Venturi

24-40% = FiO_2 précises



Masque Venturi

24-40% = FiO_2 précises

A 60% masque Venturi « donne » une FiO_2 de 50%



Masque Venturi

24-40%= FiO_2 précises

A 60% masque Venturi « donne » une FiO_2 de 50%

Si TACHYPNEE (RR >30/min), le débit d' O_2 doit être augmenté de 50%



Masque Venturi

24-40% = FiO_2 précises

A 60% masque Venturi « donne » une FiO_2 de 50%

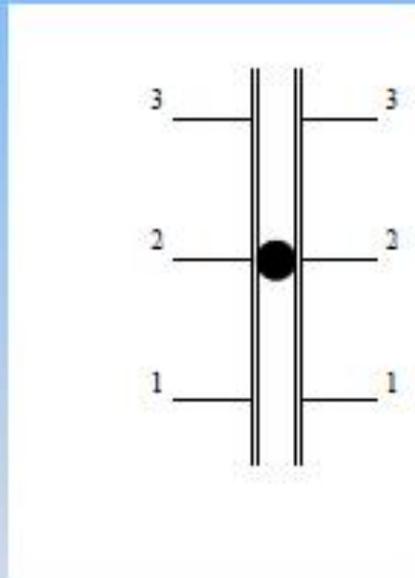
Si TACHYPNEE (RR >30/min), le débit d' O_2 doit être augmenté de 50%

L'augmentation de débit d' O_2 n'augmente pas la FiO_2



Oxygen Flow Meter

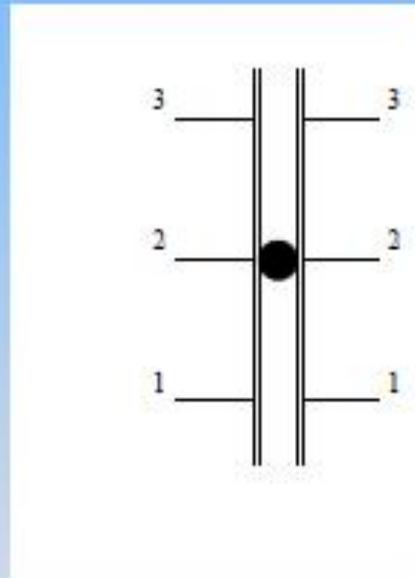
The centre of the ball indicates the correct flow rate.



This diagram illustrates the correct setting of the flow meter to deliver a flow of 2 litres per minute

Oxygen Flow Meter

The centre of the ball indicates the correct flow rate.



This diagram illustrates the correct setting of the flow meter to deliver a flow of 2 litres per minute

Précision des rotamètres à oxygène



Introduction



Introduction:

- La précision des débitmètres à oxygène (DAB) est critique chez le patient **BPCO** afin d'éviter une dépression respiratoire.



Introduction:

- La précision des débitmètres à oxygène (DAB) est critique chez le patient BPCO afin d'éviter une dépression respiratoire.
- Les transferts des **unités de soins intensifs (USI)** vers les unités de soins hospitaliers sont régulièrement associés à des épisodes de désaturations en oxygène ⁽¹⁾



[1] Davidson J, Respir care 2012
[2] Waaben J, Br J Anaesth. 1978

Introduction:

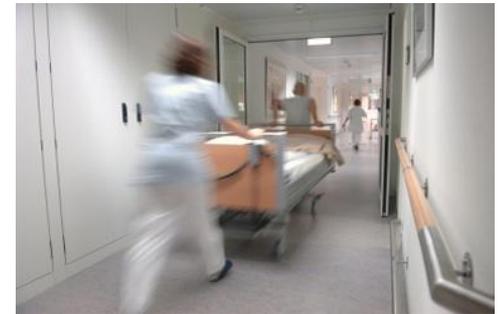
- La précision des débitmètres à oxygène (DAB) est critique chez le patient BPCO afin d'éviter une dépression respiratoire.
- Les transferts des unités de soins intensifs (USI) vers les unités de soins hospitaliers sont régulièrement associés à des épisodes de désaturations en oxygène ⁽¹⁾.
- Quelques études ont montré que les DAB présentait une **imprécision** de l'ordre de 10 à 40 % de la valeur nominale ⁽²⁾.



[1] Davidson J, Respir care 2012
[2] Waaben J, Br J Anaesth. 1978

Introduction:

Dans notre expérience, lors des **transferts de l'USI** vers les unités de soins, nous sommes **parfois appelés** en urgence, car certains patients transférés présentent une détérioration de leur état respiratoire (dyspnée, hypoxémie ou carbonarcose), et ce dans les **heures qui suivent** ce déplacement intra-hospitalier.



Quelle pourrait être l'origine de cette détresse

respiratoire alors que le patient était **stable avant** son

transfert ?



La précision des débitmètres à oxygène pourrait-elle
expliquer ce phénomène ?



But:

Déterminer, dans une étude de terrain, la précision des DAB.



MATERIEL ET METHODES:

DAB testés “au pied du lit” (2 à 10 L/Min).

Uniquement DAB disponibles « non utilisés par patients »

Débitmètre de masse thermique (Red Y)

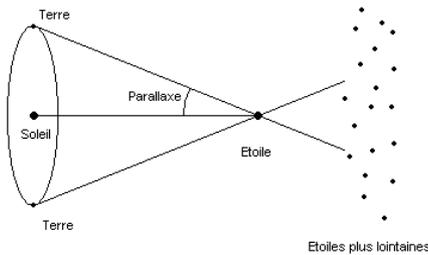
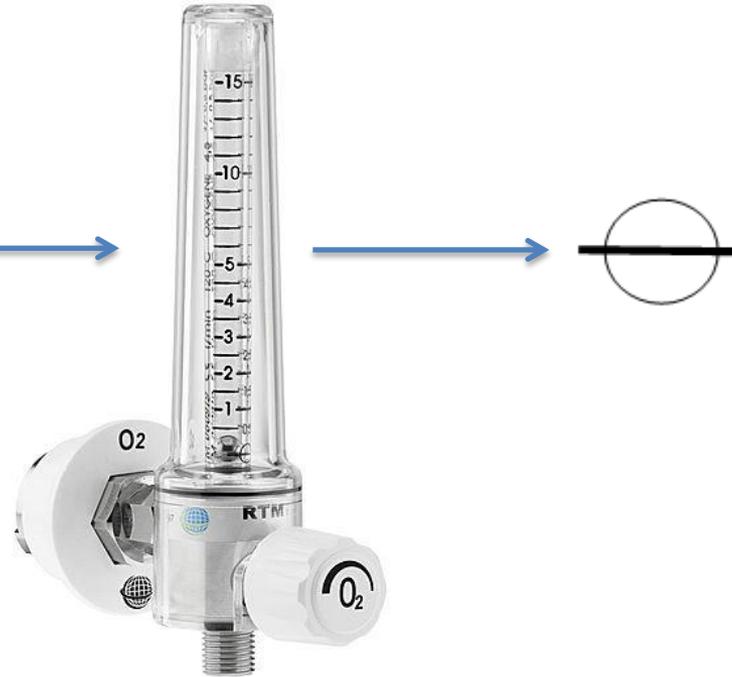
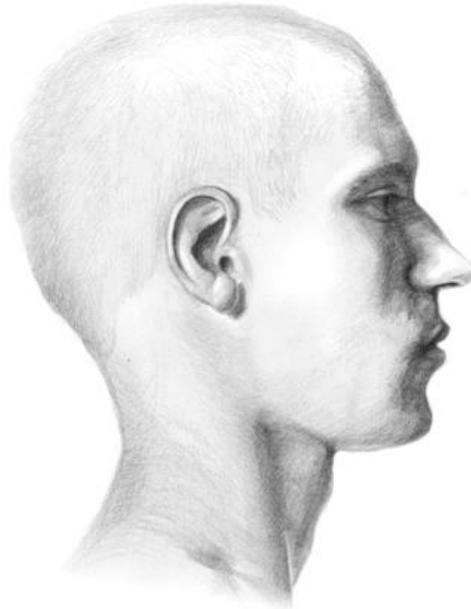
(précision 1% P.E. $\pm 0,2$ L/Min)

2 Hôpitaux Universitaires, 6 CHR (Belgique et France Dpt 59)

Mesures exprimées en % de la valeur nominale (VN)



Red Y Vogtlin®



Lecture horizontale

Lecture de la mesure: au milieu de la bille (1,2,3)

Erreur de parallaxe

- [1] Davidson J, Respir care 2012
- [2] Doc Air liquide 2011
- (3) Mosby's Respiratory Care Equipment (2009)

Résultats:

- **Etude réalisée entre février 2011 et avril 2012** (France dpt 59 – Belgique)
- **476 DAB analysés, 13** marques différentes identifiées.
- **4** marques courantes « nouveaux DAB » (<10 ans).



New DAB:
 - Caudalimeter
 - Timeter
 - RTM3
 - Taema

| | CHU Fr1 | CHR Fr1 | CHR Fr2 | CHRB1 | CHRB2 | CHRB3 | CHRB4 | CHUB1 | |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|
| Marques DAB | France | | | Belgique | | | | | n |
| Drager | | | | | | 4 | | | 4 |
| Air Liquide | 3 | | 1 | | | | | 3 | 7 |
| dkd médical | | 7 | | | | | | | 7 |
| Heyer | | | | | | 10 | | | 10 |
| Puritan Bennet | | | | | | | | 12 | 12 |
| → Timeter | | | | | | 26 | | | 26 |
| → Rtm1 | | 2 | 5 | | | 8 | 17 | | 32 |
| → Taema | 15 | 27 | 1 | | | | | | 43 |
| → Caudalimeter | | | | | | | 47 | | 47 |
| → Rtm3 | 5 | 11 | | 11 | 35 | | 9 | 4 | 75 |
| Très vieux DAB | 9 | 8 | 8 | 16 | 12 | 18 | 34 | | 105 |
| Rtm2 | 11 | 6 | 9 | 28 | 44 | | 10 | | 108 |
| Total: | 43 | 61 | 24 | 55 | 91 | 66 | 117 | 19 | 476 |

Répartition DAB (vieux et nouveaux)

New DAB:

- Caudalimeter
- Timeter
- RTM3
- Taema

| | France | Belgique |
|--------------|--------|----------|
| Vieux DAB | 62% | 67% |
| Nouveaux DAB | 38% | 33% |
| | n=128 | n=348 |

Normes 15002

Température 23 °C (+/- 2 °C) , Pression atmosphérique 1013 Hpa

Précision des DAB doit être de:

Débits 1 à 5 lpm; valeurs limites:

+/- 0,5 lpm

Débits 6 à 15 lpm; valeurs limites:

+/- 10 % VN

Normes 15002

| | Nombre de défauts | 2 à 4 lpm | 6 à 8 lpm |
|--------------|----------------------------|-----------|-----------|
| Vieux DAB | Au moins une valeur fausse | 41% | 33% |
| Nouveaux DAB | | 25% | 46% |



Normes 15002

| | Nombre de défauts | 2 à 4 lpm | 6 à 8 lpm |
|--------------|----------------------------|-----------|-----------|
| Vieux DAB | Au moins une valeur fausse | 41% | 33% |
| Nouveaux DAB | | 25% | 46% |



Normes 15002

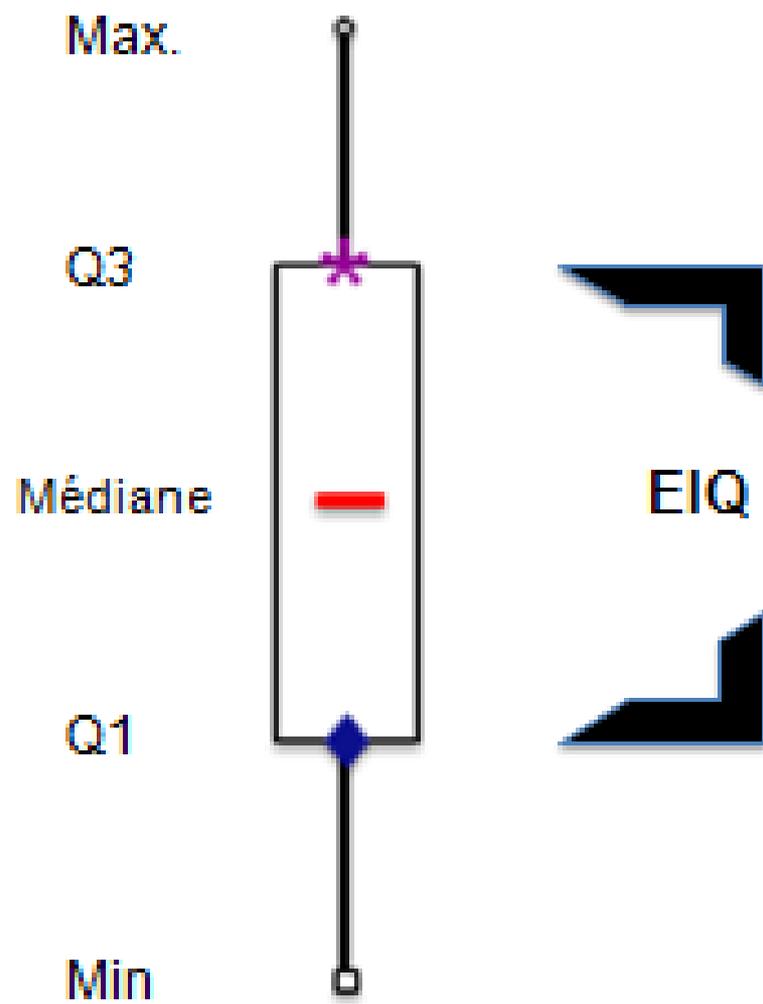
| | Nombre de défauts | 2 à 4 lpm | 6 à 8 lpm |
|--------------|----------------------------|-----------|-----------|
| Vieux DAB | Au moins une valeur fausse | 41% | 33% |
| Nouveaux DAB | | 25% | 46% |

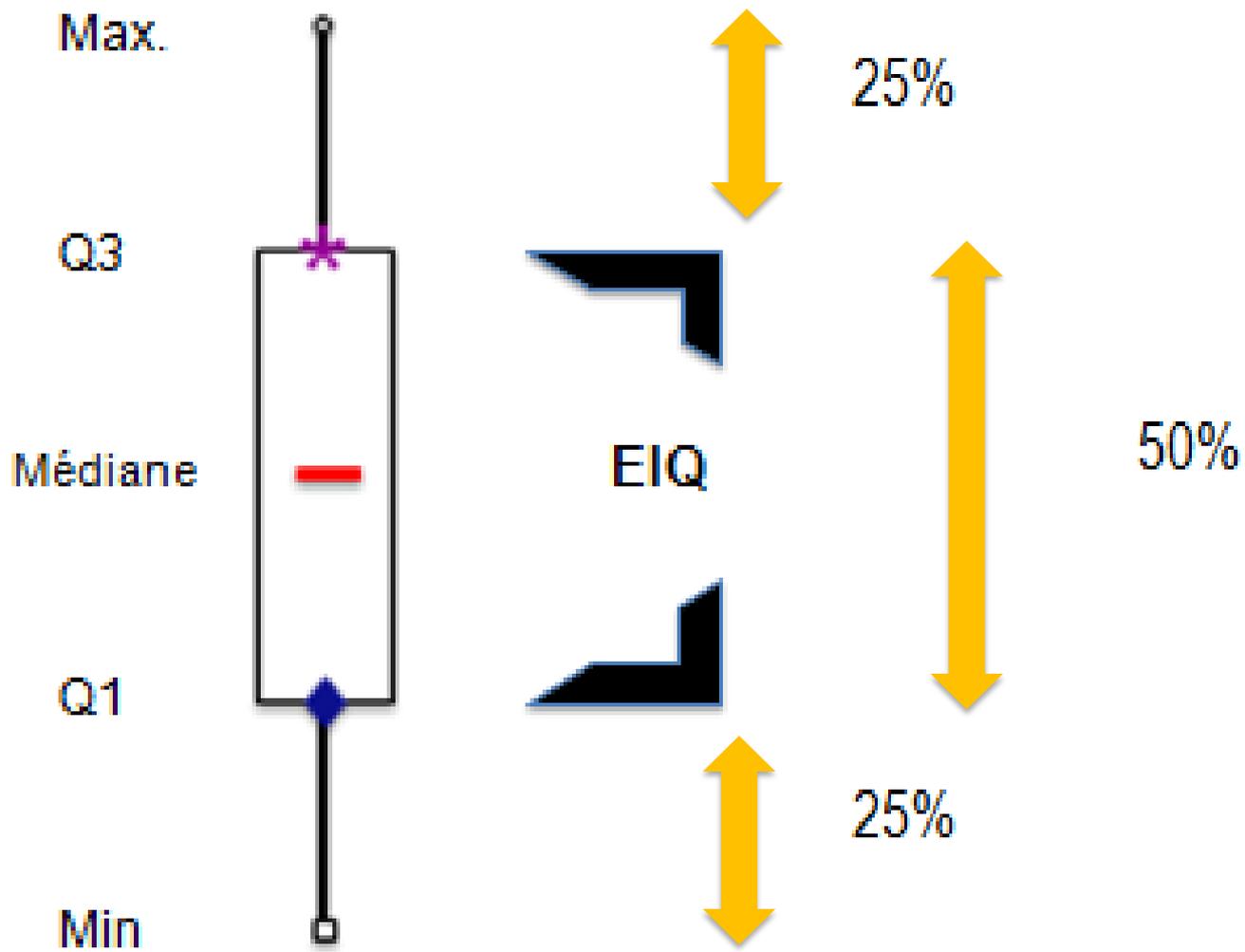


Tests statistiques

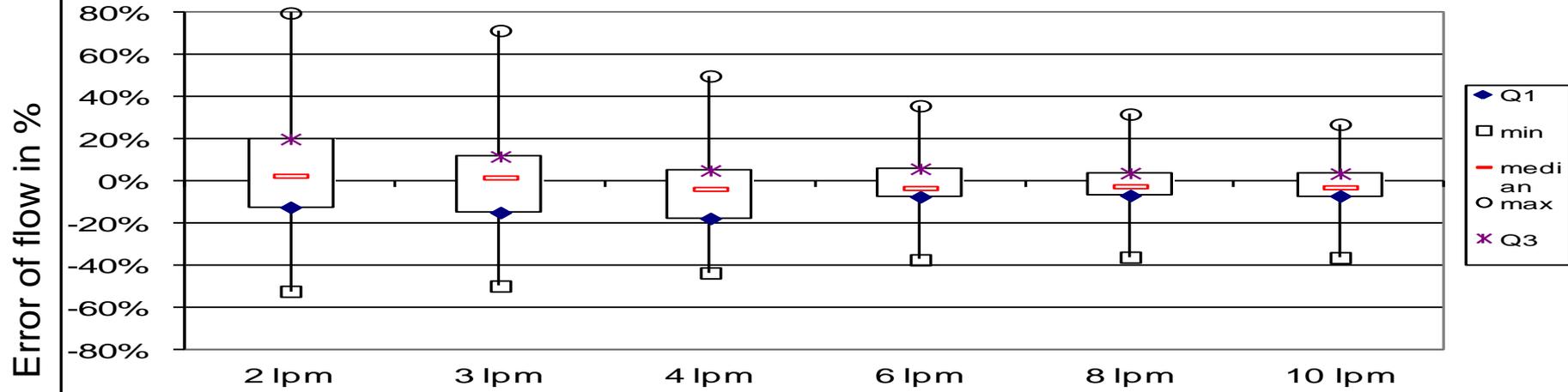
- **Statistique descriptive** (dispersion des mesures)
- **ANOVA** à mesures répétées sur rangs (Newman Keuls ou Kruskal Wallis)
- Calcul de **l'erreur moyenne** par rapport à la valeur nominale (VN)
- **Khi deux** d'indépendance

Analyse descriptive

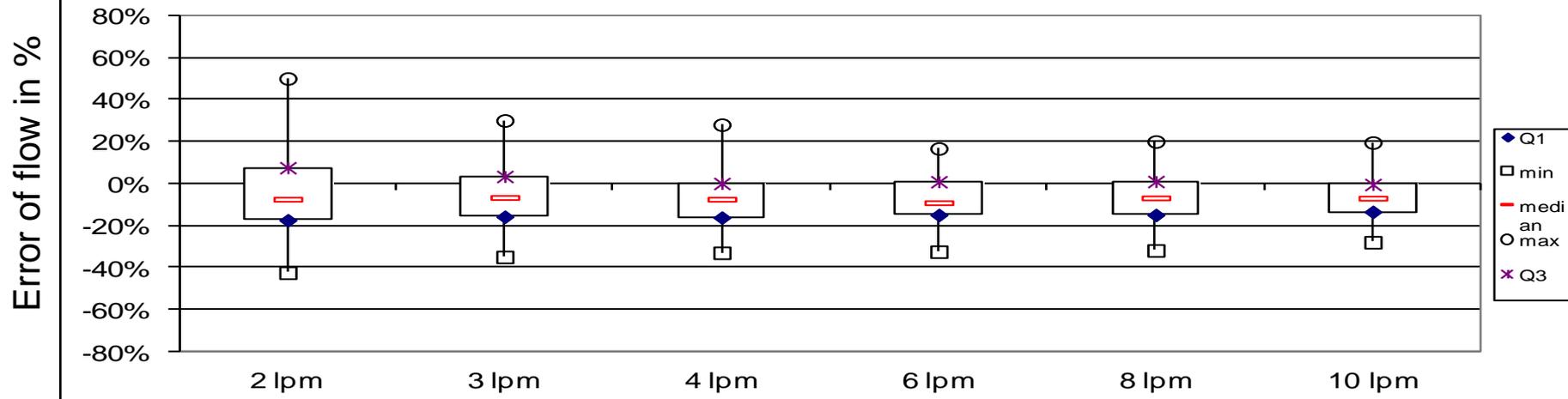




Vieux DAB

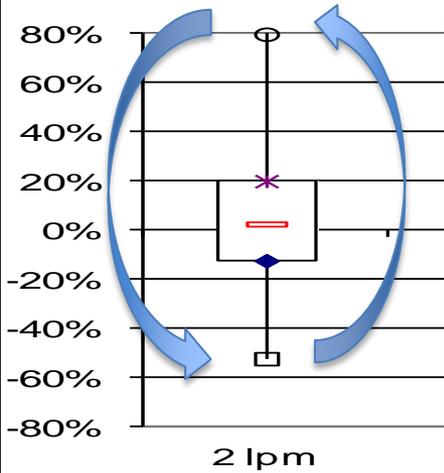


Nouveaux DAB



Vieux DAB

Error of flow in %



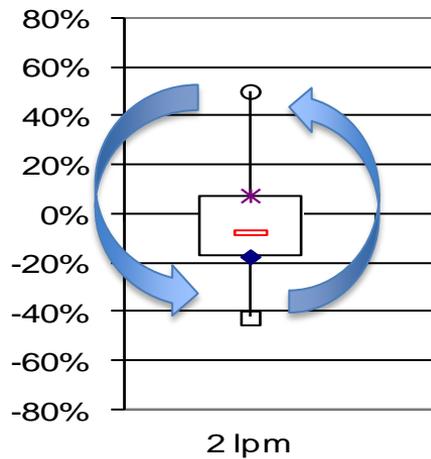
+/- 140 % autour de la valeur nominale !



à 2 L/Min

Nouveaux DAB

Error of flow in %

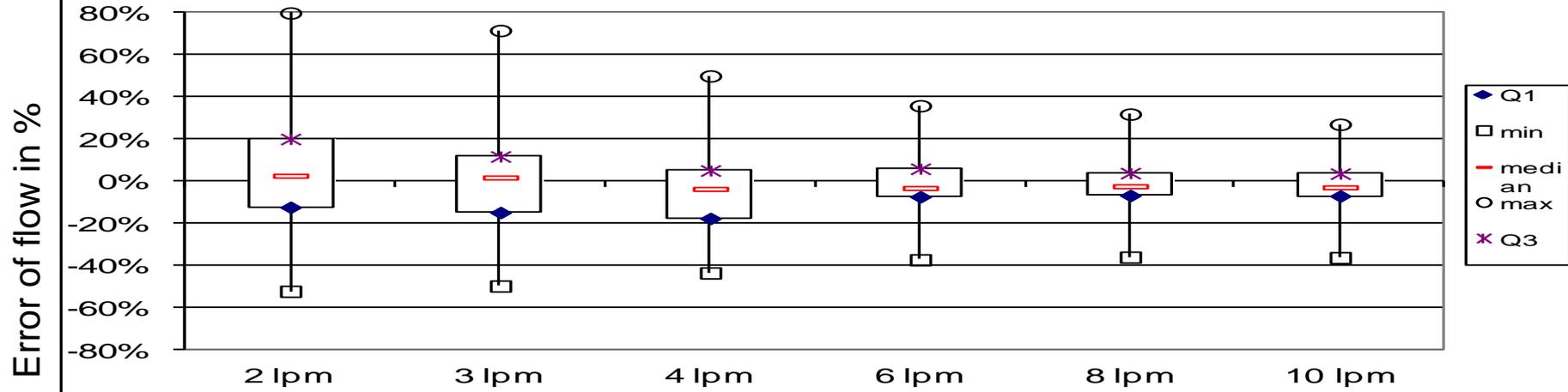


+/- 110 % autour de la valeur nominale !

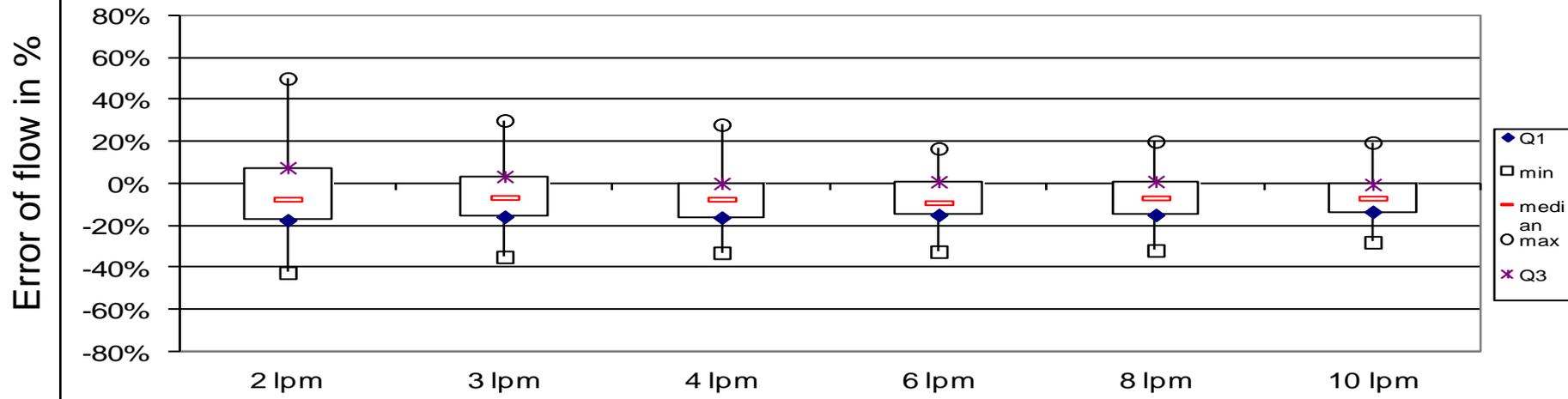


à 2 L/Min

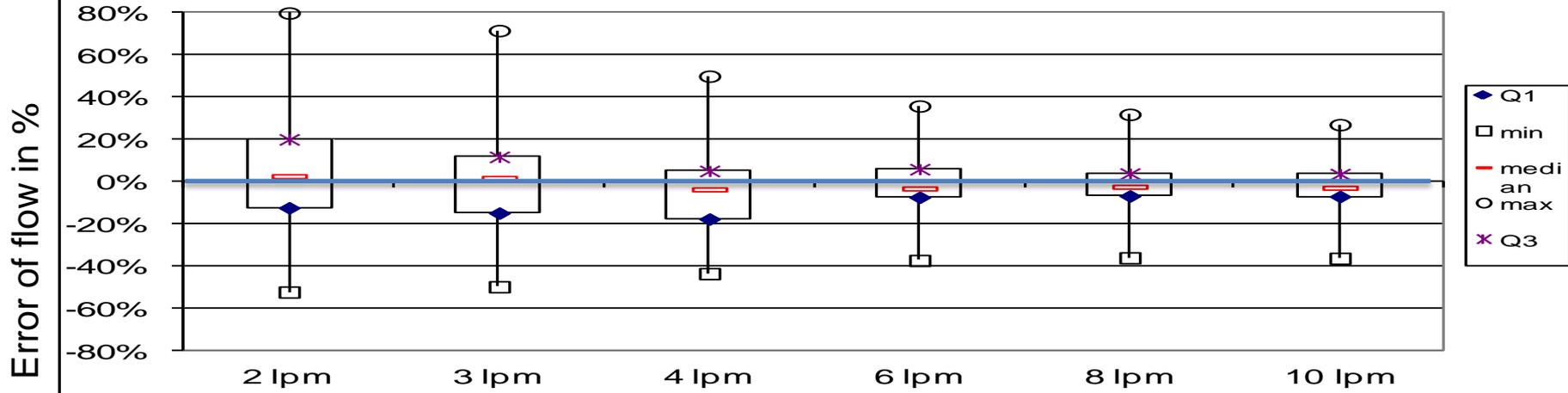
Vieux DAB



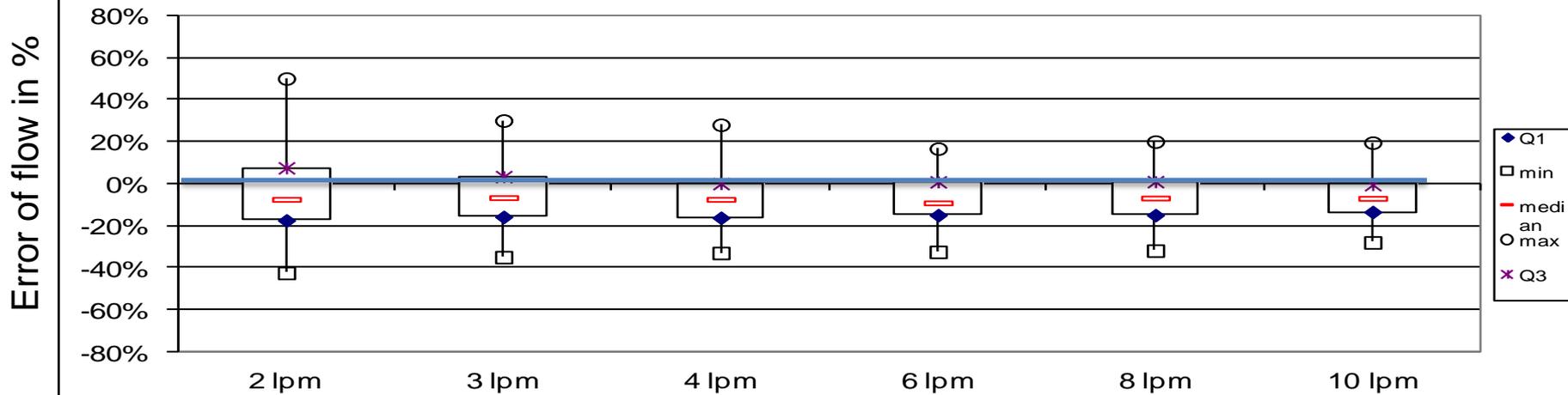
Nouveaux DAB



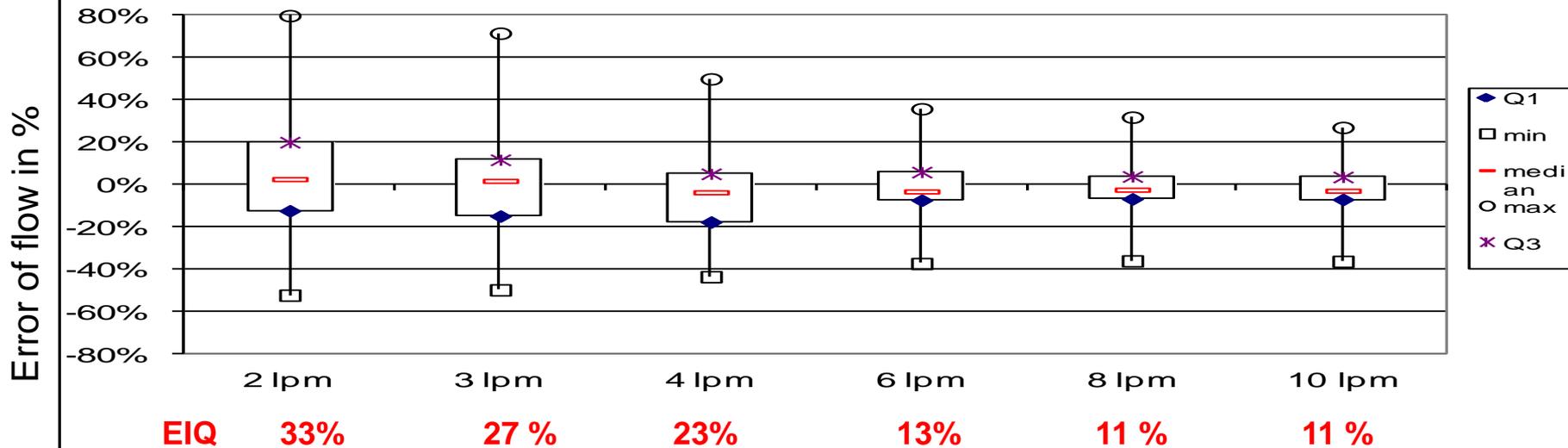
Vieux DAB



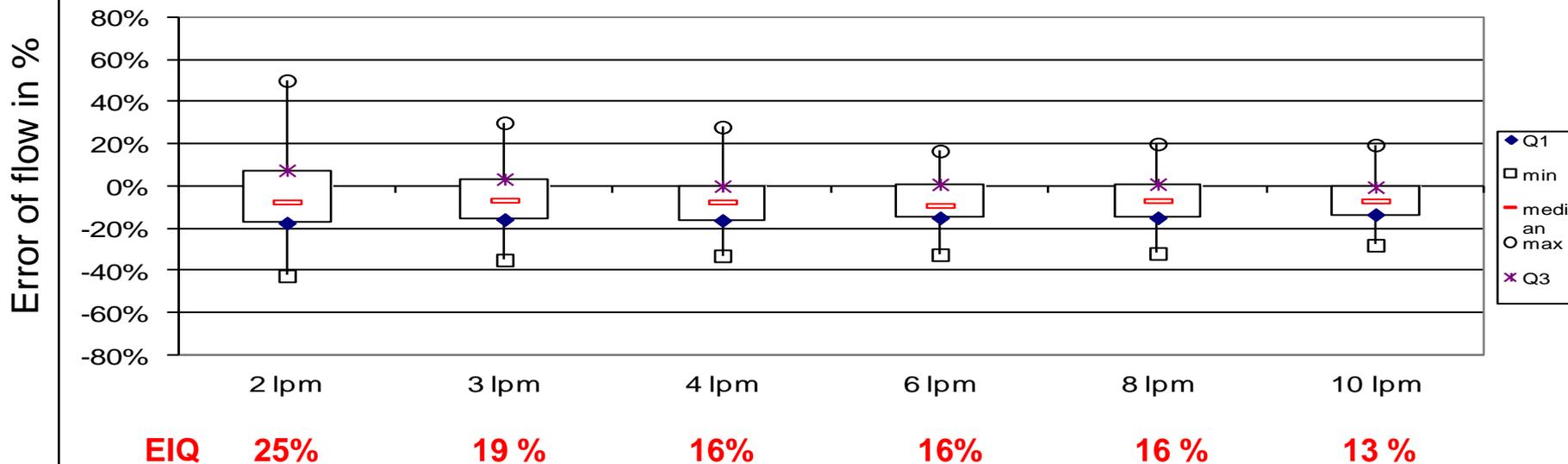
Nouveaux DAB



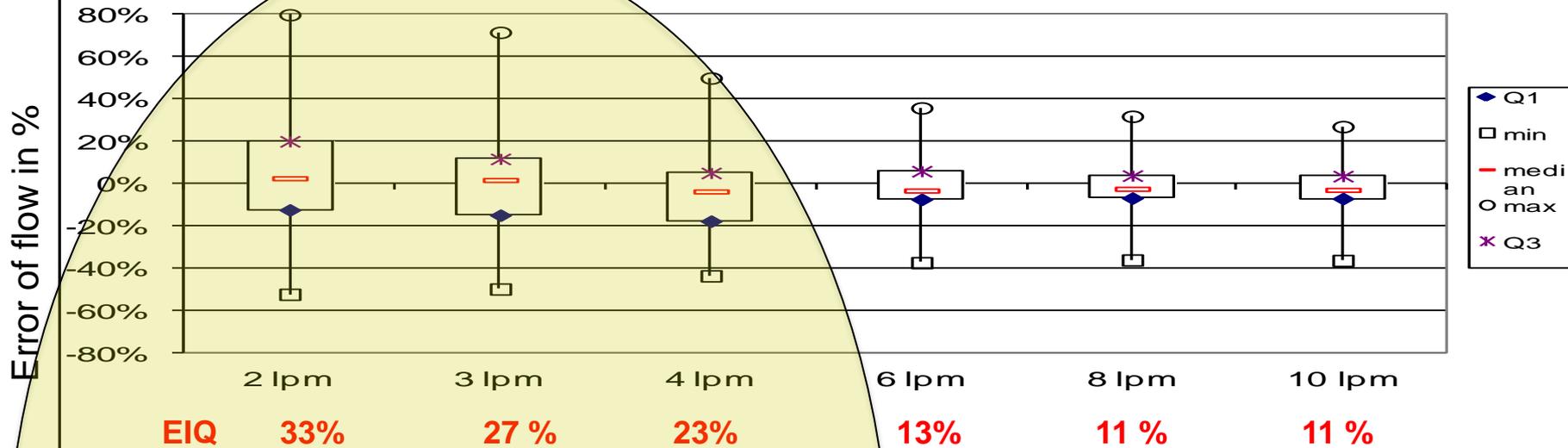
Vieux DAB



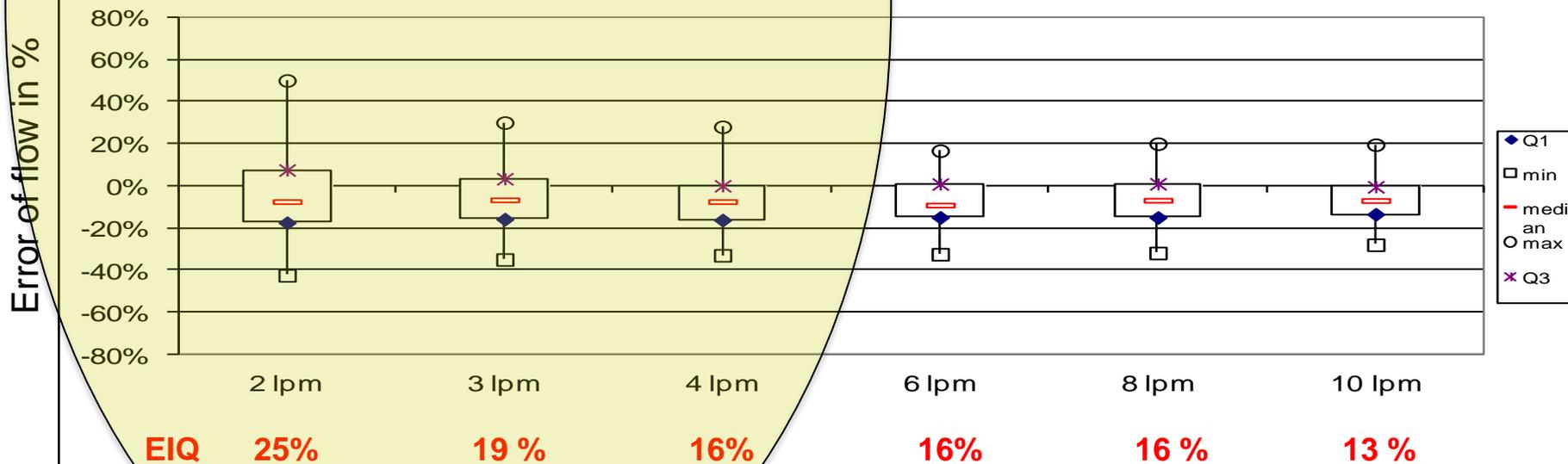
Nouveaux DAB

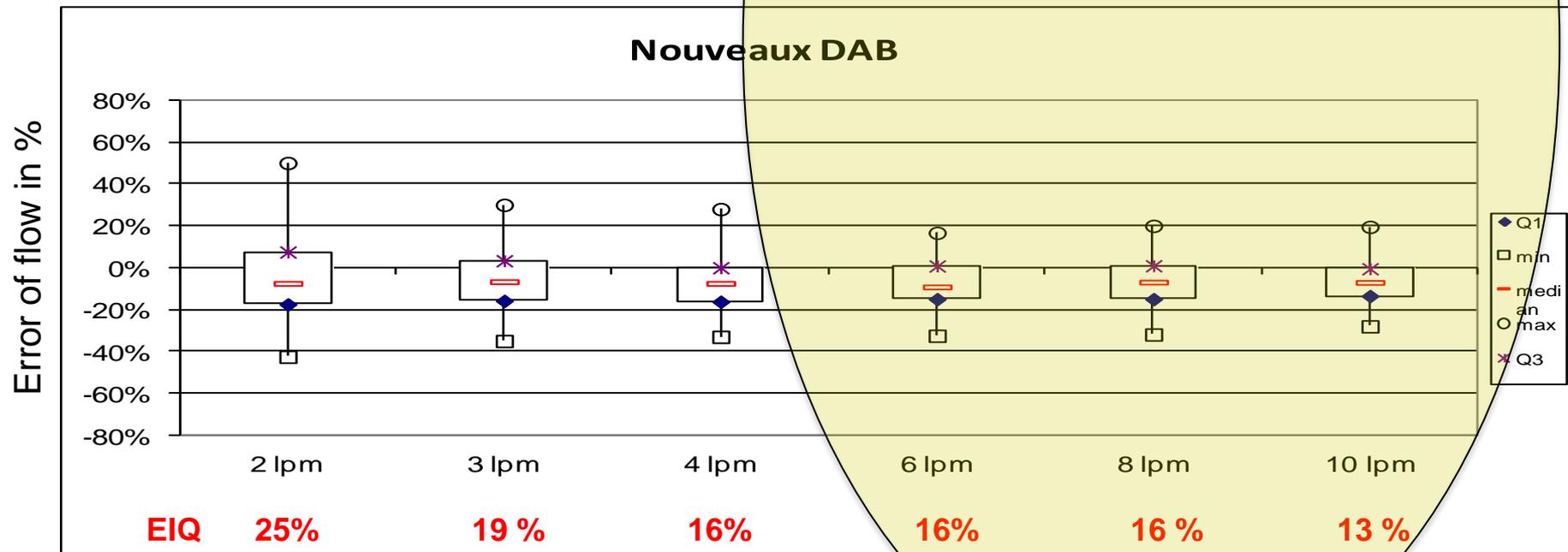
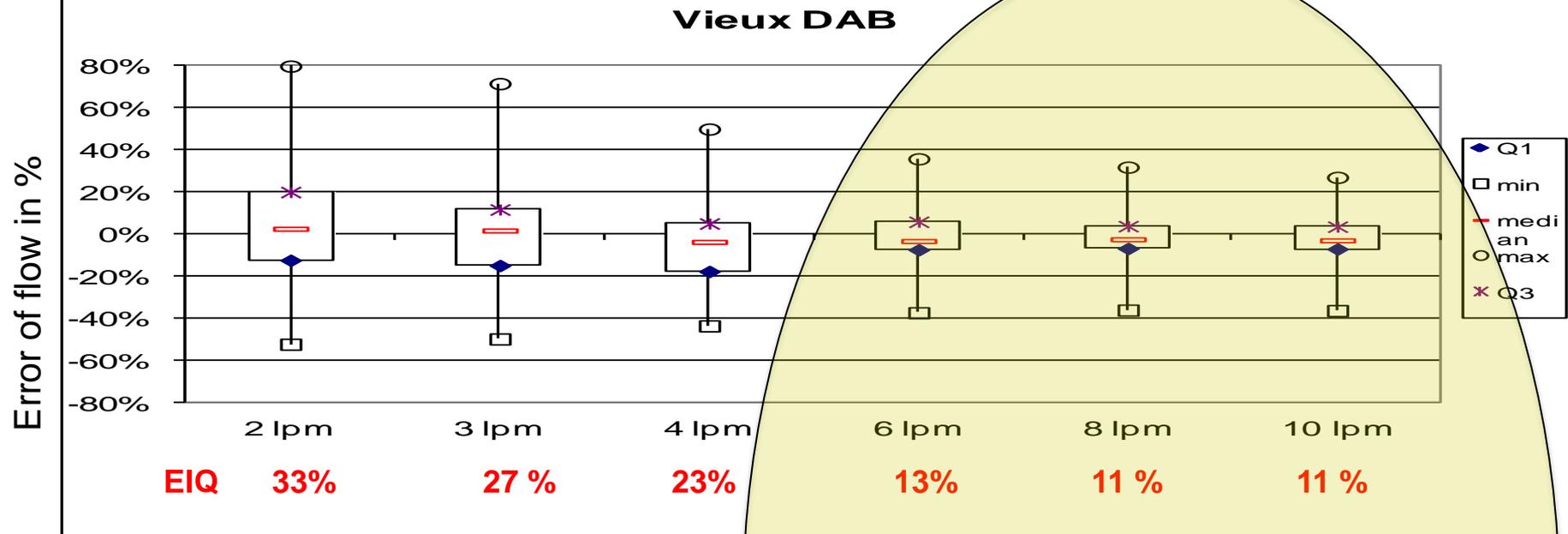


Vieux DAB

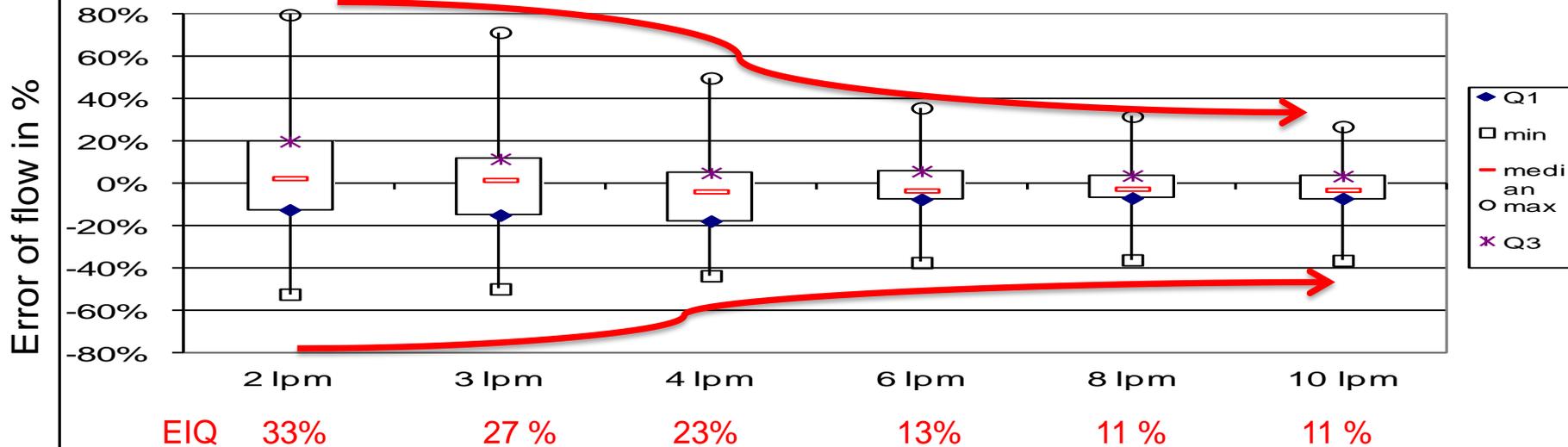


Nouveaux DAB

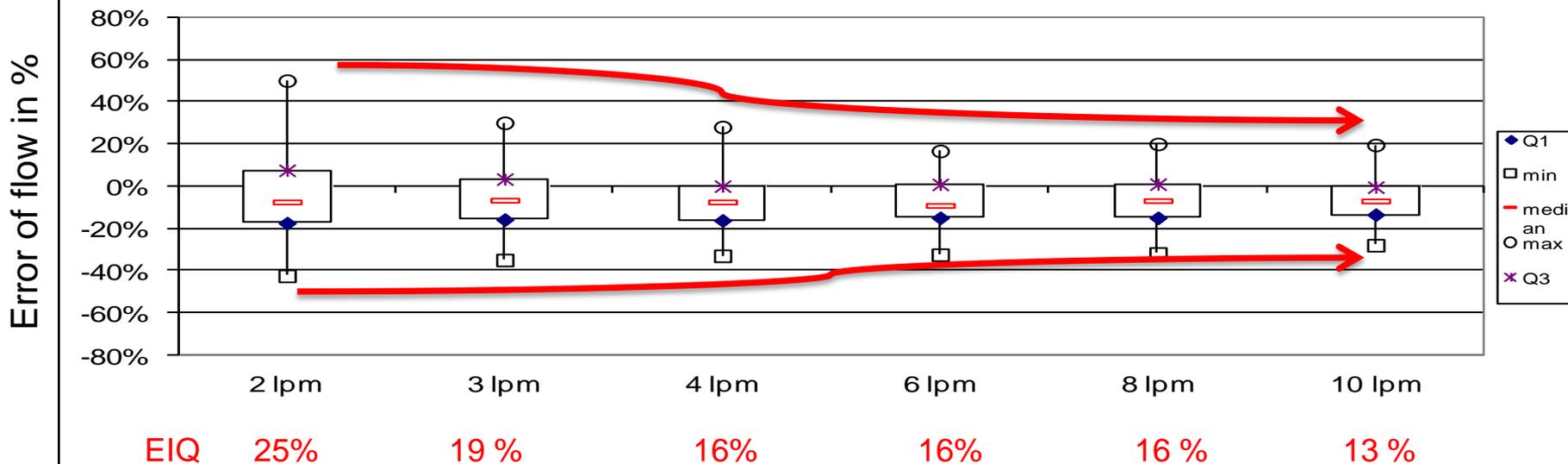




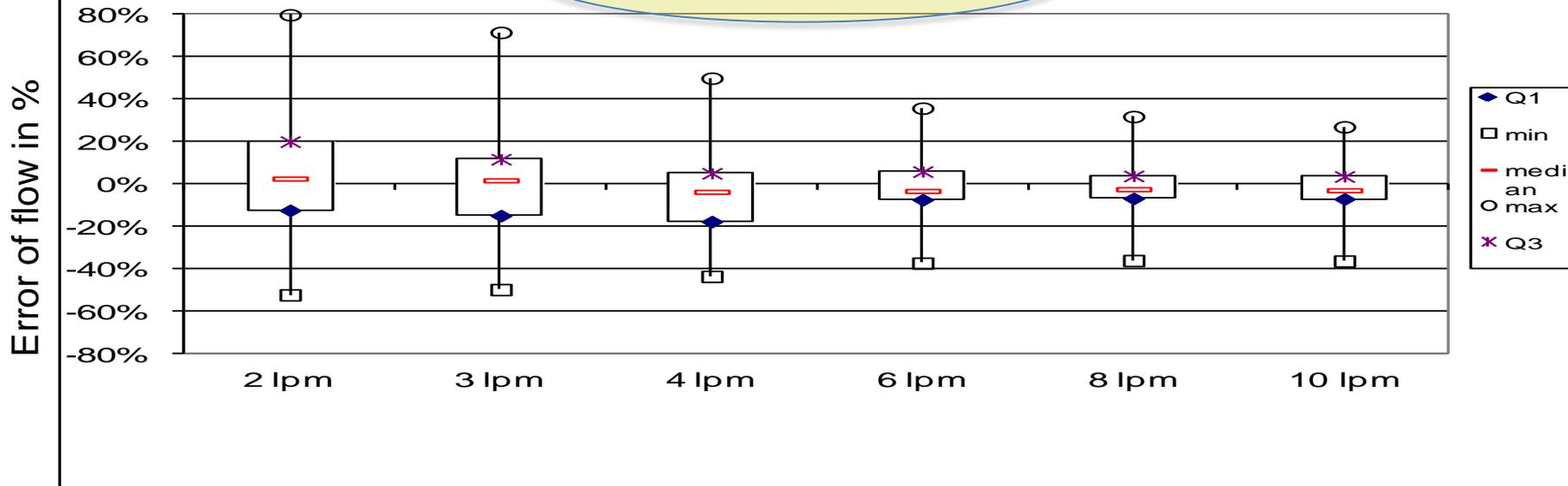
Vieux DAB



Nouveaux DAB



Vieux DAB



Test de **Tukey**

« All Pairwise Multiple Comparison Procedures »

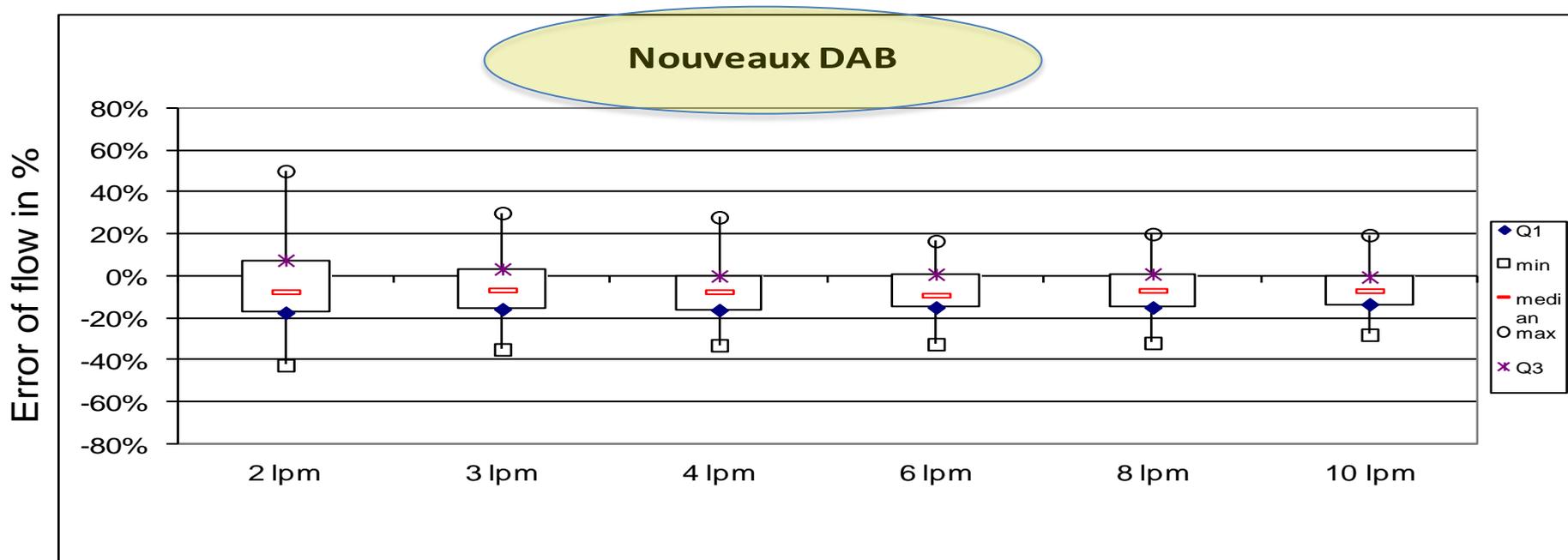
6 et 10 lpm pas de différence
6 et 8 lpm pas de différence
8 et 10 lpm pas de différence

**Entre débits (2 à 4 lpm) et (6 à 8 lpm):
La différence est significative (P<0.05)**

Test de Kruskal-Wallis (One Way Analysis of Variance on Ranks)

H = 2.799 avec 5 degrés de liberté (P = 0.731)

Pas de différence statistiquement significative entre les débits. (P = 0.731)



Conclusions :

Conclusions :

- 1) Débit d'oxygène réel (New DAB) est souvent situé sous la valeur nominale

Conclusions :

1) Débit d'oxygène réel (New DAB) est souvent situé

sous la valeur nominale

2) Dispersion des débits d'oxygène autour de la valeur nominale

- **Large, spécialement pour les appareils de conception ancienne**
- **Large dans les bas débits (vieux DAB)**
- **Peut être réduite en supprimant les appareils anciens (>10 ans)**

Conclusions :

1) Débit d'oxygène réel (New DAB) est souvent situé

sous la valeur nominale

2) Dispersion des débits d'oxygène autour de la valeur nominale

- Large, spécialement pour les appareils de conception ancienne
- Large dans les bas débits (vieux DAB)
- Peut être réduite en supprimant les appareils anciens (>10 ans)

Conclusions :

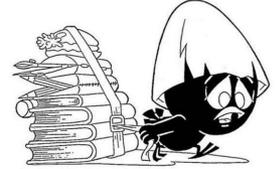
- 1) Débit d'oxygène réel (New DAB) est souvent situé sous la valeur nominale
- 2) Dispersion des débits d'oxygène autour de la valeur nominale
 - Large, spécialement pour les appareils de conception ancienne
 - Large dans les bas débits (vieux DAB)
 - **Peut être réduite en supprimant les appareils anciens (>10 ans)**

A retenir pour « lundi »:



A retenir pour « lundi »:

- Vieux DAB + imprécis dans les bas débits





A retenir pour « lundi »:

- Vieux DAB + imprécis dans les bas débits
- Quand transfert patient, si détresse respiratoire
« inexplicquée » pensez à vérifier DAB.



A retenir pour « lundi » :

- Vieux DAB + imprécis dans les bas débits
- Quand transfert patient, si détresse respiratoire « inexpliquée » pensez à vérifier DAB.
 - Sat puls O_2 , pH, $PaCO_2$

A retenir pour « lundi »:



- La lecture du débit se fait au milieu de la bille + de façon horizontale (erreur de parallaxe)
- Remplacement des vieux DAB =
+ de sécurité et économies € !

Tout changement de
débitmètre à oxygène
est
une manœuvre à risque !

IMPORTANT



SIZ Nursing 2013



Une oxygénothérapie à l'aveugle dans le traitement de la décompensation BPCO peut péjorer les symptômes de l'insuffisance respiratoire par 3 mécanismes¹:

- 1.) Augmentation de la ventilation de l'espace mort suite à une diminution de la vasoconstriction pulmonaire hypoxique (mécanisme de Euler-Liljestrand :Fig. 2).
- 2.) Diminution de l'affinité de l'hémoglobine pour le CO_2 (effet de Haldane).
- 3.) Diminution du volume de ventilation par minute suite à un manque de stimulation centrale par hypercapnie.

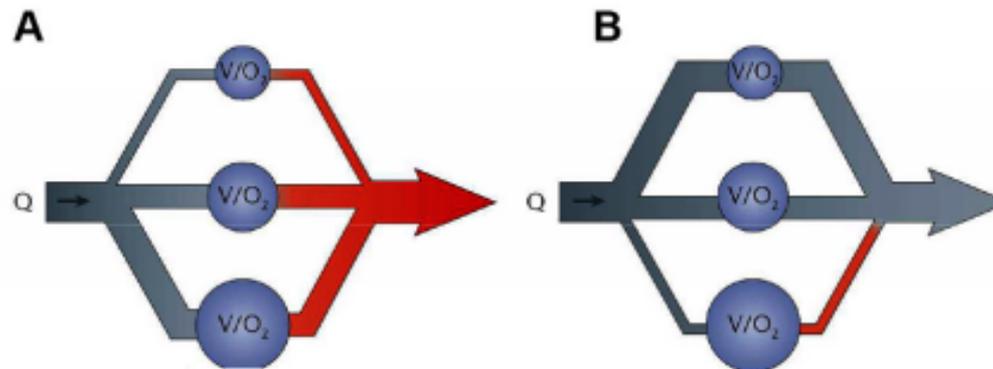


Fig. 2. La vasoconstriction pulmonaire hypoxique

A : La perfusion (Q) dans le circuit pulmonaire est idéalement dirigée vers les plages bien-ventilées (grands cercles) pour rendre l'oxygénation efficace. **B :** Sous oxygénothérapie, le stimulus par oxygène provoque une augmentation de la perfusion des plages pulmonaires peu ventilées (petits cercles). Suite à un sevrage d'oxygène abrupt, les plages peu-ventilées sont encore bien perfusées ce qui retire du sang du circuit pulmonaire intact et mène à une hypoxémie et hypercapnie. Le principe de vasoconstriction hypoxique est la cause la plus importante pour une hypercapnie induite par l'oxygénothérapie.