

Pléthysmographie

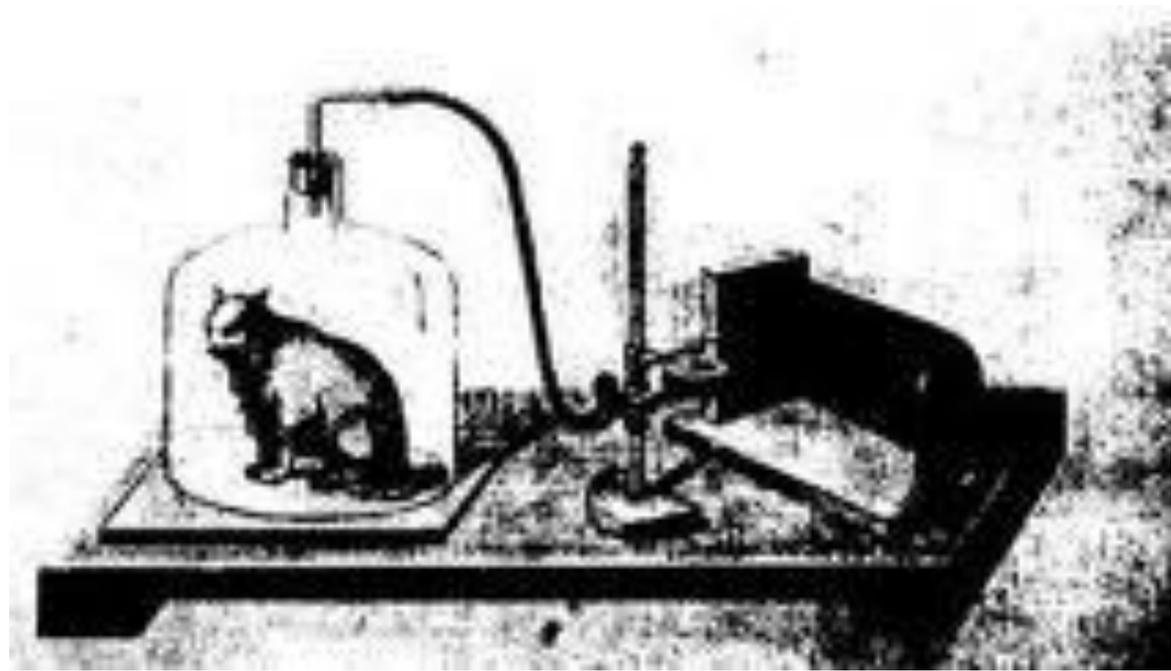
Théorie et pratique

PLETHYSMOGRAPHIE

PLETHYSMOGRAPHIE CORPORELLE TOTALE :

- PRINCIPES PHYSIQUES -





La Pléthysmographie Corporelle Totale

Historique

- 1868 : Animal sous cloche hermétique

Variations de pression contemporaines des mouvements respiratoires

Δ pression sous la cloche rapportées aux Δ pression alvéolaire

- 1880-1960 (Dubois): Mesures de la CRF, des résistances et du débit cardiaque par pléthysmo

- 1980 : utilisation courante en EFR grâce à l'informatisation des données

- Définition : Le fait de mettre un sujet dans un espace de volume réduit (300 à 1000 dm³) permet d'estimer les variations de son volume corporel à partir des variations de la pression dans cet espace

La Pléthysmographie Corporelle Totale

(PCT ou Pleth)

- La pléthysmographie corporelle permet de déterminer le volume gazeux thoracique (VGT) et d'estimer la résistance des voies aériennes à l'écoulement gazeux.

- Le principe de la mesure du VGT est fondé sur la loi des gaz parfaits

Pression.Volume = C^{te}

A température constante, le volume d'une quantité de gaz donnée varie en sens inverse de la pression: **$P \cdot V = (P + \Delta P) \cdot (V + \Delta V)$**

- La pléthysmographie corporelle mesure tout le volume gazeux intrathoracique, c'est à dire le volume de gaz communicant ou non avec les bronches (ex bulle d'emphysème « exclue »)
- Le deuxième intérêt majeur du pléthysmographe est de pouvoir mesurer la résistance des voies aériennes: $R_{aw} = \text{Différence de Pression}/\text{Débit}$

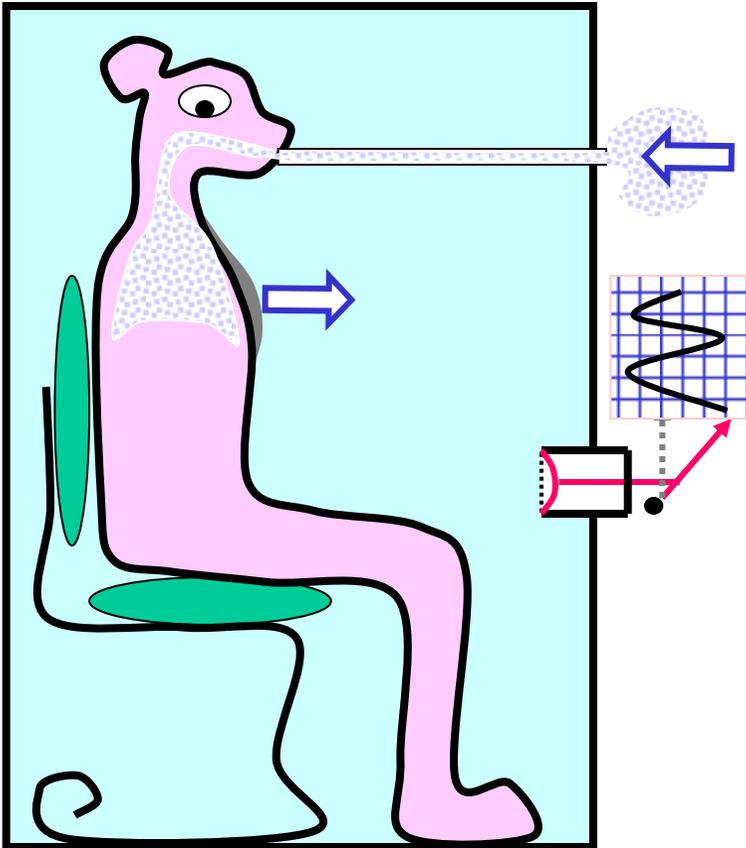
Deux types de boîte

- Le pléthysmographe barométrique est une boîte totalement étanche.
- Toute variation de Volume (ΔV) est intégralement répercutée en Δ Pression
- Il n'est utilisé que pour mesurer les petites ΔV .

- Le pléthysmographe débitmétrique est ouvert sur l'extérieur par l'intermédiaire d'une grille résistante.
- Les ΔP sont moindres.
- Il est utile pour mesurer les grandes ΔV .

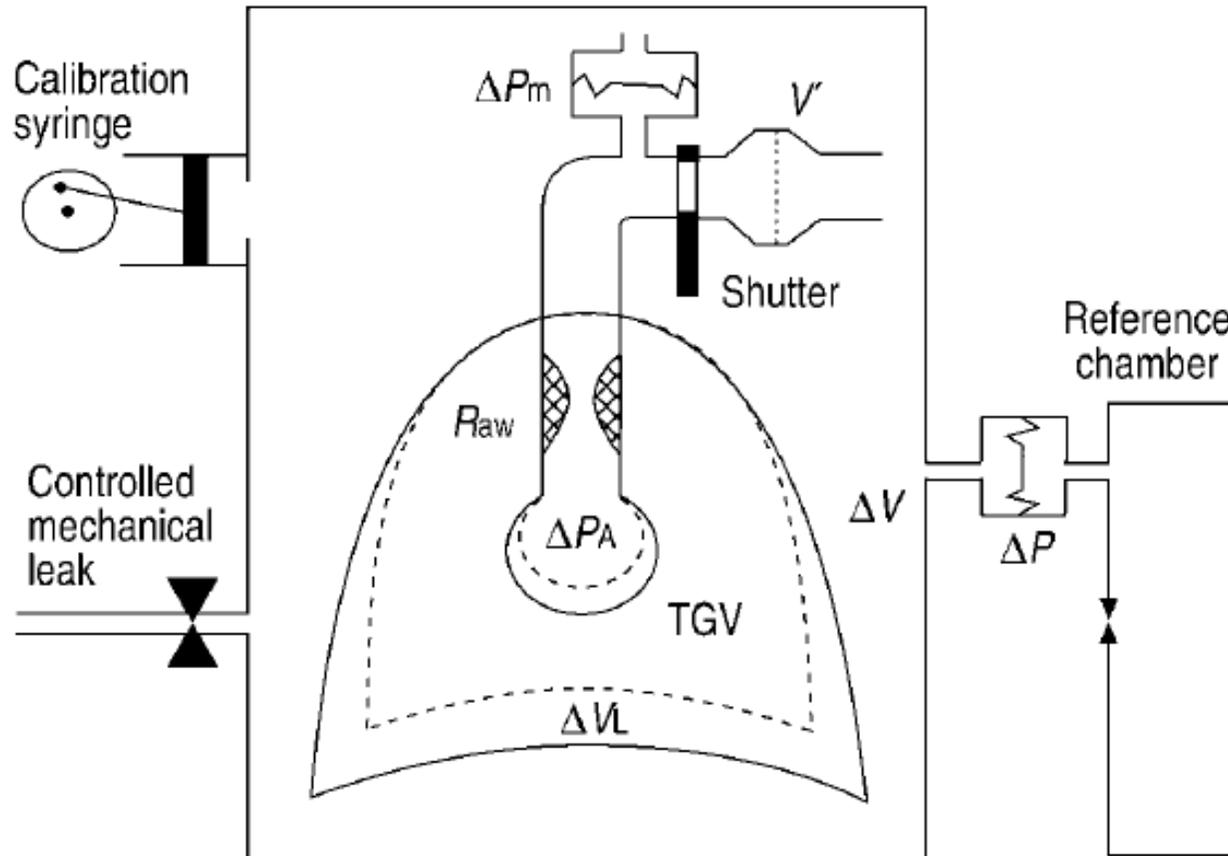


Barométrique

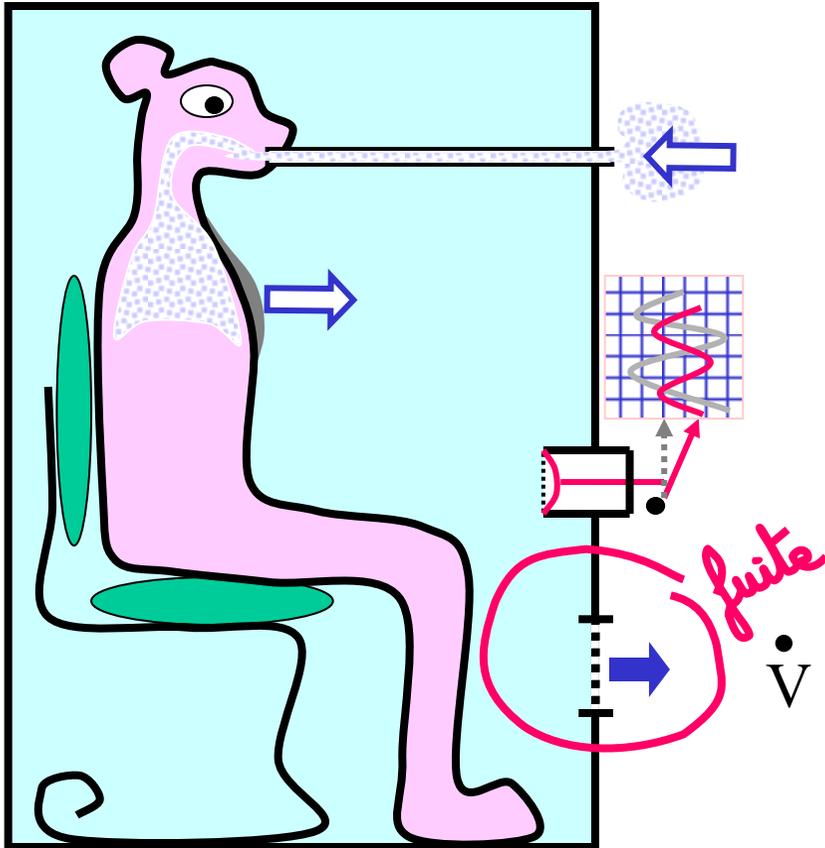


- Augmentation du volume du sujet à l'inspiration
 - Mesurée à partir de la surpression provoquée dans la boîte

Pléthysmo barométrique (le plus courant)

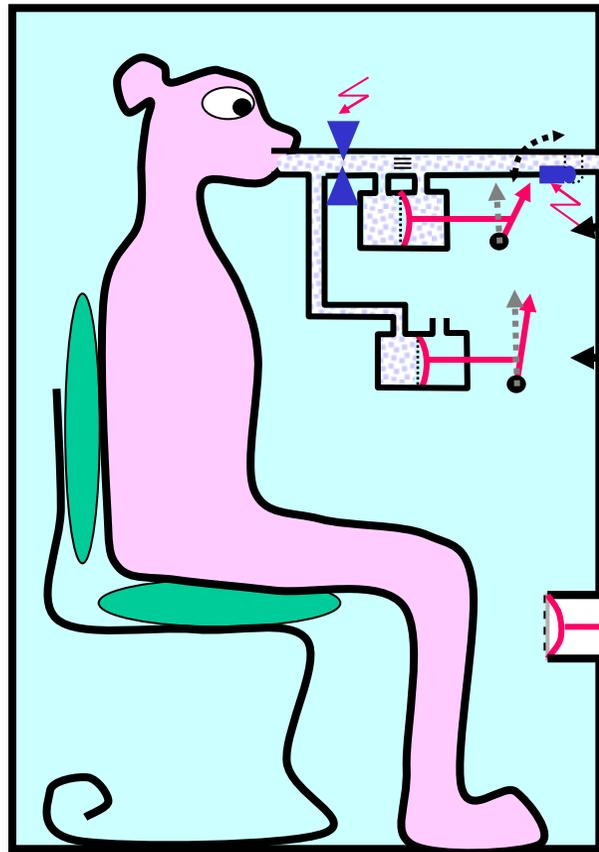


Débitmétrique ou Volumétrique



- Augmentation du volume du sujet à l'inspiration
 - À partir de la fuite de gaz qu'elle entraîne
 - Correction barométrique

Les capteurs (barométrique)



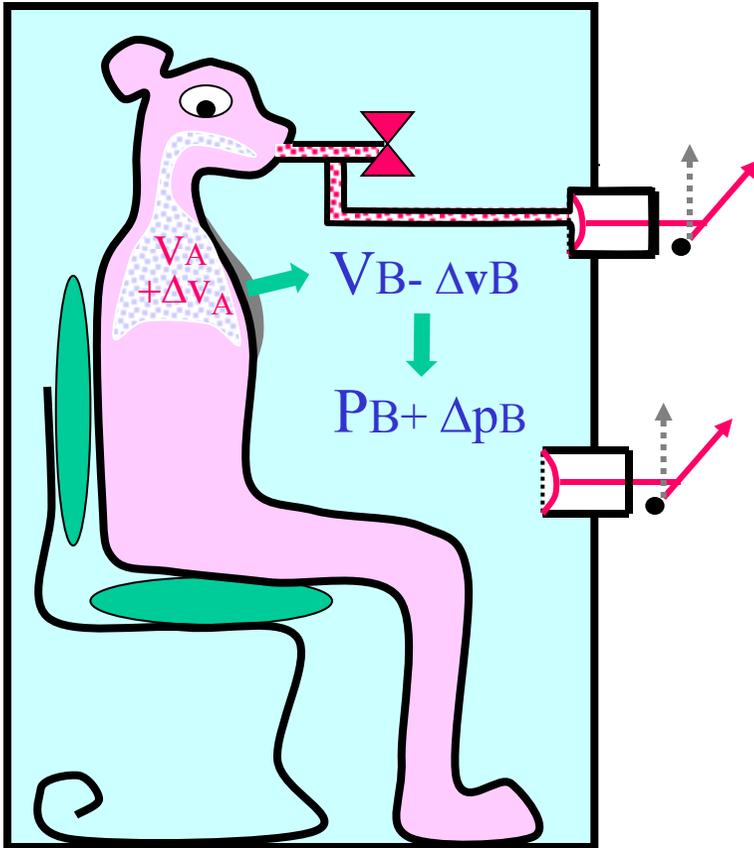
3 capteurs :

Débit (\dot{V}) (pneumotach) ►► mesure des RVA

$\Delta P_{\text{buccale}}$ ►► mesure du VGT

ΔP_{Boite} ►► toutes mesures

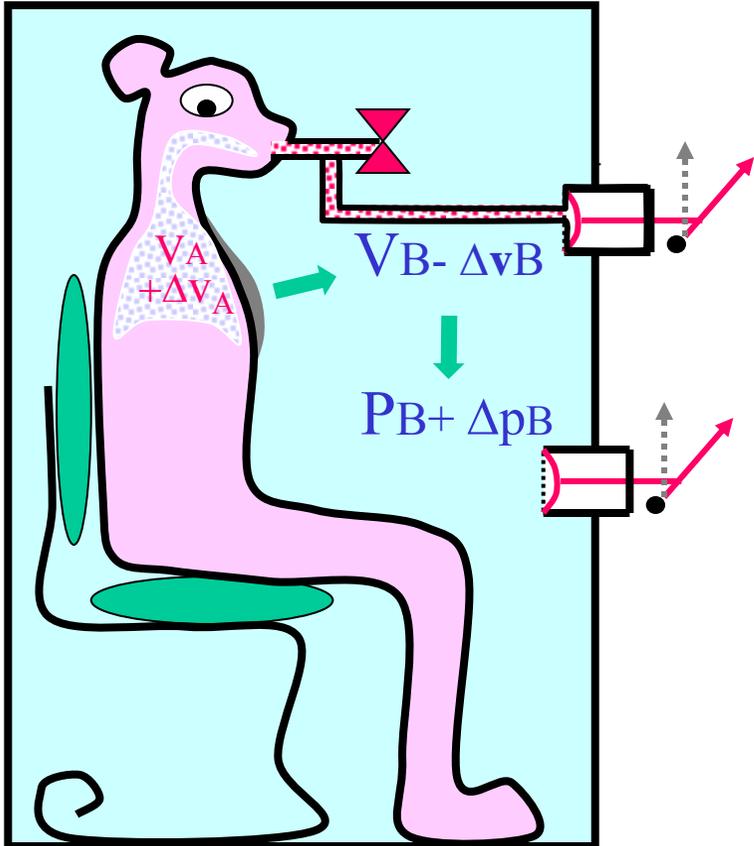
Le Pléthysmographe



- Le pléthysmographe est une boîte de volume gazeux V_B .
- V_A est le volume pulmonaire.
- ΔV_A est la variation de V_A , elle entraîne une variation égale mais opposée ΔV_B qui se répercute sur la variation de pression ΔP_B que l'on mesure

$$\Delta V_A = - \Delta V_B$$

Mesure du VGT



$$P_{alv} \cdot V = (P_{alv} + \Delta P_{alv}) \cdot (V + \Delta V)$$

Avec $V = VGT$

~~$$P_{alv} \cdot VGT = P_{alv} \cdot VGT + P_{alv} \Delta V + VGT \cdot \Delta P_{alv} + \Delta P_{alv} \cdot \Delta V$$~~

Variations de pression faibles donc ΔP , ΔV négligeable

$$P_{alv} \cdot \Delta V = VGT \cdot \Delta P_{alv}$$

$$VGT = P_{alv} \cdot \Delta V / \Delta P_{alv}$$

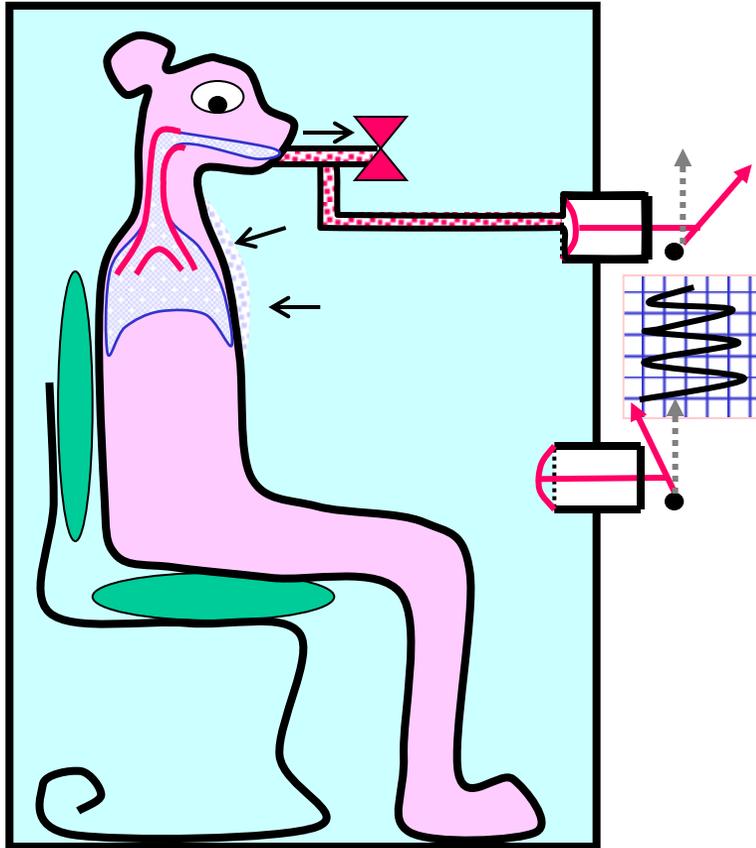
P_{alv} = pression alvéolaire = P barométrique moins la pression de vapeur d'eau (47 mmHg)

$$VGT = (\Delta V / \Delta P) \times P_{atm} - 47 \text{ mmHg}$$

ΔP_{alv} = Si on obture les voies aériennes, ΔP_{alv} est égale aux variations de pression mesurées à la bouche

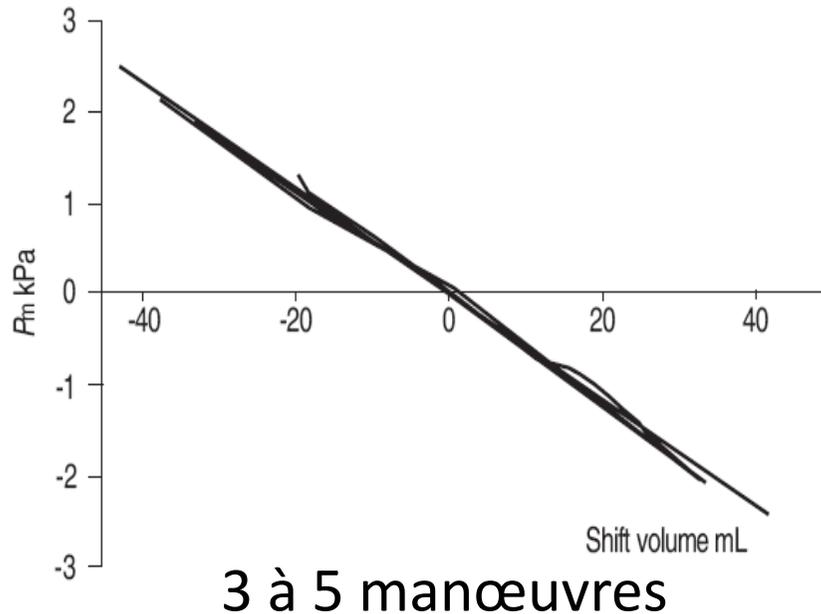
ΔVGT = Pleth débitmétrique: mesure directe
Pleth barométrique ΔP à l'intérieur

Mesure du VGT



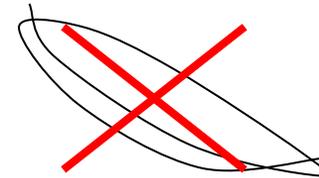
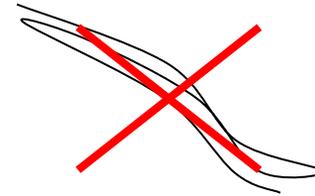
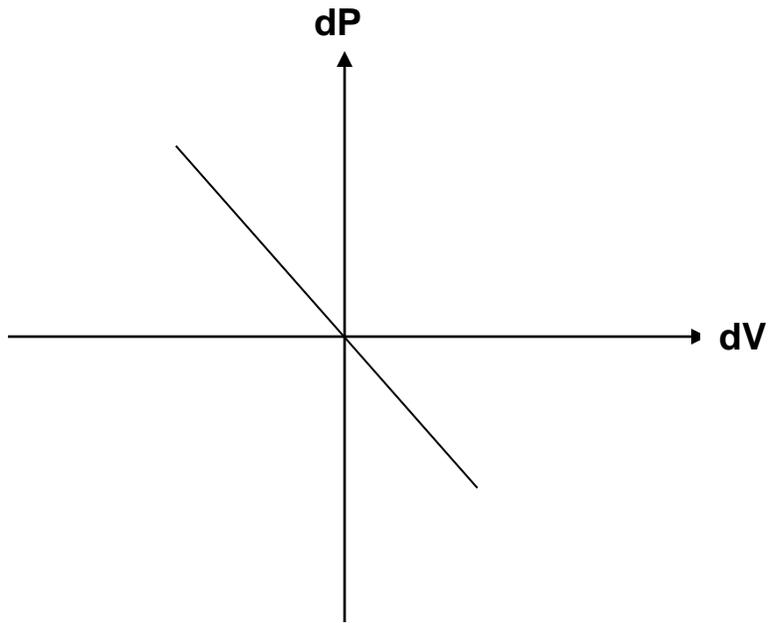
- La respiration est bloquée à la bouche. Des efforts successifs de compression-détente du **Volume gazeux thoracique** (VGT) sont réalisés
- La pression buccale et le volume comprimé sont mesurés. VGT est calculé (Mariotte)
- **Les Δ de P_{buc} en circuit fermé sont équivalentes aux Δ de P_{alv}**

VGT « idéal »



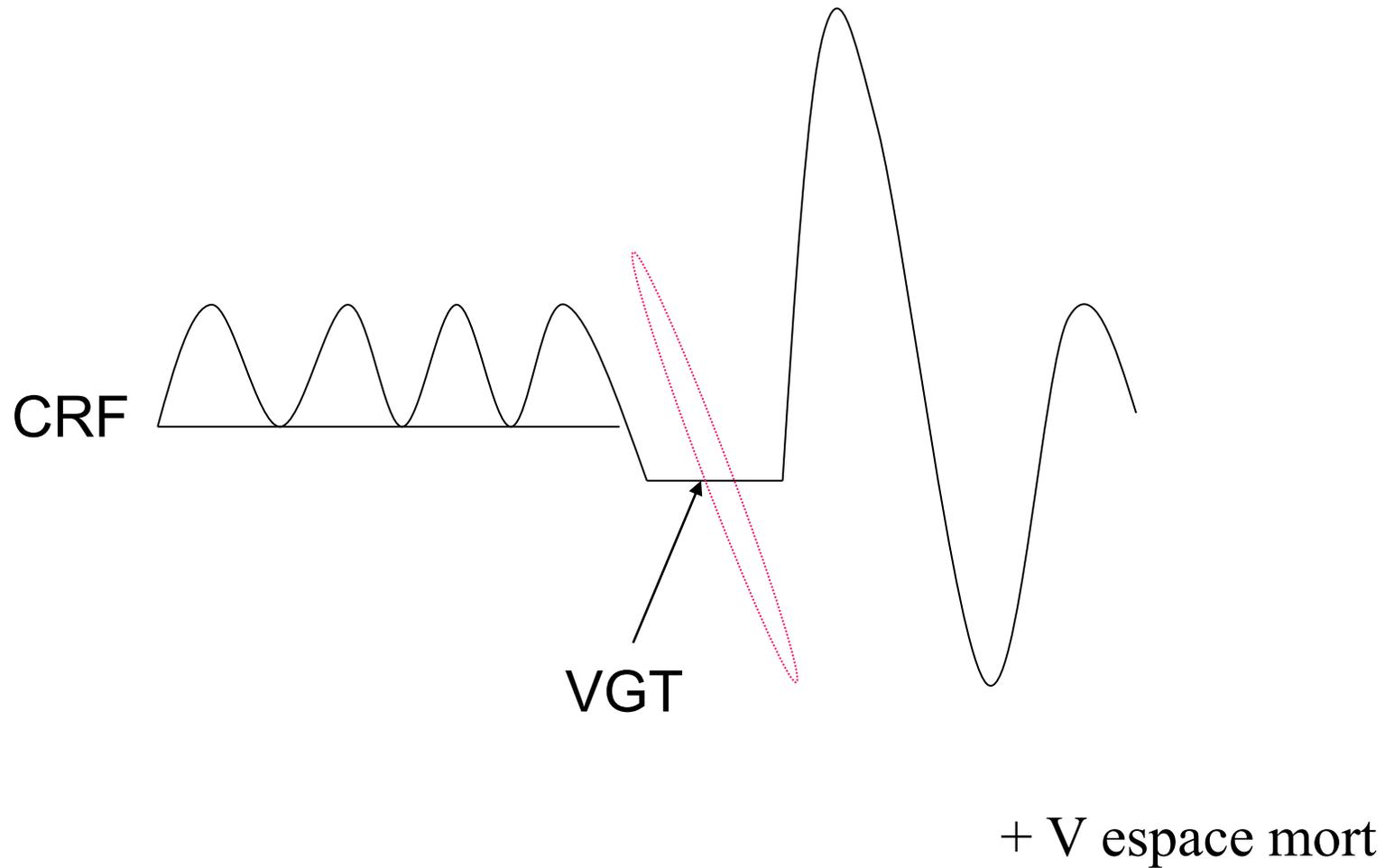
- Effort respiratoire sur le clapet fermé qui montre la pression buccale (P_m pour mouth) en fonction de la variation de volume
- Effort expiratoire P_m positive et inversement
- La pente P_m vs ΔV est proportionnelle à la CRF_{pleth}
- Bonne coordination des efforts inspiratoires et expiratoires

VGT « pas idéal »



Calcul de pente « pifométrique »

Correction de volume: VGT vs CRF



Résultat: rendu de la CRF

Correction de volume VGT vs CRF

- CRF : Point d'équilibre entre les forces d'expansion de la cage thoracique et les forces de rétraction élastique du poumon
- VGT : Volume pulmonaire **mesuré** par le pleth au moment de l'occlusion
- **CRF_{pleth}** : VGT corrigé
 - Du volume de l'espace mort du circuit
 - et du décalage entre VGT mesuré lors de l'occlusion et CRF réelle

Les Résistances

- Le deuxième intérêt majeur du pléthysmographe est de pouvoir mesurer la résistance des voies aériennes

R_{aw} = Différence de Pression/Débit

- la différence de pressions est mesurée entre bouche et alvéole (mesurée par pléthysmographie), et le débit aérien est mesuré à la bouche en respiration calme ou pendant l'halètement
- R_{aw} s'exprime en $\text{cmH}_2\text{O}/\text{l}/\text{s}$ ou $\text{kPa}/\text{l}/\text{s}$. On utilise également le terme de conductance spécifique (sG_{aw}) qui est l'inverse de la résistance rapportée au volume pulmonaire et s'exprime en $\text{cmH}_2\text{O}/\text{s}$ ou kPa/s

Résistance



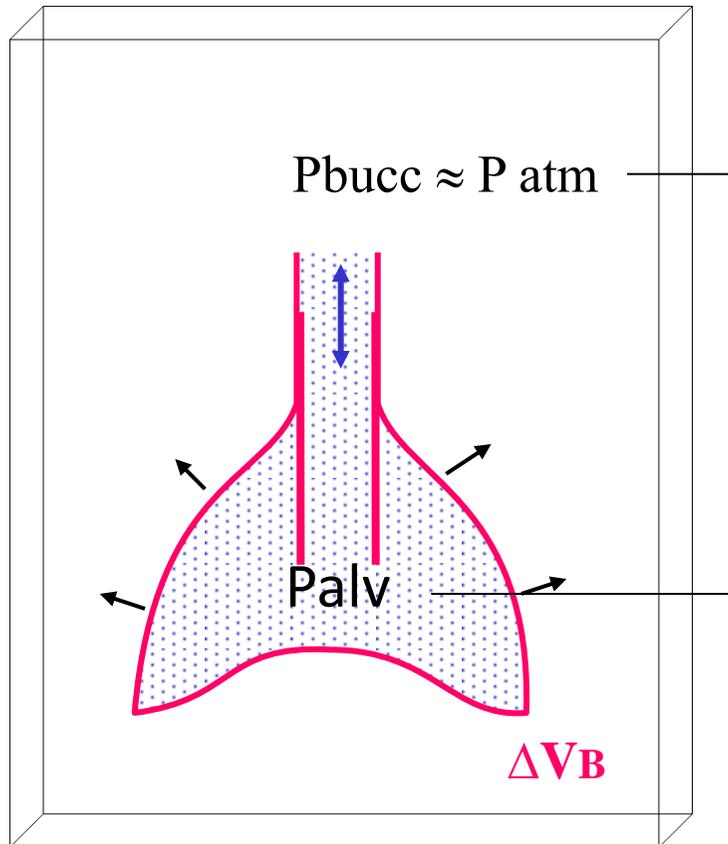
$$R = (P_1 - P_2) / \text{débit}$$

cmH₂O / (L/s) ou kPa/L/s

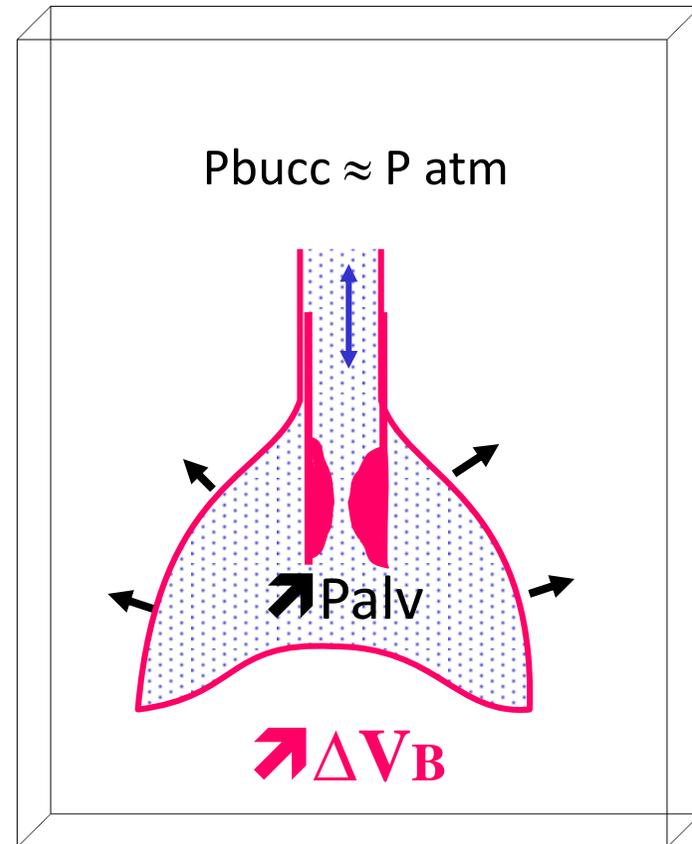
Résistances pléthysmo

$$R_{aw} = P_{alv} - P_{bucc} / \dot{V}$$

Débit identique

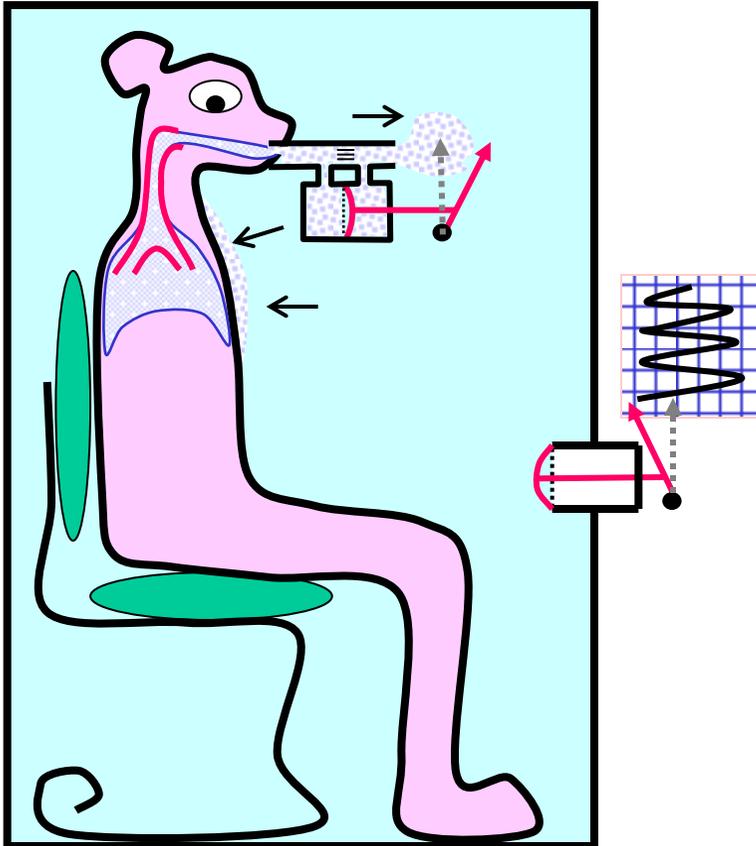


$\Delta P ?$



\blacktriangleright compression-détente

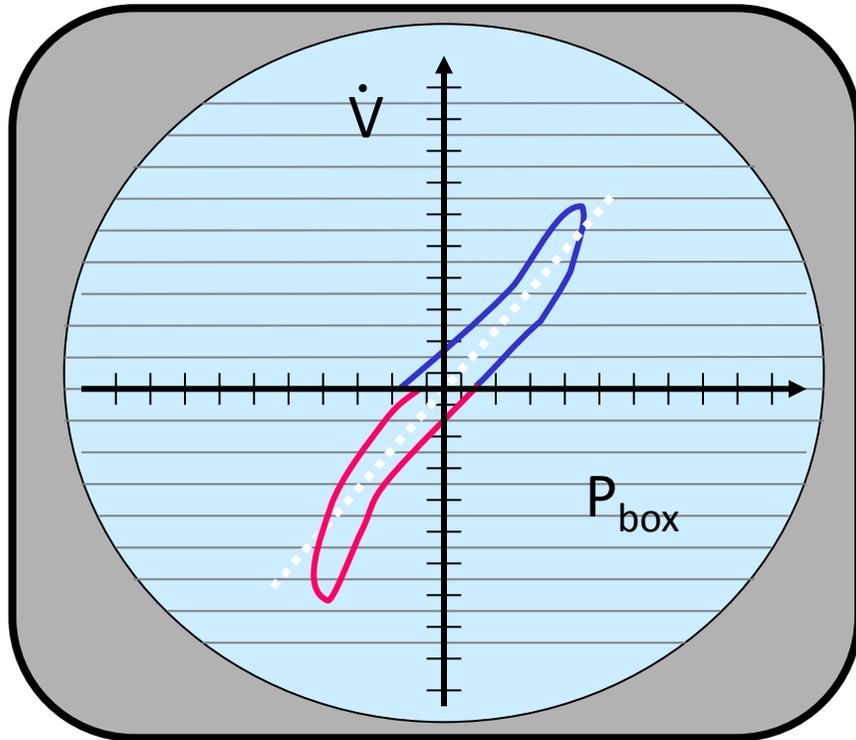
Les Résistances pléthysmographiques



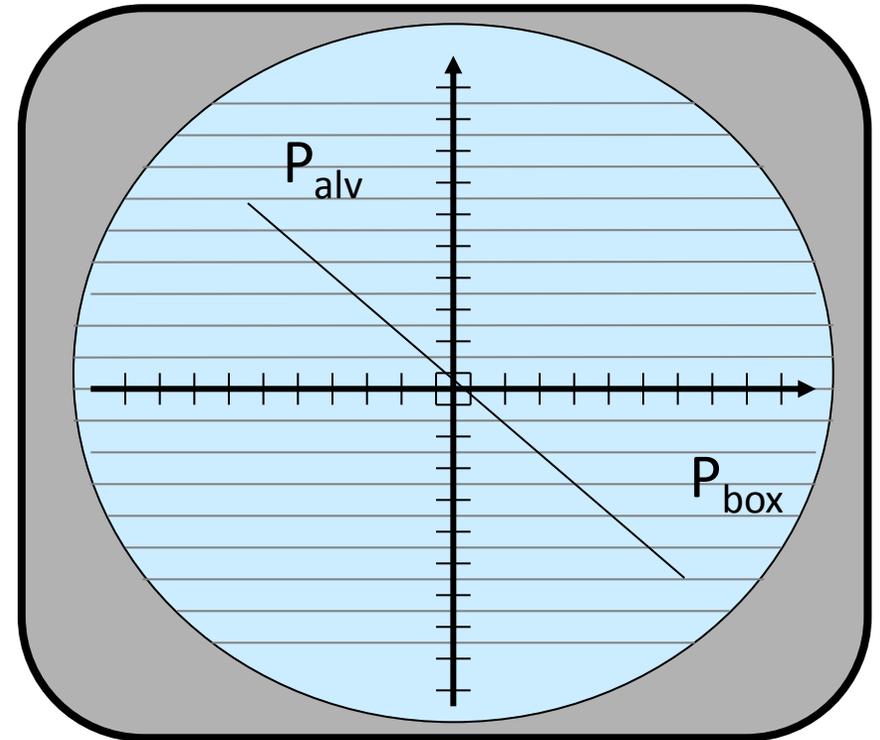
- Le Sujet respire dans le pneumotach, rapport entre la valeur de ΔP_{alv} et le débit buccal définit les résistances des voies aériennes
- $R_{aw} = \Delta P_{alv} / \text{débit buccal}$
- On mesure facilement les débits buccaux à l'aide du pneumotach mais on ne peut mesurer facilement la P_{alv} en présence d'un débit

R_{aw} : 2 phases

$$R_{aw} = \Delta P_{alv} / \dot{V} = \Delta P_{box} / \dot{V} \times \Delta p_{alv} / \Delta P_{box}$$



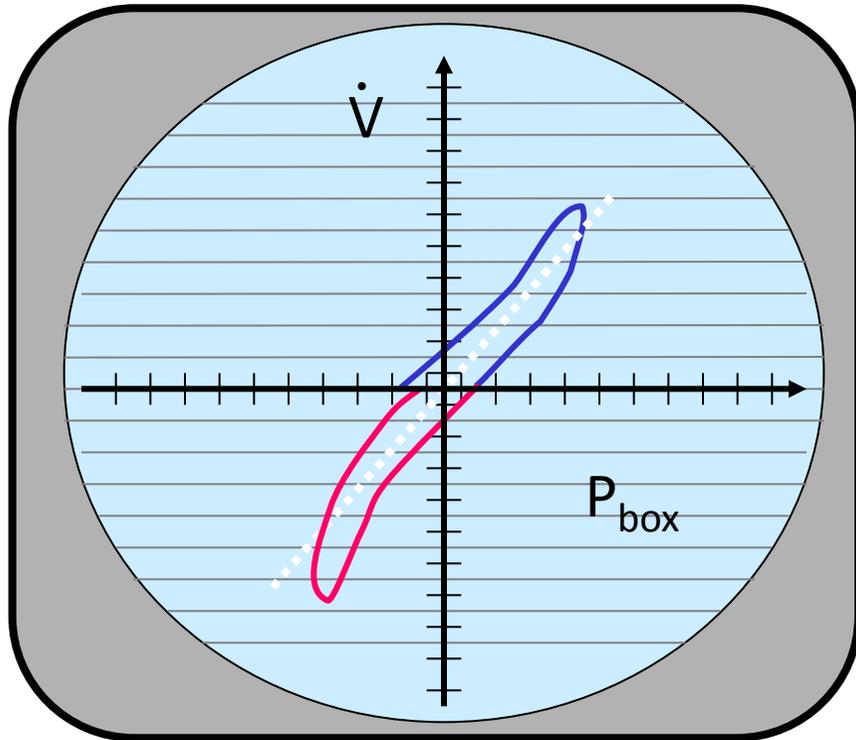
Relation Débit-Pression boîte
Respiration repos ou halètement



Étalonnage ΔP_{box} vs ΔP_{alv}
Occlusion comme
pour la mesure du VGT

R_{aw} : phase 1

$$R_{aw} = \Delta P_{box} / \dot{V} \times \Delta P_{alv} / \Delta P_{box}$$

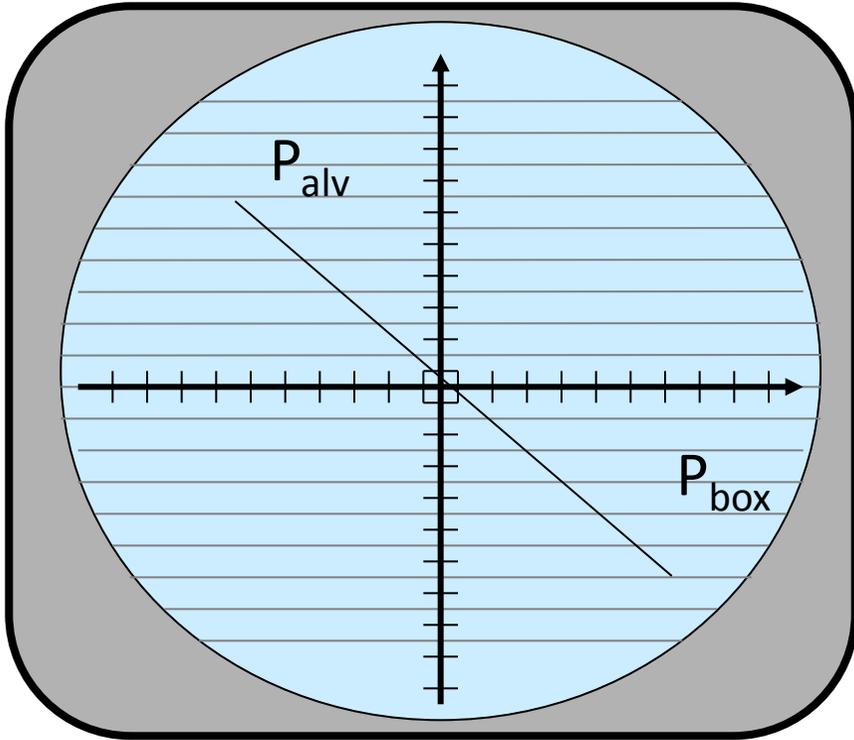


- Les variations de pression de la boîte sont relevées en fonction des variations de débits à la bouche
- Mesure de $\Delta P_{box} / \dot{V}$
- Habituellement mesuré à débit entre 0 et 0.5 L/s

Relation Débit-pression
Respiration repos ou halètement

R_{aw} : phase 2

$$R_{aw} = \Delta p_{box} / \dot{V} \times \Delta p_{alv} / \Delta P_{box}$$



Étalonnage ΔP_{box} vs ΔP_{alv}
Occlusion comme
pour la mesure du VGT

- Fermeture du clapet qui permet de corréler P_{alv} et P_{box}
- En mesurant P_{bucc} au cours d'une respiration normale (ou d'un halètement) contre le clapet
- On obtient $\Delta P_{bucc} / \Delta P_{box}$
- Avec $P_{bucc} = P_{alv}$
- La pente correspond à $\Delta P_{alv} / \Delta P_{box}$
- On peut alors multiplier les deux pentes
- $R_{aw} = \Delta P_{alv} / \text{débit buccal}$

$$sR_{aw} : R_{aw} \cdot VGT$$

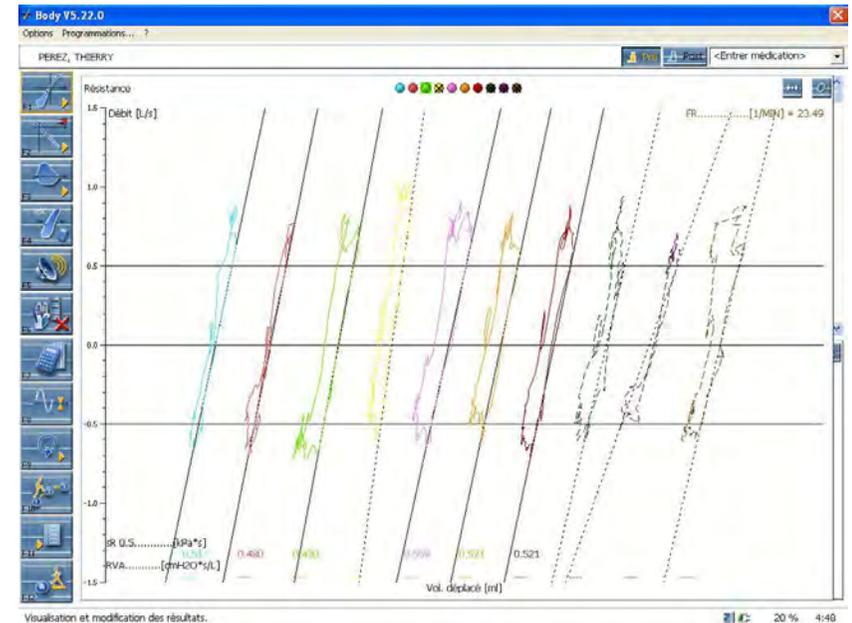
$$R_{aw} = \frac{\Delta V_{box}/\Delta V'}{\Delta V_{box}/\Delta P_{mo}} \quad (3)$$

By substituting TGV in equation (1) with the expression shown in (2), sR_{aw} can be calculated as follows:

$$sR_{aw} = \frac{\Delta V_{box}/\Delta V'}{\Delta V_{box}/\Delta P_{mo}} \cdot \underbrace{\Delta V_{box}/\Delta P_{mo} \times (P_{amb} - P_{H_2O})}_{= VGT} \quad (4)$$

giving:

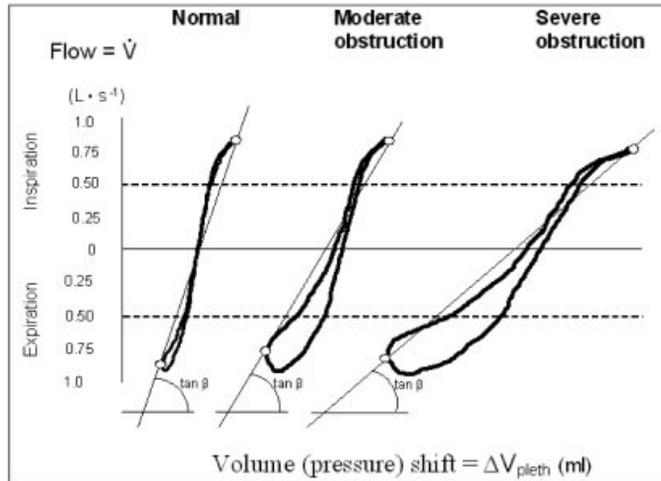
$$sR_{aw} = \Delta V_{box}/\Delta V' \times (P_{amb} - P_{H_2O}) \quad (5)$$



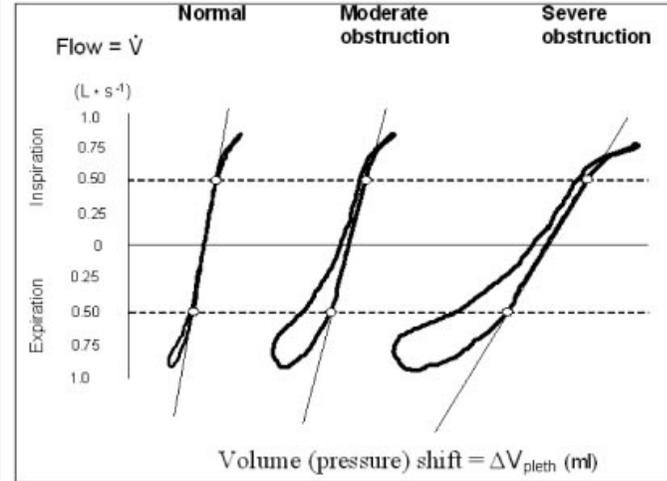
Utilisé en pédiatrie : pas d'occlusion

Raw : différentes méthodes de calcul

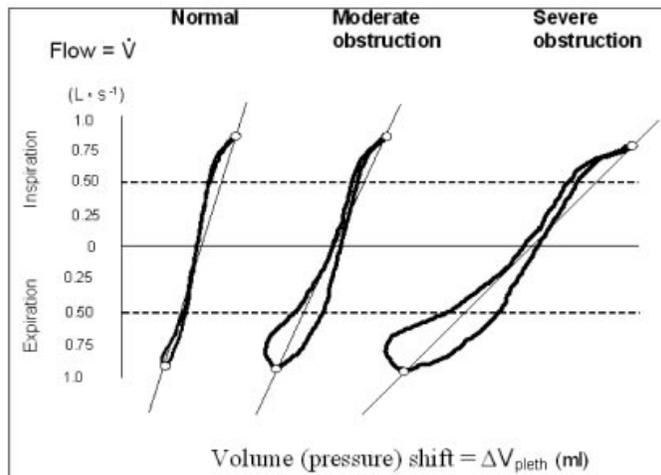
sRawTOT



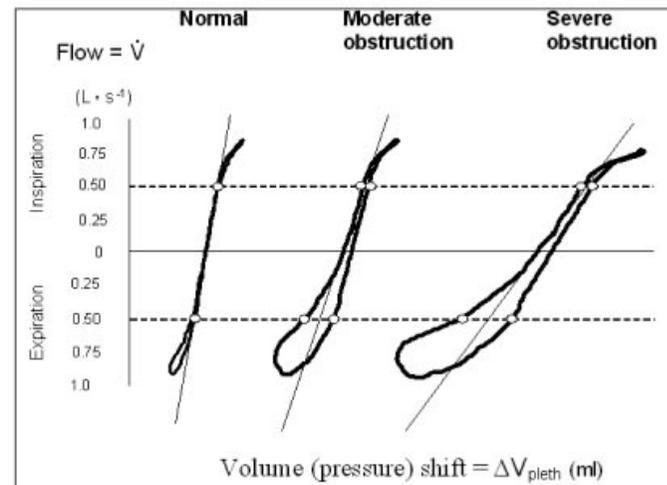
sRaw0.5



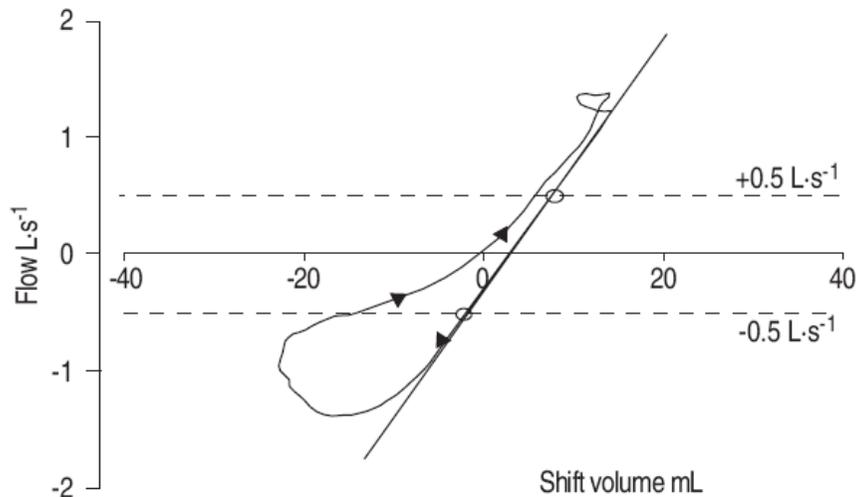
sRaw \dot{V}_{max}



sRawmid

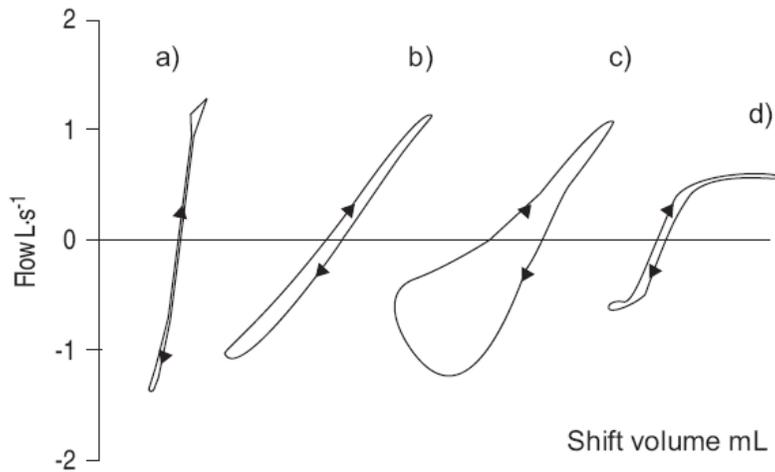


Raw à 0,5 L/s sont préférables



- Courbe de résistance spécifique sRaw chez un patient présentant un TVO
- Pente utilisée pour le calcul des Résistances spécifiques à 0,5 L/s
- ΔP_{alv} augmente linéairement avec le débit lorsque celui-ci est faible mais avec les débits élevés on obtient des courbes paraboliques
- Par contre la relation $\Delta P_{alv} - \dot{V}$ est linéaire autour des débits faibles (jusqu'à 0,5 L/s)

Les Résistances pléthysmographiques



- Représentation de la courbe de résistance
 - a) Sujet normal
 - b) Augmentation des R des VA proximales (aucune atteinte distale)
 - c) TVO (inhomogénéité de ventilation distale)
 - d) Sténose fixée ou fonctionnelles des VAS (limitation des débits expi et inspi plus marquée lorsque le débit augmente)

sGaw ou Raw ?

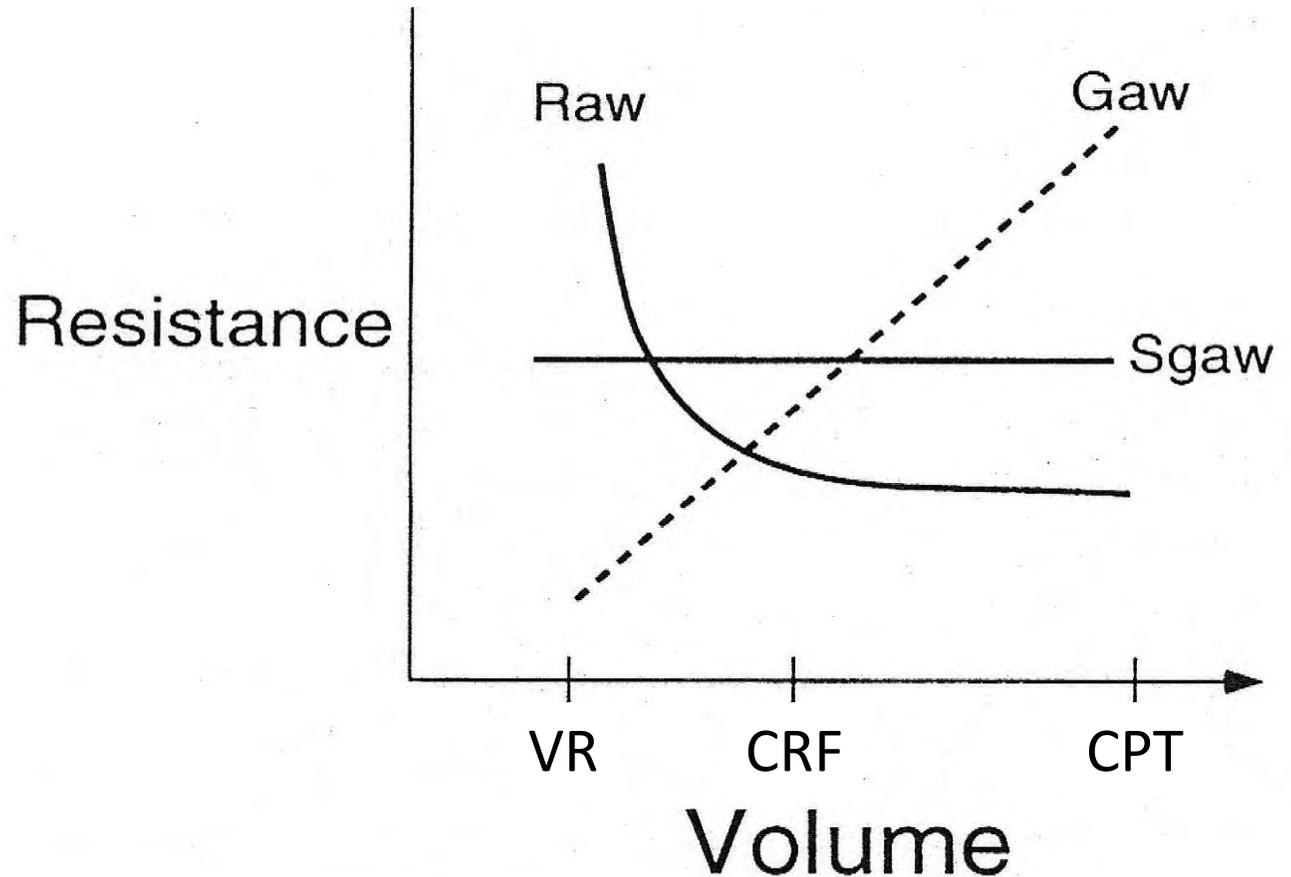
$$R_{aw}$$

$$sR_{aw} = R_{aw} \cdot V_{pleth}$$

$$G_{aw} = 1/R_{aw}$$

$$sG_{aw} = G_{aw}/V_{pleth}$$

sG_{aw}: le plus adapté
si volumes très anormaux



PLETHYSMOGRAPHIE

PLETHYSMOGRAPHIE CORPORELLE TOTALE :

- Intérêt -



Intérêt de la pléthysmographie

- Méthode de référence pour le calcul des volumes pulmonaires
- A utiliser en première intention sauf CI
 - Non mobilisable
 - Claustrophobie
 - IR sévère
- Dilution: risque de sous estimation chez l'obstructif (piégeage fonctionnel)
 - Ex: bulle d'emphysème

Intérêt de la pléthysmographie

- Vs dilution Hélium
 - Sous estimation ?
 - Coût
 - Pertinence clinique de la distension
- Résistances
 - Mécanique de repos, plus « physiologique » que VEMS
 - sGaw
 - Pas de concordance avec le VEMS

PLETHYSMOGRAPHIE

PLETHYSMOGRAPHIE CORPORELLE TOTALE :

Calibration



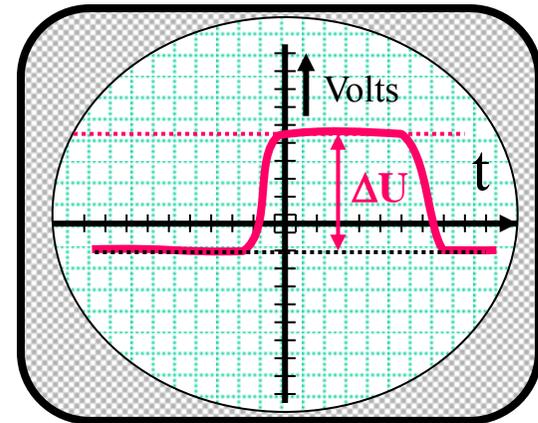
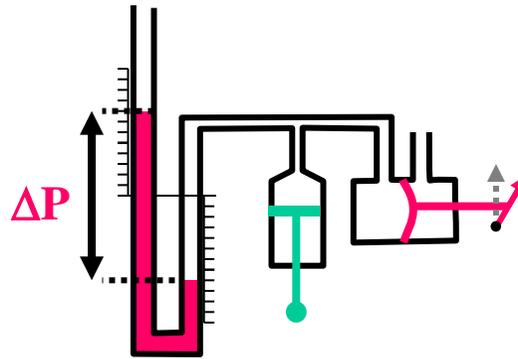
Etalonnages

- Calibration **quotidienne**
 - Boîte
 - Débits (Pneumotachographe)
 - débit constant
 - Constante de fuite
- Calibration biologique
 - Idéalement hebdomadaire, 2 sujets
- 3 débits
- Simulateur de CRF annuel (maintenance)
- Résistance étalon
- **Indispensable pour obtenir des mesures valides et reproductibles**

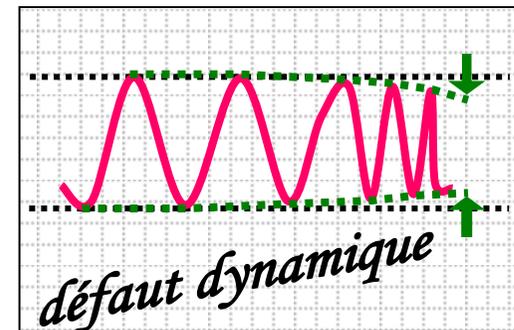
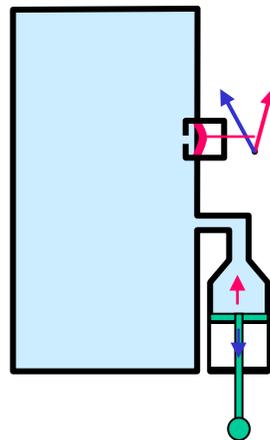
Étalonnages

- Les capteurs de pression (P_{buc} , P_{boite} , P_{ptg}),

- Étalonnage statique



- Vérification dynamique



Simulateur de VGT



Une fois par an

+ calibration biologique hebdomadaire (idéalement 2 sujets)

PLETHYSMOGRAPHIE

PLETHYSMOGRAPHIE CORPORELLE TOTALE :

-Critères de Qualité

-Validité – Reproductibilité-

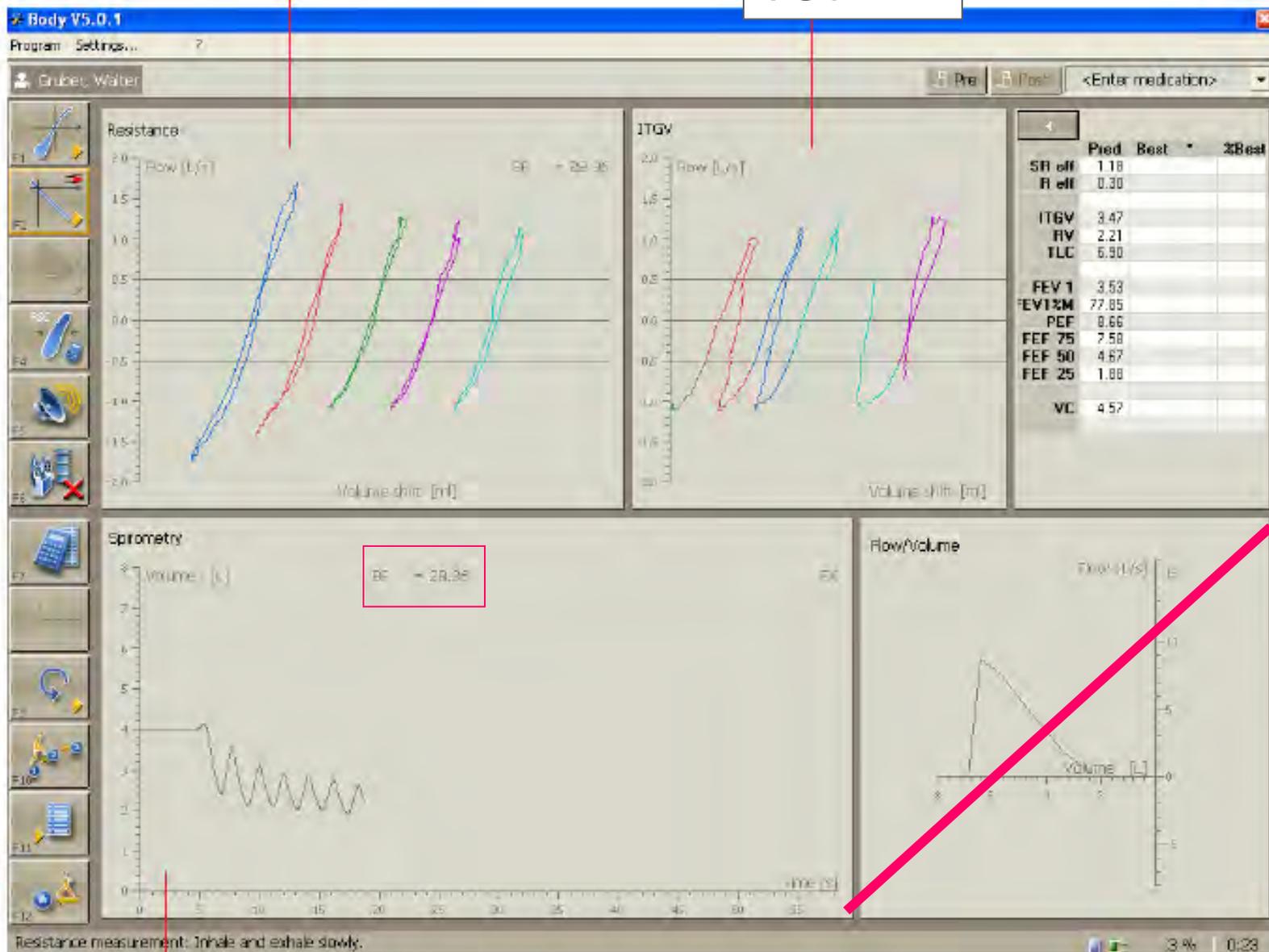


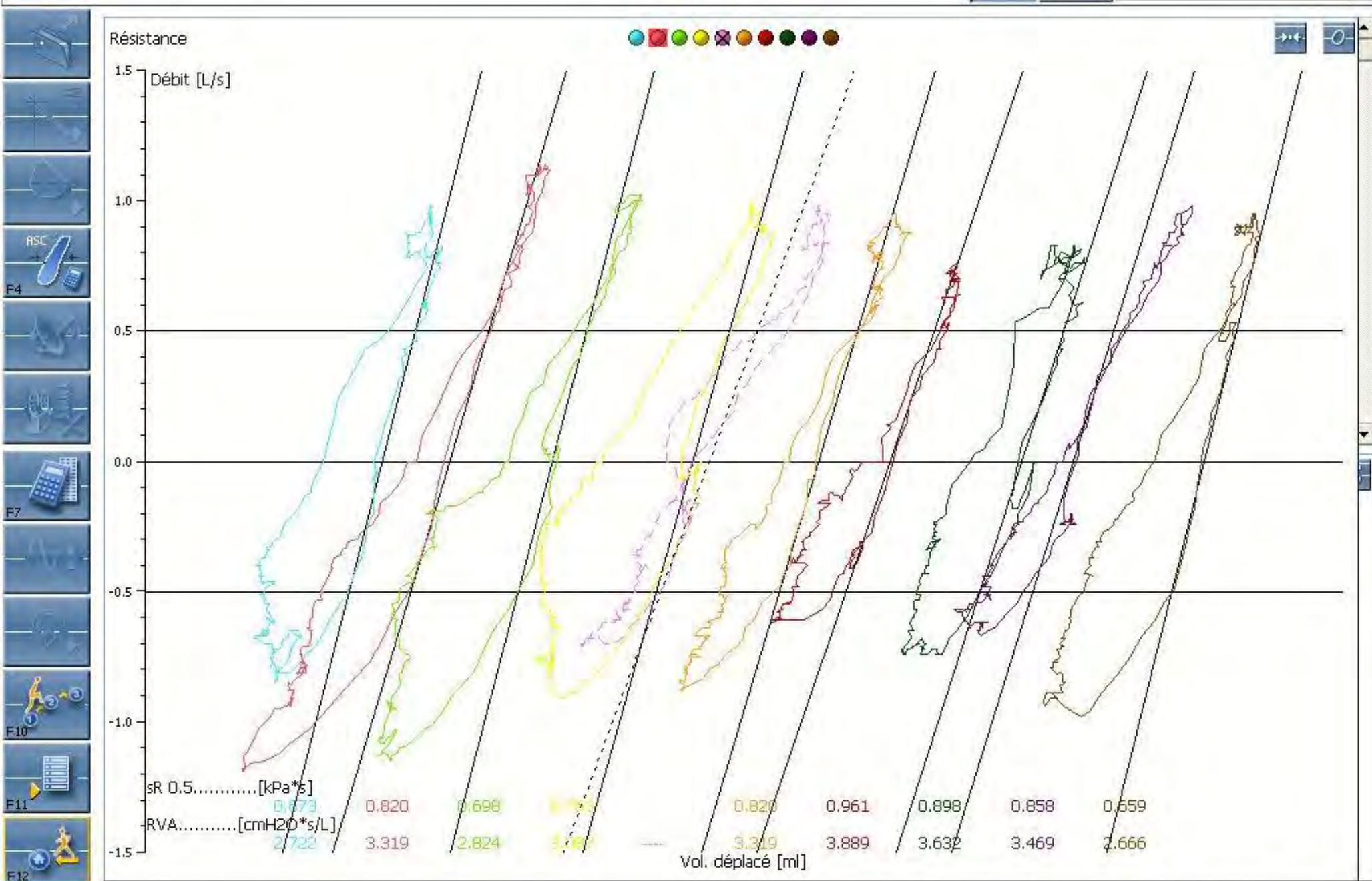
Avant l'examen

- Toujours peser et mesurer le patient
 - Volume patient intégré dans les calculs
 - Jaeger : limité à 150 kg (sécurité)
- Régler correctement la hauteur de la tête de mesure = dos droit
- Explication simple de l'examen = obturer manuellement le clapet si besoin

Resistance

Fenêtre VGT

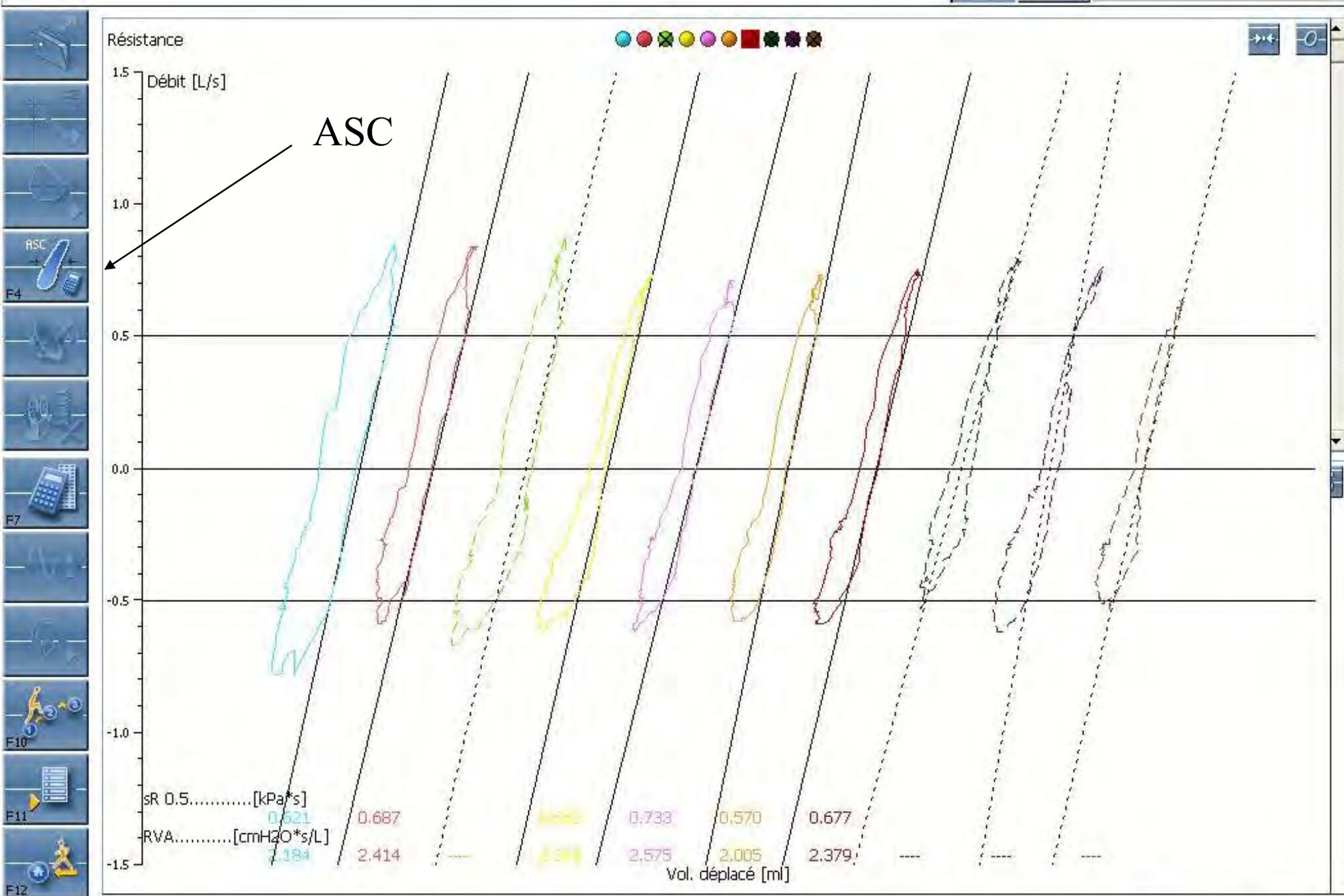




Correction des courbes : ASC

(Automatischer Schleifen Computer)

- A posteriori
 - Fonction F4
- Attention à la surcompensation !!!
- Médisoft: aucune compensation
 - halètement impératif !!

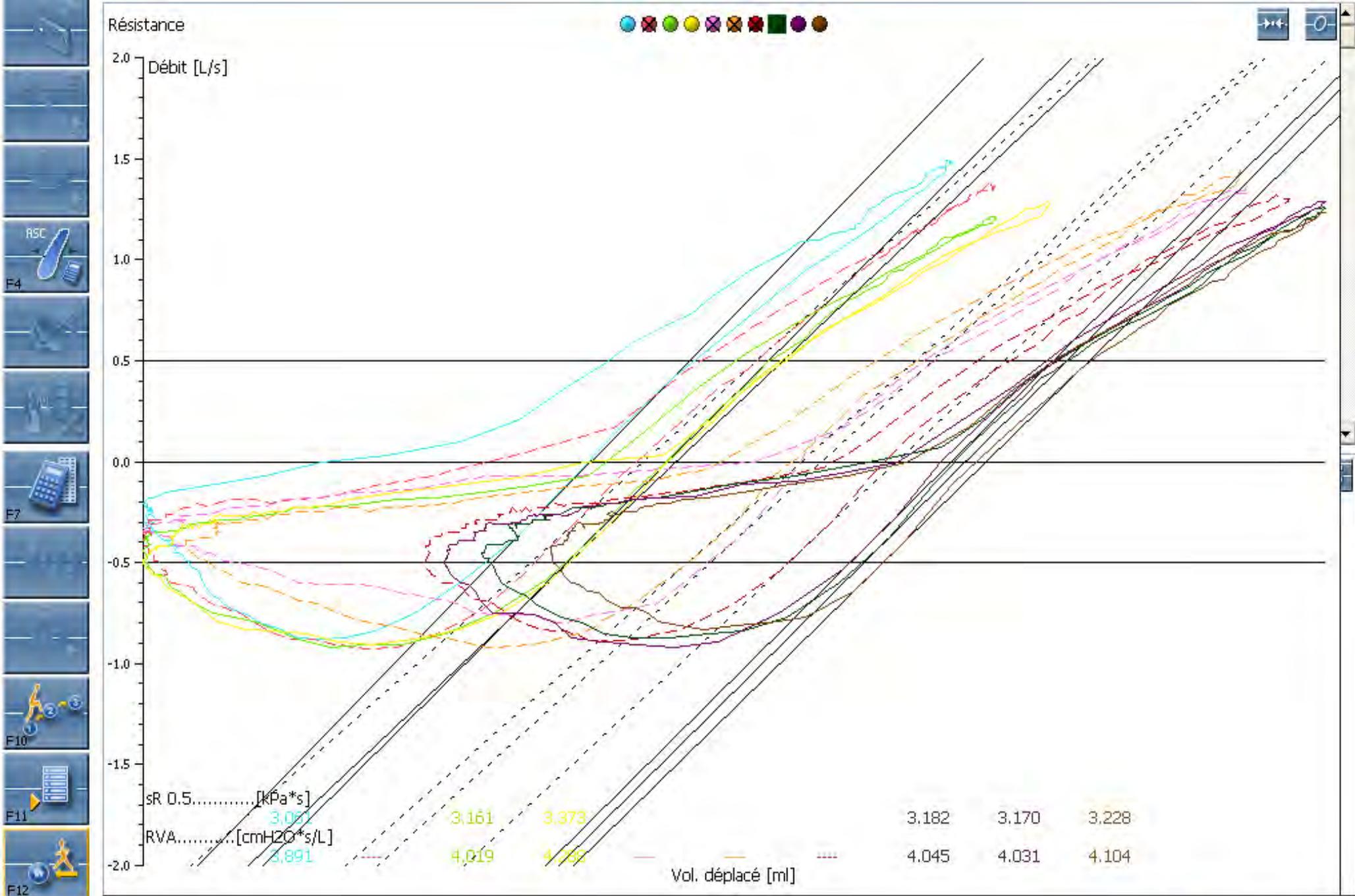


Mesure des résistances : 2 techniques

- Mesures en halètement (pas de compensation)
 - Minimise les résistances glottiques
 - La fréquence optimale est d'environ 120/min
 - Optimiser cette fréquence en observant l'aspect des boucles qui doivent être le plus aplaties possible dans leur partie centrale ($\pm 0,5$ L/s)
 - Risque de distension dynamique ++++
- Mesure en ventilation courante
 - N'utiliser la compensation que dans cette technique (se référer à la notice du constructeur).

Mesure des résistances : respiration calme (avec compensation)

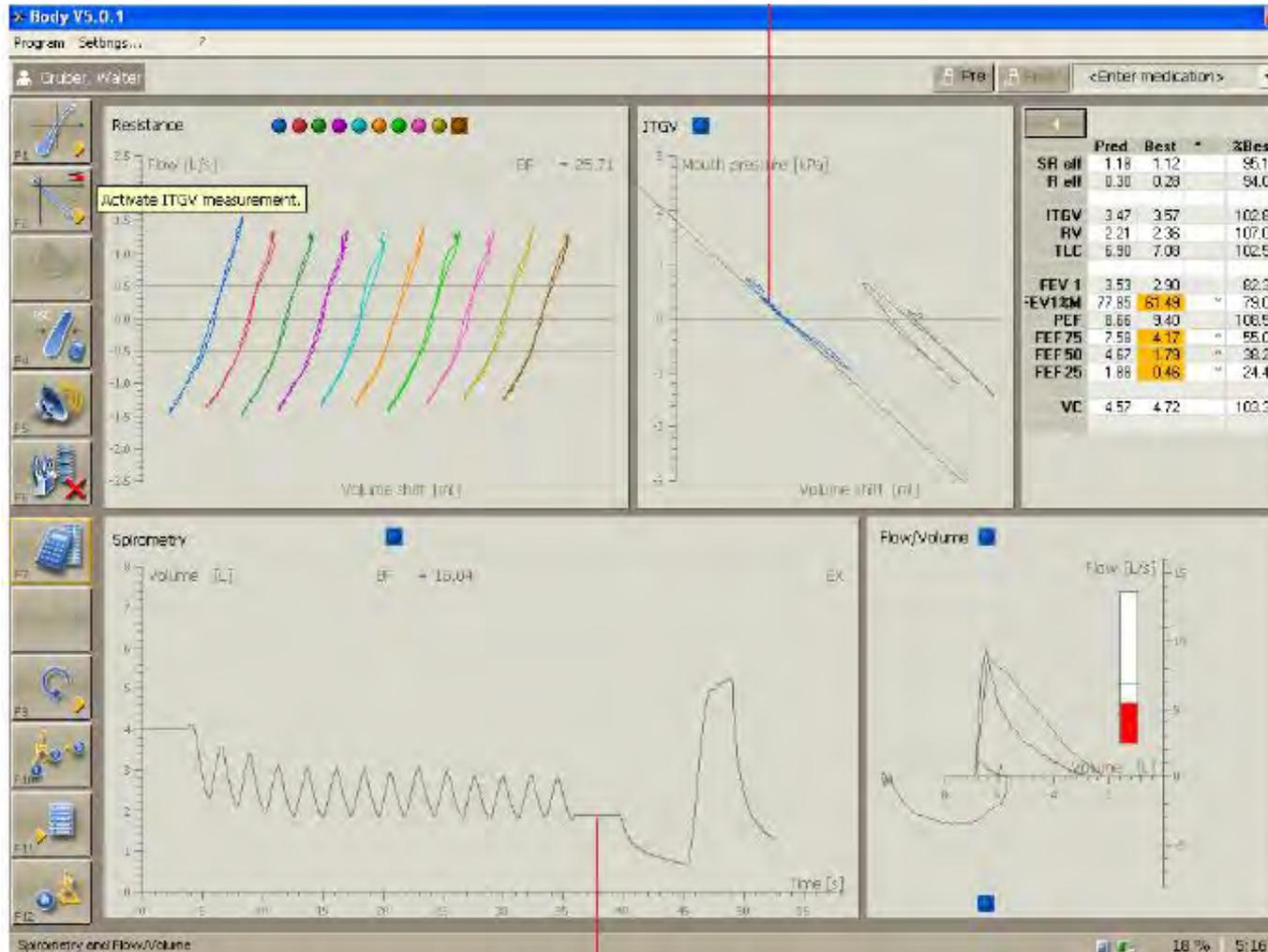
- Attendre stabilisation cabine
- Fréquence légèrement supérieure à FR spontanée (\cong 20-25 cycles)
- Faire varier la compensation pour recalculer les angles
- Ne pas hésiter à supprimer les courbes de mauvaise qualité
- 4-5 courbes reproductibles



Mesure du VGT (CRF)

- Attendre un VT stable de 3 ou 4 cycles avant l'obturation
- Faire attention que le patient inspire et expire plusieurs fois pendant l'obturation bouche bien fermée
- Bien vérifier la position des marqueurs après acquisition (calage CRF, VR, CPT)

Mesure du VGT



Occlusion



Mesure du VGT (CRF)

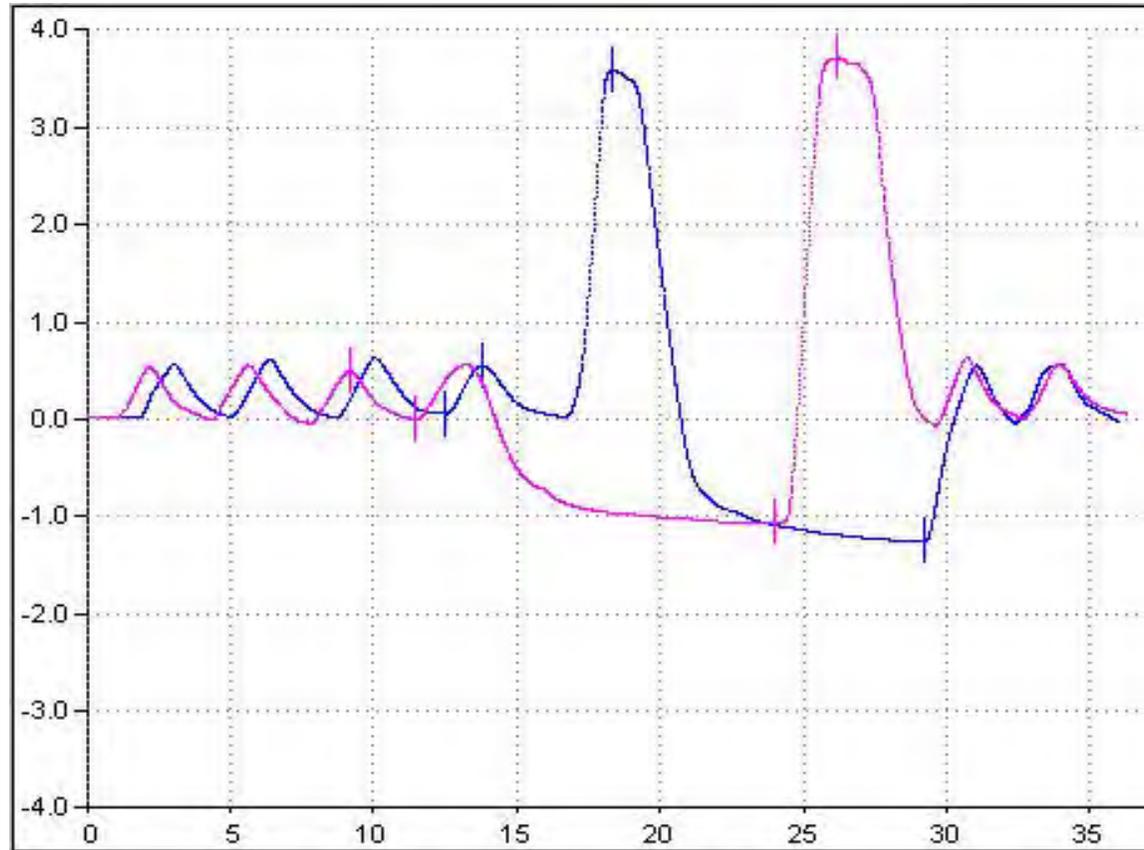
- 3 CRF minimum (plus chez l'enfant, petites variations P par rapport au volume de la cabine)
- **Vérification manuelle systématique des pentes**
- Reproductibilité < 5 % sur la CRF
 - Critère « difficile »
- Toujours faire une CVL en inspi et une autre en expi
- Ne rien rendre plutôt que de rendre un résultat ininterprétable
!!
 - Autres techniques disponibles: hélium, azote

Capacité Vitale lente

- Suit la mesure de CRF (quelques cycles post occlusion tolérables)
- Réalisation:
 - Inspiratoire (recommandé)
 - Expiratoire
 - En 2 temps
- Effectuer au moins 3 mesures reproductibles
 - Ecart < 150 ml entre les 2 meilleures (ATS-ERS)
 - Ecart < 10 % entre les 3 meilleures mesures

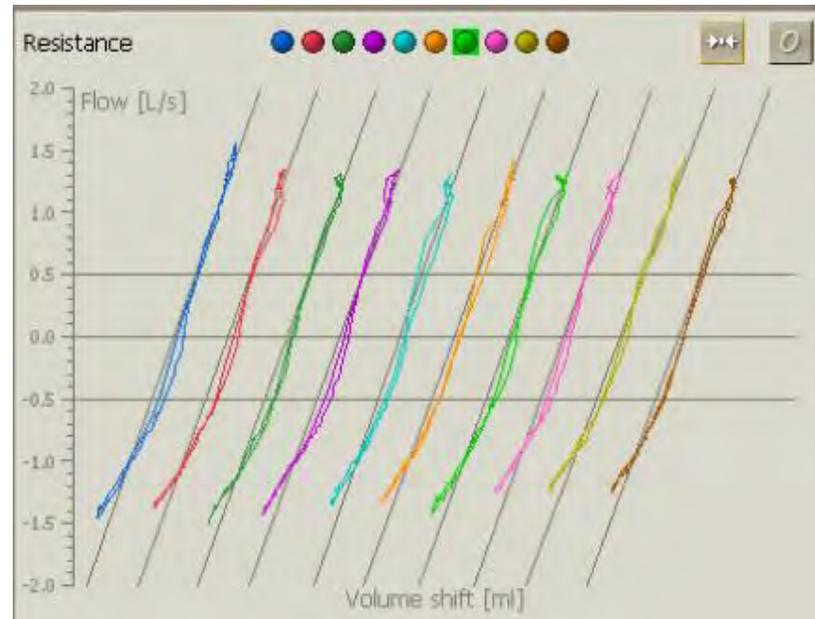
Capacité Vitale lente

Inspi et expi

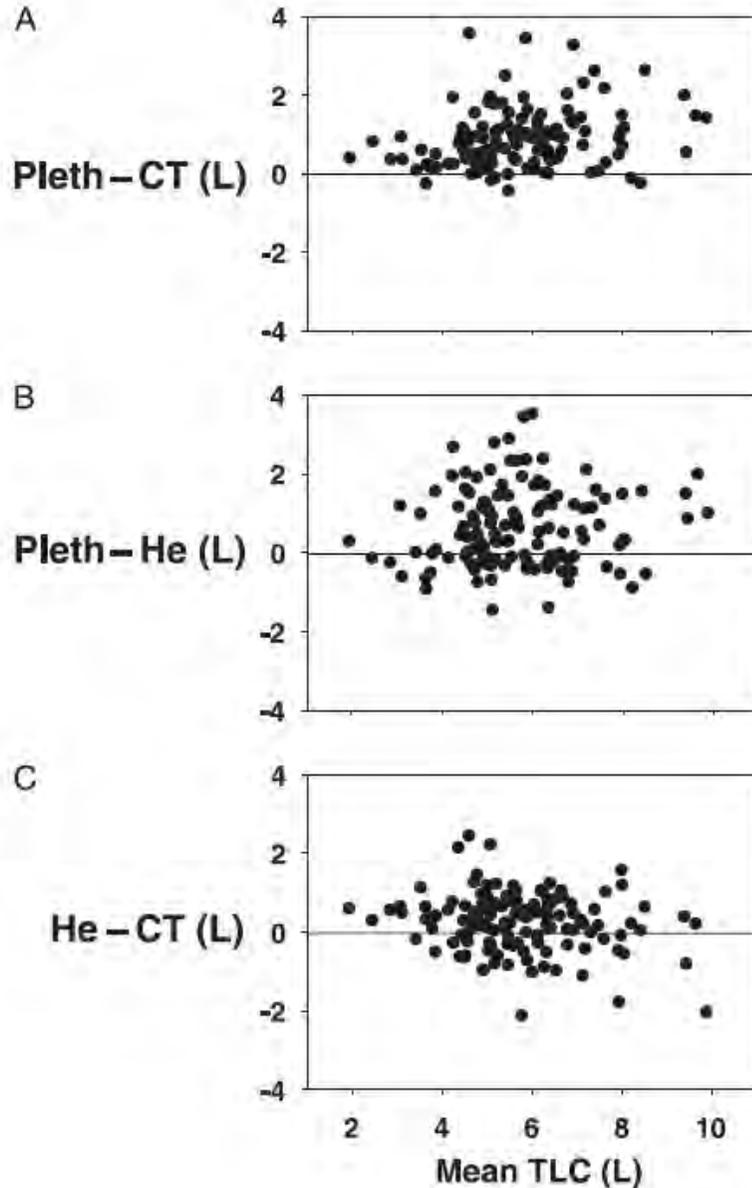


Choix des courbes

- Automatique:
 - CRF et RVA le plus proche de la moyenne des courbes sélectionnées
 - CVL : la meilleure
- Manuel
 - Toujours possible !



Volumes plethysmo vs TDM vs Hélium



Surestimation par plethysmo ?

O'Donnell C, Chest 2010

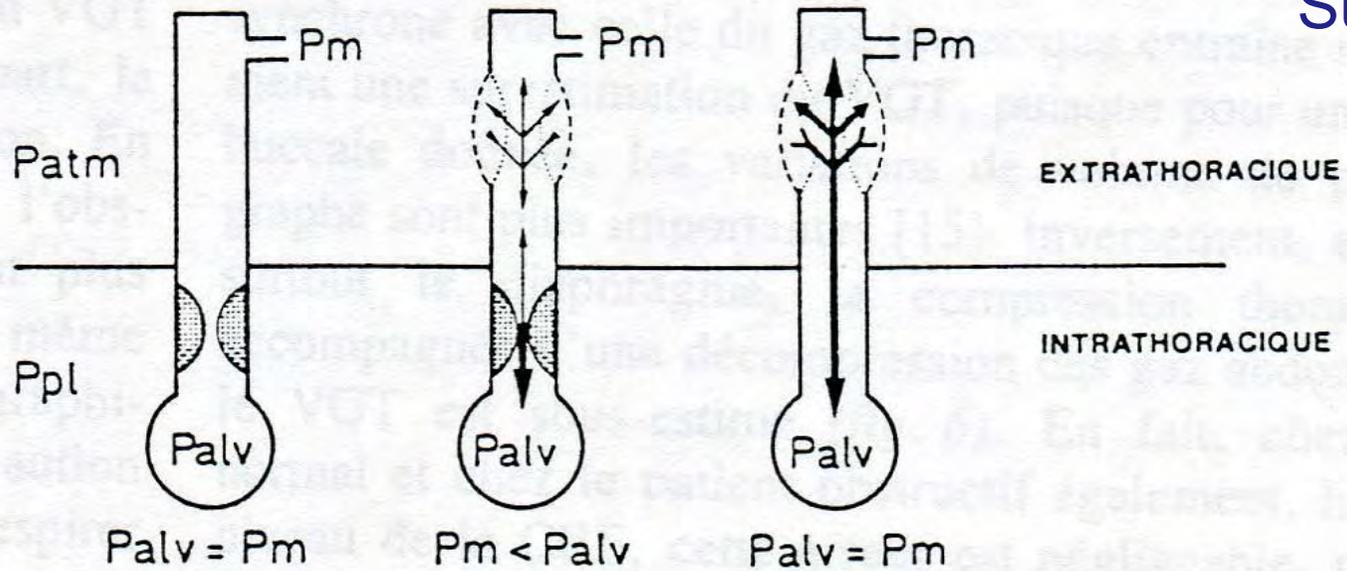
Pléthysmo: mécanismes de surestimation des volumes

Le modèle (implicite)

de DuBois et coll.

Situation réelle

Avec obstruction Sans obstruction
des voies aériennes



$$VGT = P_{alv} \cdot \frac{\Delta VGT}{\Delta P_{alv}}$$

Surestimation VGT

PLETHYSMOGRAPHIE

PLETHYSMOGRAPHIE CORPORELLE TOTALE :

- Interprétation -



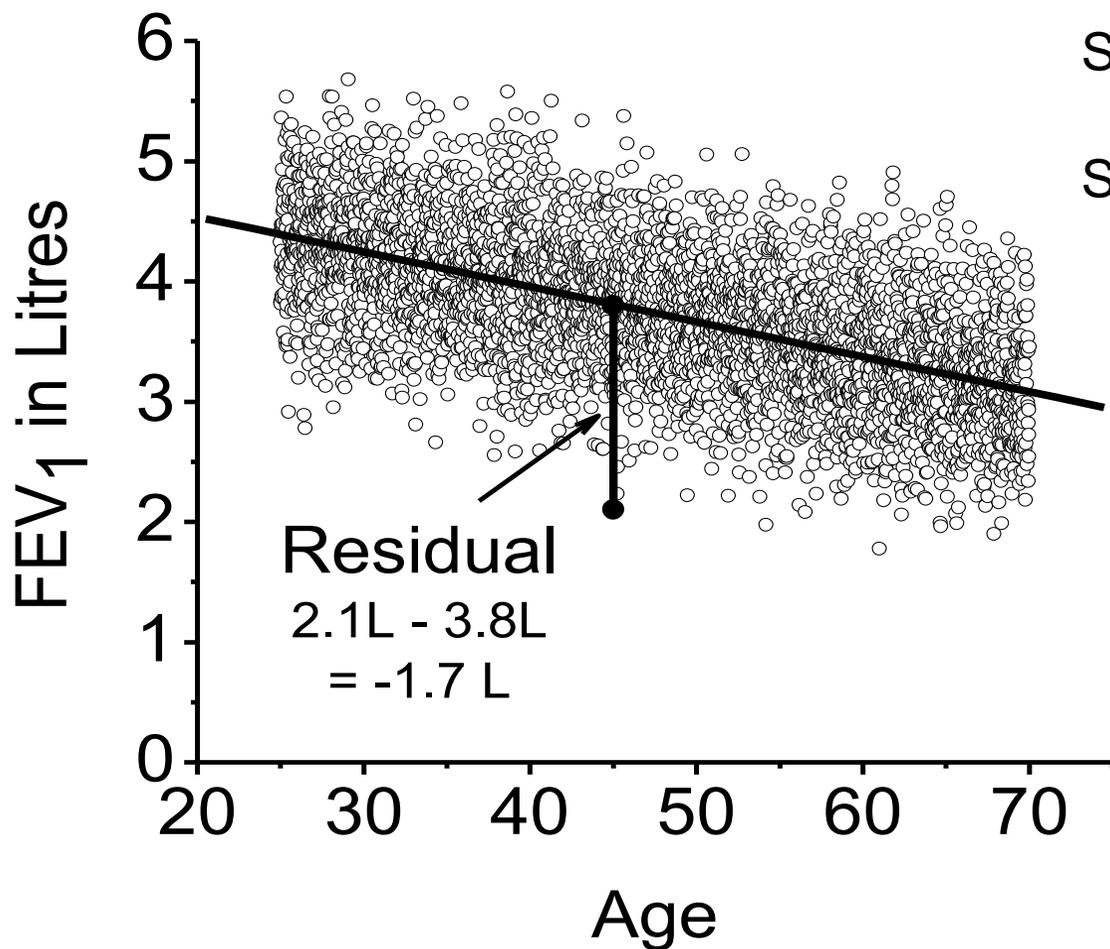


Valeurs de référence

Standardised Residual = SR

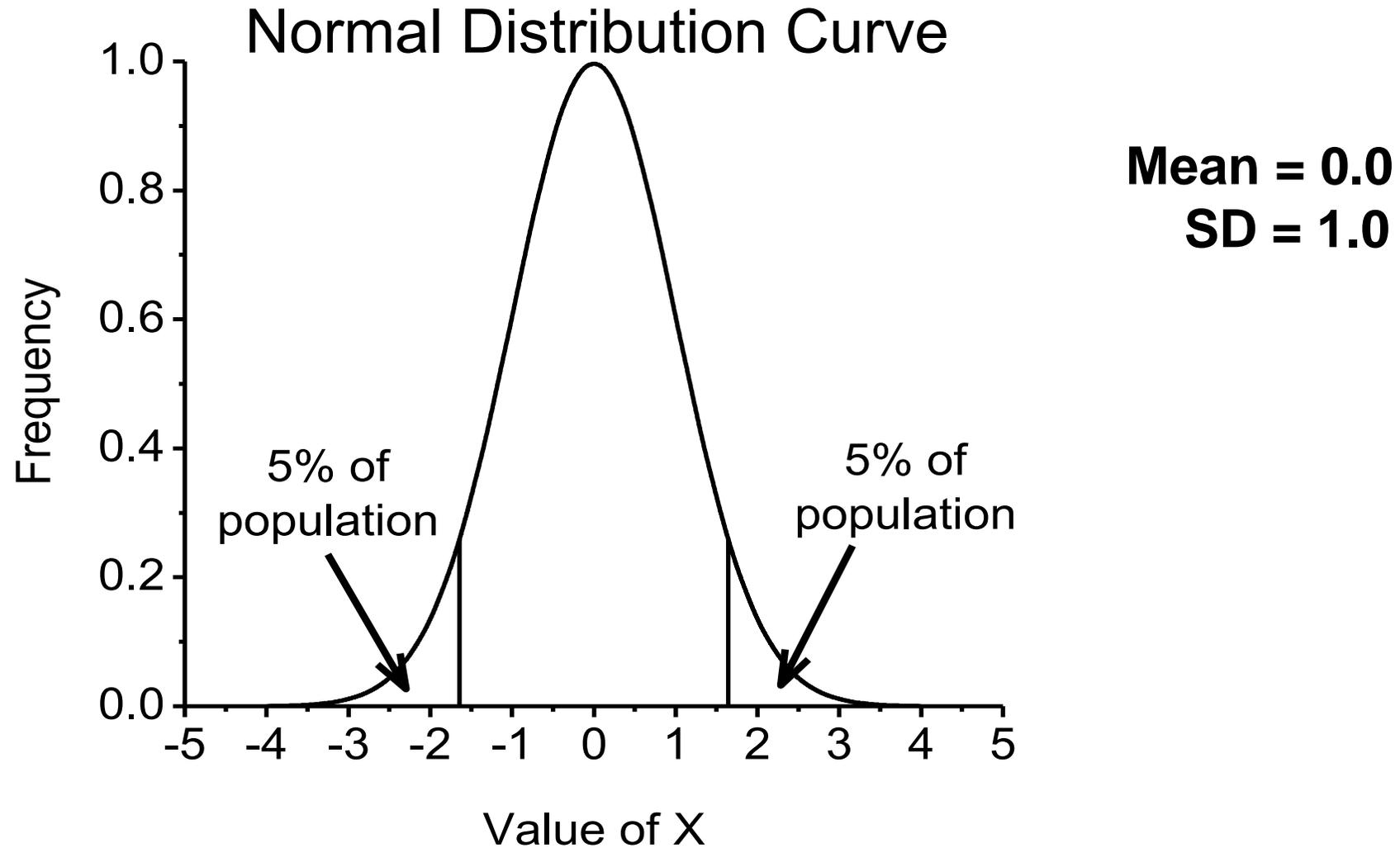
$$SR = (\text{observed} - \text{predicted}) / \text{RSD}$$

$$SR = -1.7 / 0.51 = -3.3$$



RSD = residual standard deviation

Numerical Data



Reference Range

Ecart des valeurs de référence = prédite \pm 1.645*RSD

inclut 90% des sujets normaux

(90% confidence limits)

5% de la population normale en dessous de la limite inf. de la normale (LIN)

5% de la population normale au dessus de la limite sup. (LSN)

$$\text{LSN} = \text{Moyenne} + 1.645 * \text{RSD}$$

$$\text{LIN} = \text{Moyenne} - 1.645 * \text{RSD}$$

LIN aboutit à 5% de 'faux positifs' dans une population normale

Théoriques ERS 1993: 1.64 RSD

Paramètre	Unité	Equation de régression	ETR	1,64 RSD					
Hommes					Femmes				
CVI	<i>l</i>	6,10H - 0,028A - 4,65	0,56	0,92	CVI	<i>l</i>	4,66H - 0,026A - 3,28	0,42	0,69
CVF	<i>l</i>	5,76H - 0,026A - 4,34	0,61	1,00	CVF	<i>l</i>	4,43H - 0,026A - 2,89	0,43	0,71
CPT	<i>l</i>	7,99H - 7,08	0,70	1,15	CPT	<i>l</i>	6,60H - 5,79	0,60	0,99
VR	<i>l</i>	1,31H + 0,022A - 1,23	0,41	0,67	VR	<i>l</i>	1,81H + 0,016A - 2,00	0,35	0,58
CRF	<i>l</i>	2,34H + 0,009A - 1,09	0,6	0,99	CRF	<i>l</i>	2,24H + 0,001A - 1,00	0,50	0,82
VR/CPT	%	0,39A + 13,96	5,46	9,0	VR/CPT	%	0,34A + 18,96	5,83	9,6
CRF/CPT	%	0,21A + 43,8	6,74	11,1	CRF/CPT	%	0,16A + 45,1	5,93	9,8
VEMS	<i>l</i>	4,30H - 0,029A - 2,49	0,51	0,84	VEMS	<i>l</i>	3,95H - 0,025A - 2,60	0,38	0,62
VEMS/CV	%	- 0,18A + 87,21	7,17	11,8	VEMS/CV	%	- 0,19A + 89,10	6,51	10,7
DEM ₂₅₋₇₅ %	<i>l.s</i> ⁻¹	1,94H - 0,043A + 2,70	1,04	1,71	DEM ₂₅₋₇₅ %	<i>l.s</i> ⁻¹	1,25H - 0,034A + 2,92	0,85	1,40
DEP	<i>l.s</i> ⁻¹	6,14H - 0,043A + 0,15	1,21	1,99	DEP	<i>l.s</i> ⁻¹	5,50H - 0,030A - 1,11	0,90	1,48
DEM ₇₅	<i>l.s</i> ⁻¹	5,46H - 0,029A - 0,47	1,71	2,81	DEM ₇₅	<i>l.s</i> ⁻¹	3,22H - 0,025A + 1,60	1,35	2,22
DEM ₅₀	<i>l.s</i> ⁻¹	3,79H - 0,031A - 0,35	1,32	2,17	DEM ₅₀	<i>l.s</i> ⁻¹	2,45H - 0,025A + 1,16	1,10	1,81
DEM ₂₅	<i>l.s</i> ⁻¹	2,61H - 0,026A - 1,34	0,78	1,28	DEM ₂₅	<i>l.s</i> ⁻¹	1,05H - 0,025A + 1,11	0,69	1,13

Restriction

- Définie par une baisse de la **CPT**
 - < 80 % : non !
 - < LIN ou 5^{ème} percentile
 - Homme: théo-1.15 L
 - Femme: théo-0.99 L
- Peut débuter par une baisse du VR et de la CRF avec une CV relativement conservée
- Inversement chez le neuromusculaire, la CRF est souvent plus préservée que la CV (hypotonie des muscles abdominaux)
 - CV: paramètre essentiel de suivi

Définition du Trouble ventilatoire obstructif (TVO)

Recos ATS ERS 2005

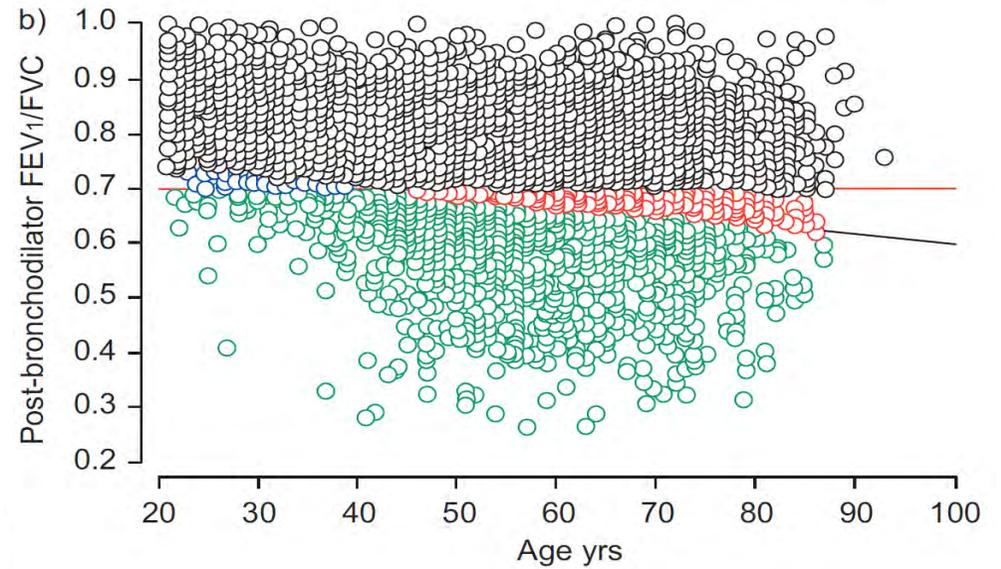
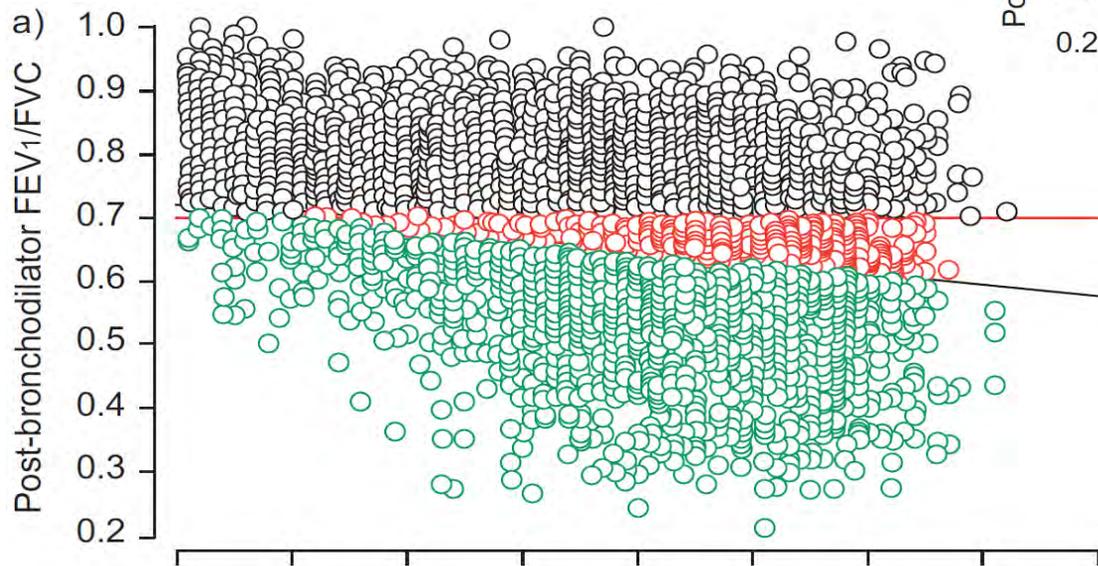
Diagnostic des différents types d'anomalies fonctionnelles respiratoires.

Anomalie

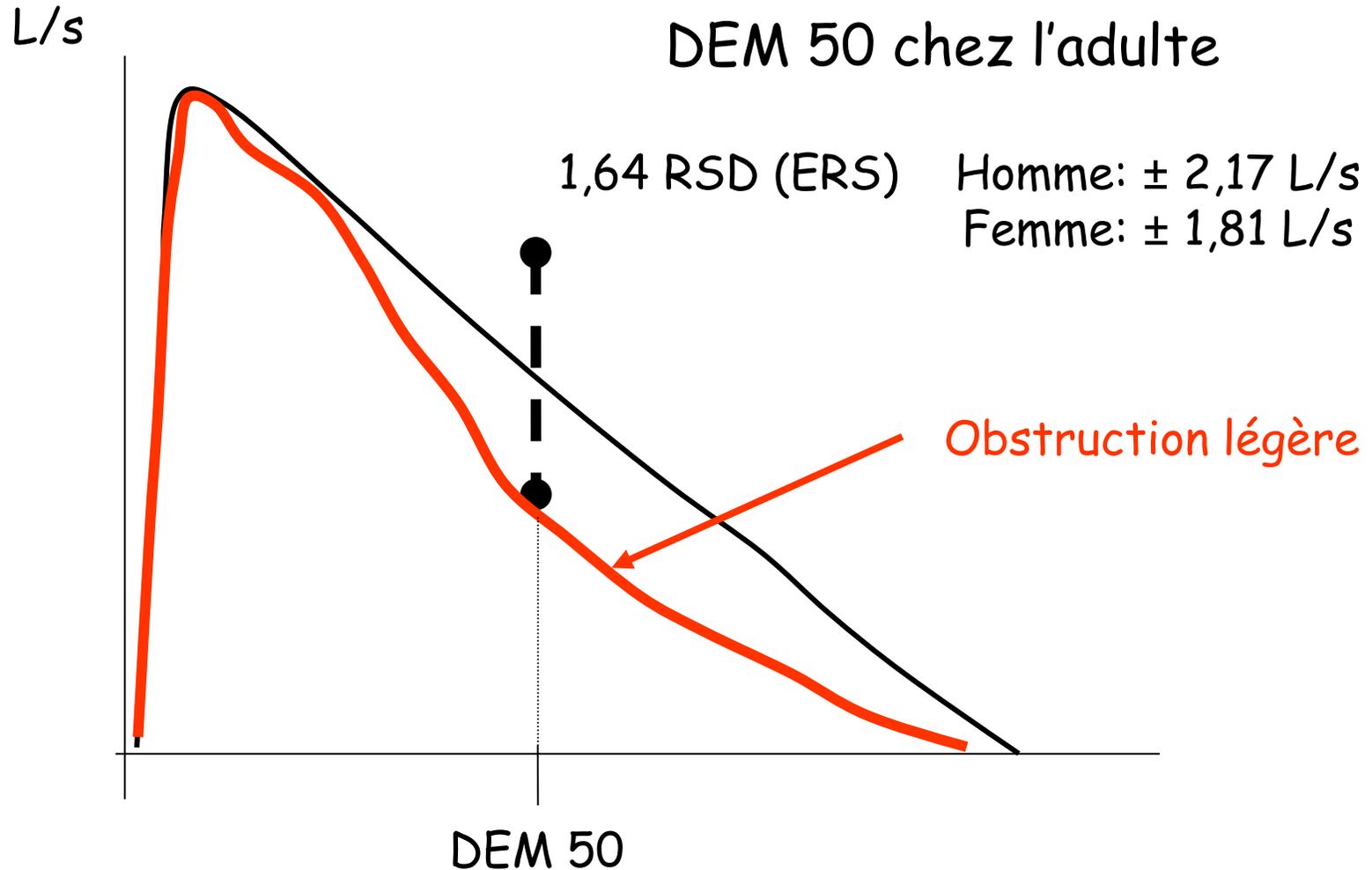
Diagnostic

Syndrome obstructif	Rapport VEMS/CV < 5 ^e percentile de la valeur prédite. Si le volume pulmonaire est faible, une diminution du débit n'est pas pathognomonique d'une pathologie des voies aériennes de petit calibre chez un patient donné. Une diminution concomitante du VEMS et de la CV provient la plupart du temps d'un effort sub-optimal et n'est que rarement la résultante d'une obstruction des voies aériennes. La confirmation d'une obstruction peut être apportée par la mesure du volume pulmonaire. La mesure des volumes pulmonaires absolus peut aider à diagnostiquer un emphysème, un asthme bronchique ou une bronchite chronique. Elle peut aussi être utile pour évaluer la distension pulmonaire. Les mesures de la résistance à l'écoulement de l'air peuvent s'avérer utiles chez les patients qui ne peuvent réaliser les manœuvres de spirométrie.
Syndrome restrictif	CPT < 5 ^e percentile de la valeur prédite. Une CV réduite n'apporte pas la preuve de l'existence d'un syndrome restrictif. Elle peut cependant suggérer une atteinte restrictive si le rapport VEMS/CV est normal ou augmenté. Une CPT basse mesurée par un test en apnée ne doit pas être considérée comme la preuve d'un syndrome restrictif.

Seuils d'obstruction



TVO distal : DEM 50 et 25/75



Réversibilité

Réversibilité: Intérêt

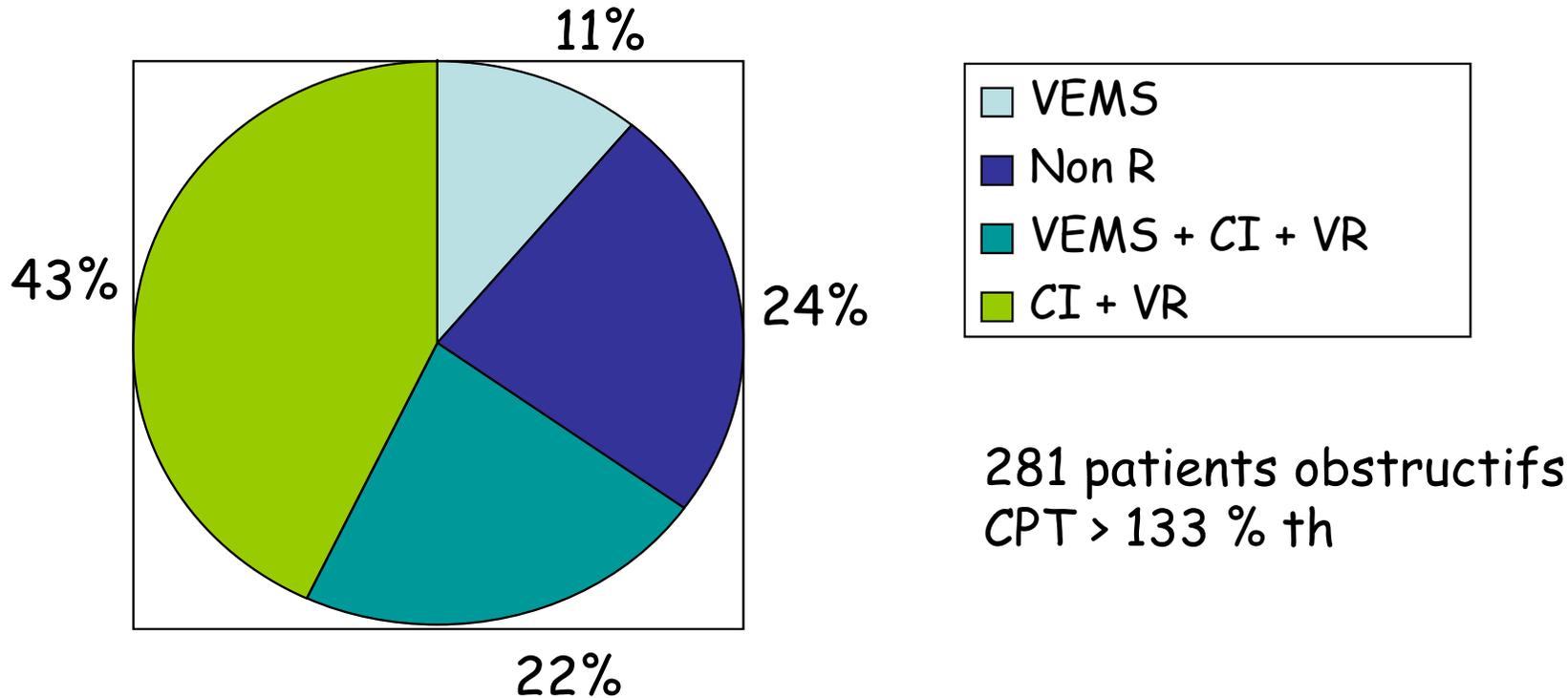
- Diagnostique:
 - Réversibilité importante dans l'asthme
 - BPCO: réversibilité variable dans le temps
 - Pas de seuil séparant asthme-BPCO
 - BPCO: classification GOLD est faite sur **valeurs post bronchodilatateur de VEMS/CVF et VEMS %**
- Suivi
 - Asthme: réversibilité résiduelle peut amener à modifier le traitement
 - BPCO:
 - plus discuté
 - Révers salbu-atrovent pas prédictive de la réponse au spiriva
 - test de nouvelles molécules

Recos EFR asthme SPLF 2010

Recommandation : nous recommandons la réalisation d'un test de réversibilité, même en l'absence de trouble ventilatoire obstructif, pour le diagnostic d'asthme [G1+]. La réversibilité est estimée sur le VEMS et sur la CVF, et peut également être estimée sur la distension thoracique. Cependant, l'absence ou la présence des critères de réversibilité n'est pas suffisante pour affirmer ou infirmer le diagnostic d'asthme.

Attention, pas de seuil fixe à 0.7 pour définir l'obstruction notamment dans l'asthme du sujet jeune

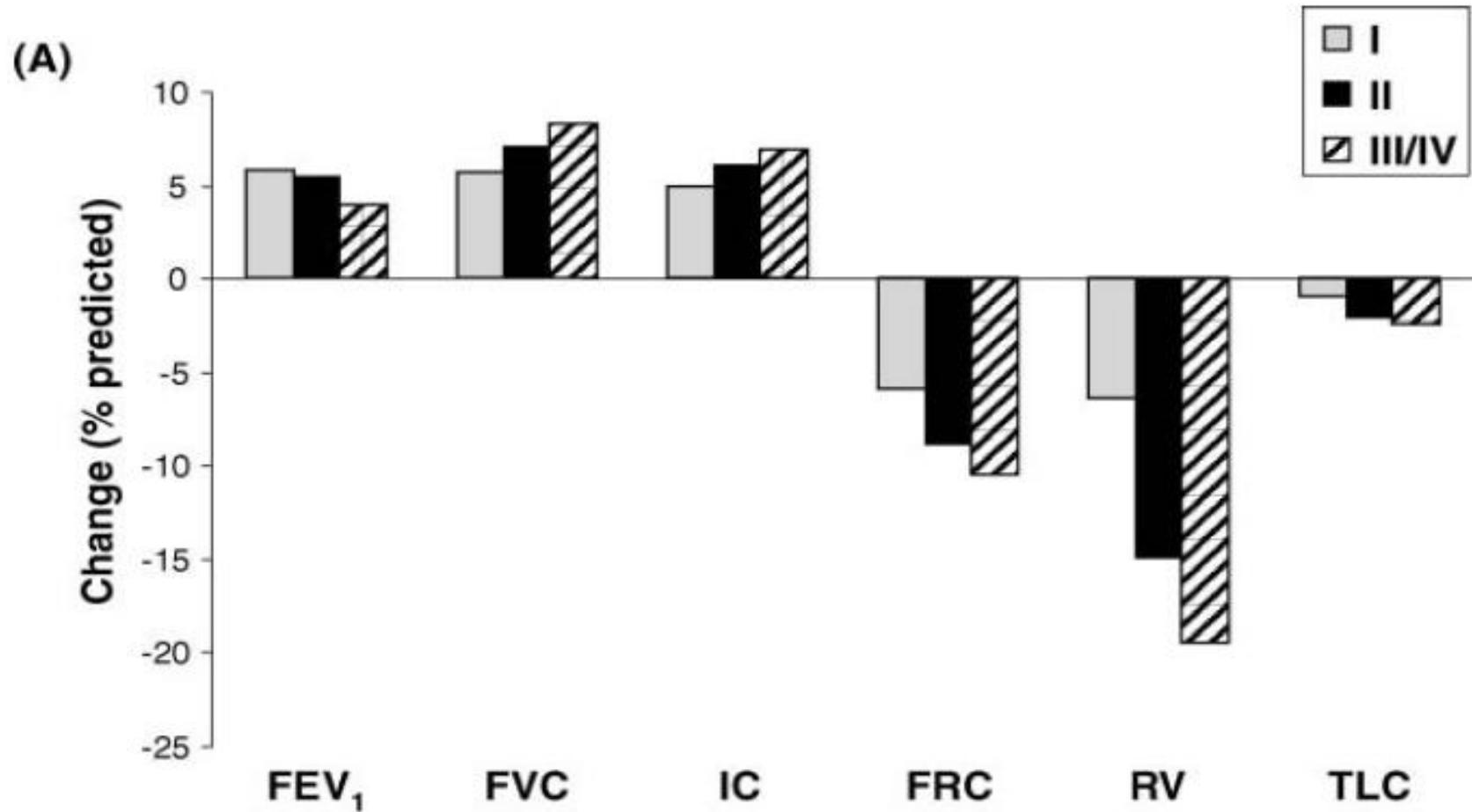
Bilan initial: Diagnostic Réversibilité 2



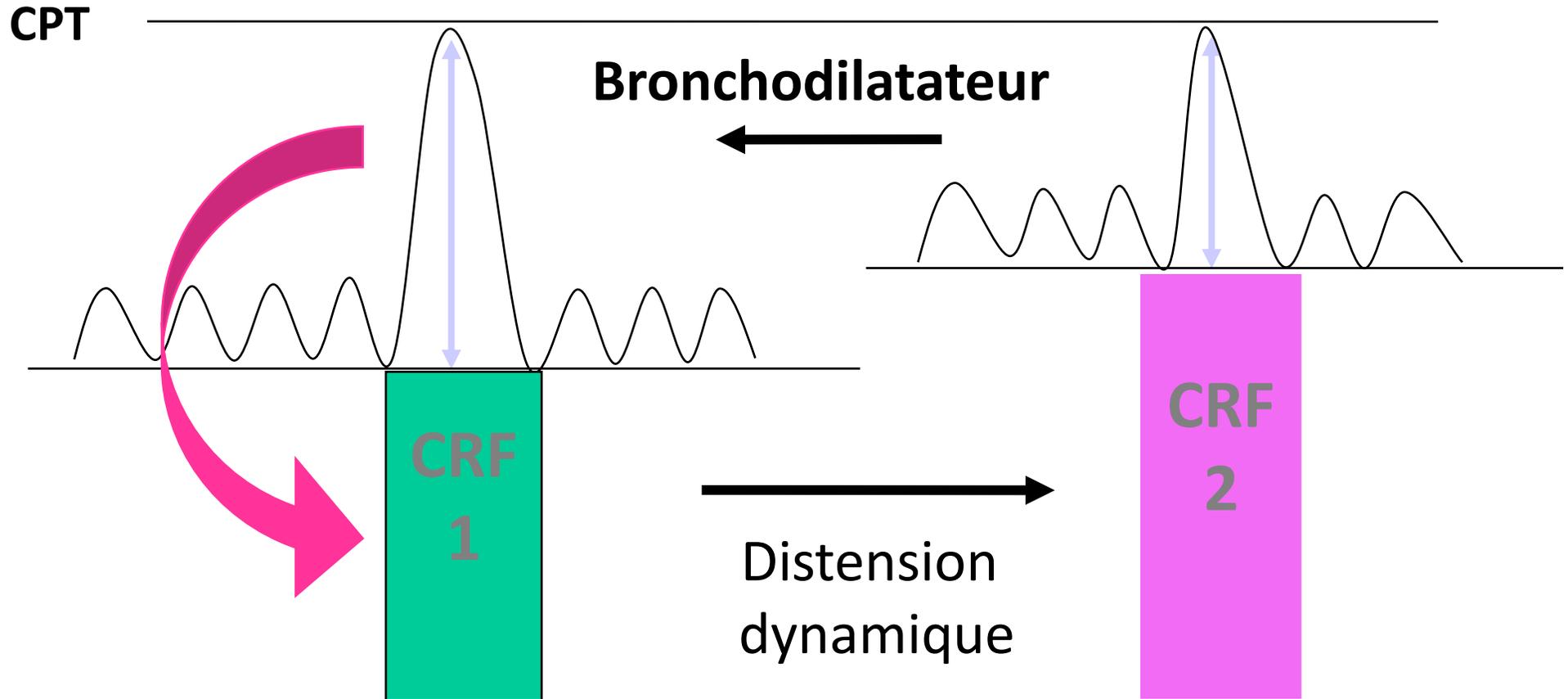
L'élargissement de la notion de réversibilité à la variation de volume augmente considérablement le nombre de "répondeurs"

Newton, Chest 2002

BPCO: réversibilité vs sévérité



Situation « idéale »



En fait la CPT peut changer aussi !!!!!:
intérêt d'une pléthysmo complète post BD

Bilan initial: Diagnostic d'asthme

Réversibilité 2 bis

Variation	Does Not Meet ATS Criteria	Meets ATS Criteria	Total	κ
$\Delta FEV_{1,}$ mL				
≤ 265	20 (33.3)	6 (10)	26 (43.3)	0.658
> 265	4 (6.67)	30 (50)	34 (56.7)	
$\Delta FEV_{1}\dagger$				
≤ 14.2	24 (40)	5 (8.3)	29 (48.3)	§
> 14.2	0 (0)	31 (51.7)	31 (51.7)	
$\Delta FEV_{1}\ddagger$				
≤ 10.3	19 (31.7)	4 (6.7)	23 (38.3)	0.685
> 10.3	5 (8.3)	32 (53.3)	37 (61.7)	
$\Delta sGaw\dagger$				
≤ 55	10 (16.7)	2 (3.33)	12 (20)	§
> 55	14 (23.3)	34 (56.7)	48 (80)	
$\Delta Raw\dagger$				
$\geq - 34.6$	10 (16.7)	3 (5)	13 (21.7)	§
$< - 34.6$	14 (23.3)	33 (55)	47 (78.3)	

R_{aw} et sG_{aw} plus sensibles
que le VEMS (critères
ATS)

Bilan initial: Diagnostic Réversibilité 3

- En fait distribution continue gaussienne
 - Variable dans le temps dans la BPCO

Calverley Isolde thorax 2003, Anthonisen ERJ 2005

- Pas prédictive
 - Du déclin du VEMS
 - Fréquence des exacerbations
 - Réponse au traitement

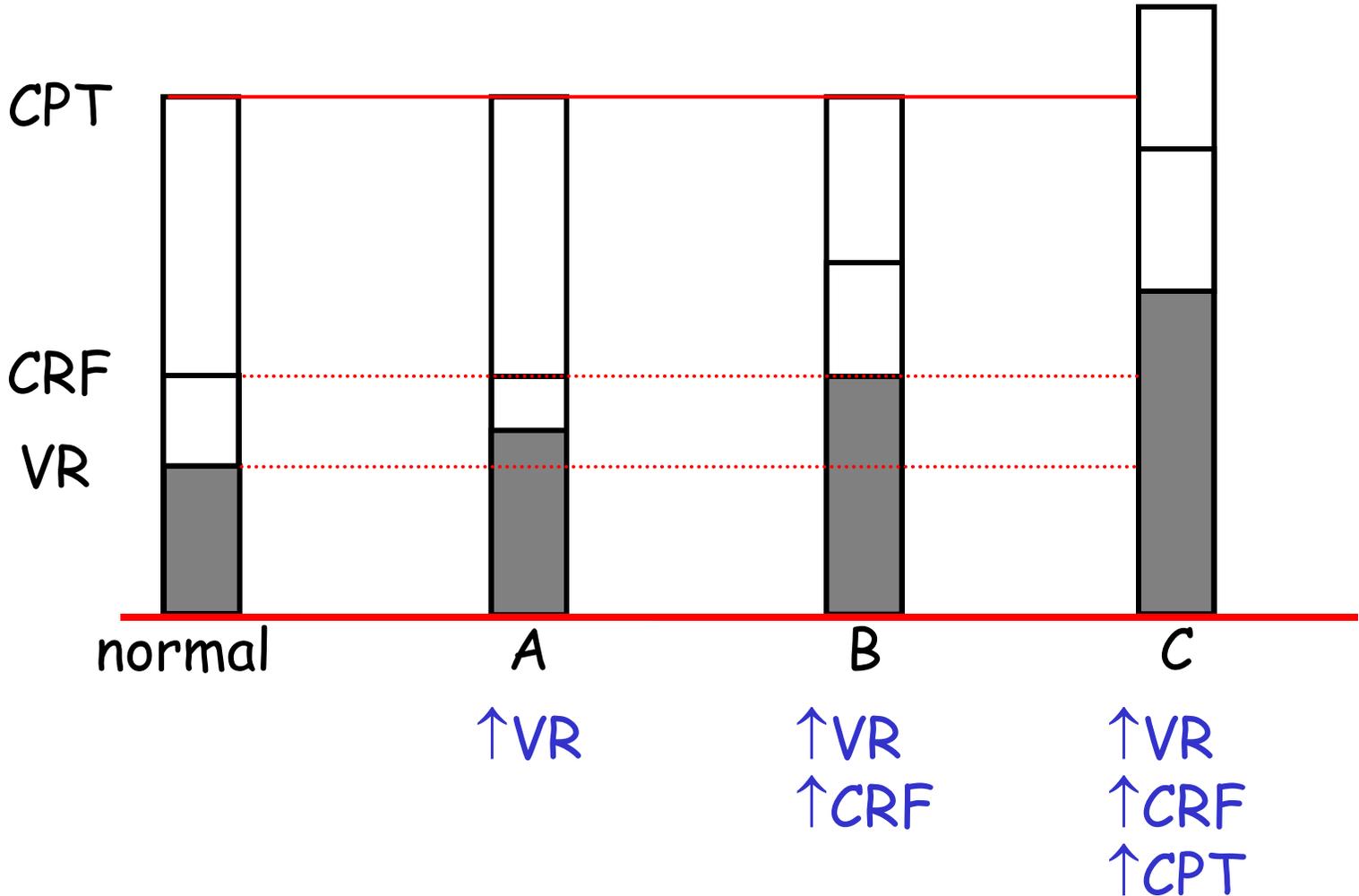
Calverley isolde Thorax 2003

- Amélioration de la capacité fonctionnelle à l'exercice

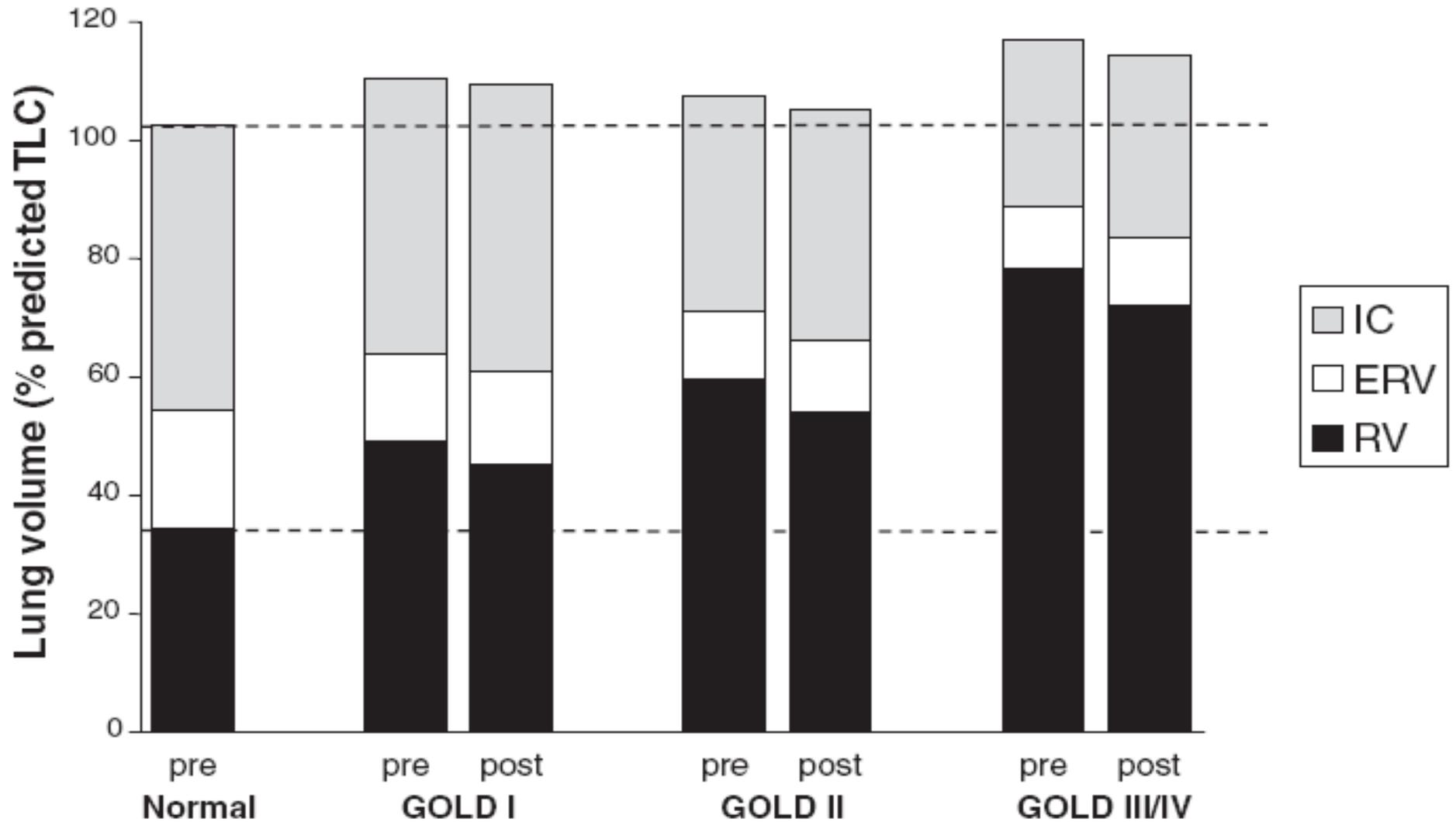
O'Donnell AJRCCM 1999

Distension

Histoire naturelle de la distension



BPCO: sévérité et distension



Distension: définitions

- Classiquement: élévation de la CRF
 - Gibson, ERJ 1993 ($\cong > 120$ % théo)
- Ou **Élévation VR, VR/CPT, CRF, CPT > 1,64 RSD**
 - Percentiles !!!!!
- Débute par l' \nearrow du VR
- \nearrow CPT: variable, déterminants inconnus
 - Élasticité de la cage thoracique ?
 - Profil évolutif de la distension pulmonaire ?
 - Age de début ?

Distension: mécanismes

- **Statique:** Equilibre $P_{alv} - P_{atm}$ à la CRF
 - Lié à ↗ élasticité pulmonaire
 - Contribution probablement modeste
- **Dynamique:** $P_{alv} > P_{atm}$ à la CRF
 - Mécanismes:
 - limitation des débits +++
 - Autres ? : métacholine

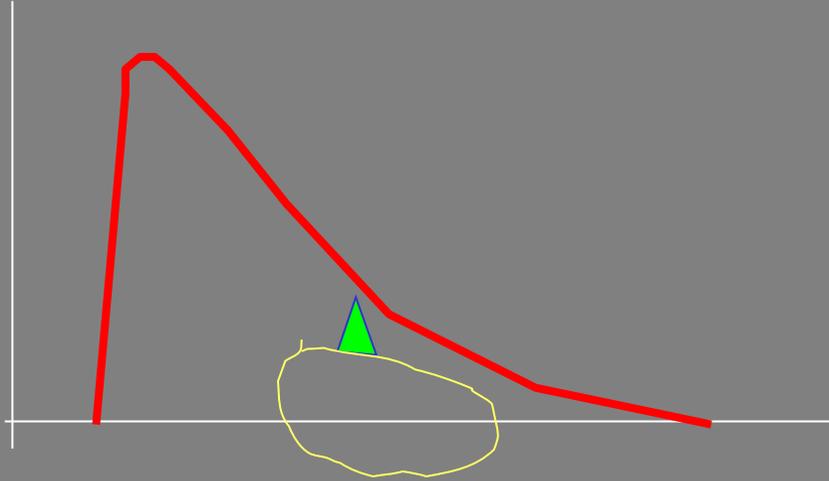
Distension dynamique

- Inspiration avant la fin de l'expiration précédente
- Volume télé-expiratoire > Volume de relaxation
- Palv positive en fin d'expiration: PEP
- Débits expiratoires insuffisants
 - ↗ VT, VE: **exercice +++**
 - ↘ Temps expiratoire
 - ↗ Constante de temps R-C

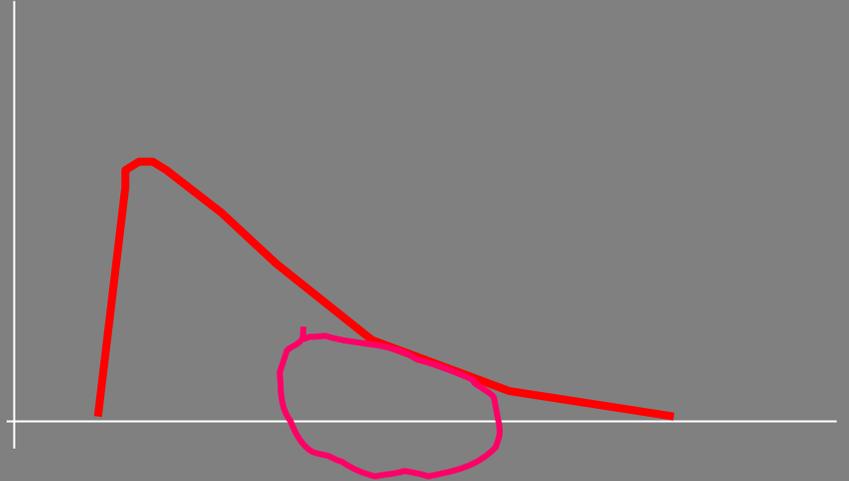
Concept de limitation des débits expiratoires (LDE)

Obstruction vs limitation

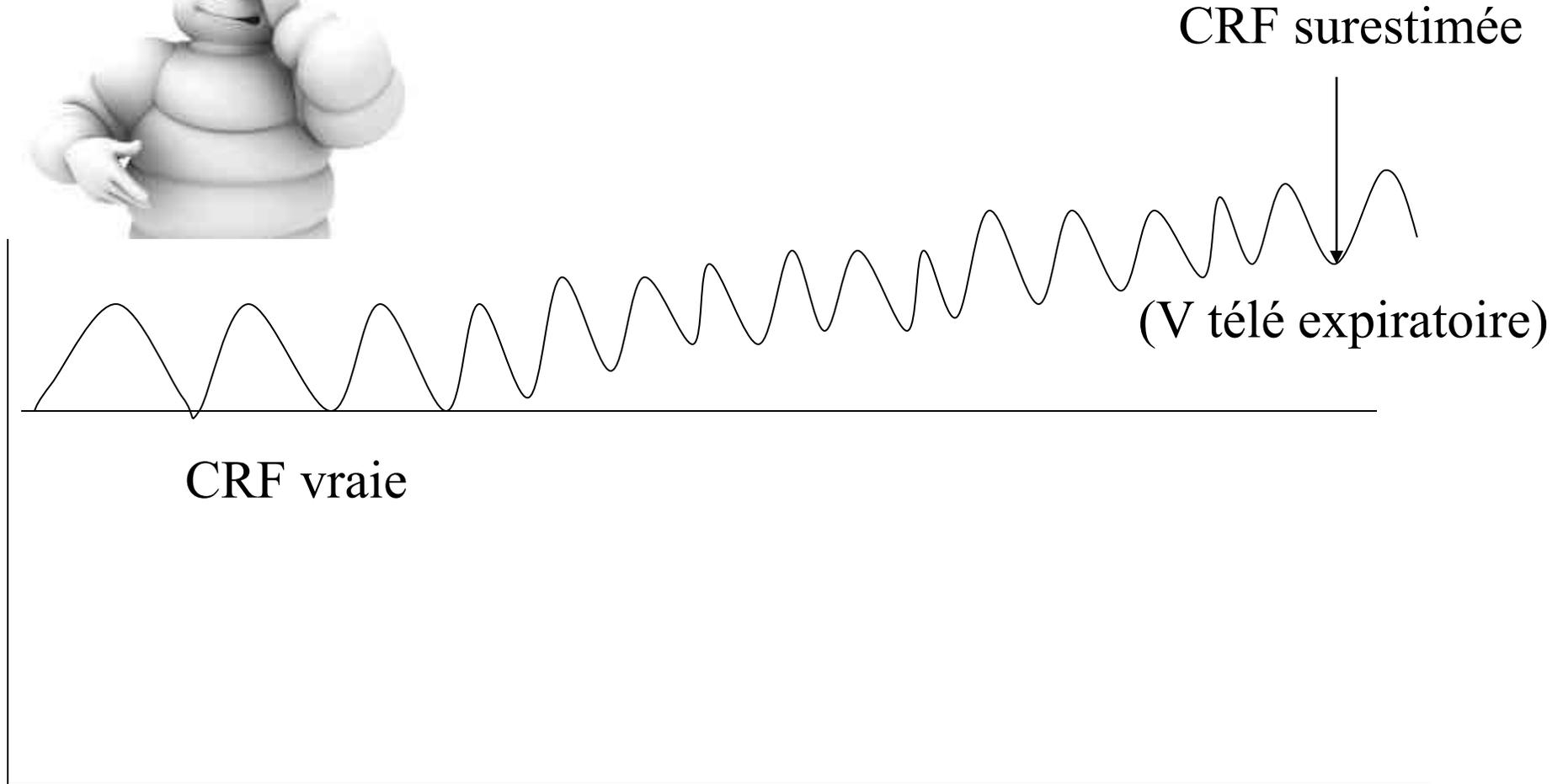
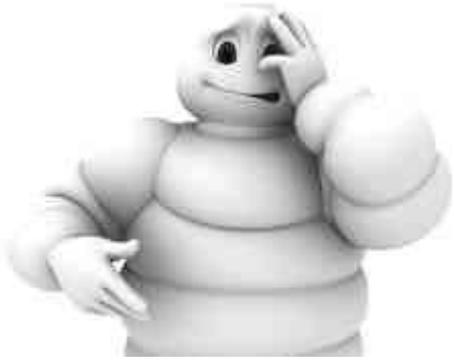
Débit



Débit

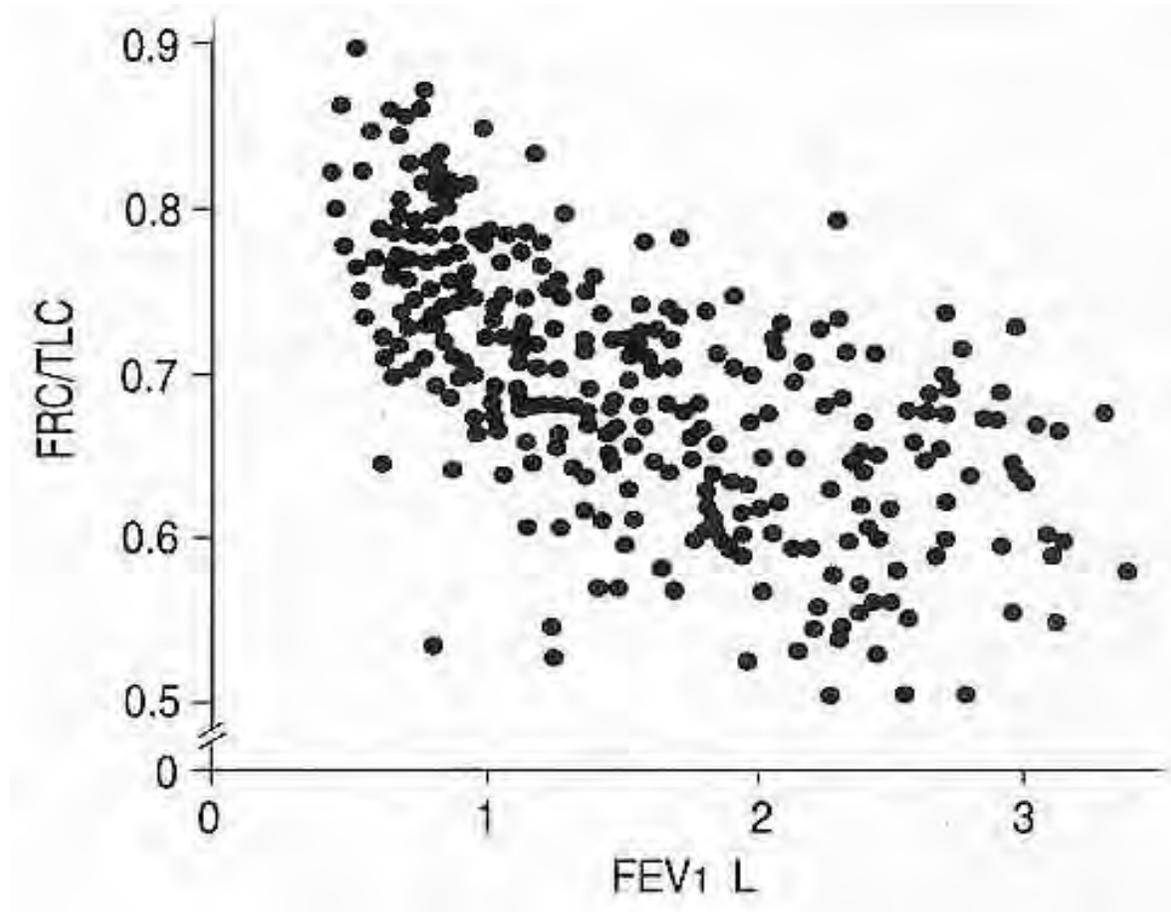


Distension dynamique



Distension: mauvaise corrélation avec le VEMS

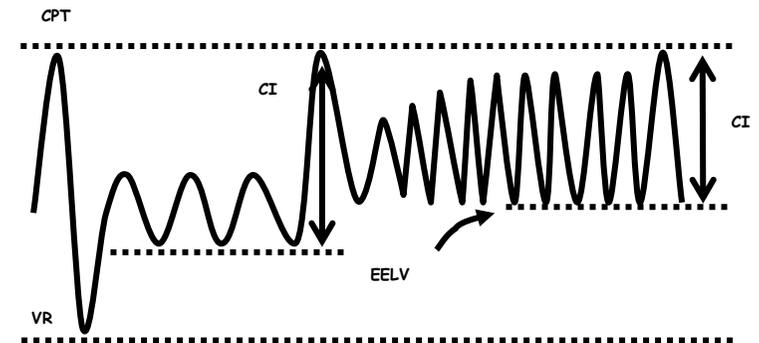
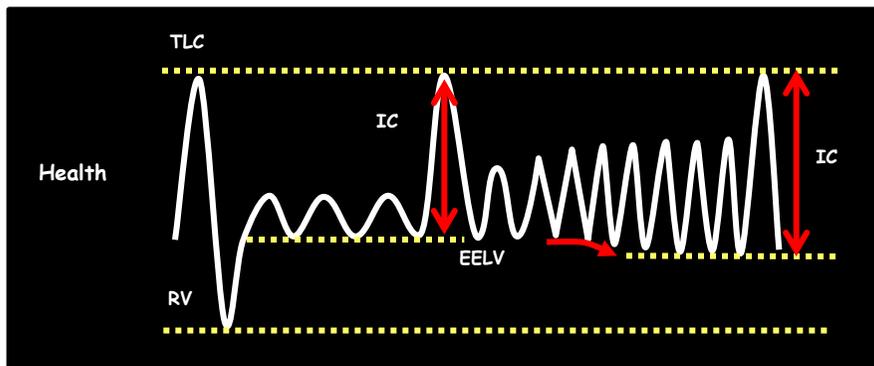
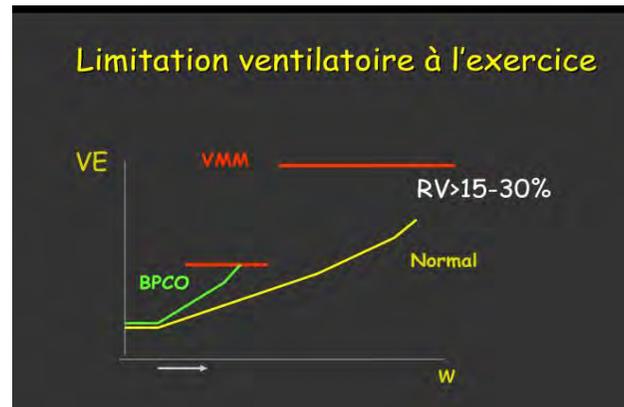
311 patients
BPCO



Bégin, ARRD 1991

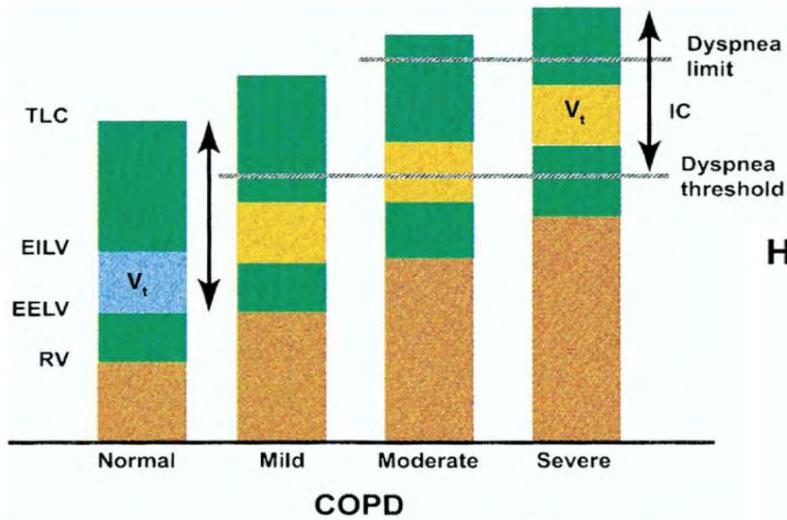
Dyspnée à l'effort

Aucun examen de repos n'est prédictif de la limitation fonctionnelle à l'exercice

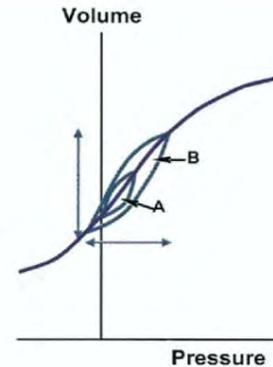
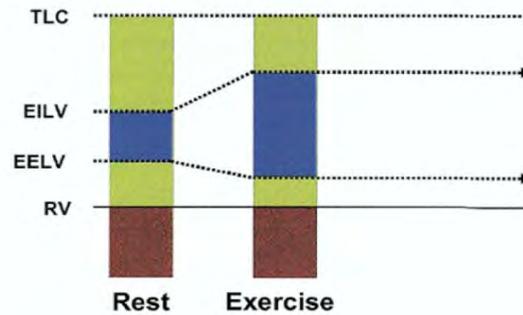


Réalisation d'une épreuve fonctionnelle à l'exercice au cyclo-ergomètre avec mesure de la distension thoracique dynamique avec la manœuvre de "capacité inspiratoire"

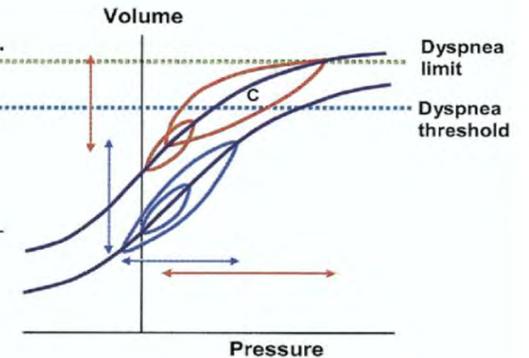
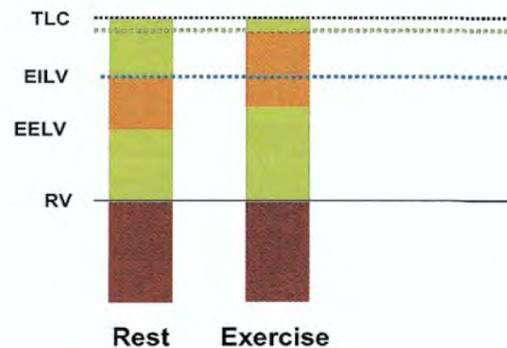
Mécanismes de la Dyspnée



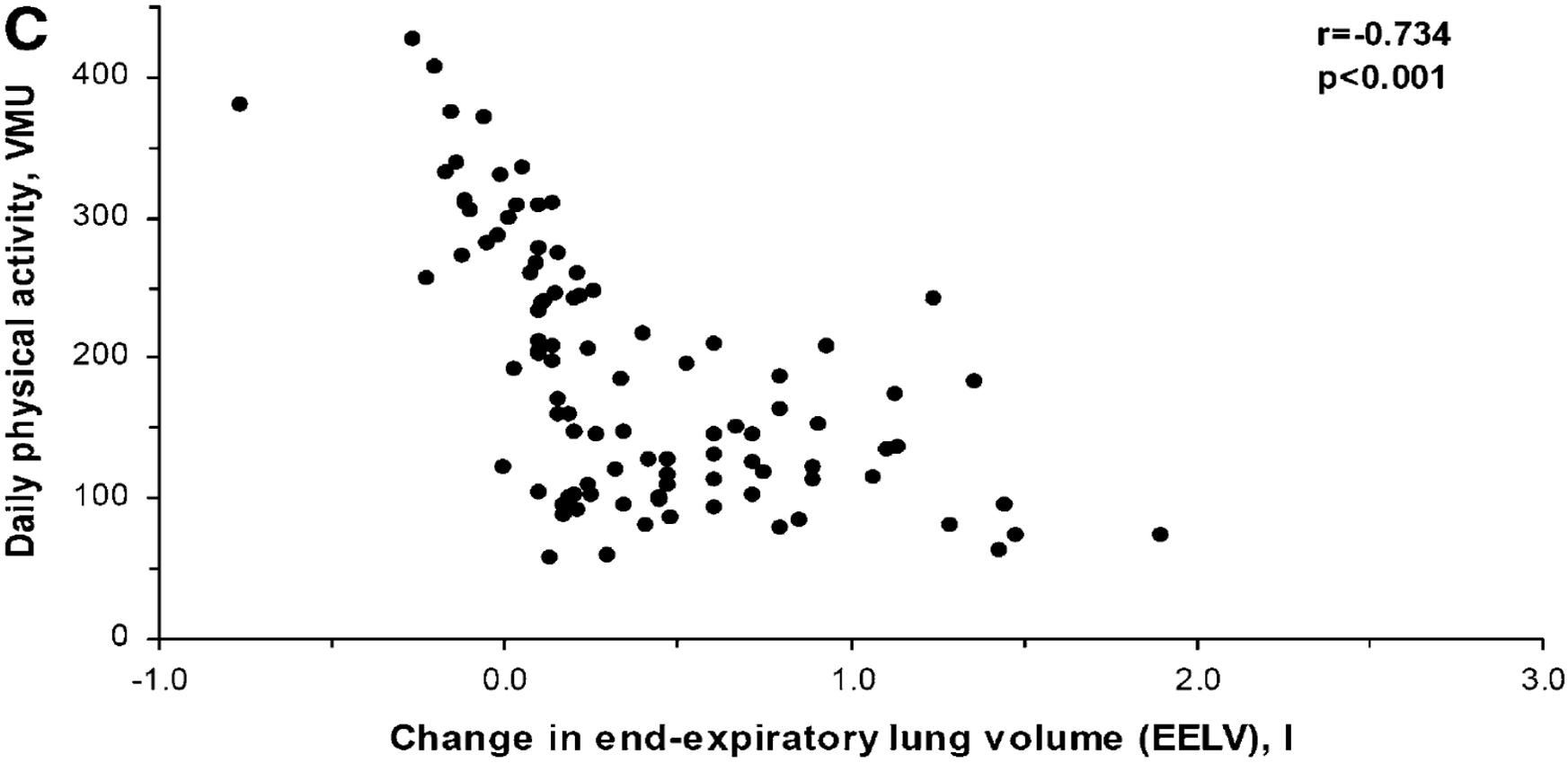
Healthy Subjects



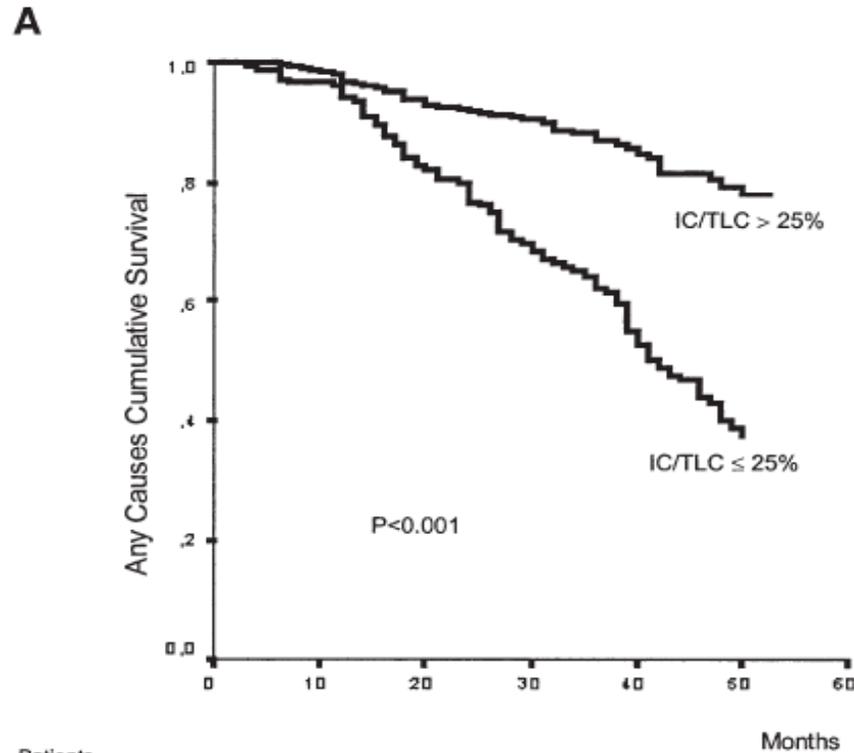
Patients with COPD



r=-0.734
p<0.001

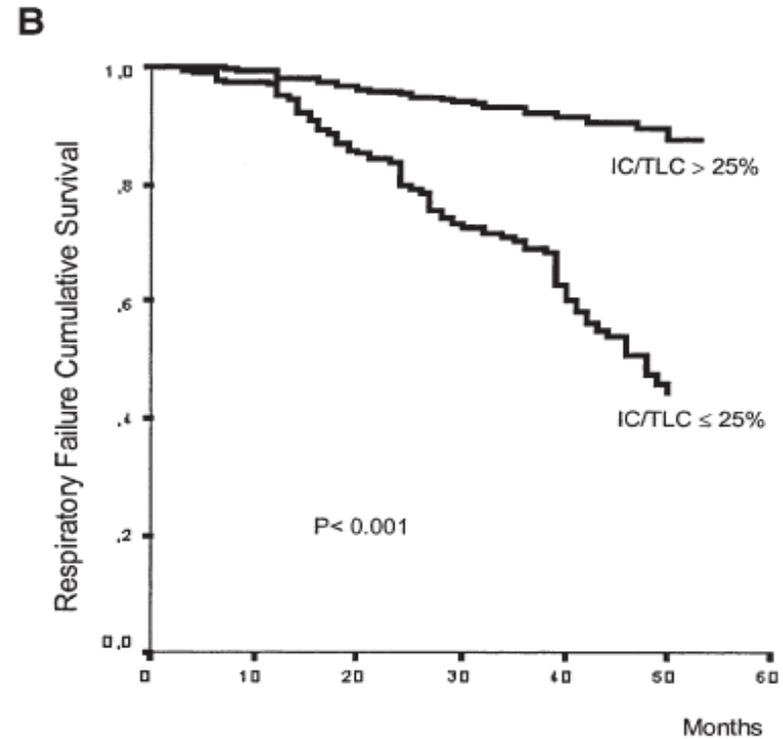


Distension: valeur pronostique



Patients
at risk:

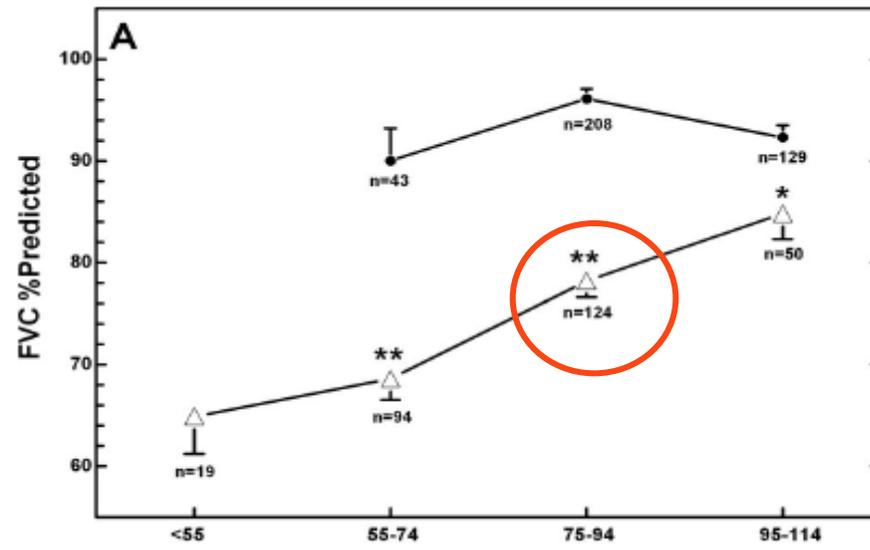
IC/TLC > 25%	403	371	290	221	103	46
IC/TLC ≤ 25%	286	262	199	146	63	26



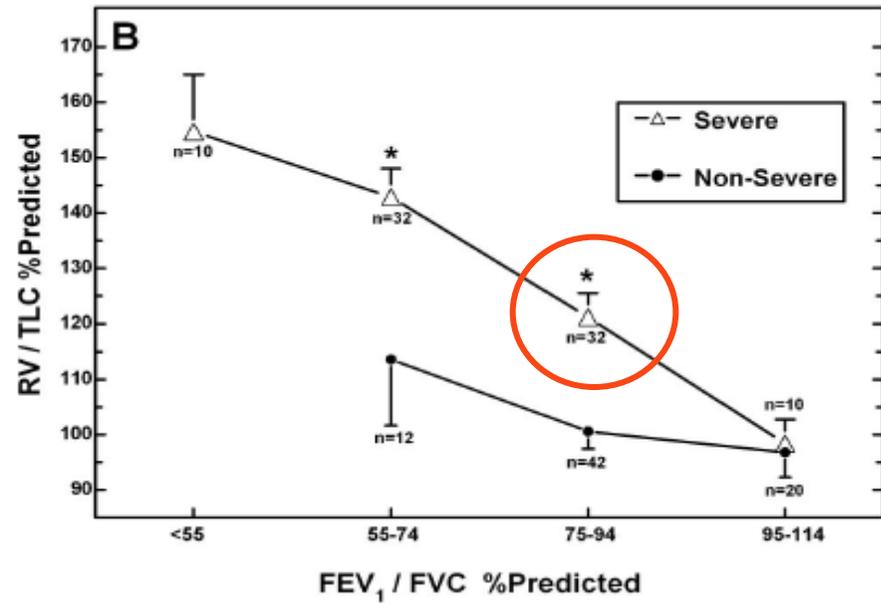
Patients
at risk:

IC/TLC > 25%	403	371	290	221	103	46
IC/TLC ≤ 25%	286	262	199	146	63	26

Piégeage et sévérité de l'asthme



Asthme sévère
selon critères ATS



Interprétation

1 Volumes (CPT)

2 Rapport tiffeneau : $VEMS/CV_{max}$

- < LIN

2 VEMS : sévérité ET réversibilité

- GOLD
- Critères de réversibilité
 - VEMS et/ou CVF : gain de 200 ml et 12% valeurs de base

3 Distension thoracique

4 Voies aériennes distales

Si la CRF est normale

Pas un critère de réversibilité

5 Résistances et Conductance spécifique

Mr J

- Fumeur 30 PA
- Dyspnée classe II

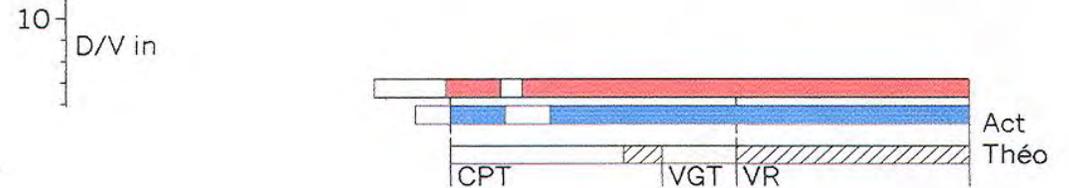
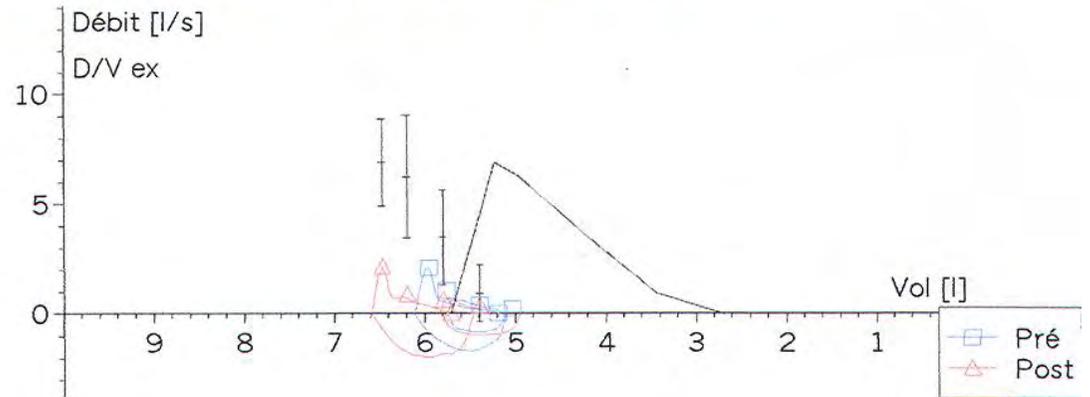
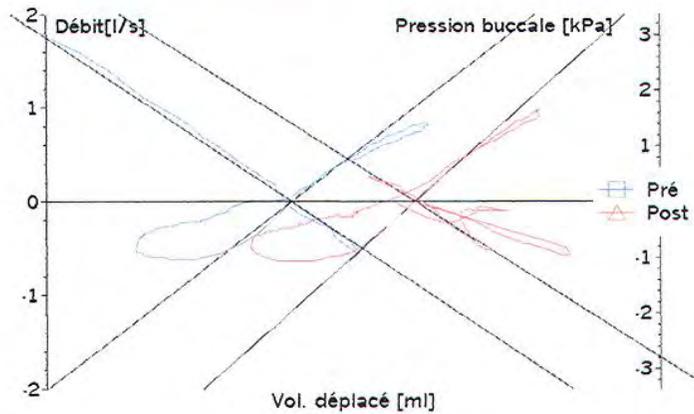
Date naissance: 22/01/1931
Taille: 163,0 cm
Sexe: masculin
Fumeur: ANCIEN FUMEUR
Anamnèse:

Age: 76 Années
Poids: 60,0 kg
Méd. traitant:
Diagnostic:

Pléthysmographie Corporelle et Courbe Débit-Volume

Percentiles

	5%	95%
CPT	4.80	7.09
VC	2.25	4.08
VEMS	1.48	3.15
VEM&MX	61.77	85.29
VR	1.90	3.25



Substance	Théo	mes.1	%Théo1	mes.2	%Théo2	% 2/1
Dose						
RAW..... [KPA*S/L]	0.30	1.51	503	1.32	440	88
SG AW..... [1/(KPA*S)]	0.85	0.12	14	0.14	16	113
CV MAX..... [L]	3.17	1.49	47	1.64	52	110
VRE..... [L]	0.83	0.50	60	0.24	29	48
VGT..... [L]	3.41	5.14	151	5.19	152	101
CPT..... [L]	5.94	6.13	103	6.59	111	108
VR..... [L]	2.58	4.65	180	4.96	192	107
VR % CPT..... [%]	43.60	75.75	174	75.17	172	99
CI..... [L]		0.99		1.40		142

CVF..... [L]	3.07	0.92	30	0.87	28	95
VEMS..... [L]	2.32	0.58	25	0.67	29	116
VEMS % CV MAX..... [%]	73.53	39.05	53	41.06	56	105
DEP..... [L/s]	6.89	2.04	30	2.09	30	102
DEMM 25/75..... [L/S]	2.59	0.33	13	0.53	21	159
DEM 50..... [L/S]	3.47	0.36	10	0.61	17	168
DEM 25..... [L/S]	0.94	0.20	21	0.32	34	161
DIM 50..... [l/s]		1.63		1.95		120
VIMS..... [l]		0.98		1.09		111
PE max (ITGV) [kPa]		6.63		6.99		105

Substance	Théo	mes.1	%Théo1	mes.2	%Théo2	% 2/1
Dose						
RAW..... [KPA*S/L]	0.30	1.51	503	1.32	440	88
SG AW..... [1/(KPA*S)]	0.85	0.12	14	0.14	16	113
CV MAX..... [L]	3.17	1.49	47	1.64	52	110
VRE..... [L]	0.83	0.50	60	0.24	29	48
VGT..... [L]	3.41	5.14	151	5.19	152	101
CPT..... [L]	5.94	6.13	103	6.59	111	108
VR..... [L]	2.58	4.65	180	4.96	192	107
VR % CPT..... [%]	43.60	75.75	174	75.17	172	99
CI..... [L]		0.99		1.40		142

CVF..... [L]	3.07	0.92	30	0.87	28	95
VEMS..... [L]	2.32	0.58	25	0.67	29	116
VEMS % CV MAX..... [%]	73.53	39.05	53	41.06	56	105
DEP..... [L/s]	6.89	2.04	30	2.09	30	102
DEMM 25/75..... [L/S]	2.59	0.33	13	0.53	21	159
DEM 50..... [L/S]	3.47	0.36	10	0.61	17	168
DEM 25..... [L/S]	0.94	0.20	21	0.32	34	161
DIM 50..... [l/s]		1.63		1.95		120
VIMS..... [l]		0.98		1.09		111
PE max (ITGV) [kPa]		6.63		6.99		105

Substance	Théo	mes.1	%Théo1	mes.2	%Théo2	% 2/1
Dose						
RAW..... [KPA*S/L]	0.30	1.51	503	1.32	440	88
SG AW..... [1/(KPA*S)]	0.85	0.12	14	0.14	16	113
CV MAX..... [L]	3.17	1.49	47	1.64	52	110
VRE..... [L]	0.83	0.50	60	0.24	29	48
VGT..... [L]	3.41	5.14	151	5.19	152	101
CPT..... [L]	5.94	6.13	103	6.59	111	108
VR..... [L]	2.58	4.65	180	4.96	192	107
VR % CPT..... [%]	43.60	75.75	174	75.17	172	99
CI..... [L]		0.99		1.40		142

CVF..... [L]	3.07	0.92	30	0.87	28	95
VEMS..... [L]	2.32	0.58	25	0.67	29	116
VEMS % CV MAX..... [%]	73.53	39.05	53	41.06	56	105
DEP..... [L/s]	6.89	2.04	30	2.09	30	102
DEMM 25/75..... [L/S]	2.59	0.33	13	0.53	21	159
DEM 50..... [L/S]	3.47	0.36	10	0.61	17	168
DEM 25..... [L/S]	0.94	0.20	21	0.32	34	161
DIM 50..... [l/s]		1.63		1.95		120
VIMS..... [l]		0.98		1.09		111
PE max (ITGV) [kPa]		6.63		6.99		105

Mr J

- Rapport tiffeneau : $VEMS/CV_{\max}$
 - < LIN

Percentiles

	5%	95%
CPT	4.80	7.09
VC	2.25	4.08
VEMS	1.48	3.15
VEM&MX	61.77	85.29
VR	1.90	3.25

	Théo	mes.1	%Théo1	mes.2	%Théo2	% 2/1
Substance						
Dose						
RAW..... [KPA*S/L]	0.30	1.51	503	1.32	440	88
SG AW..... [1/(KPA*S)]	0.85	0.12	14	0.14	16	113
CV MAX..... [L]	3.17	1.49	47	1.64	52	110
VRE..... [L]	0.83	0.50	60	0.24	29	48
VGT..... [L]	3.41	5.14	151	5.19	152	101
CPT..... [L]	5.94	6.13	103	6.59	111	108
VR..... [L]	2.58	4.65	180	4.96	192	107
VR % CPT..... [%]	43.60	75.75	174	75.17	172	99
CI..... [L]		0.99		1.40		142

CVF..... [L]	3.07	0.92	30	0.87	28	95
VEMS..... [L]	2.32	0.58	25	0.67	29	116
VEMS % CV MAX..... [%]	73.53	39.05	53	41.06	56	105
DEP..... [L/s]	6.89	2.04	30	2.09	30	102
DEMM 25/75..... [L/S]	2.59	0.33	13	0.53	21	159
DEM 50..... [L/S]	3.47	0.36	10	0.61	17	168
DEM 25..... [L/S]	0.94	0.20	21	0.32	34	161
DIM 50..... [l/s]		1.63		1.95		120
VIMS..... [l]		0.98		1.09		111
PE max (ITGV) [kPa]		6.63		6.99		105

Mr J

- Rapport tiffeneau : $VEMS/CV_{\max}$
 - < LIN
- VEMS : sévérité ET réversibilité
 - GOLD
 - Critères de réversibilité
 - VEMS et/ou CVF : gain de 200 ml et 12% valeurs de base

Substance	Théo	mes.1	%Théo1	mes.2	%Théo2	% 2/1
Dose						
RAW..... [KPA*S/L]	0.30	1.51	503	1.32	440	88
SG AW..... [1/(KPA*S)]	0.85	0.12	14	0.14	16	113
CV MAX..... [L]	3.17	1.49	47	1.64	52	110
VRE..... [L]	0.83	0.50	60	0.24	29	48
VGT..... [L]	3.41	5.14	151	5.19	152	101
CPT..... [L]	5.94	6.13	103	6.59	111	108
VR..... [L]	2.58	4.65	180	4.96	192	107
VR % CPT..... [%]	43.60	75.75	174	75.17	172	99
CI..... [L]		0.99		1.40		142

CVF..... [L]	3.07	0.92	30	0.87	28	95
VEMS..... [L]	2.32	0.58	25	0.67	29	116
VEMS % CV MAX..... [%]	73.53	39.05	53	41.06	56	105
DEP..... [L/s]	6.89	2.04	30	2.09	30	102
DEMM 25/75..... [L/S]	2.59	0.33	13	0.53	21	159
DEM 50..... [L/S]	3.47	0.36	10	0.61	17	168
DEM 25..... [L/S]	0.94	0.20	21	0.32	34	161
DIM 50..... [l/s]		1.63		1.95		120
VIMS..... [l]		0.98		1.09		111
PE max (ITGV) [kPa]		6.63		6.99		105

Mr J

- Rapport tiffeneau : $VEMS/CV_{max}$
 - < LIN
- VEMS : sévérité ET réversibilité
 - GOLD
 - Critères de réversibilité
 - VEMS et/ou CVF : gain de 200 ml et 12% valeurs de base
- Distension thoracique
 - Réversibilité de la distension ?

Substance	Théo	mes.1	%Théo1	mes.2	%Théo2	% 2/1
Dose						
RAW..... [KPA*S/L]	0.30	1.51	503	1.32	440	88
SG AW..... [1/(KPA*S)]	0.85	0.12	14	0.14	16	113
CV MAX..... [L]	3.17	1.49	47	1.64	52	110
VRE..... [L]	0.83	0.50	60	0.24	29	48
VGT..... [L]	3.41	5.14	151	5.19	152	101
CPT..... [L]	5.94	6.13	103	6.59	111	108
VR..... [L]	2.58	4.65	180	4.96	192	107
VR % CPT..... [%]	43.60	75.75	174	75.17	172	99
CI..... [L]		0.99		1.40		142

CVF..... [L]	3.07	0.92	30	0.87	28	95
VEMS..... [L]	2.32	0.58	25	0.67	29	116
VEMS % CV MAX..... [%]	73.53	39.05	53	41.06	56	105
DEP..... [L/s]	6.89	2.04	30	2.09	30	102
DEMM 25/75..... [L/S]	2.59	0.33	13	0.53	21	159
DEM 50..... [L/S]	3.47	0.36	10	0.61	17	168
DEM 25..... [L/S]	0.94	0.20	21	0.32	34	161
DIM 50..... [l/s]		1.63		1.95		120
VIMS..... [l]		0.98		1.09		111
PE max (ITGV) [kPa]		6.63		6.99		105

Substance	Théo	mes.1	%Théo1	mes.2	%Théo2	% 2/1
Dose						
RAW..... [KPA*S/L]	0.30	1.51	503	1.32	440	88
SG AW..... [1/(KPA*S)]	0.85	0.12	14	0.14	16	113
CV MAX..... [L]	3.17	1.49	47	1.64	52	110
VRE..... [L]	0.83	0.50	60	0.24	29	48
VGT..... [L]	3.41	5.14	151	5.19	152	101
CPT..... [L]	5.94	6.13	103	6.59	111	108
VR..... [L]	2.58	4.65	180	4.96	192	107
VR % CPT..... [%]	43.60	75.75	174	75.17	172	99
CI..... [L]		0.99		1.40		142
CVF..... [L]	3.07	0.92	30	0.87	28	95
VEMS..... [L]	2.32	0.58	25	0.67	29	116
VEMS % CV MAX..... [%]	73.53	39.05	53	41.06	56	105
DEP..... [L/s]	6.89	2.04	30	2.09	30	102
DEMM 25/75..... [L/S]	2.59	0.33	13	0.53	21	159
DEM 50..... [L/S]	3.47	0.36	10	0.61	17	168
DEM 25..... [L/S]	0.94	0.20	21	0.32	34	161
DIM 50..... [l/s]		1.63		1.95		120
VIMS..... [l]		0.98		1.09		111
PE max (ITGV) [kPa]		6.63		6.99		105

Mr J

- Rapport tiffeneau : $VEMS/CV_{max}$
 - < LIN
- VEMS : sévérité ET réversibilité
 - GOLD
 - Critères de réversibilité
 - VEMS et/ou CVF : gain de 200 ml et 12% valeurs de base
- Distension thoracique
 - Réversibilité de la distension ?
- DEM50 et DEM 25/75
- Conductance