

Objectifs: enseignement de Physio. Respiratoire

1. Principes de physiologie respiratoire (cours)

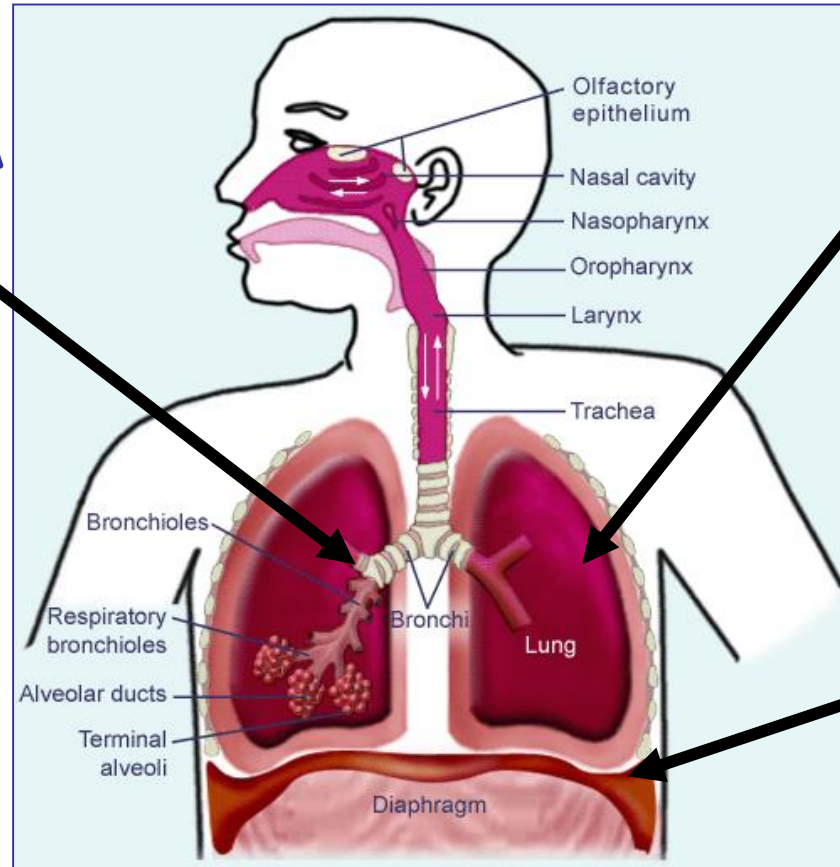
- Mécanique ventilatoire
- Transfert alvéolo-capillaire
- Transport des gaz par le sang
- Anomalies des échanges gazeux
- Contrôle de la ventilation
- Physiologie bronchique

2. Principes de l'exploration fonctionnelle respiratoire (cours)

- Trouble obstructif
- Trouble restrictif
- Distension
- Anomalie du transfert alvéolo-capillaire
- Troubles de l'hématose
- Cas cliniques complets

Les affections respiratoires (atteintes du système mécanique)

Modification
du calibre des VA
Obstruction:
Asthme, BPCO...



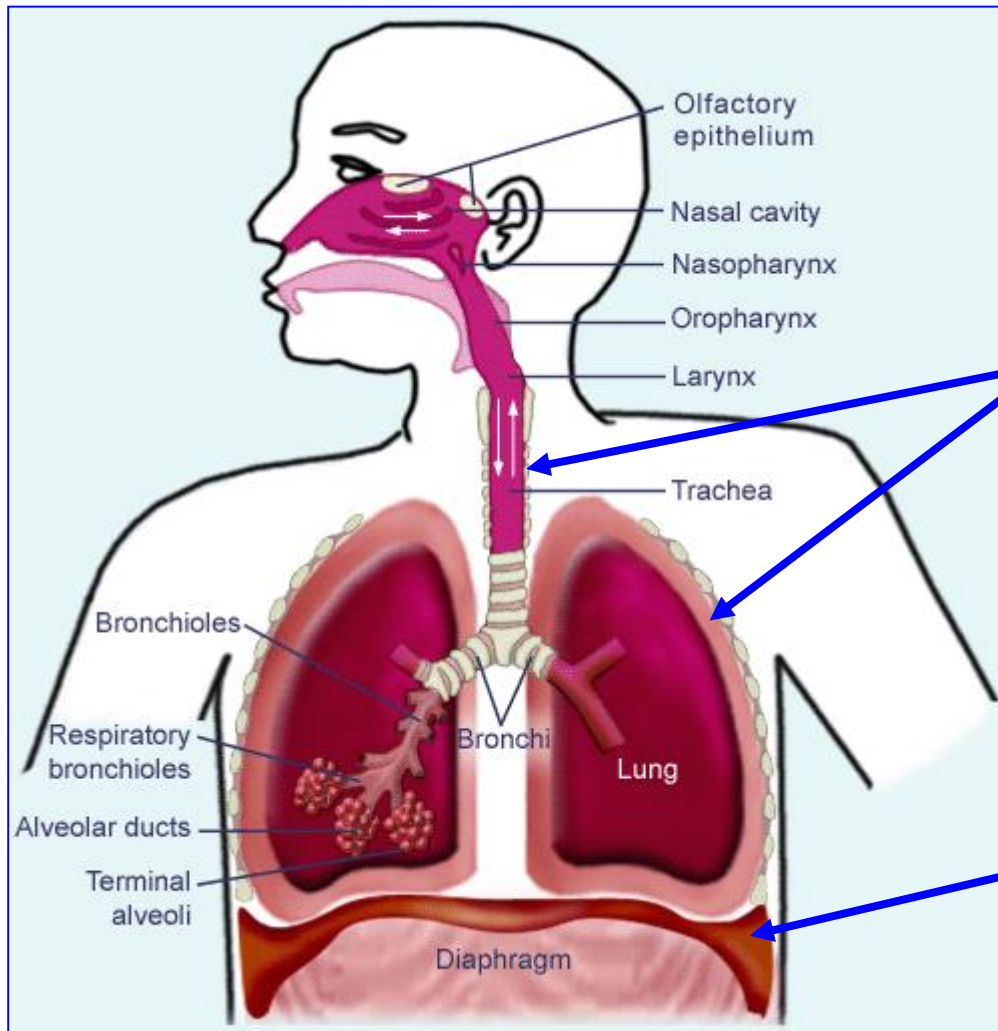
Atteinte du
parenchyme:
fibrose,
emphysème, ...

Atteinte du
système
mécanique actif:
Myopathie, ...

Indications

- Dépistage d'une affection respiratoire débutante
bilan de symptômes type dyspnée ou toux
- Diagnostic positif et surtout diagnostic de gravité des
maladies pulmonaires
- Suivi évolutif de la maladie, effets des thérapeutiques
- Evaluation pré-opératoire (chirurgie pulmonaire)

Systeme mécanique ventilatoire



Systeme passif:
Voies aériennes
Poumon
Paroi thoraco-abdominale

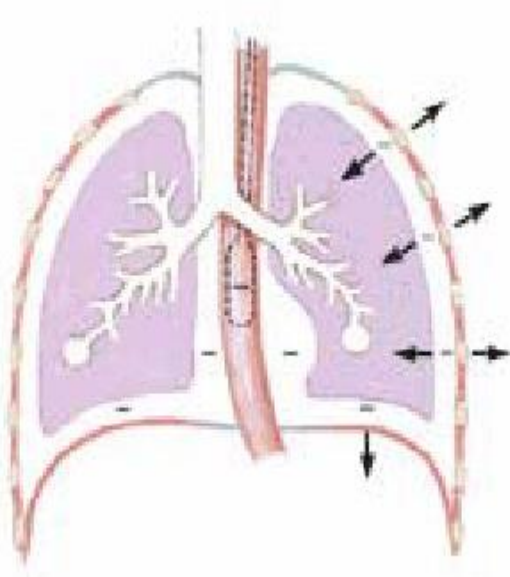
Systeme actif:
muscles ventilatoires

Systeme passif : introduction

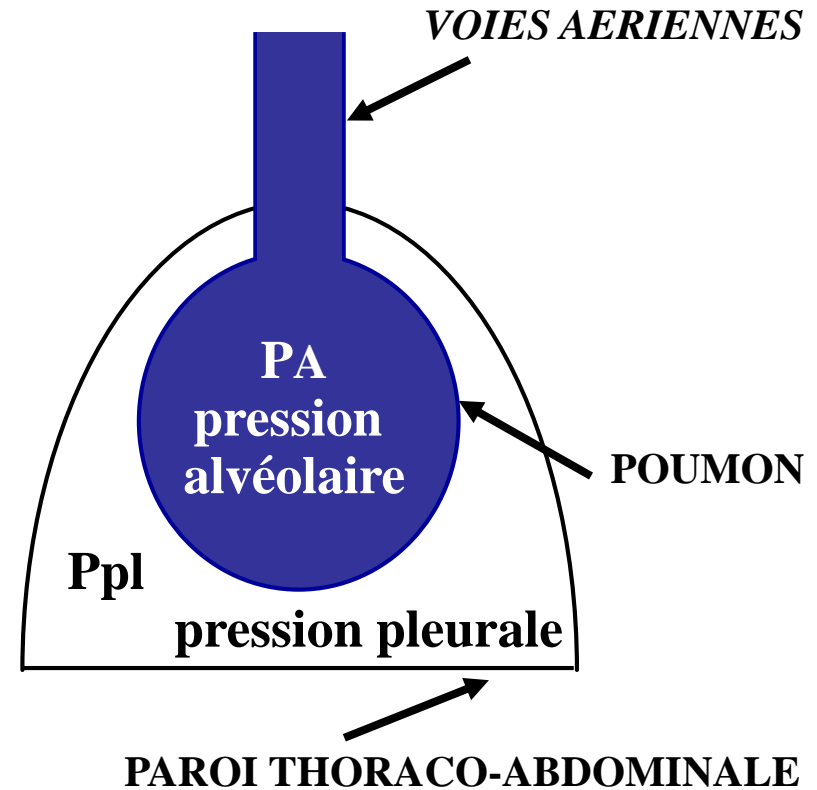
ANATOMIE

*voies aeriennes
résistantes*

*poumon
paroi
distensibilité*



PHYSIOLOGIE



Modèle physique

La ventilation : introduction

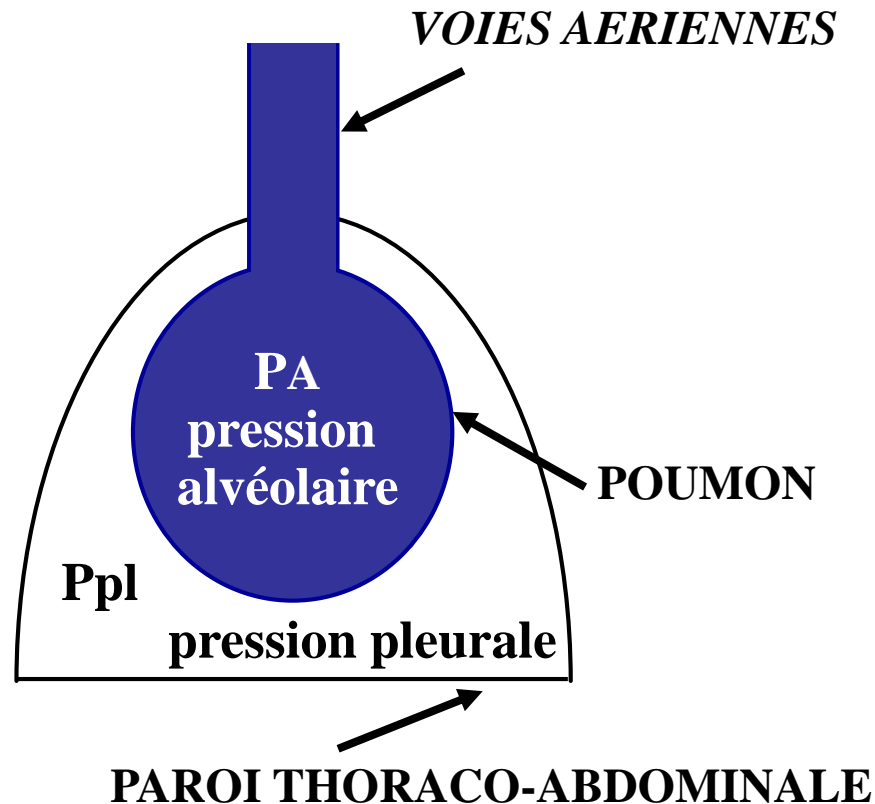
$$P_{\text{totale}} = V \times E + \dot{V} \times R$$

$$\Delta P = R \times \dot{V} = 1/G \times \dot{V}$$

résistance - conductance

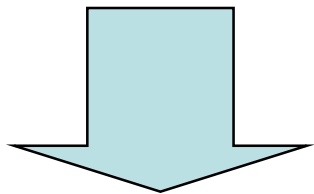
$$\Delta P = E \times V = 1/C \times V$$

élastance - compliance

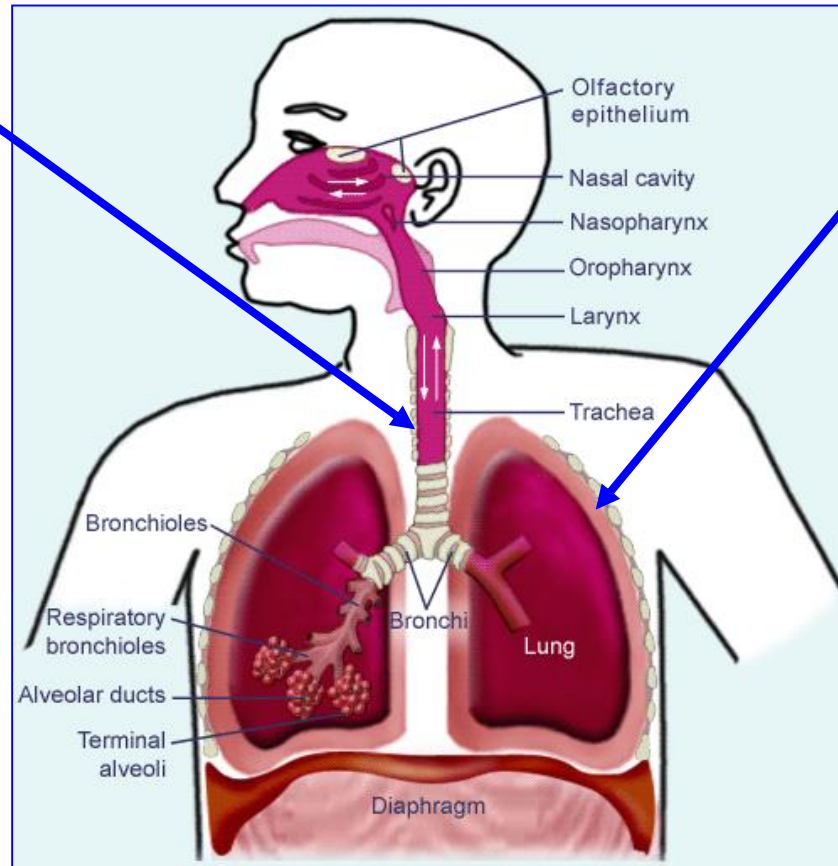


Explorations Fonctionnelles Respiratoires des pathologies pulmonaires

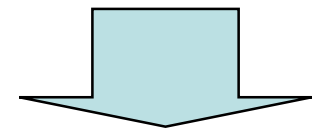
Obstruction
des VA:
Asthme, BPCO...



Etude aux EFR:
• débits
• résistance

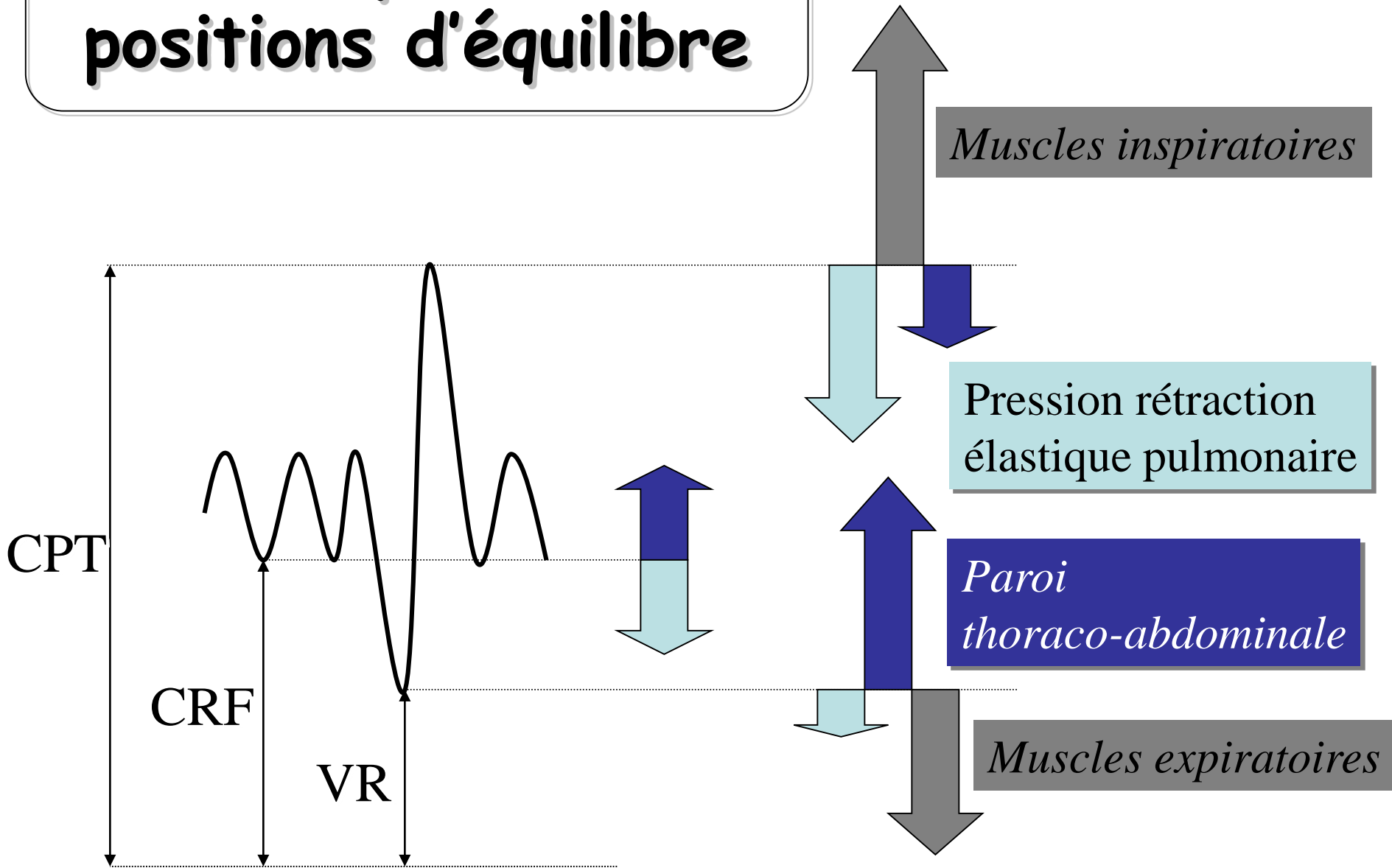


Atteinte du
parenchyme:
fibrose,
emphysème, ...



Etude aux EFR:
• volumes
• compliance

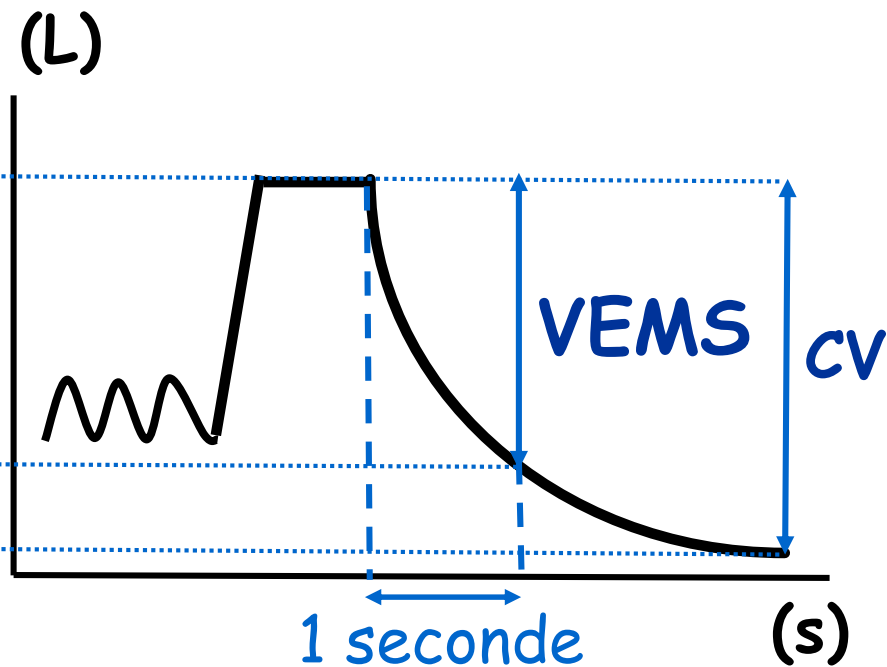
Volumes pulmonaires positions d'équilibre



$$\dot{V} = \Delta P / R$$

Analyse des débits expiratoires

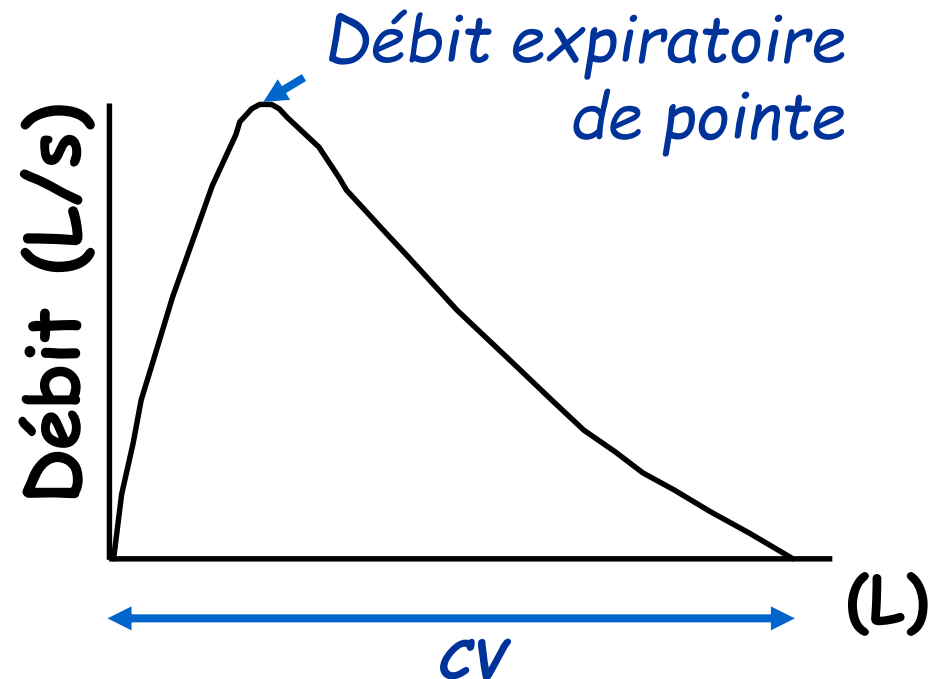
- Temps - Volume



VEMS > 70-75% CV

Volume Expiré Maximal en 1 Seconde

- Volume - Débit



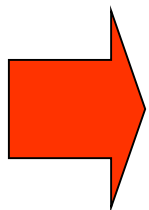
Analyse des résultats des EFR:
comparaison à des normes

Définition du sujet sain ou normal

- Du point de vue du pneumologue une population normale est constituée de sujets n'ayant jamais fumé et sans antécédent respiratoire
- Comme pour toutes les grandeurs biologiques il existe une dispersion des valeurs chez les sujets normaux et ce pour chacune des grandeurs d'intérêt en exploration fonctionnelle respiratoire: débits, volumes ou rapports

Facteurs influençant les débits, volumes et rapports

- Le sexe
- La taille
- L'âge
- L'ethnie
- D'autres facteurs, de moindre importance

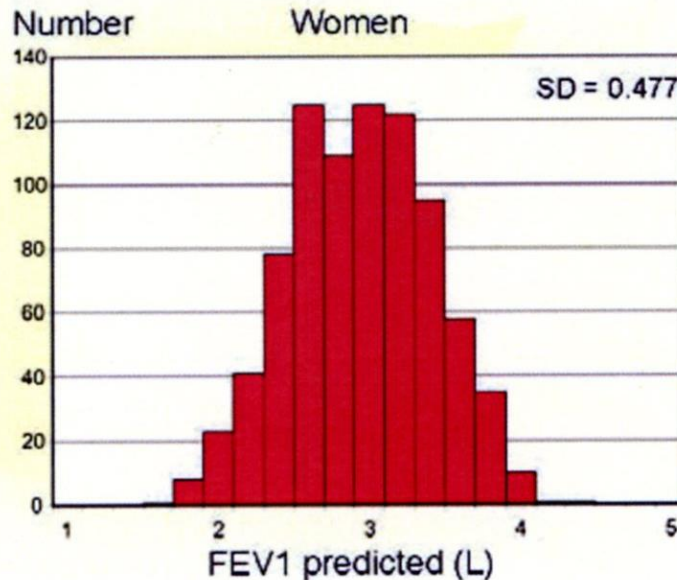
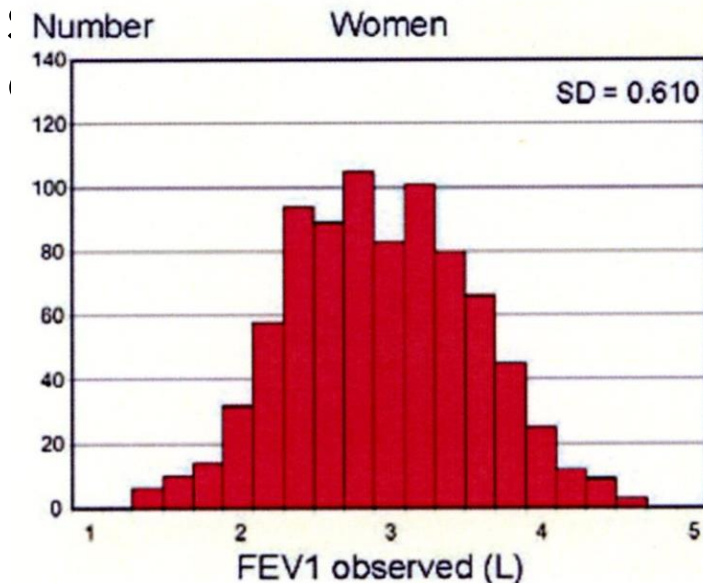


Calcul de valeurs prédites / théoriques dont l'écart type est réduit

Exemple:

correction pour sexe, âge et taille

- Après correction la distribution ne dépend plus que des facteurs résiduels
- L'écart type en est réduit d'autant
- L'écart type résiduel est multi factoriel. Il inclut sans doute la masse corporelle et bien d'autres facteurs dont le poids statistique individuel n'est pas



Méthodologie pour les normes

Quel pré requis ?

1. Norme tenant compte du sexe, de l'âge, de la taille et de l'ethnie (ou norme ethnique ou correction ethnique)

2. Méthodologie statistique adéquate (*Cole TJ, Green PJ, Stat Med, 1992*)

Méthode LMS (ou GAMLSS) : résume les changements de distribution de trois courbes: médiane, coefficient de variation et dissymétrie (*méthode utilisée par OMS: poids, taille des enfants*)

3. Norme tous âges: description croissance, sénescence
Développée à partir d'un grand nombre de sujets sains

Recommandations internationales (2005) Normalité définie statistiquement

Eur Respir J 2005; 26: 948–968
DOI: 10.1183/09031936.05.00035205
Copyright©ERS Journals Ltd 2005

**SERIES “ATS/ERS TASK FORCE: STANDARDISATION OF LUNG
FUNCTION TESTING”**

**Edited by V. Brusasco, R. Crapo and G. Viegi
Number 5 in this Series**

Interpretative strategies for lung
function tests

**Édition Française de la série
« standardisation des explorations
fonctionnelles respiratoires »
du groupe de travail ATS/ERS**

Coordonnée par C. Straus et T. Similowski
(traduite de l'anglais à partir de six articles publiés en 2005
dans l'European Respiratory Journal,
avec l'aimable autorisation de l'European Respiratory Society)

Revue
des **Maladies**
Respiratoires
Organe Officiel de la Société de Pneumologie de Langue Française

Rev Mal Respir 2006 ; 23 : 17S3
© 2006 SPLF. Édité par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

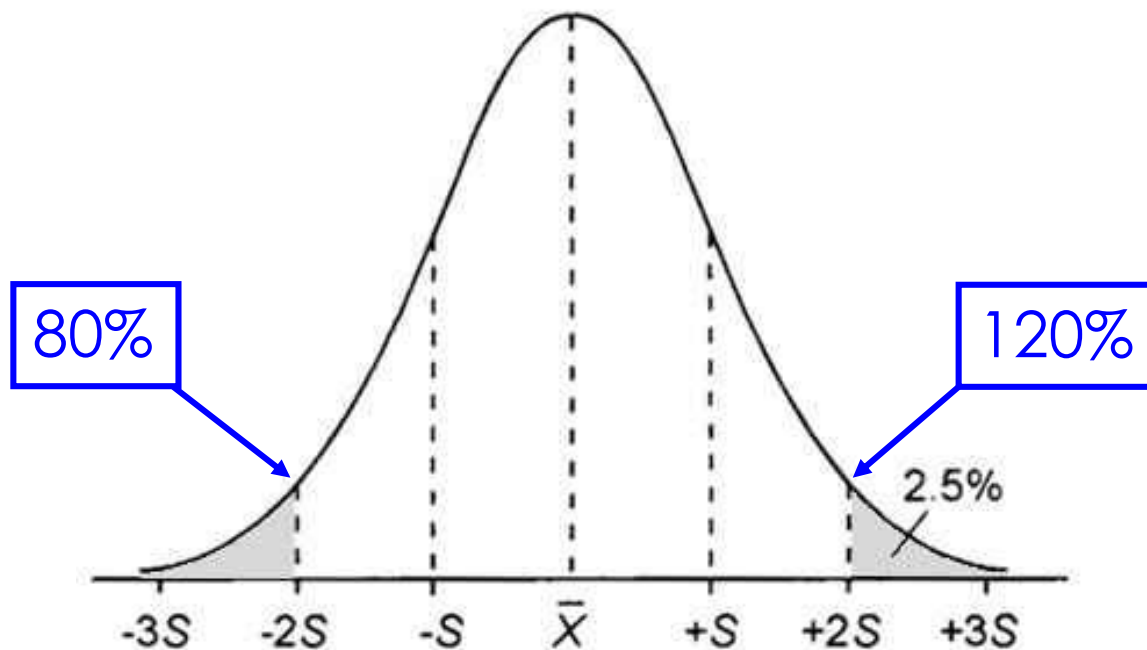
cahier 5

Vol 23 2006 n°

5

Avant 2005: utilisation d'une définition
opérationnelle (fausse...)

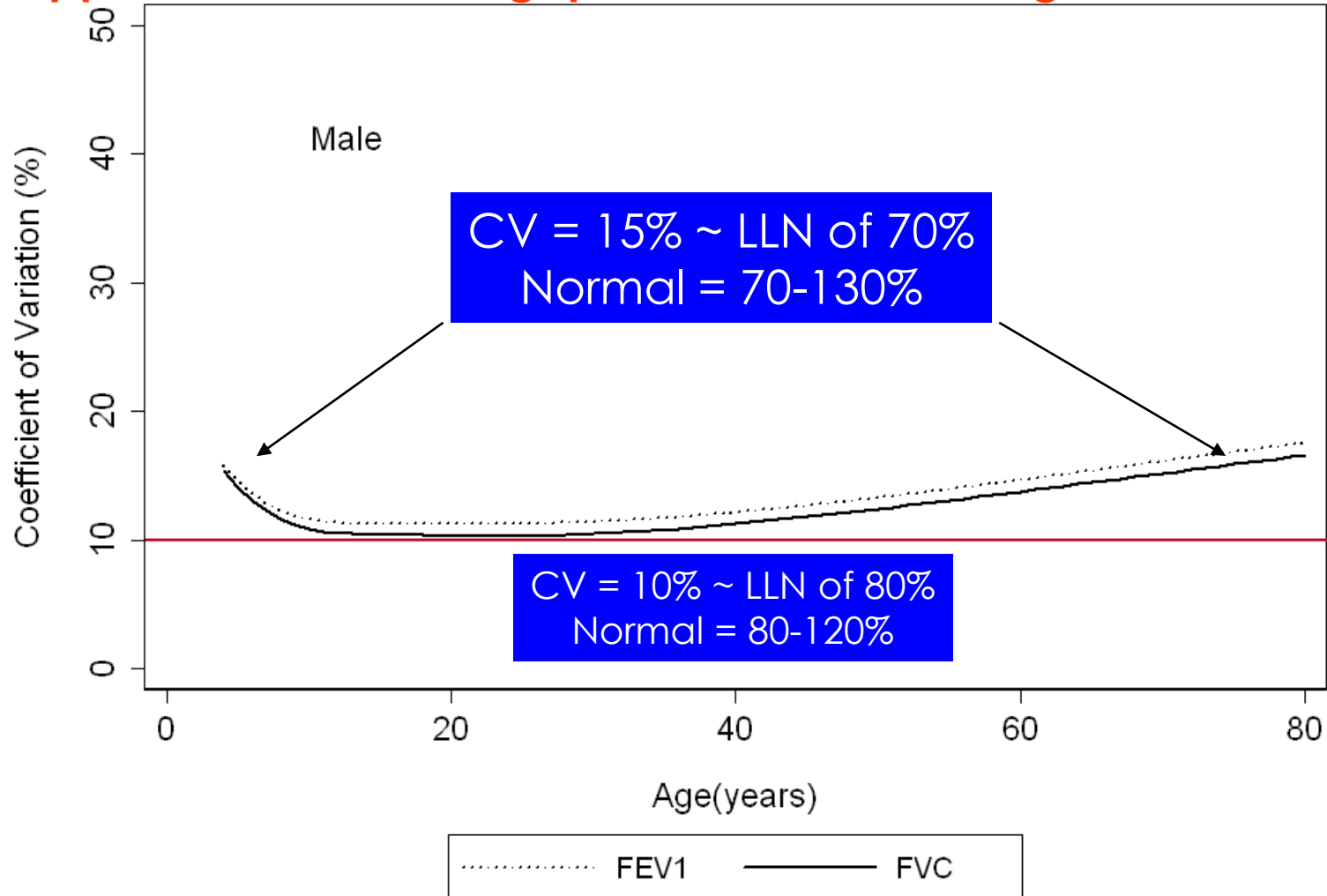
Que signifie l'utilisation du seuil de 80% de
la valeur prédite



Ce seuil signifie que l'écart type (SD) de la variation inter-individuelle est de 10% mais aussi que l'écart type est proportionnel à la valeur moyenne à tous les âges et pour toutes les tailles: **FAUX**

Coefficient de variabilité pour l'âge

Approche méthodologique très fautive aux âges extrêmes



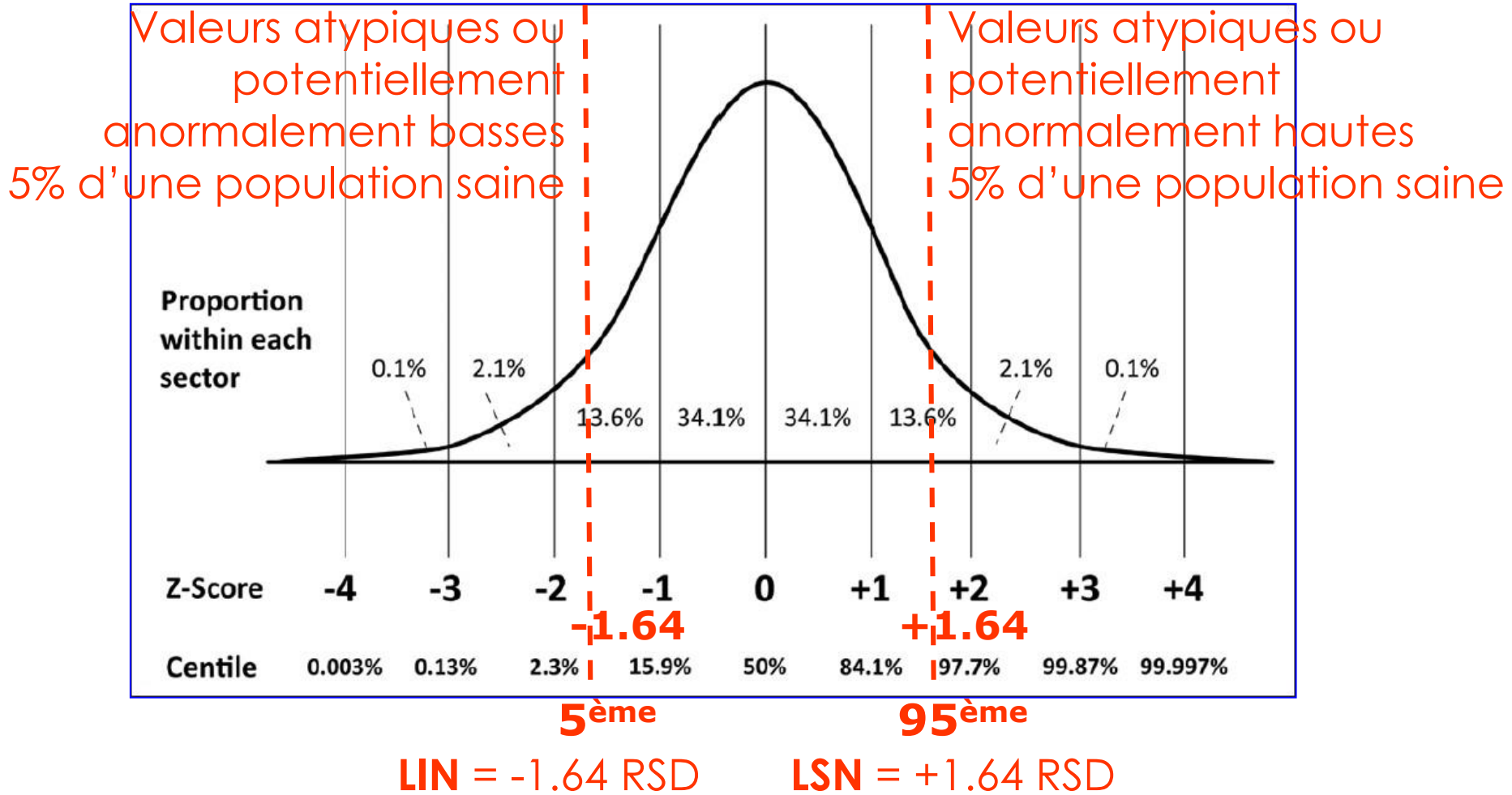
Expliquant le fait que les ouvrages pneumologiques définissaient le trouble restrictif par une CPT < 80% ou < 70% selon les ouvrages

LIN (LLN): limite inférieure de la normale
LSN (ULN): limite supérieure de la normale

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

μ = Mean
 σ = Standard Deviation

Z-score: quantification écart versus normalité



Interprétation des résultats des EFR

Expression en fonction de normes établies chez le sujet sain

Valeurs normales dépendent de:

- ethnie
- sexe
- taille
- âge

Expression des résultats d'EFR (recommandations internationales 2005):

Normalité: donnée par l'intervalle de confiance à 90%

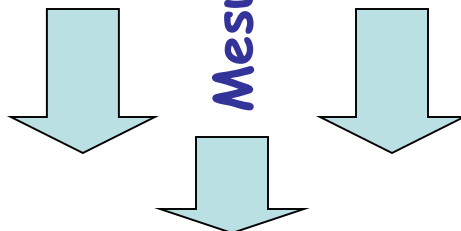
Limites de la normalité:

entre Limite Inférieure de la Norme (LIN) et

Limite Supérieure de la Norme (LSN)

Limites inf (LIN) et sup (LSN) prédites pour le sujet

Expression du résultat % de la théorique



DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

		LIN	Mesure	%norme
CV	[L]	3.12	3.68	97
VEMS	[L]	2.67	3.24	98
VEMS/CVL	[%]	73.67	88.07	104
DEP	[L/s]	5.74	6.04	84

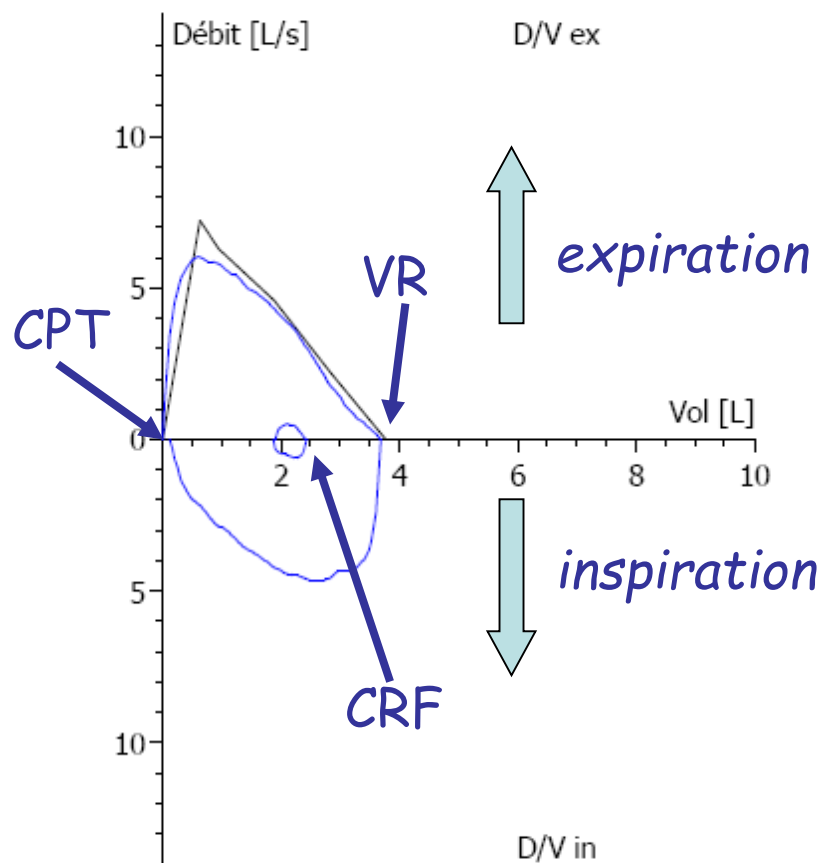
RESISTANCE DES VOIES AERIENNES

		Mesure	%norme
Raw	[kPa.s/L]	0.33	110.8

VOLUMES PULMONAIRES NON MOBILISABLES

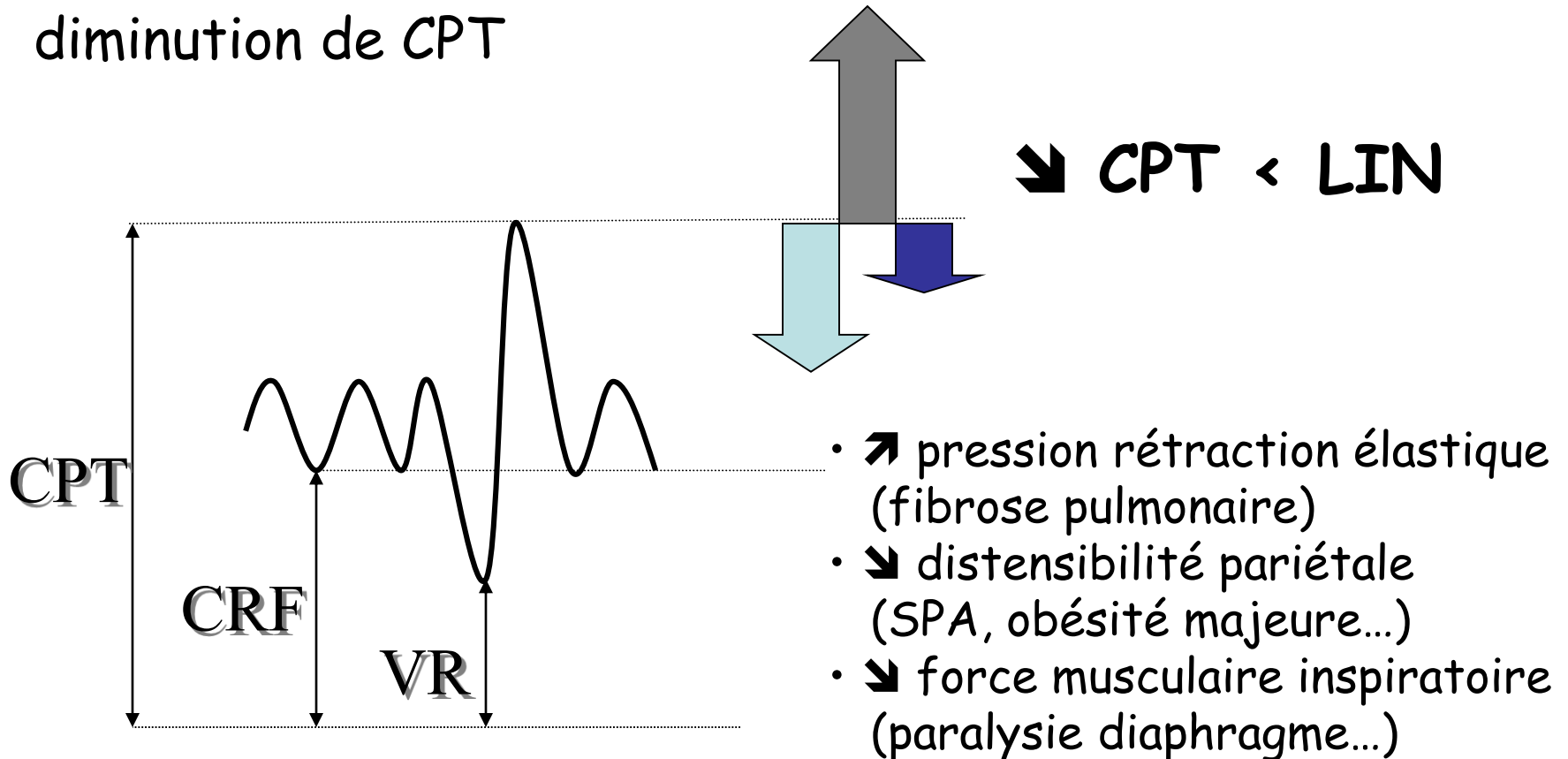
		LIN	LSN	Mesure	%norme
CPT-d1	[L]	4.11	6.09	4.99	98
VR-d1	[L]	0.81	1.96	1.31	95
VR/CPT-d1	[%]	17.90	37.02	26.29	96
CRF-d1	[L]	1.90	3.54	2.59	95

Boucle volume-débit



Interprétation : volumes

Trouble restrictif :
diminution de CPT



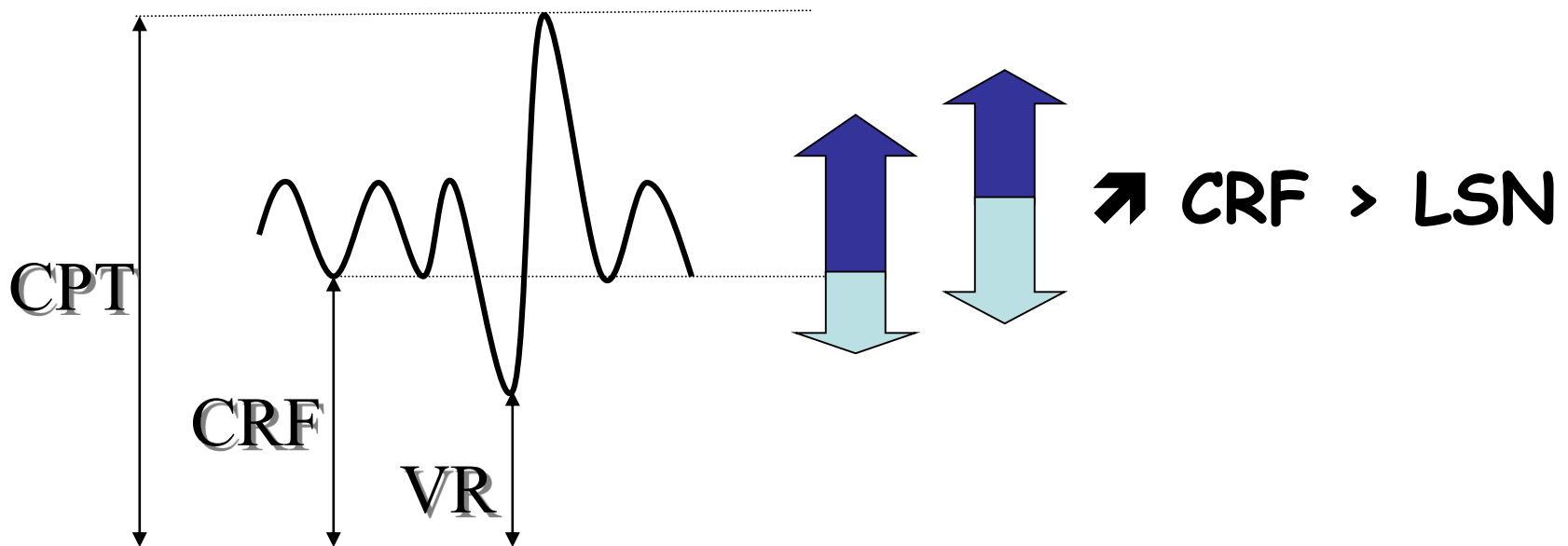
Interprétation : volumes

Distension thoracique:

Augmentation des volumes statiques (*pas de def. internationale*)

Deux mécanismes de distension

- ↘ pression rétraction élastique: distension de l'emphysème panlobulaire
- ↗ volume piégé (obstruction bronchique): distension dynamique de l'emphysème centrolobulaire (*la CRF n'est plus un volume statique...*)



Interprétation : débits

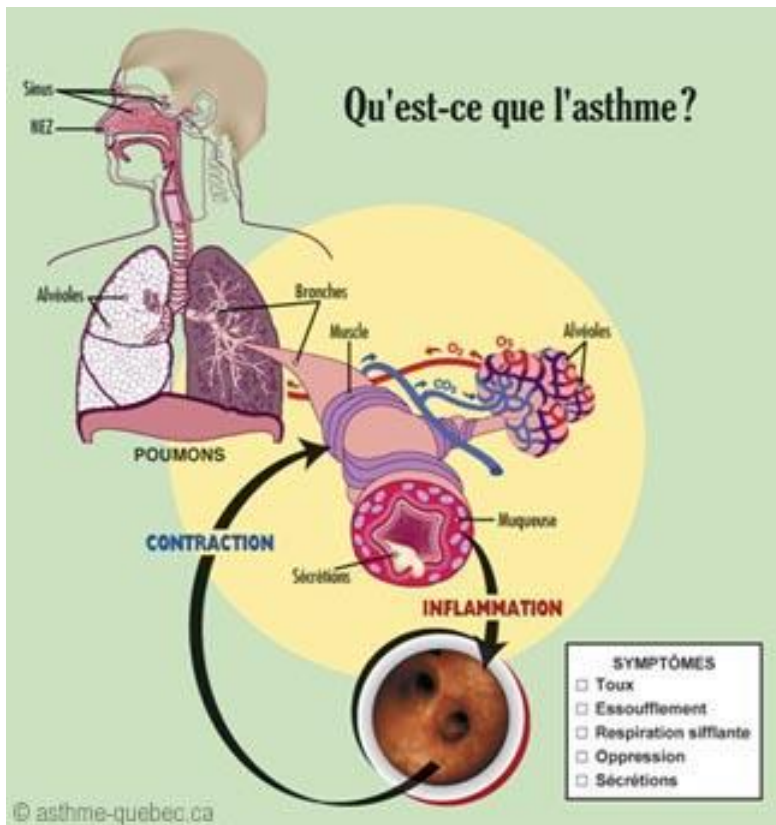
Trouble obstructif :

$$VEMS / CV < LIN$$

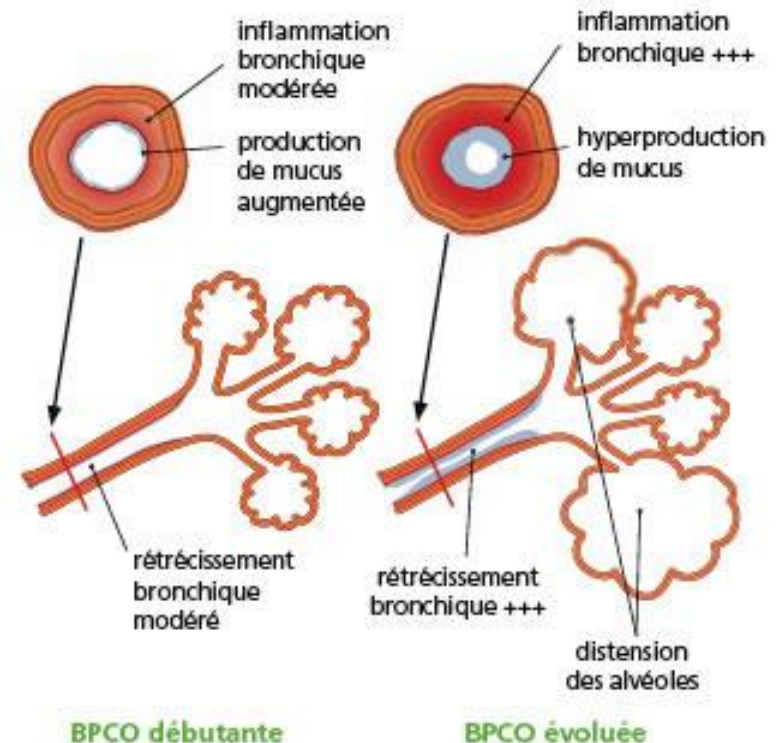
Le degré de diminution du VEMS
chiffre alors l'importance de l'obstruction

Obstruction des voies aériennes: mécanismes

Contraction du muscle lisse bronchique (asthme +++ , BPCO+)
Épaississement de la paroi bronchique (BPCO +++ , asthme+)

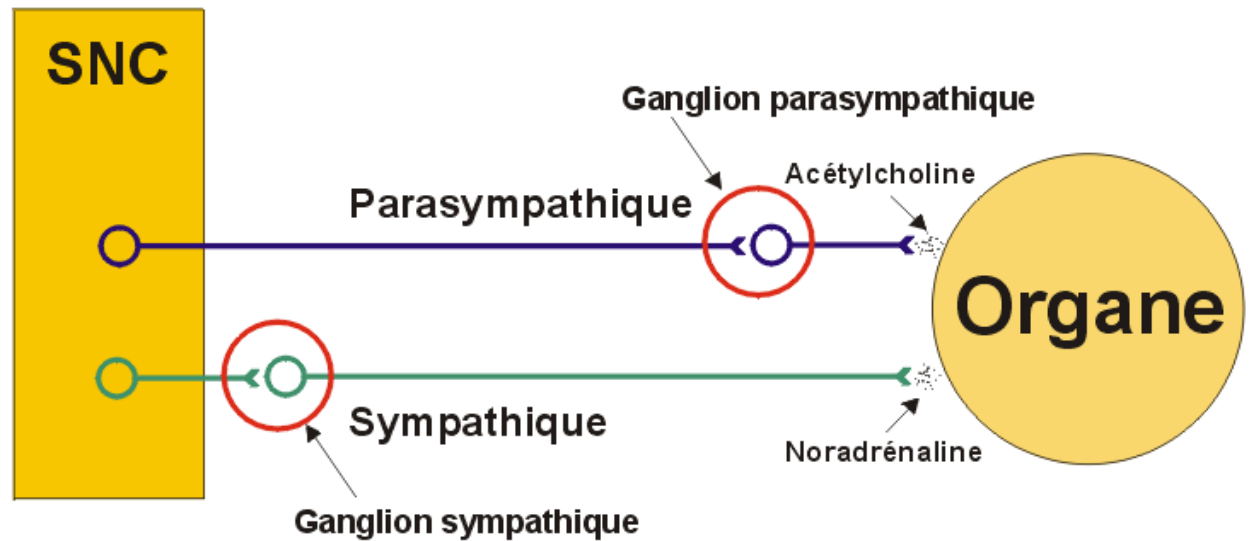


Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive
(secondaire au tabagisme principalement)

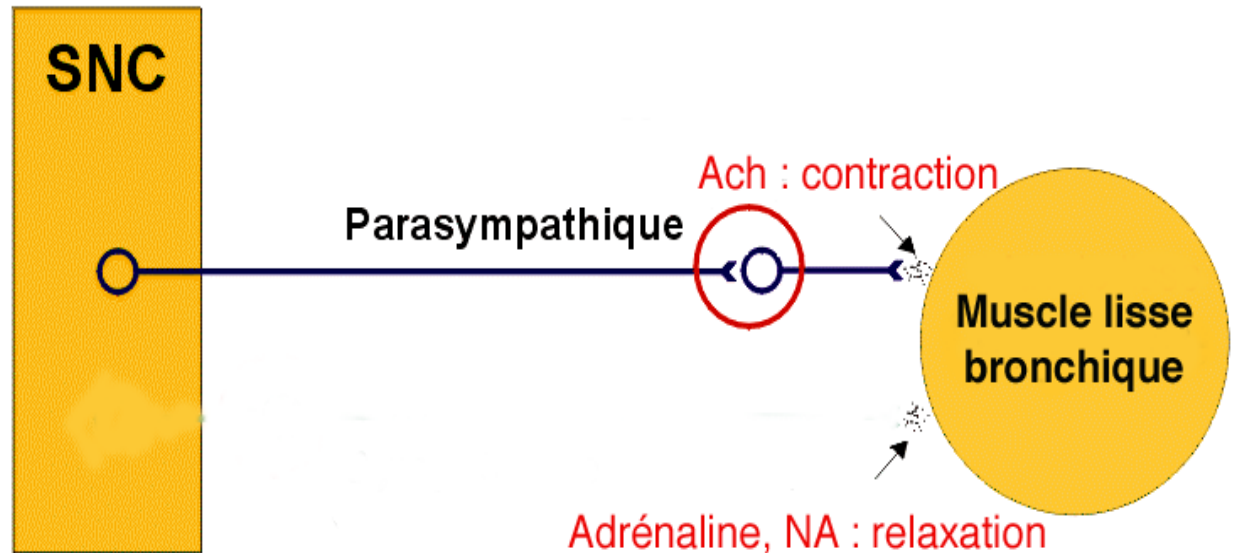


Broncho-réactivité

Système Nerveux Autonome : rappels



Système Nerveux Autonome : muscle lisse bronchique



Obstruction des voies aériennes: test de réversibilité

Test thérapeutique lors de l'EFR:

- administration d'un relaxant du muscle lisse bronchique
- par voie aérienne (inhalation)
- de délai et de durée d'action courts (10-20 minutes)
- stimulation des récepteurs β_2 -adrénergiques: β_2 -agoniste
- inhibition du système parasympathique: anticholinergique

En pratique, on fait inhaler au patient le médicament
On refait la mesure de débit 15 à 30 minutes plus tard
On va évaluer l'éventuelle amélioration de l'obstruction

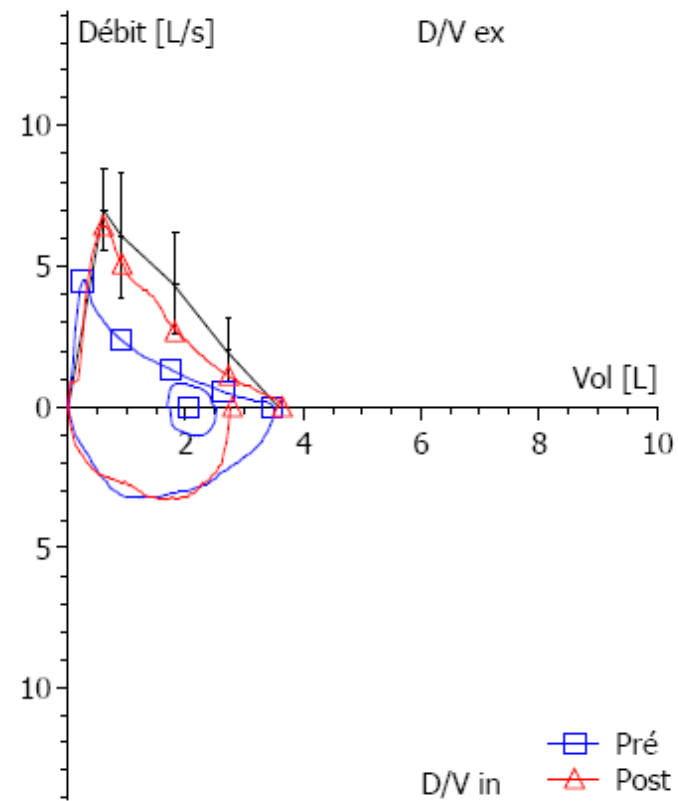
Réversibilité de l'obstruction:

- ↗ VEMS (ou CVF) $\geq 12\%$ valeur de base
- et ↗ VEMS (ou CVF) > 200 mL (variabilité de la mesure)

DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

		LIN	Mesure	%norme	post BD	%réponse
CVL	[L]	2.93	3.50	97	3.63	4
VEMS	[L]	2.47	2.02	65	2.79	38
VEMS / CVL	[%]	72.15	57.79	70	76.93	33
DEP	[L/s]	5.50	4.47	64	6.42	44

TEST DE BRONCHODILATATION : 400µg DE SALBUTAMOL.



Obstruction des voies aériennes: test de provocation

Maladie asthmatique:

Contraction intermittente du ML Bronchique (sibilants)
EFR normale entre les crises

En cas de doute diagnostic:

- administration d'un agent contractant du MLB
- metacholine (~ acetylcholine)
- l'hyper-réactivité bronchique est définie par une réponse exagérée

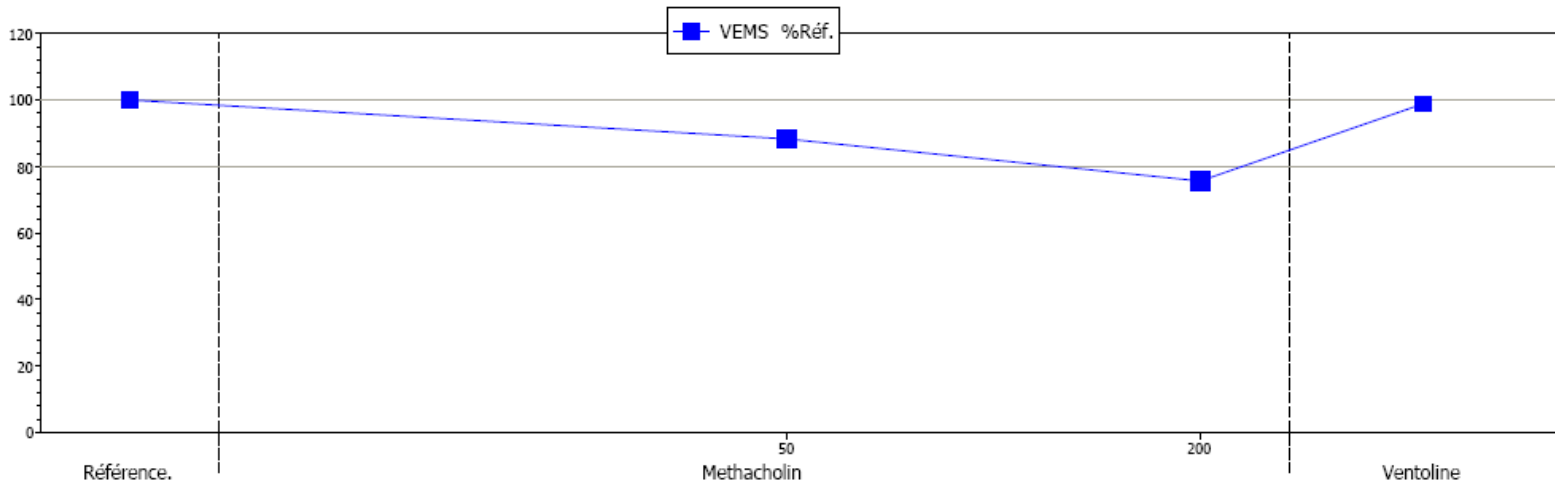
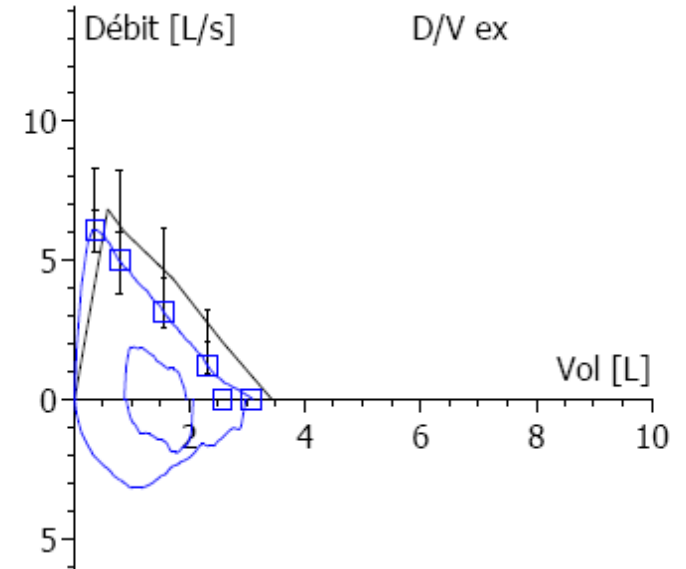
En pratique:

- inhalation de metacholine à dose ou concentration croissante
- suivie du VEMS pour détecter la survenue d'une obstruction bronchique
- positivité du test: diminution de plus de 20% du VEMS / base
(les doses/concentrations testées \searrow < 20% chez le sujet sain)

Jeune femme présentant des accès de sifflements nocturnes Suspicion d'asthme

DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

		Pré	%Théo
CV Lente	[L]	3.08	89
VEMS	[L]	2.56	86
VEMS % CV Lente	[%]	83.18	100



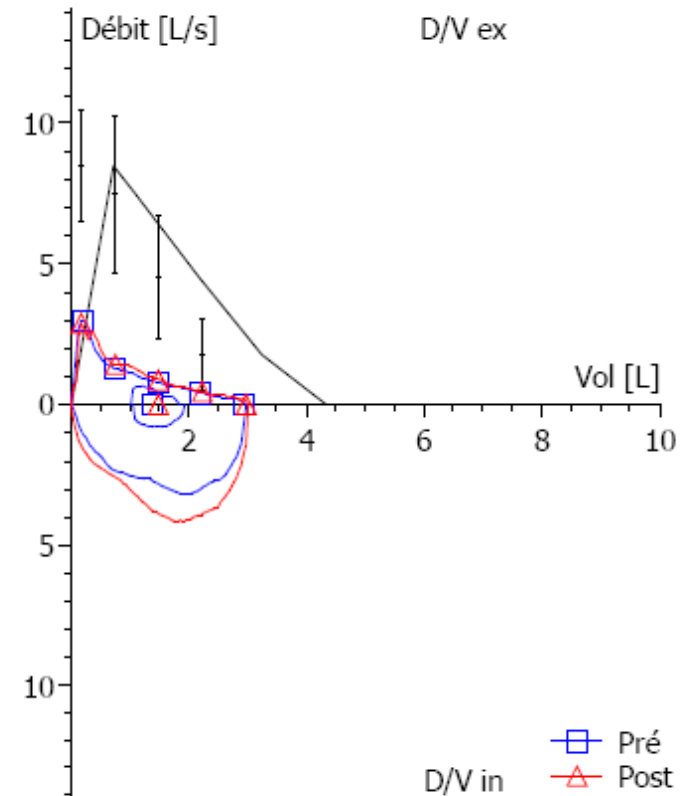
Réversibilité de l'obstruction ?

DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

		LIN	Mesure	%norme	post BD	%norme	%réponse BD
CVL	[L]	2.54	2.80	87	2.88	89	3
VEMS	[L]	2.02	1.34	51	1.38	52	3
VEMS / CVL	[*]	67.21	47.92	62	47.79	61	0
DEP	[L/s]	4.99	3.69	57	3.37	52	-9

RESISTANCE DES VOIES AERIENNES

		Théo	Mes	%Théo
RAW	[kPa*s/L]	0.30	0.59	195.6

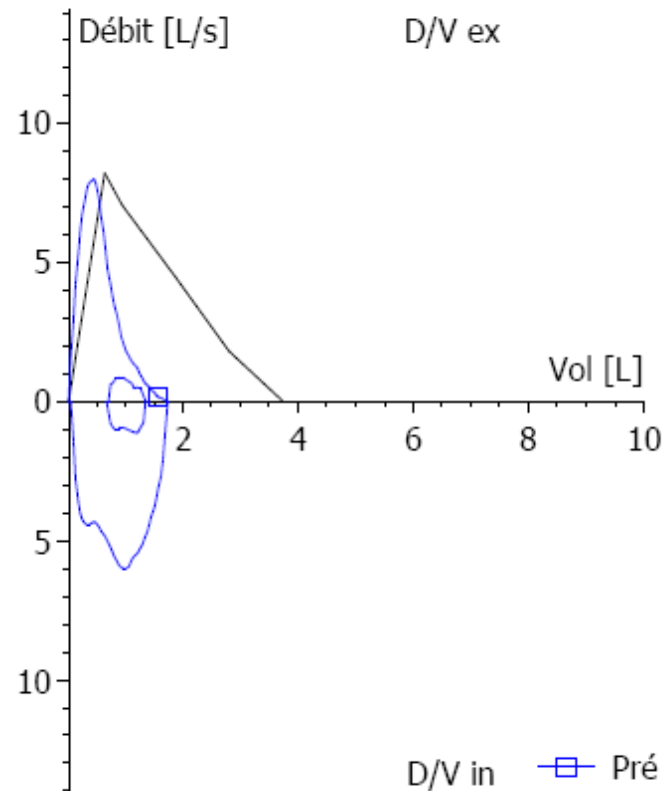


DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

		LIN	Mesure	%norme
CVL	[L]	2.94	1.72	45
VEMS	[L]	2.34	1.52	48
VEMS / CVL	[%]	68.97	88.55	110
DEP	[L/s]	6.20	7.96	97

VOLUMES PULMONAIRES NON MOBILISABLES

		LIN	LSN	Mesure	%norme
CPT-pl	[L]	4.24	6.53	2.38	44
VR-pl	[L]	0.93	2.28	0.67	41
VR / CPT-pl	[%]	19.05	36.95	27.89	100
CRF-pl	[L]	1.90	3.87	1.08	37



DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

		LIN	Mesure	norme
CVL	[L]	2.94	1.72	45
VEMS	[L]	2.34	1.52	48
VEMS / CVL	[%]	68.97	88.55	110
DEP	[L/s]	6.20	7.96	97

VEMS/CV > LIN
pas d'obstruction

VOLUMES PULMONAIRES NON MOBILISABLES

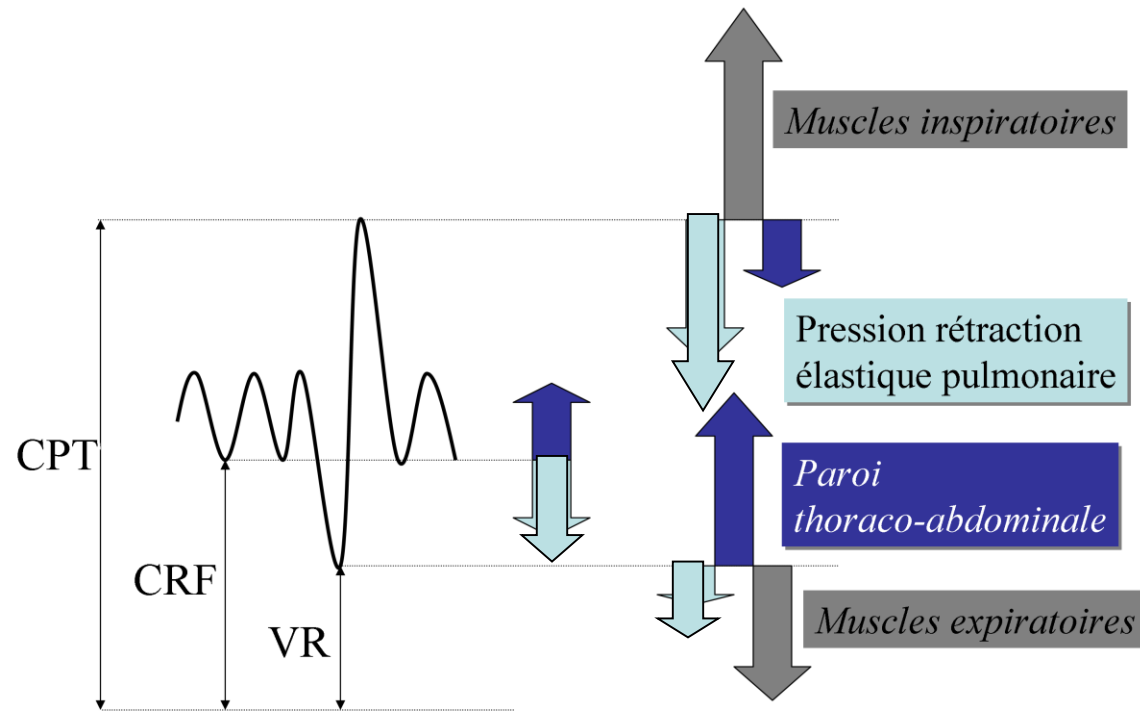
		LIN	LSN	Mesure	norme
CPT-pl	[L]	4.24	6.53	2.38	44
VR-pl	[L]	0.93	2.28	0.67	41
VR / CPT-pl	[%]	19.05	36.95	27.89	100
CRF-pl	[L]	1.90	3.87	1.08	37

CPT < LIN: trouble restrictif

Trouble restrictif isolé, mécanismes:

- diminution de Cp pulmonaire
- diminution de Cp thoracique
- diminution effort musculaire

Raisonnement sur les volumes statiques



Diminution de C_p
pulmonaire =
Augmentation
pression de
rétraction
élastique

↘ C_p pulmonaire = ↘ de tous les volumes statiques

DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

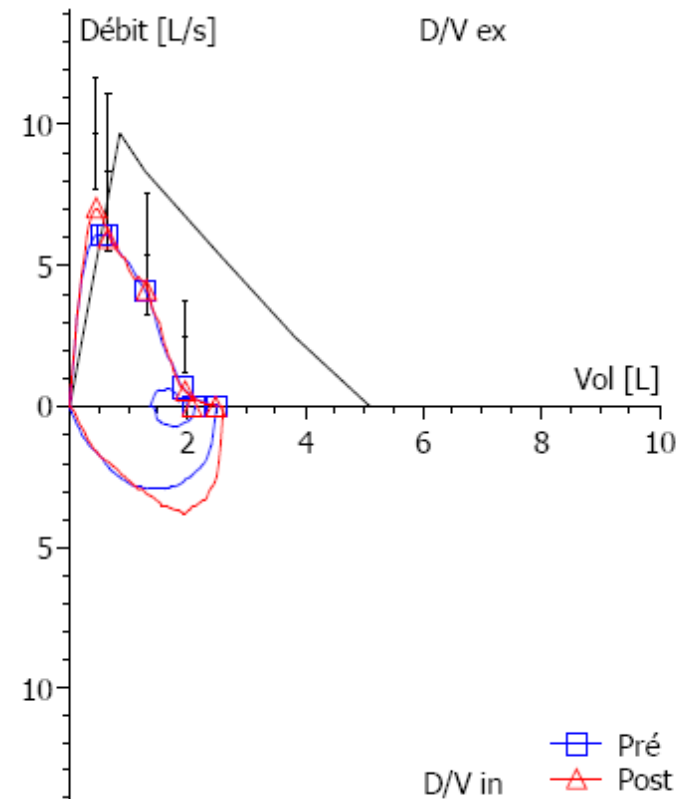
		LIN	Mesure	%norme
CVL	[L]	3.69	2.39	52
VEMS	[L]	2.91	1.98	53
VEMS / CVL	[%]	69.87	83.11	102
DEP	[L/s]	7.03	6.12	68

RESISTANCE DES VOIES AERIENNES

		Mesure	%norme
Raw	[kPa*s/L]	0.26	87.4

VOLUMES PULMONAIRES NON MOBILISABLES

		LIN	LSN	Mesure	%norme
CPT-pl	[L]	5.04	7.33	4.04	65
VR-pl	[L]	0.95	2.30	1.65	101
VR / CPT-pl	[%]	17.10	35.00	40.86	157
CRF-pl	[L]	2.09	4.06	2.47	80



DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

		LIN	Mesure	tnorme
CVL	[L]	3.69	2.39	52
VEMS	[L]	2.91	1.98	53
VEMS / CVL	[%]	69.87	83.11	102
DEP	[L/s]	7.03	6.12	68



Absence de TVO

RESISTANCE DES VOIES AERIENNES

		Mesure	tnorme
Raw	[kPa*s/L]	0.26	87.4

VOLUMES PULMONAIRES NON MOBILISABLES

		LIN	LSN	Mesure	tnorme
CPT-pl	[L]	5.04	7.33	4.04	65
VR-pl	[L]	0.95	2.30	1.65	101
VR / CPT-pl	[%]	17.10	35.00	40.86	157
CRF-pl	[L]	2.09	4.06	2.47	80



Présence d'un TVR

Mécanisme du TVR:

Systeme passif normal (CRF), systeme actif (muscle) affecté

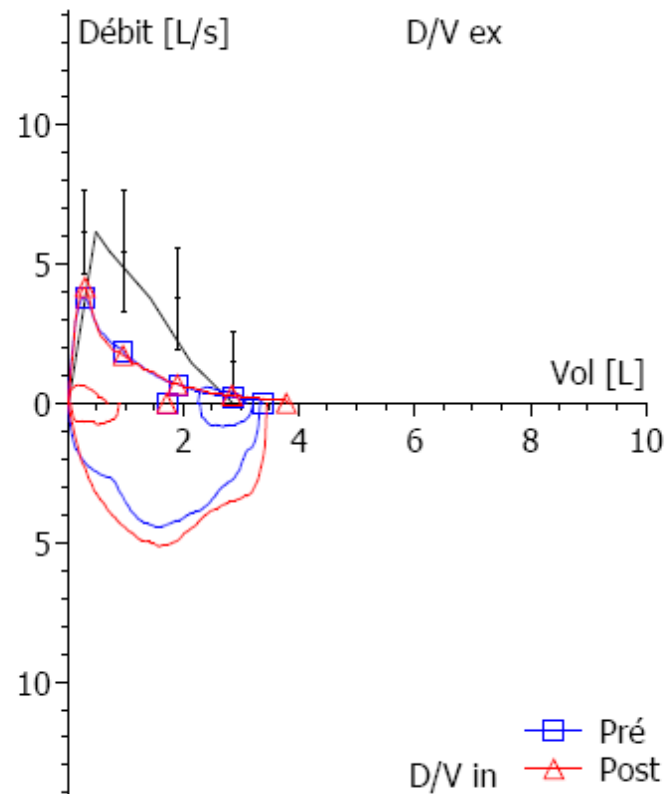
- ↘ CPT = TVR diminution effort inspiratoire
- CRF normale: Cp pulmonaire et paroi: normales
- ↗ VR diminution effort expiratoire

DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

		LIN	Mesure	%norme
CVL	[L]	2.24	3.79	130
VEMS	[L]	1.79	1.71	71
VEMS / CVL	[%]	68.16	45.17	57
DEP	[L/s]	4.65	3.75	61

VOLUMES PULMONAIRES NON MOBILISABLES

		LIN	LSN	Mesure	%norme
CPT-pl	[L]	3.84	5.83	6.69	138
VR-pl	[L]	1.20	2.35	2.90	163
VR / CPT-pl	[%]	27.76	46.88	43.34	116
CRF-pl	[L]	1.84	3.48	3.66	138



DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

		LIN	Mesure	%norme
CVL	[L]	2.24	3.79	130
VEMS	[L]	1.79	1.71	71
VEMS / CVL	[%]	68.16	45.17	57
DEP	[L/s]	4.65	3.75	61



Trouble obstructif

VOLUMES PULMONAIRES NON MOBILISABLES

		LIN	LSN	Mesure	%norme
CPT-pl	[L]	3.84	5.83	6.69	138
VR-pl	[L]	1.20	2.35	2.90	163
VR / CPT-pl	[%]	27.76	46.88	43.34	116
CRF-pl	[L]	1.84	3.48	3.66	138

Distension

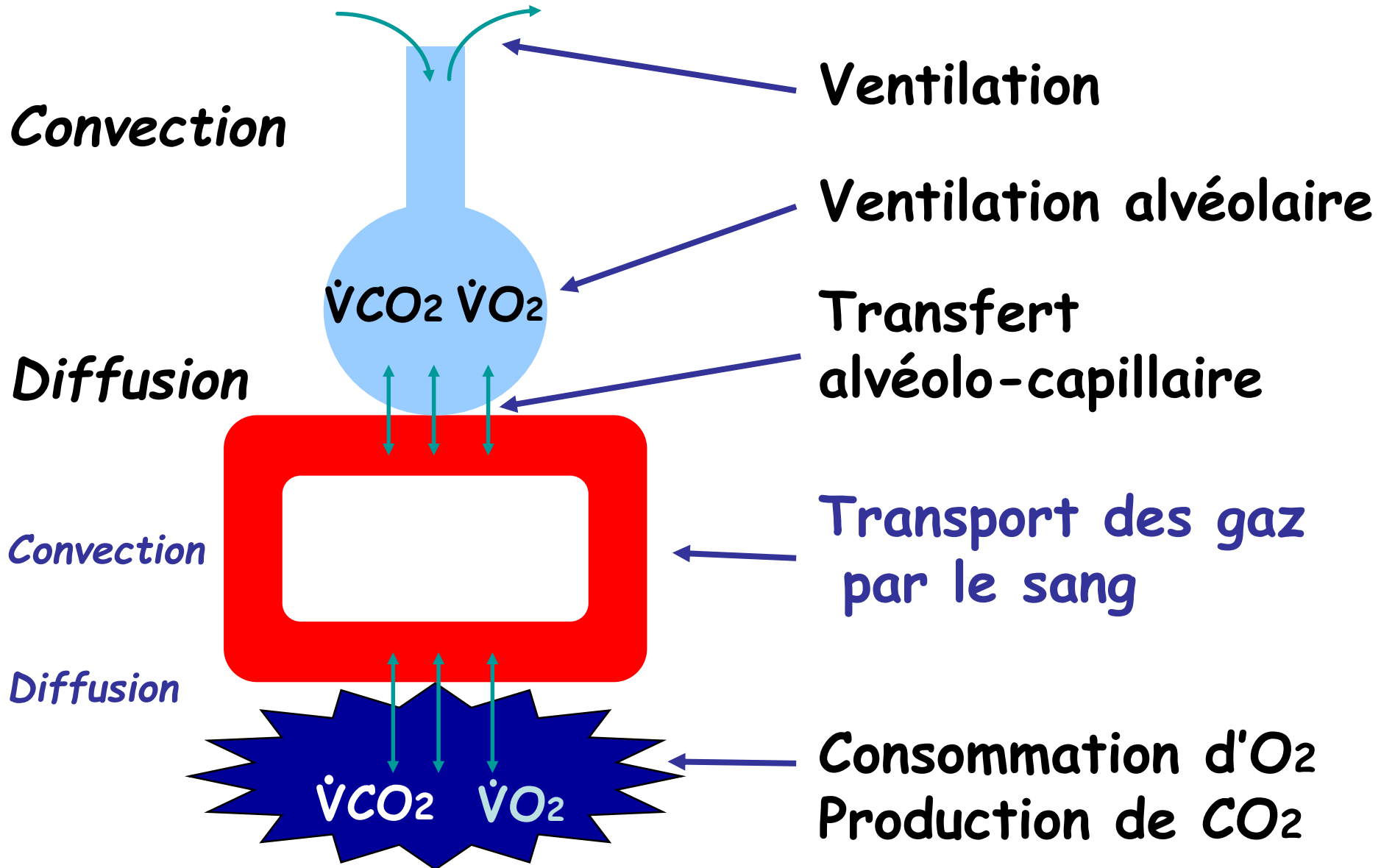
Homogène

Présente à haut (CPT)

et bas (VR) volume pulmonaire

Distension statique (panlobulaire)

Echanges gazeux



Ponction artérielle:

Sang oxygéné

Permet de définir un trouble de l'hématose

Hématose normale ?

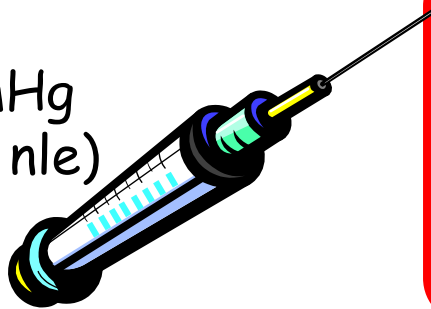
PaO₂ (mmHg) et PaCO₂ (mmHg)

↘ PaO₂ = hypoxémie

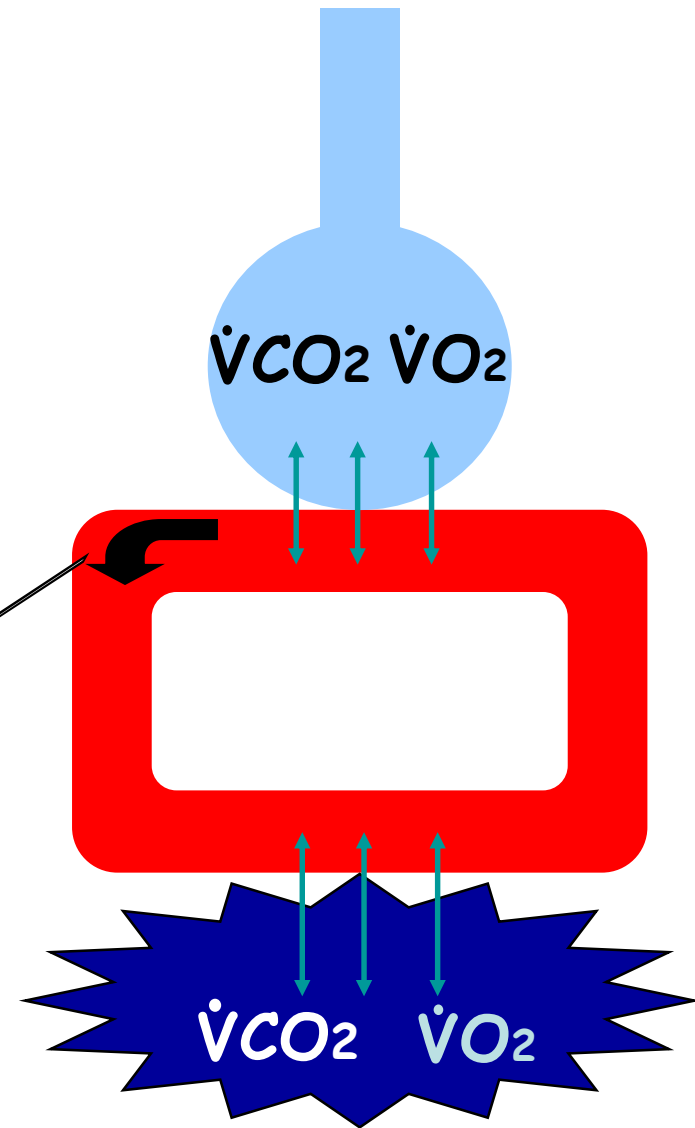
↗ PaCO₂ = hypercapnie

PaO₂ normale: 70-80 à 100 mmHg
(pour une ventilation alvéolaire nle)

PaCO₂ normale: 35-45 mmHg



1. Composition de l'air ambiant
2. Composition du gaz alvéolaire
3. Diffusion: équilibre des pressions
4. Pressions partielles sang artériel



Ponction artérielle (méthodologie)



Ponction artérielle
Radiale le plus souvent

Assessment of collateral circulation to the hand prior to radial artery harvest

Vascular Medicine

17(5) 352–361

Joseph Habib, Lauren Baetz and Bhagwan Satiani

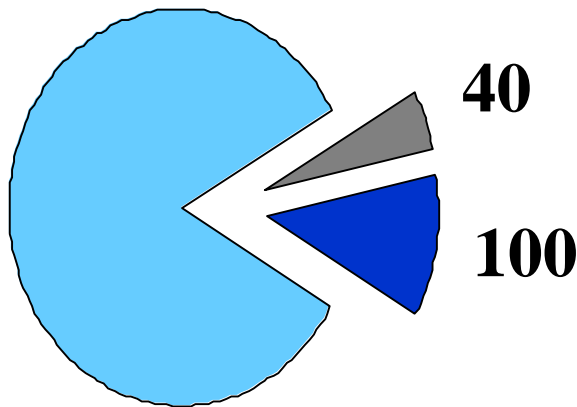
Gaz inspiré $P_{IO_2} = (P_B - 47) \times F_{IO_2}$

- F_{IO_2}
 - change si administration thérapeutique d'oxygène ($0,21 \leq F_{IO_2} \leq 1$)
 - ne change pas avec l'altitude
- Pression barométrique
 - diminue en altitude (/2 à 5000 m)
 - augmente en caisson hyperbare

Pression alvéolaire en O₂ (P_{AO₂})

Formule simplifiée de la P_{AO₂}:

$$P_{AO_2} \approx P_{IO_2} - (P_{ACO_2} / 0,8)$$



$$P_{IO_2} = 713 \times F_{IO_2}$$
$$P_{ACO_2} = P_{aCO_2}$$

$$100 \text{ mmHg} \approx 150 - (40 / 0,8)$$

Comment interpréter la PaO_2 en cas d'hyper ou hypoventilation alvéolaire

Différence alvéolo-artérielle en O_2

$$P_{AO_2} - PaO_2$$

$$P_{IO_2} - (PaCO_2 / 0,8) - PaO_2$$

Limites de la normale 0 - 20 (30) mmHg

Norme supérieure

Norme inférieure

$$150 - (40 / 0,8 + 100)$$

$$150 - (40 / 0,8 + 80 (70))$$

Hétérogénéité VA/Q physiol. poumon âgé

PaO_2 normale selon l'âge entre 80 (70 à partir de 75 ans) et 100 mmHg

Cas clinique:

On réalise deux mesures des gaz du sang artériel chez un patient âgé de 30 ans

Première mesure par l'externe, seconde par l'interne quelques minutes plus tard pour vérification

Première mesure:

$\text{PaO}_2 = 115 \text{ mmHg}$, $\text{PaCO}_2 = 25 \text{ mmHg}$, $\text{pH} = 7.55$, $\text{HCO}_3^- = 22 \text{ mEq/L}$

Seconde mesure:

$\text{PaO}_2 = 97.5 \text{ mmHg}$, $\text{PaCO}_2 = 39 \text{ mmHg}$, $\text{pH} = 7.40$

Caractérisez le trouble acido-basique

Comment expliquez vous la différence entre les 2 GdS ?

La seconde mesure était elle utile ?

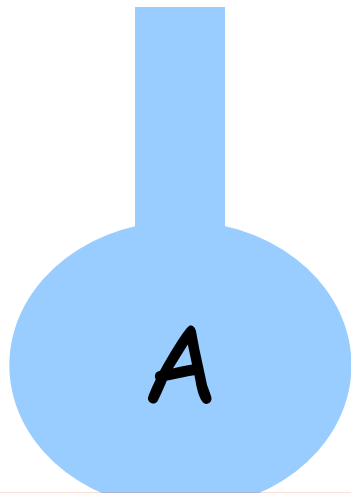
Comment interpréter l'hématose lorsque le niveau de ventilation alvéolaire est anormal ?

Calcul de la différence alvéolo-artérielle

Différence entre la pression alvéolaire théorique en O_2 (avec laquelle s'équilibre la pression artérielle) et la pression artérielle en O_2 mesurée (gaz du sang)

Brefs rappels

$$P_{IO_2} = (P_{atm} - P_{H_2O}) \times F_{IO_2} = (760 - 47) \times 0.21 \sim 150 \text{ mmHg}$$



Gaz alvéolaire = AA + vapeur d'eau + CO₂
PAO₂ dépend de la façon dont est renouvelé le gaz alvéolaire (ventilation alvéolaire)

PAO₂ = Pression alvéolaire en O₂



PcapO₂ = Pression capillaire pulmonaire

PcapO₂ ~ PAO₂ si diffusion normale
AaPO₂ quasi nulle à 20 ans (2 mmHg)

Pression alvéolaire en oxygène (équation simplifiée des gaz alvéolaires)

$$PAO_2 \approx PIO_2 - (PACO_2 / 0,8)$$

Quotient respiratoire : QR

Différence alvéolo-artérielle:

PAO₂ calculée - PaO₂ mesurée

En air ambiant:

Norme: 0 à 30 mmHg

Augmentation: hypoxémie avec altération échangeur

- hétérogénéité des rapports ventilation/perfusion
- shunt
- trouble de diffusion

Réponses

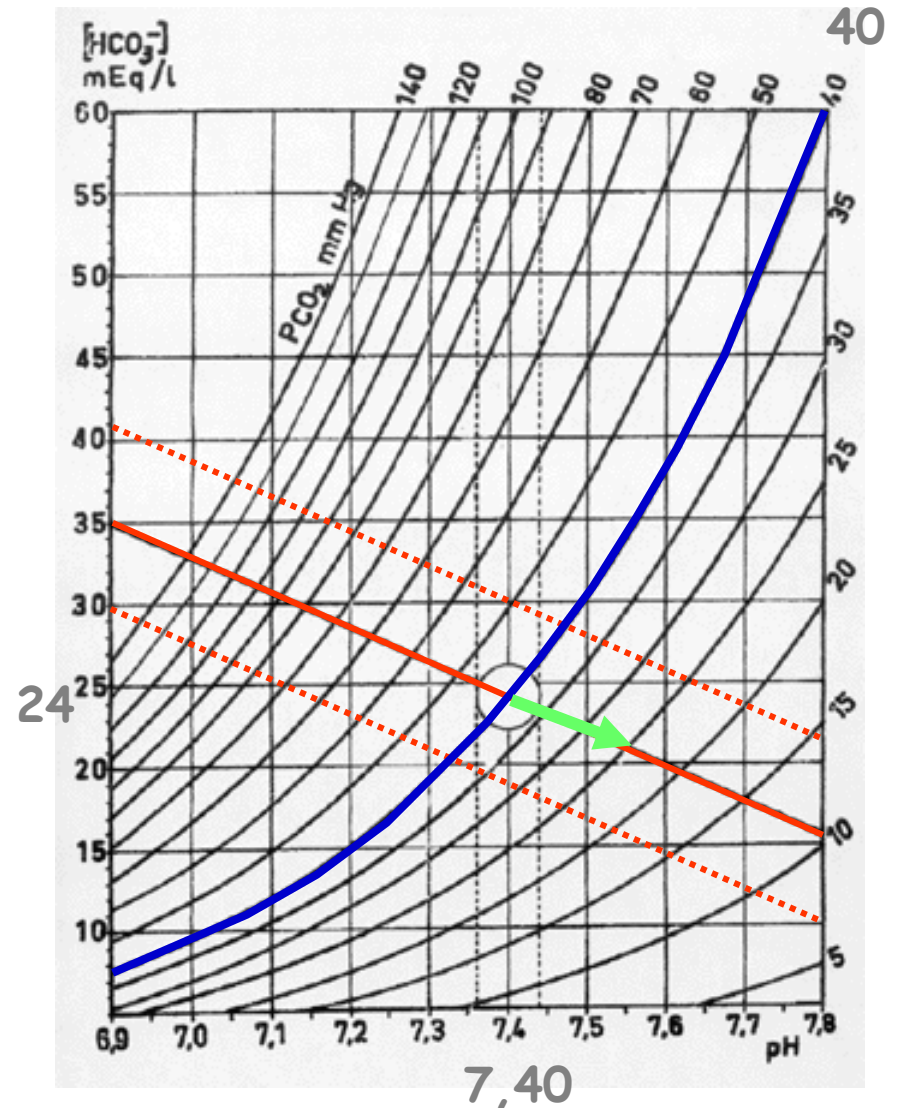
la différence alvéolo-artérielle est dans les deux cas égale à 3.75 mmHg donc normale

hématose normale

hyperventilation alvéolaire lors du premier gaz du sang (peur de l'externe !)

contrôle inutile du gaz du sang puisque normal

Alcalose respiratoire aiguë



Les causes d'hypoxémie

Troubles des Échanges Gazeux	PaO ₂	PaCO ₂	D(A - a)O ₂ mmHg	Diagnostic
Hypoventilation	diminuée	augmentée	< 10	PaCO ₂ augmentée DO ₂ < 10
Diffusion	diminuée	diminuée	> 10	DLCO et Épreuve d'effort
Shunt Droite-Gauche	diminuée	normale ou diminuée	> 10	Épreuve en oxygène pur
Anomalies \dot{V}_A/\dot{Q}	diminuée	normale ou diminuée	> 10	

Hoe 50 ans, fumeur (1 paquet cig/jour depuis 30 ans), essoufflé à l'effort

DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

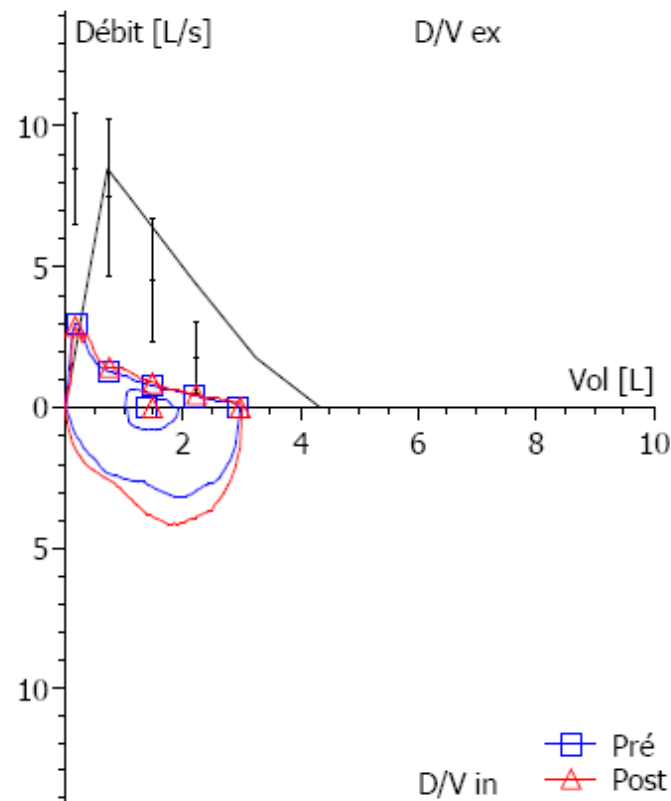
		LIN	Mesure	%norme	post BD	%norme	%réponse BD
CVL	[L]	2.54	2.80	87	2.88	89	3
VEMS	[L]	2.02	1.34	51	1.38	52	3
VEMS / CVL	[*]	67.21	47.92	62	47.79	61	0
DEP	[L/s]	4.99	3.69	57	3.37	52	-9

RESISTANCE DES VOIES AERIENNES

		Théo	Mes	%Théo
RAW	[kPa*s/L]	0.30	0.59	195.6

Gaz du sang (air) :

PaO2 = 58 mmHg, PaCO2 = 42 mmHg



Réponses

BPCO post-tabagique

Trouble ventilatoire obstructif: $VEMS/VCL < LIN$

VEMS diminué de façon importante $< 50\%$

Hypoxémie et normocapnie (hétérogénéités des $V'A/Q'$)

Insuffisance respiratoire chronique si ses $GdSg$ sont stables

Insuffisance respiratoire chronique: incapacité du système respiratoire à assurer le maintien d'une hématoxémie normale (hypoxémie ± hypercapnie chroniques -vérifiée à 2 reprises)

Patient âgé de 65 ans, BPCO, adressé pour suivi de sa fonction respiratoire

Un gaz du sang artériel est pratiqué et montre:

pH = 7,40

PaO₂ = 55 mmHg; PaCO₂ = 48 mmHg

[HCO₃⁻] = 30 mmol/L

Caractériser le trouble de l'hématose et acido-basique

Ce gaz du sang est identique à celui réalisé un mois plus tôt lors d'une première EFR, quel diagnostic fonctionnel portez vous ?

Le même patient arriverait aux Urgences avec un gaz du sang montrant:

pH = 7.30 , PaO₂ 50 mmHg, PaCO₂ 52 mmHg, [HCO₃⁻] 31 mM

Comment caractérisez vous ce GdS, y a-t-il urgence ?

Réponses:

Hypoxémie + hypercapnie

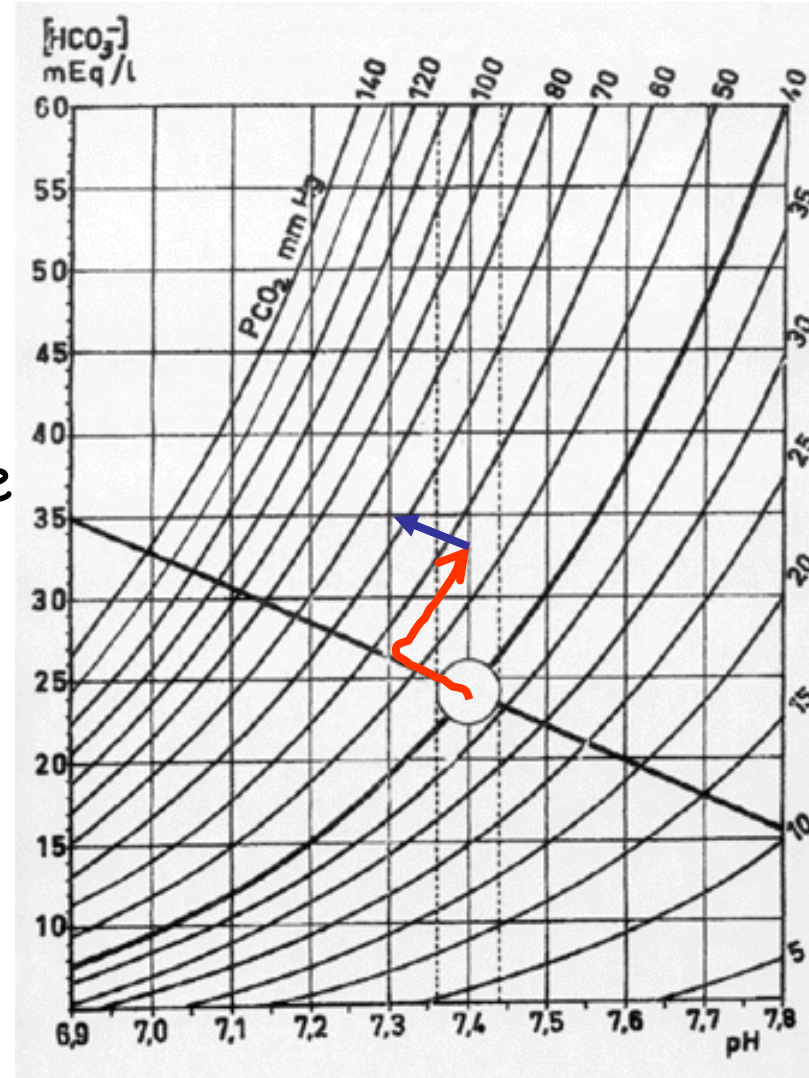
Acidose respiratoire chronique
compensée totalement

Insuffisance respiratoire chronique

Hypoxémie + hypercapnie

Acidose respiratoire aiguë
Sur acidose chronique

Insuf. respiratoire aiguë = urgence



Comment raisonner devant une hypoxémie ?

Calcul de la $D(A-a)O_2$

$D(A-a)O_2$
normale
=
↘ PAO_2
alvéolaire

$D(A-a)O_2$ ↗
=
 PAO_2 alvéolaire
normale

$PaCO_2$ normale
• $FIO_2 < 21\%$
• $P_{ATM} < 760$ mmHg

$PaCO_2$ ↗
hypoventilation
alvéolaire

- trouble diffusion
- hétérogénéité VA/Q
- shunt

Insuffisance respiratoire: incapacité du système respiratoire à assurer sa fonction, une hématoxémie normale

Mécanismes des hypoxémies

Hypoventilation alvéolaire

- $\text{PaCO}_2 > 45 \text{ mmHg}$

Anomalie de la diffusion

- transfert du CO anormal
- diminution de PaO_2 à l'exercice

Shunt

- épreuve d'oxygène pur
- $\text{PaO}_2 < 500 \text{ mmHg}$ avec $\text{FIO}_2 100\%$

Effet shunt / Hétérogénéité de distribution des VA/Q

- mécanisme le plus fréquent
- augmentation de PaO_2 à l'exercice

Le transfert alvéolo-capillaire: théorie

Transfert alvéole - sang

2 étapes: 1) diffusion puis 2) réaction sang capillaire

Capacité de transfert

$$DL = \dot{V} / (P_A - P_{cap})$$

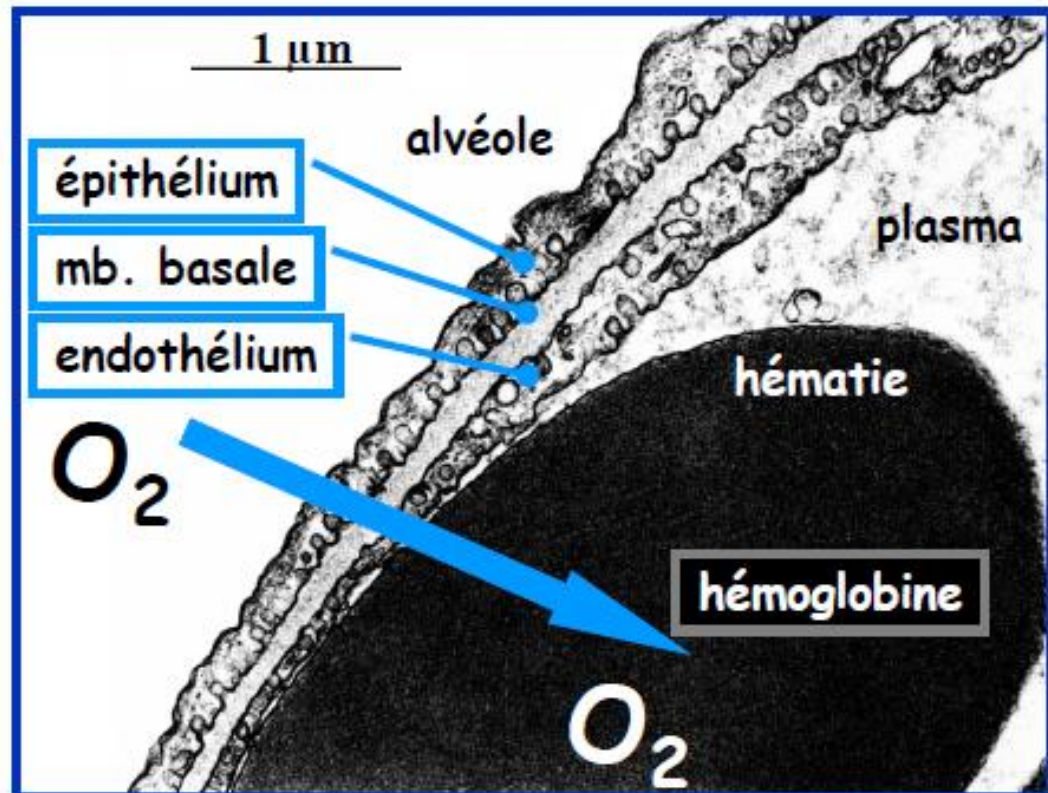
(conductance pour le gaz)

Théorie (modèle)

$$R_{tot} = R_m + R_s$$

$$1/DL_x = 1/D_{mX} + 1/D_{sX}$$

membrane sang

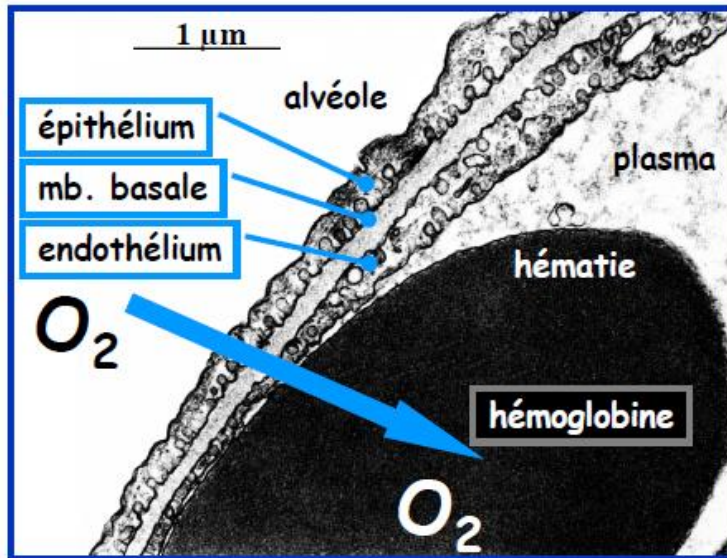


Etape 1 (diffusion: loi de Fick):

débit de diffusion

$$\dot{V} = \underbrace{\alpha/\sqrt{PM} \times A/e}_{DmX} \times (P1 - P2)$$

DmX : capacité de transfert
(conductance membranaire)



Poumon:

A : surface alvéolaire $\sim 100 \text{ m}^2$

e : épaisseur: $0.5 \mu m$

$P1 = PAO_2 \sim 100 \text{ mmHg}$

$P2 = PvO_2 \sim 40 \text{ mmHg}$

Etape 2 (réaction):

conductance $DsX = \theta X \cdot Vc$

θ : cinétique

Vc : volume capillaire ($\sim 100 \text{ mL}$)

Le transfert: les mesures aux EFR

Choix du gaz pour étudier la diffusion

Capacité de transfert

$$DL = \dot{V} / (P_A - P_{cap})$$

(conductance pour le gaz)

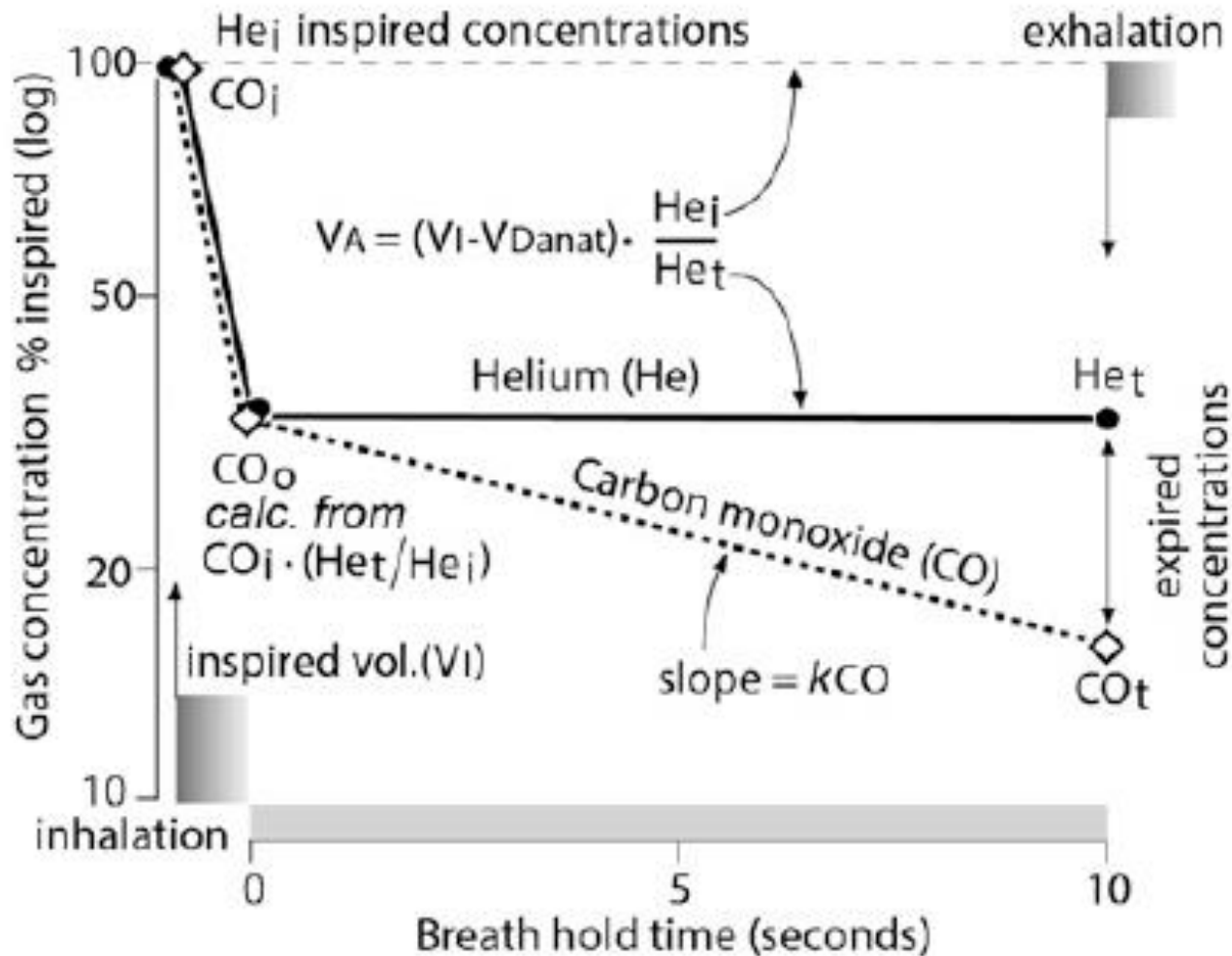
Mesure du seul échantillon alvéolaire

Mesure du transfert aux EFR: $X = CO$

P_2 (capillaire) ~ 0 *(correction si tabagisme)*

Inhalation d'un mélange gazeux:

- hélium (ou méthane): mesure VA
- CO (parfois NO): mesure le transfert, k_{CO}



Cas clinique:

Patient de 50 ans exploré aux EFR pour une hypoxémie
 $PaO_2 = 60 \text{ mmHg}$; $PaCO_2 = 40 \text{ mmHg}$ (air ambiant)

Calculez la différence alvéolo-artérielle de ce patient
Quels mécanismes physiopathologiques évoquez vous ?

Une mesure de la diffusion du CO est pratiquée aux EFR
Résultat: $D_{LCO} = 40\%$ de la valeur théorique
Quel est le mécanisme physiopathologique de l'hypoxémie?

$D_{LCO} = 100\%$ de la valeur théorique

On réalise une épreuve d'hyperoxie ($FIO_2 100\%$)

Quelle valeur de PaO_2 devrait on atteindre (poumon idéal)

Les gaz du sang en $FIO_2 100\%$ montrent:

$PaO_2 = 200 \text{ mmHg}$; $PaCO_2 = 40 \text{ mmHg}$

Quel est le mécanisme physiopathologique de l'hypoxémie?

Réponses

Différence alvéolo-artérielle: 40 mmHg, donc augmentée

Mécanismes:

hétérogénéité $V'A/Q$, shunt, trouble diffusion

DLCO abaissée = trouble de diffusion

Hyperoxie:

PaO₂ d'un poumon idéal = 660 mmHg

du fait d'un shunt physiologique et d'hétérogénéités physiologique on admet une limite à 500 mmHg

PaO₂ mesurée < 500 mmHg donc SHUNT vrai

On ne vous pardonnera pas de ne pas connaître ...

Notions mécaniques simples:

- tuyau: résistance, conductance (débit)
- sac: compliance, élastance (volume)

Volumes statiques (points de débit nul): CPT, CRF, VR

Volumes mobilisables: VEMS et CV

Définitions:

- trouble obstructif: $VEMS / CV < LIN$
- trouble restrictif: $CPT < LIN$
- distension: volumes statiques $> LSN$

On ne vous pardonnera pas de ne pas connaître ...

Le calcul de la différence alvéolo-artérielle en O₂

Les 4 mécanismes d'hypoxémie

Définition de l'insuffisance respiratoire