

# Transfert alvéolo-capillaire (TLCO), transport des gaz par le sang et gaz du sang artériel

*Pr Christophe Delclaux  
Service de Physiologie Pédiatrique*



Hôpital universitaire  
Robert-Debré  
ASSISTANCE PUBLIQUE HÔPITAUX DE PARIS

# Plan

Transfert alvéolo-capillaire

Le transfert alvéolo-capillaire: théorie

Le transfert: les mesures aux EFR

- méthode de référence: apnée

L'interprétation:

- théorie
- cas cliniques

L'utilité clinique

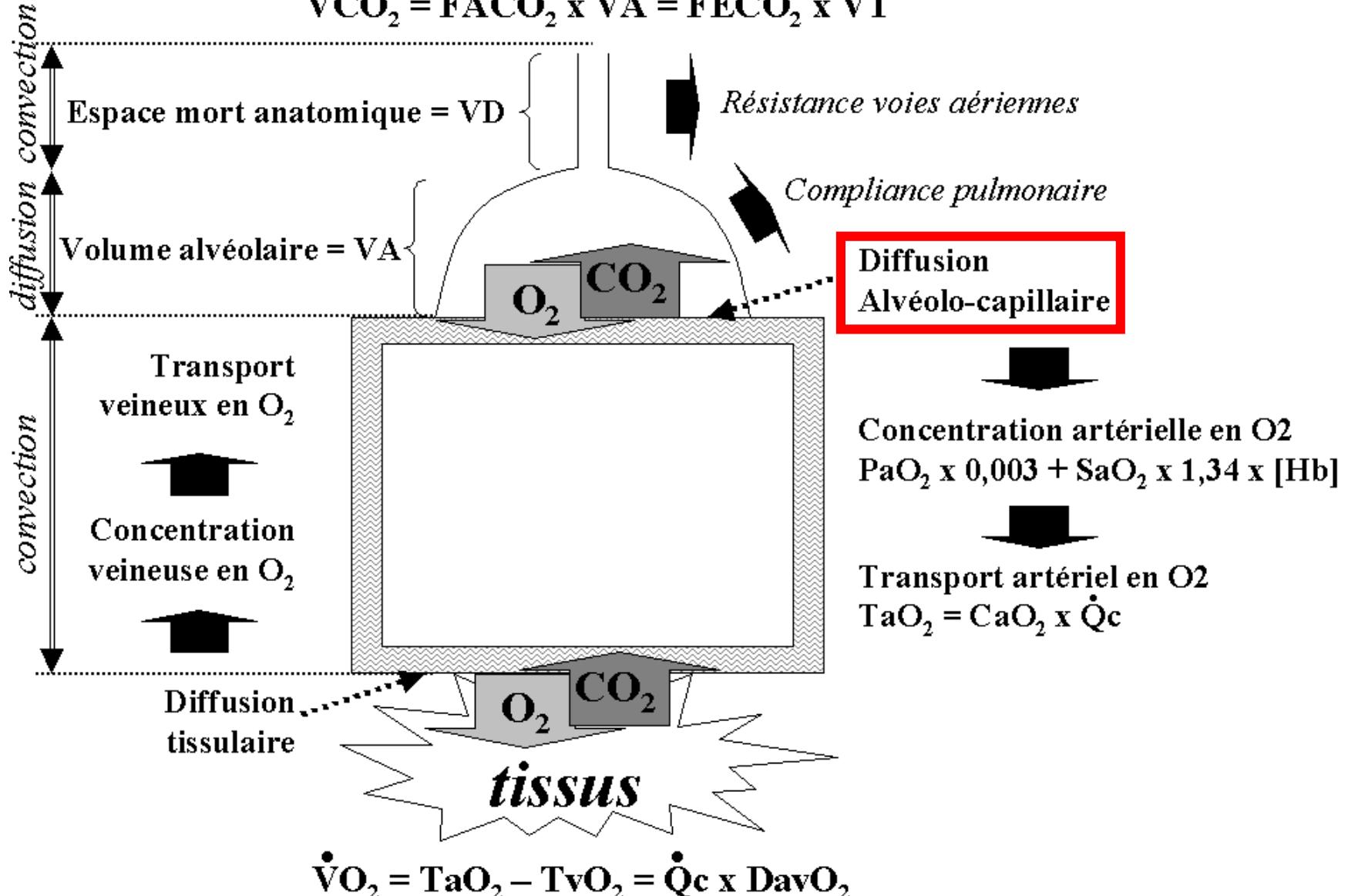
Transport des gaz

Oxygène

Gaz carbonique

# Processus de transfert/diffusion dans la chaîne du transport

$$\dot{V}O_2 = FIO_2 \times \dot{V}A - FAO_2 \times \dot{V}A = FIO_2 \times \dot{V}T - FEO_2 \times \dot{V}T$$
$$\dot{V}CO_2 = FACO_2 \times \dot{V}A = FECO_2 \times \dot{V}T$$



# Le transfert alvéolo-capillaire: théorie

## Transfert alvéole - sang

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

Capacité de transfert

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

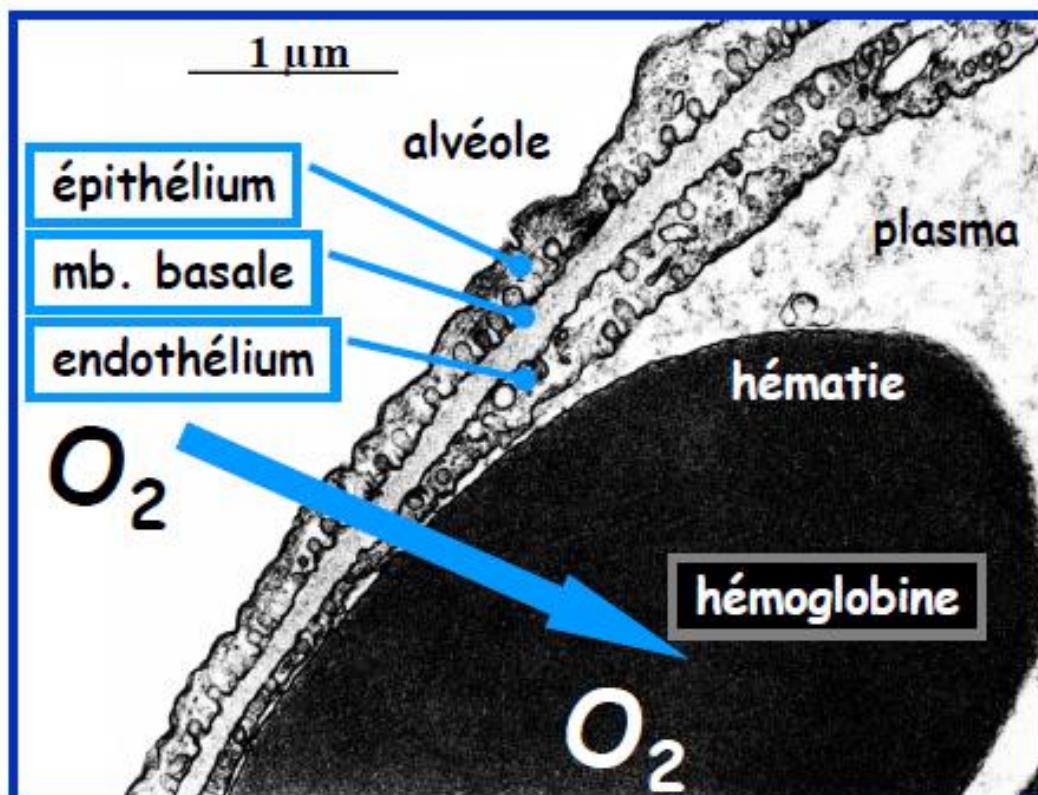
(conductance pour le gaz)

Théorie (modèle)

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

$$1/DLx = 1/Dmx + 1/Dsx$$

membrane      sang

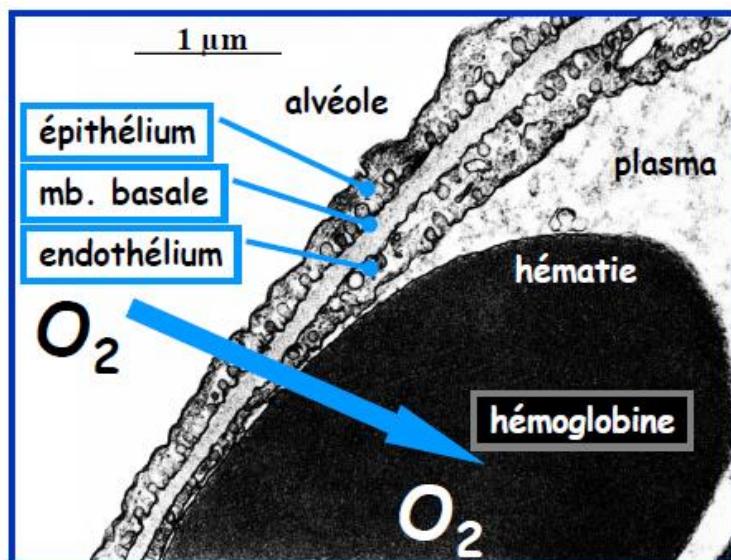


## Etape 1 (diffusion: loi de Fick):

débit de diffusion

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

D<sub>m</sub>X: capacité de transfert  
(conductance membranaire)



Poumon:

A: surface alvéolaire ~100 m<sup>2</sup>

e: épaisseur: 0.5 μm

P1 = PAO<sub>2</sub> ~ 100 mmHg

P2 = PvO<sub>2</sub> ~ 40 mmHg

## Etape 2 (réaction):

conductance D<sub>s</sub>X = θX · Vc

θ : cinétique

Vc : volume capillaire (~ 100 mL)

*Relative Importance of Diffusion and Chemical Reaction Rates  
in Determining Rate of Exchange of Gases in the Human  
Lung, With Special Reference to True Diffusing  
Capacity of Pulmonary Membrane and Volume  
of Blood in the Lung Capillaries<sup>1</sup>*

J. Appl. Physiol.

1957:

F. J. W. ROUGHTON AND R. E. FORSTER.<sup>2</sup> From the Department of Physiology and Pharmacology, Graduate School of Medicine, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania, and the Department of Colloid Science, University of Cambridge, Cambridge, England

25-50% 50-75%

Subj.	10-sec Breath Holding			Resistance Cell/Re- sistance Membrane in %
	D <sub>L</sub> ml/(min X mm Hg)	D <sub>M</sub> ml/(min X mm Hg)	V <sub>e</sub> ml	
HG	35	51	88	46
WAB	20	35	58	75
FK	37	72	68	365
PF	18	>45*	30	>150*
WF	27	38	108	41
REF	37	68	102	84
LC	39	76	97	49
Av.	30.4	56.7*	78.7	110*

$$\frac{I}{D_L} = \frac{I}{D_M} + \frac{I}{\theta V_e}$$

↓

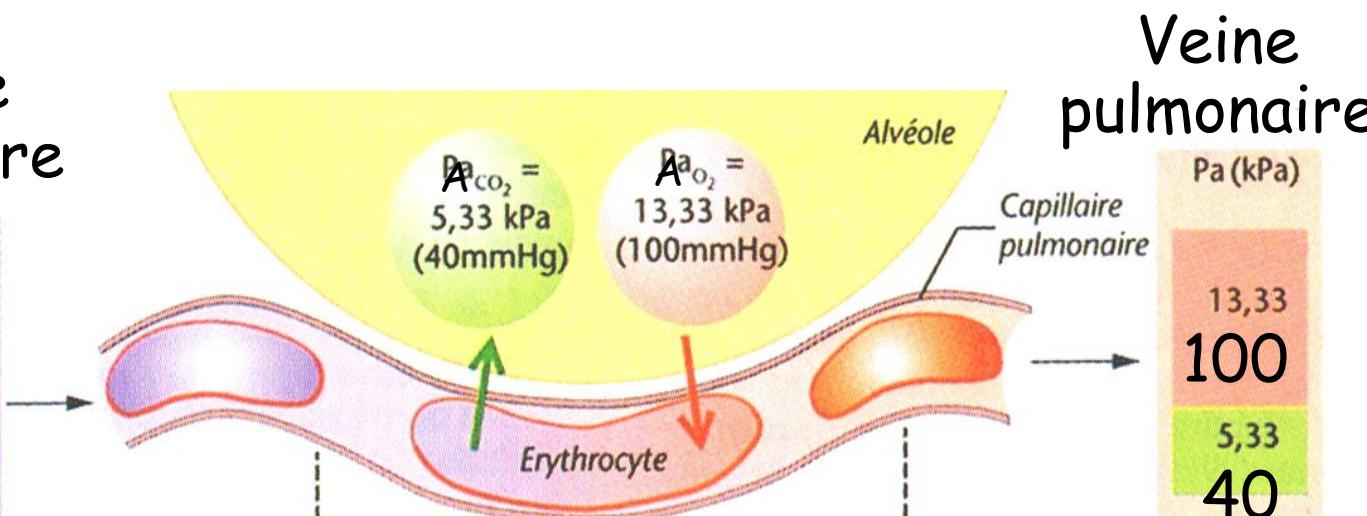
$\sim A/e$

Exploration interstitielle  
et vasculaire pulmonaire

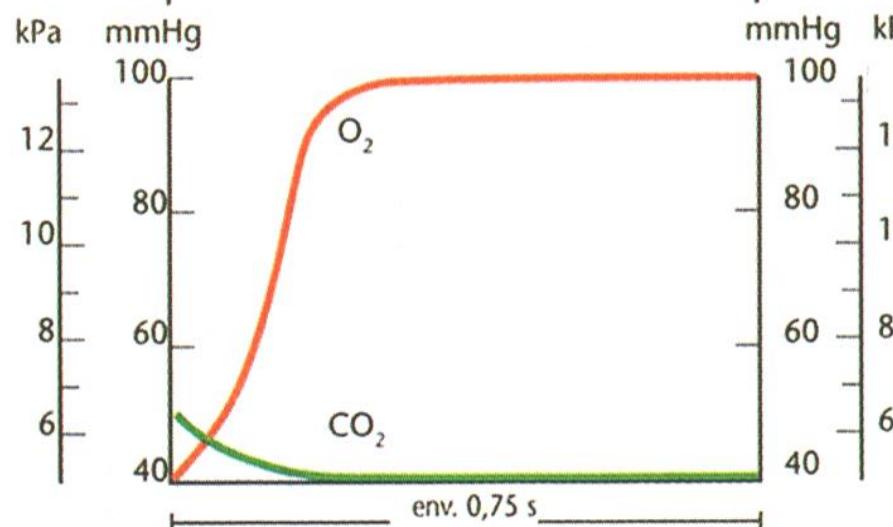
(Resistance cell)/(resistance membrane) equals  $\frac{I}{\theta V_e} / \frac{I}{D_M}$

# Gradients de pression: $O_2$ et $CO_2$

Artère pulmonaire

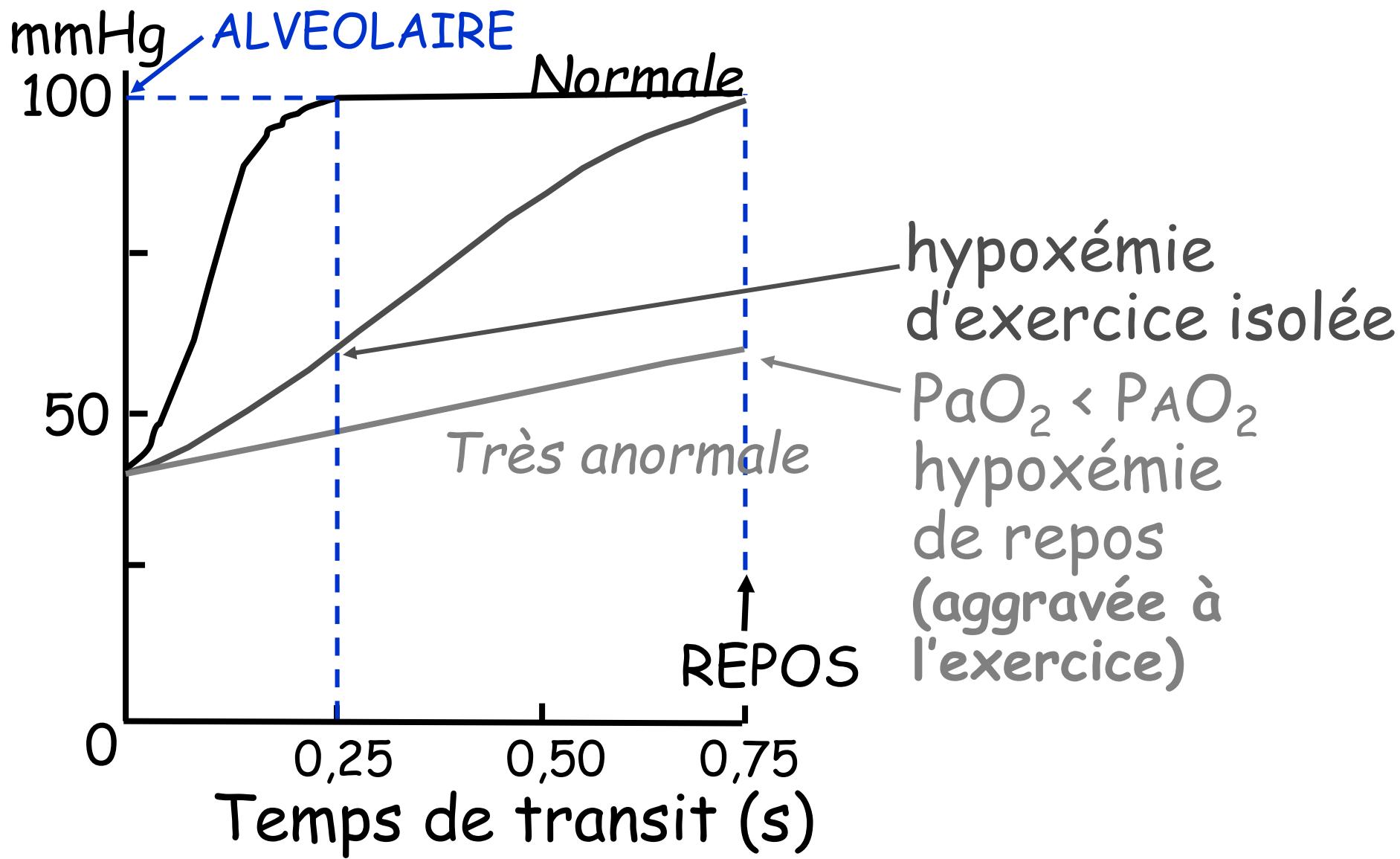


Veine pulmonaire



Temps transit capillaire (s)

# Transfert de l'oxygène



# Hypoxémie du trouble de diffusion

- Lié à une pathologie respiratoire ↴  $S$ , ↗  $e$ , ↴  $Vc$   
pathologies fibrosantes, vasculaires pulmonaires
- Stade initial de la maladie:  
**hypoxémie uniquement à l'effort**
- Stade tardif de la maladie:  
**hypoxémie de repos, aggravée à l'effort**
- Pas de trouble de diffusion  $CO_2$   
**normo** (chronique) ou **hypocapnie** (aigu)

# Plan

Transfert alvéolo-capillaire

Le transfert alvéolo-capillaire: théorie

Le transfert: les mesures aux EFR

- méthode de référence: apnée

L'interprétation:

- théorie
- cas cliniques

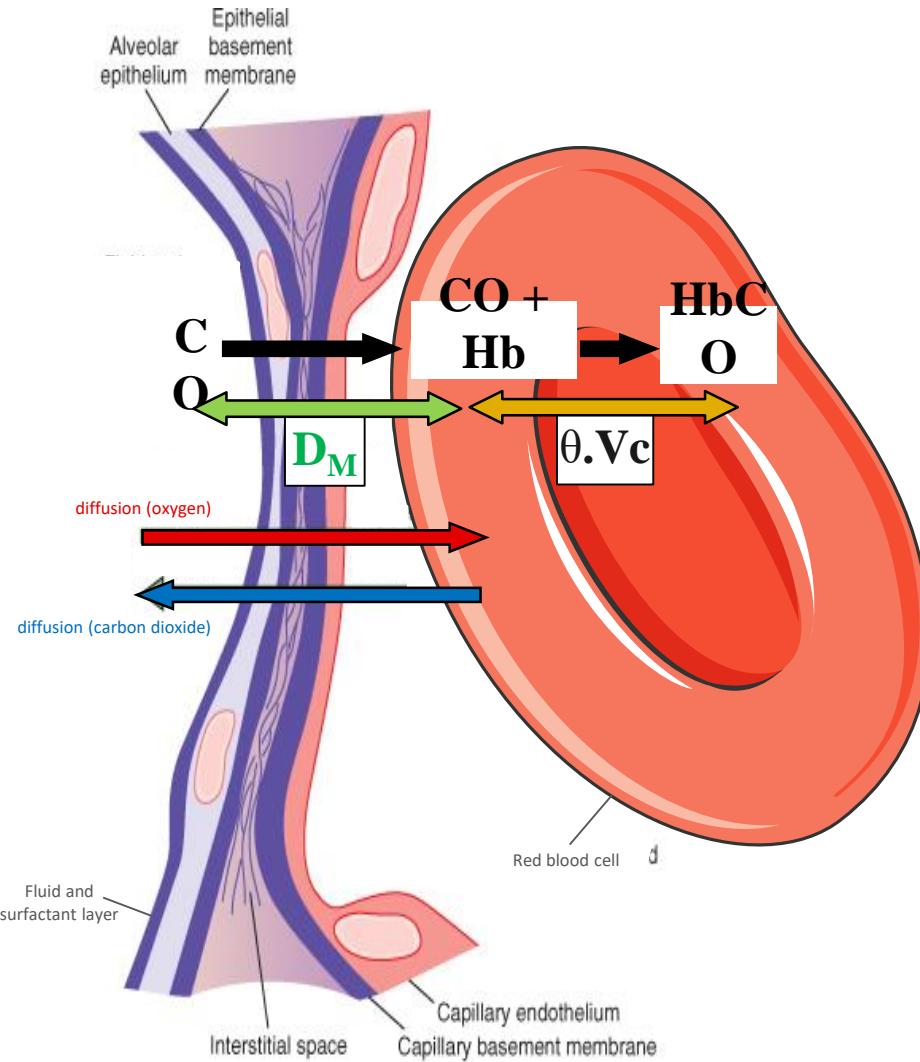
L'utilité clinique

Transport des gaz

Oxygène

Gaz carbonique

# Mesure de la $D_L CO$



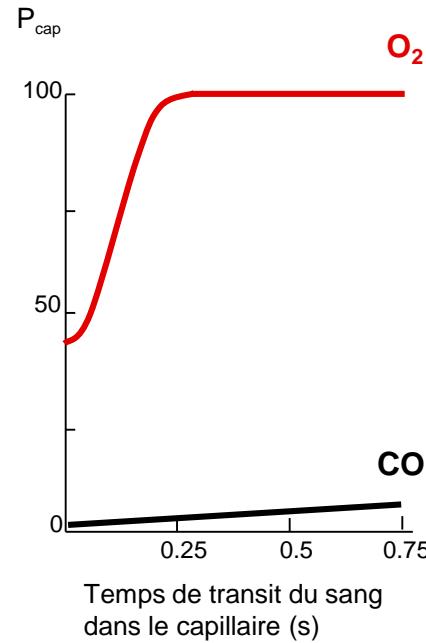
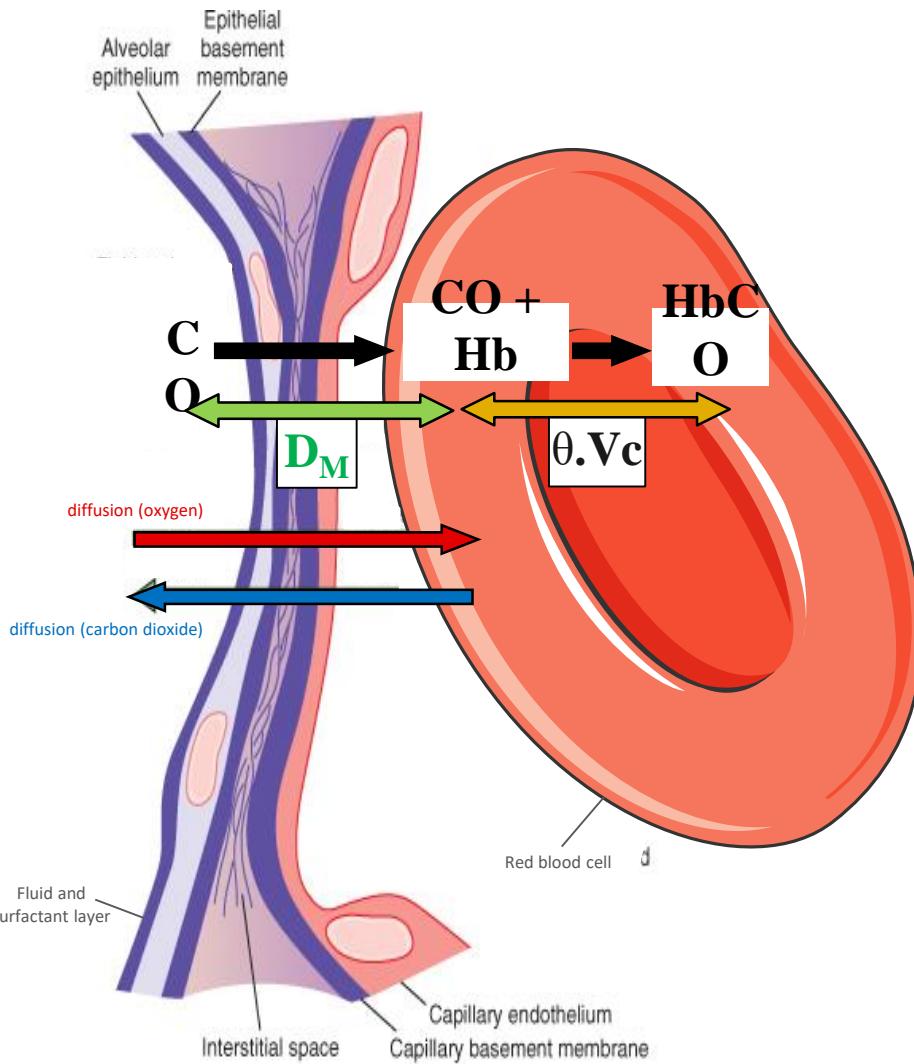
$$\frac{1}{D_L CO} = \frac{1}{D_{MCO}} + \frac{1}{\theta_{CO} \cdot V_c}$$

Très forte affinité du CO pour l'Hb  
(230x supérieure à celle de l' $O_2$ )

Le CO se comporte comme l' $O_2$   
avec 2 résistances en série

Normalement absent du sang  
 $\rightarrow P_v CO \approx 0$

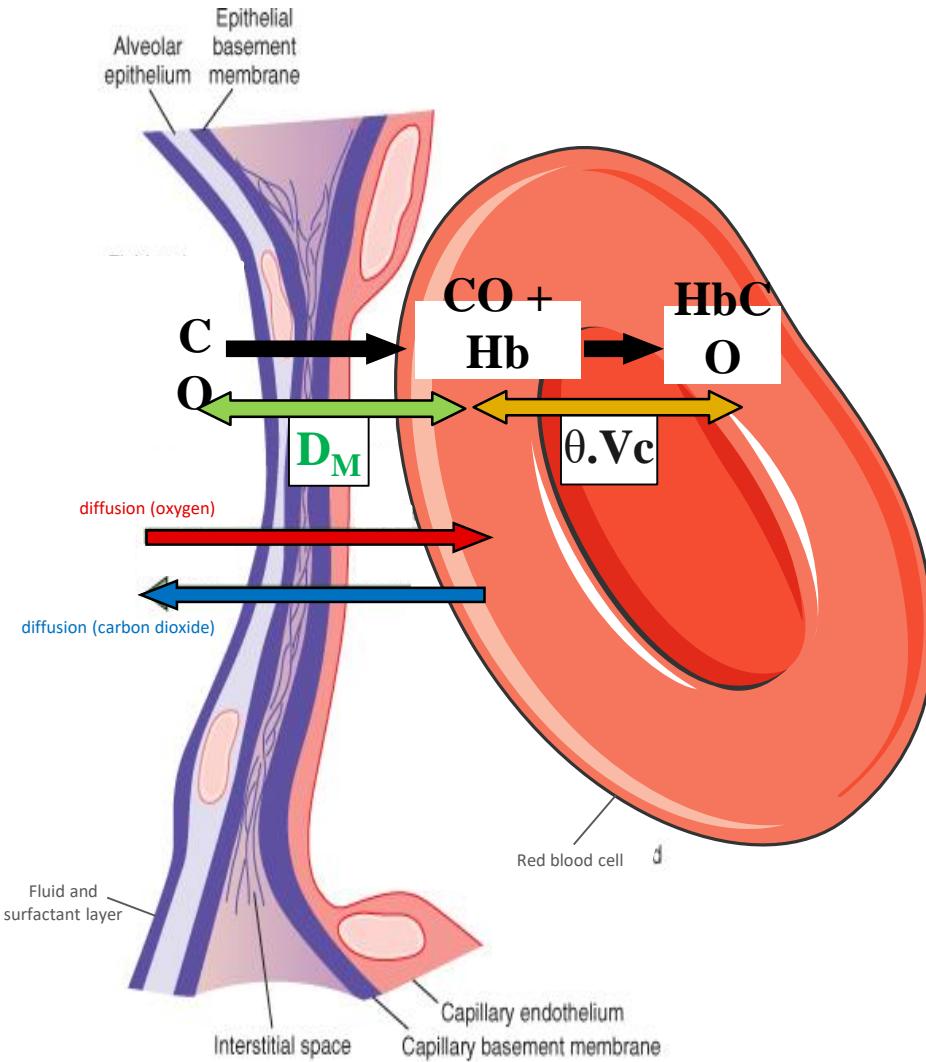
# Mesure de la $D_L CO$



La diffusion du  $CO$  se poursuit tout le long du capillaire

Fixation rapide sur l'hème  
 $\rightarrow P_{cap} CO$  négligeable

# Mesure de la $D_LCO$



$$\dot{VCO} = D_LCO \cdot (P_A CO - P_{cap} CO)$$

négligeable

$$D_LCO = \frac{\dot{VCO}}{P_A CO}$$

Mesure d'un échantillon alvéolaire

# **Executive Summary: 2017 ERS/ATS standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung**

Brian L. Graham<sup>1</sup>, Vito Brusasco<sup>2</sup>, Felip Burgos<sup>3</sup>, Brendan G. Cooper<sup>4</sup>,  
Robert Jensen<sup>5</sup>, Adrian Kendrick<sup>6</sup>, Neil R. MacIntyre<sup>7</sup>, Bruce R. Thompson<sup>8</sup> and  
Jack Wanger<sup>9</sup>

Eur Respir J 2017; 49: 16E0016

# Les méthodes de mesure du transfert

1. Single breath method (apnée unique)

Méthode de référence

$CV > 1 L$

2. Intrabreath method (pendant une expiration lente)

Toutes CV

Analyseurs rapides ( $CO$ ,  $CH_4$ )

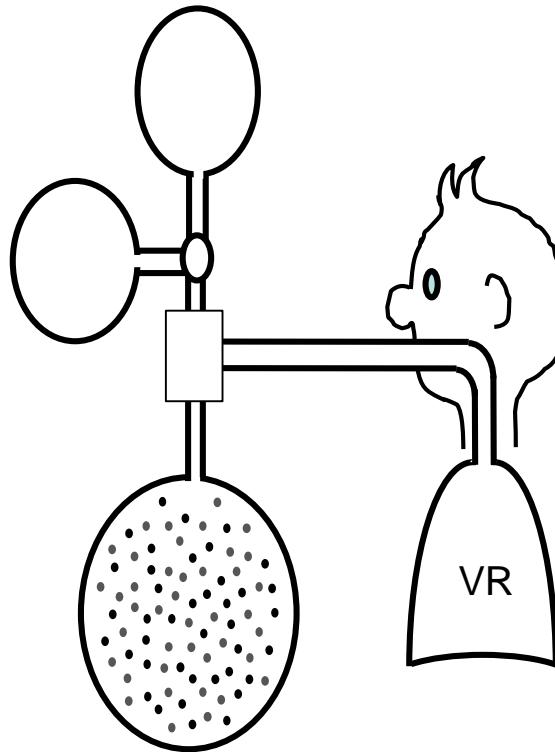
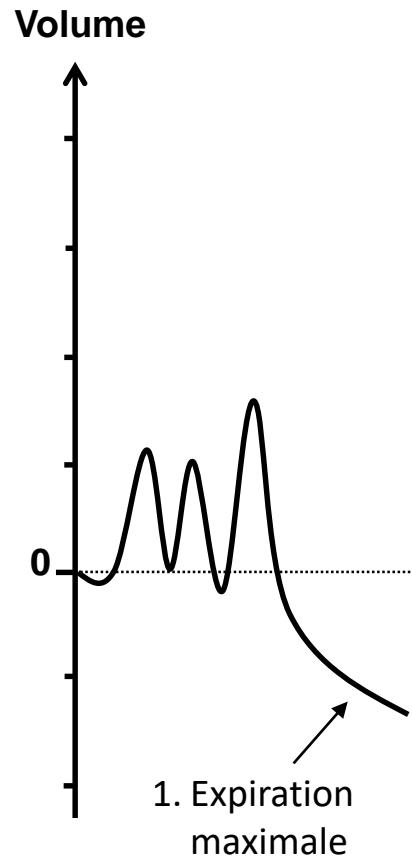
3. Multiple breath methods (ventilation courante)

- Steady state method

- Rebreathing method (avec ou sans hyperventilation)

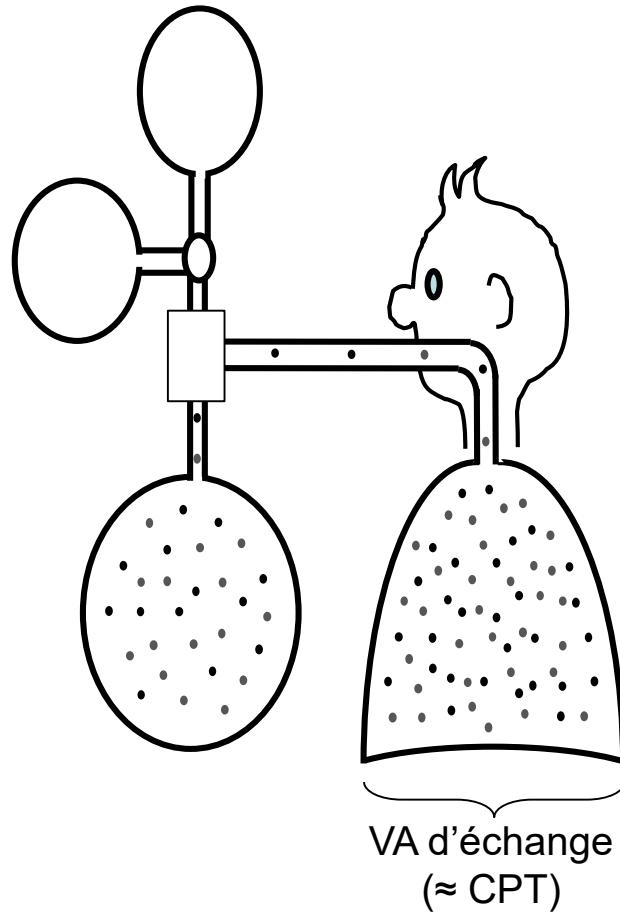
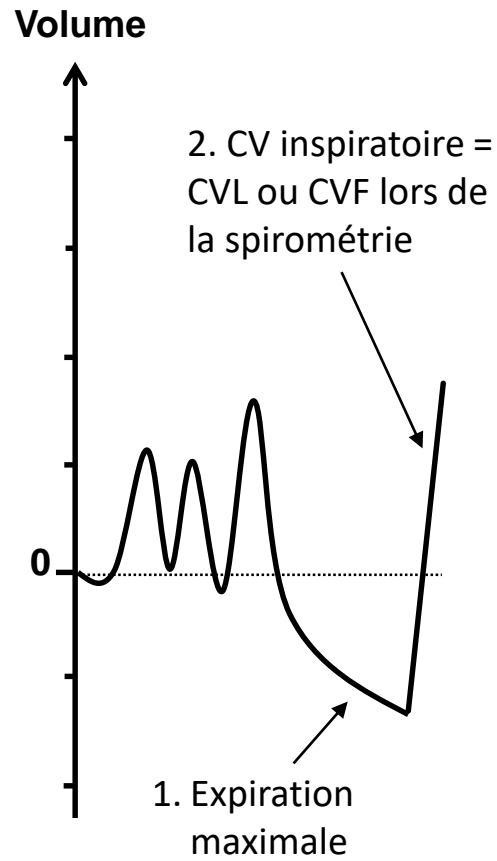
*Normes peu établies, fonctions du débit ventilatoire*

# Mesure de la $D_L CO$

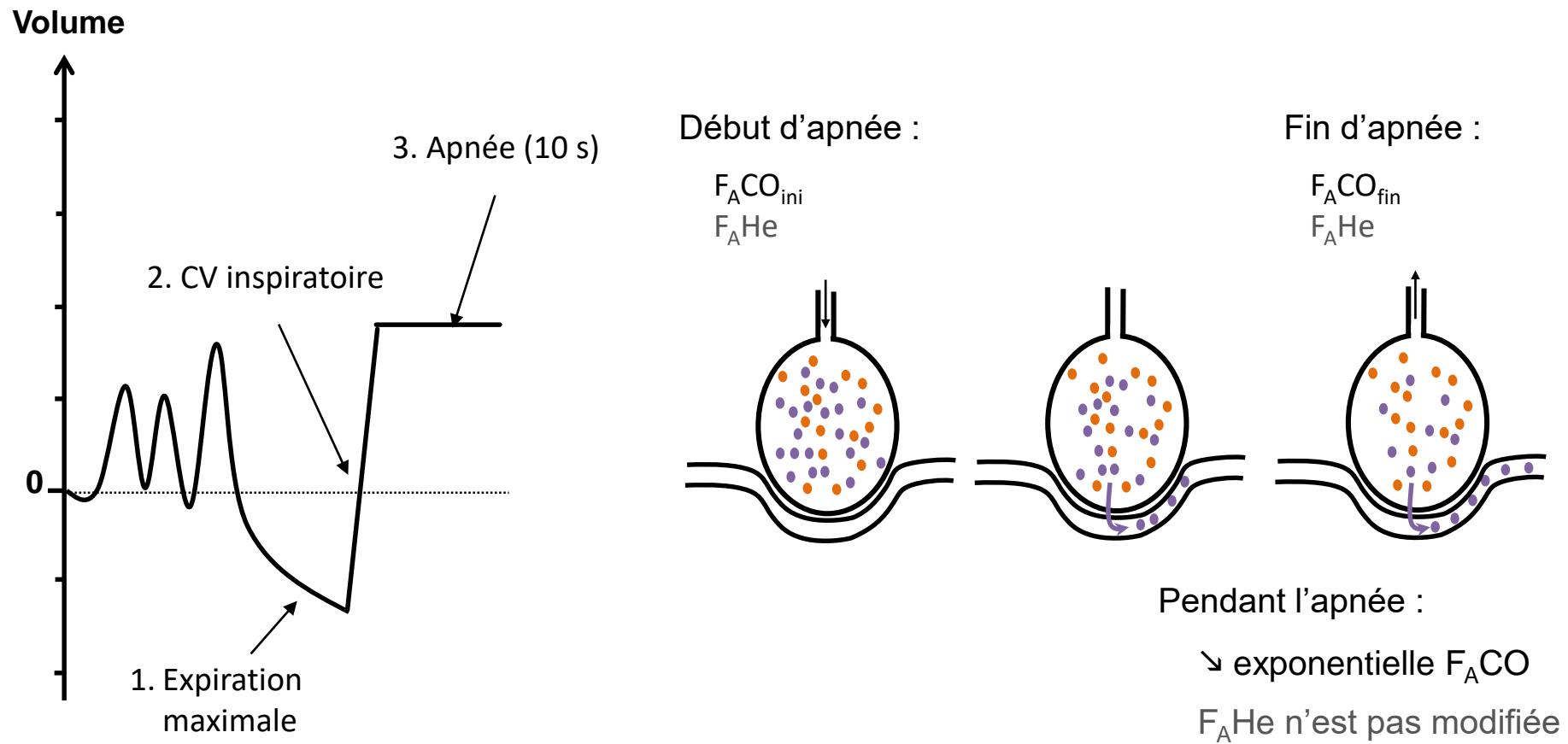


- $F_i CO (0,3 \%)$
- $F_i He (10 \%)$

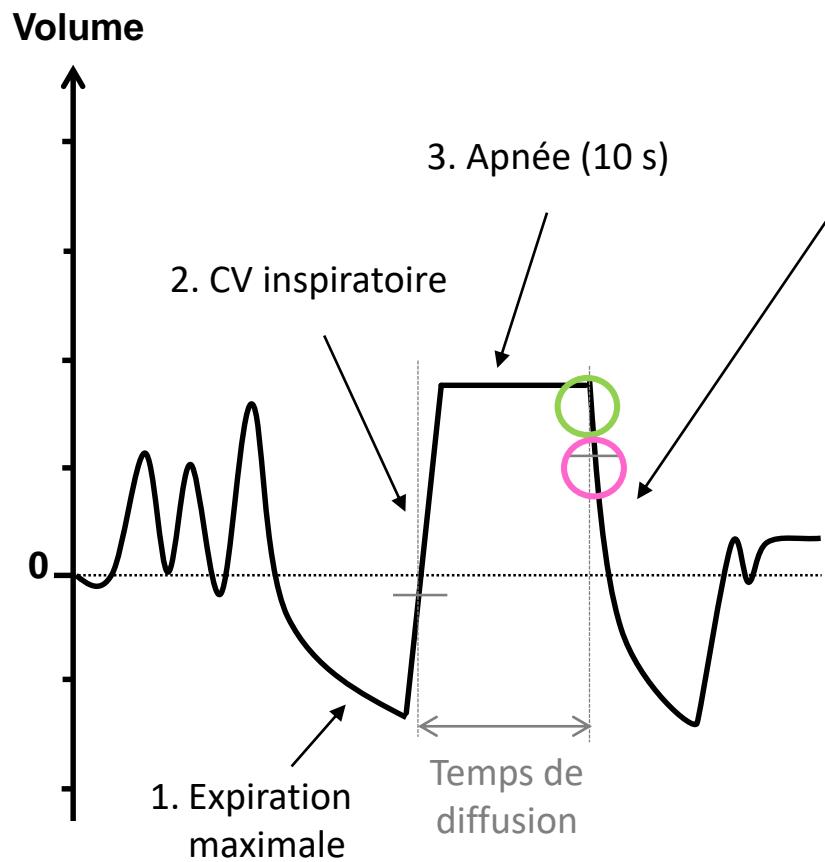
# Mesure de la $D_L CO$



# Mesure de la $D_L CO$



# Mesure de la $D_LCO$



4. Expiration rapide :

- 700 premiers ml = gaz bronchique (éliminé)
- 700 ml suivants = **prélèvement du gaz alvéolaire**

Temps de diffusion (« temps d'apnée ») :  
entre le 1/3 de l'inspiration et la moitié du prélèvement

**Donc CV minimale 1,5 L (possible > 1L)**

$$D_LCO = \frac{\dot{V}_{CO}}{P_{A}CO}$$

(ml / min / mmHg ou mmol / min / kPa)

$$\dot{V}_{CO} = \frac{VA \cdot (F_{A}CO_{ini} - F_{A}CO_{fin})}{\text{temps de diffusion}}$$



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

**Edited by V. Brusasco, R. Crapo and G. Viegi**

**Number 4 in this Series**

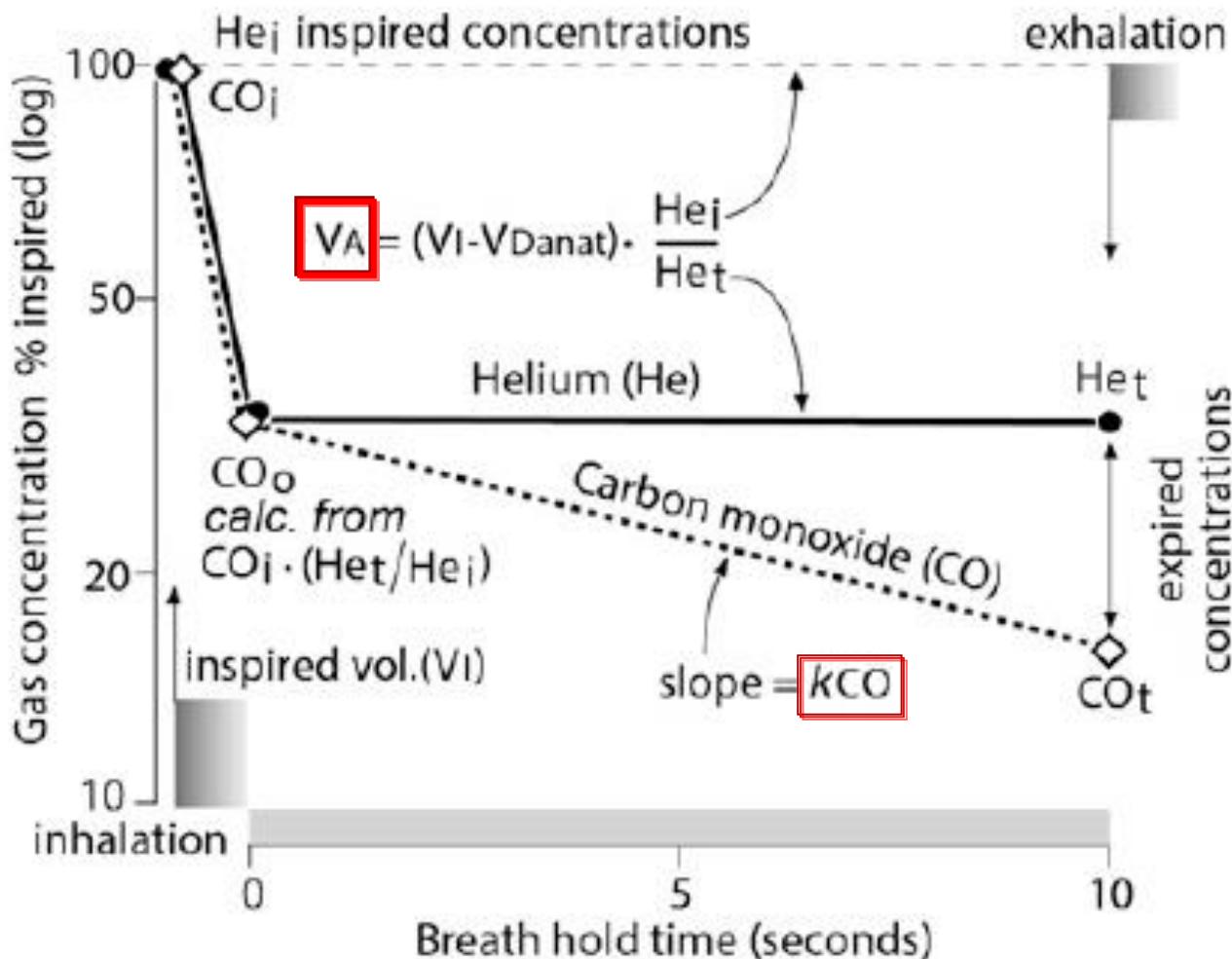
**Standardisation of the single-breath  
determination of carbon monoxide uptake  
in the lung**

**N. MacIntyre, R.O. Crapo, G. Viegi, D.C. Johnson, C.P.M. van der Grinten,  
V. Brusasco, F. Burgos, R. Casaburi, A. Coates, P. Enright, P. Gustafsson,  
J. Hankinson, R. Jensen, R. McKay, M.R. Miller, D. Navajas, O.F. Pedersen,  
R. Pellegrino and J. Wanger**

**Première question: que mesure-t-on?**

# Inhalation d'un mélange gazeux:

- hélium (ou méthane): mesure VA
- CO (parfois NO): mesure le transfert, kCO



## Coefficient de transfert du CO: $k_{CO}$

Pendant l'apnée le CO est éliminé du gaz alvéolaire selon une décroissance exponentielle:

$$\log_e(CO_0/CO_t) / \text{BHT en s}^{-1} \text{ ou min}^{-1}$$

## Volume alvéolaire: VA

Volume accessible aux échanges gazeux

Sujet normal:  $VA/CPT = 93.5\% \pm 6.6$  (apnée ~10 s)

Avec:  $VD_{anat}$ : 2-3 % CPT et ~4% mélange pdt l'apnée

## **Definitions**

The rate of CO uptake from the lungs is the product of alveolar partial pressure of CO in excess of any back pressure in the blood (the driving pressure) and a rate constant. This is for CO in the whole lung per unit of driving pressure. For practical reasons, using the single-breath method described below the CO uptake from the lung ( $K_{CO}$ ) is measured as a concentration fall in alveolar CO per unit time per unit CO driving pressure ( $P_{A,CO}$ ):

$$K_{CO} = \Delta[CO] / \Delta t / P_{A,CO} \quad (1)$$

When  $K_{CO}$  is multiplied by the volume of gas in the lung containing CO (alveolar volume ( $VA$ )), the total uptake of CO by the lung per unit of time per unit driving pressure is obtained. This product,  $K_{CO} \times VA$ , has been termed transfer factor of the lung for CO by the European community and diffusing capacity of the lung for CO ( $DL_{CO}$ ) by the North American community.

$$\begin{aligned} DL_{CO} &= K_{CO} \times VA \\ &= VA \times \Delta[CO] / \Delta t / P_{ACO} \\ &= V'CO / P_{ACO} \end{aligned}$$

Donc:

- on « mesure »  $K_{CO}$  (disparition du CO pendant l'apnée)
- on « mesure »  $VA$  (hélium par exemple)
- on calcule la  $DL_{CO}$  (conductance: facilité à disparaître)

# Corrections

- Fonction de la concentration en hémoglobine:
  - $\text{DLCO corr} = \text{DLCO mes} * (10.22 + \text{Hb}) / (1.7 * \text{Hb})$ 
    - ref : Cotes JE. Lung function. 1979
- Fonction de la présence d 'HbCO:
  - $\text{DLCO corr} = \text{DLCO mes} * (1 + \text{HbCO \%})$

TABLE 3 Acceptability, repeatability and quality control in *D*<sub>LCO</sub> testing**Criteria for acceptability**

- A  $V_i \geq 90\%$  of the largest VC in the same test session; alternatively, a  $V_i \geq 85\%$  of the largest VC in the same test session and  $V_A$  within 200 mL or 5% (whichever is greater) of the largest  $V_A$  from other acceptable manoeuvres
- 85% of test gas  $V_i$  inhaled in <4 s
- A stable calculated breath-hold for  $10 \pm 2$  s with no evidence of leaks or Valsalva/Müller manoeuvres during this time
- Sample collection completed within 4 s of the start of exhalation. For RGA systems, virtual sample collection should be initiated after dead-space washout is complete

**Criteria for repeatability**

At least two acceptable *D*<sub>LCO</sub> measurements within  $2 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mmHg}^{-1}$  ( $0.67 \text{ mmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$ ) of each other

**Quality control grading<sup>#</sup>**

Score	$V_i/VC$	$t_{BH}$	Sample collection
A	$\geq 90\%^{\dagger}$	8–12 s	$\leq 4$ s
B	$\geq 85\%$	8–12 s	$\leq 4$ s
C	$\geq 80\%$	8–12 s	$\leq 5$ s
D	$\leq 80\%$	<8 or >12 s	$\leq 5$ s
F	$\leq 80\%$	<8 or >12 s	>5 s

$V_i$ : inspired volume; VC: vital capacity;  $V_A$ : alveolar volume;  $t_{BH}$ : breath-hold time; *D*<sub>LCO</sub>: diffusing capacity of the lung for carbon monoxide. <sup>#</sup>: only grade A manoeuvres meet all acceptability criteria. The average *D*<sub>LCO</sub> values from two or more grade A manoeuvres that meet the repeatability criterion should be reported. If only one grade A manoeuvre is attained, the *D*<sub>LCO</sub> value from that manoeuvre should be reported. If no grade A manoeuvre is obtained, manoeuvres of grades B to D might still have clinical utility. The average of such manoeuvres should be reported but these deviations from the acceptability criteria must be noted to caution the interpreter of the test results. Manoeuvres of grade F are not useable. <sup>†</sup>: or  $V_i/VC \geq 85\%$  and  $V_A$  within 200 mL or 5% (whichever is greater) of the largest  $V_A$  from another acceptable manoeuvre.

# Plan

Transfert alvéolo-capillaire

Le transfert alvéolo-capillaire: théorie

Le transfert: les mesures aux EFR

- méthode de référence: apnée

L'interprétation:

- théorie
- cas cliniques

L'utilité clinique

Transport des gaz

Oxygène

Gaz carbonique

# L'interprétation de la DLCO

TABLE 4 DLCO reporting requirements

Variable <sup>#</sup>	Requirement
D <sub>L</sub> CO (unadjusted)	Required
D <sub>L</sub> CO (adjusted for P <sub>B</sub> )	Required
D <sub>L</sub> CO (LLN and/or z-score)	Required
D <sub>L</sub> CO (predicted)	Required
D <sub>L</sub> CO (adjusted,predicted)	Optional (required if any adjustments made-specify adjustments)
D <sub>L</sub> CO (% of predicted)	Required
V <sub>A</sub> (BTPS)	Required
V <sub>A</sub> (LLN and/or z-score)	Required
V <sub>A</sub> (% of predicted)	Optional
K <sub>CO</sub>	Required
K <sub>CO</sub> (LLN and/or z-score)	Required
K <sub>CO</sub> (predicted)	Required
K <sub>CO</sub> (% of predicted)	Required
P <sub>B</sub>	Required
t <sub>BH</sub>	Required
V (BTPS)	Required

# Interprétation de la DLCO

## 1. Interprétation de la sévérité du trouble

TABLE 14	Degree of severity of decrease in diffusing capacity for carbon monoxide ( $DL_{CO}$ )
Degree of severity	$DL_{CO} \%$ pred
Mild	>60% and <LLN
Moderate	40–60%
Severe	<40

% pred: % predicted; LLN: lower limits of normal.

LLN = LIN =  
5ème percentile

## 2. Mécanisme(s) du trouble

it is advisable to keep examining  $DL_{CO}/VA$  and  $VA$  separately [153], in so far as it may provide information on disease pathophysiology that cannot be obtained from their product, the  $DL_{CO}$ .

# Références utilisées

- Différentes références
  - Crapo et Morris: ARRD, 1981, 123: 185-189
  - Miller et al: ARRD, 1983, 127: 270-277
  - Knudson et al: ARRD, 1987, 135: 805-811
  - Quanjer et al: **normes ECSC**, ERJ, 1993
  - **Stanojevic S et al, GLI**: ERJ, 2017  
(12660 Sujets, 85% Caucasiens, norme de 5 à 85 ans)
- Limite inférieure de la normale:
  - soit le 5<sup>ème</sup> percentile ( $e = 1.64$ ): LIN

# La DLCO peut diminuer ou augmenter (LIN et LSN)

**TABLE 1** Physiological and pathological changes that affect the carbon monoxide diffusing capacity of the lung ( $D_{L,CO}$ )

**Extrapulmonary reduction in lung inflation (reduced  $\dot{V}A$ ) producing changes in  $DM$  or  $\dot{V}C$  that reduce  $D_{L,CO}$**

Reduced effort or respiratory muscle weakness

Thoracic deformity preventing full inflation

**Diseases that reduce  $\dot{V}C$  and thus reduce  $D_{L,CO}$**

Anaemia

Pulmonary emboli

**Other conditions that reduce  $\dot{V}C$  and thus reduce  $D_{L,CO}$**

Hb binding changes (e.g. HbCO, increased  $F_iO_2$ )

Valsalva manoeuvre (increased intrathoracic pressure)

**Diseases that reduce (in varying degrees)  $DM$  and  $\dot{V}C$  and thus reduce  $D_{L,CO}$**

Lung resection (however, compensatory recruitment of  $\dot{V}C$  also exists)

Emphysema

Interstitial lung disease (e.g. IPF, sarcoidosis)

Pulmonary oedema

Pulmonary vasculitis

Pulmonary hypertension

**Diseases that increase  $\dot{V}C$  and thus increase  $D_{L,CO}$**

Polycythaemia

Left-to-right shunt

Pulmonary haemorrhage (not strictly an increase in  $\dot{V}C$ , but effectively an increase in lung Hb)

Asthma

**Other conditions that increase  $\dot{V}C$  and thus increase  $D_{L,CO}$**

Hb binding changes (e.g. reduced  $F_iO_2$ )

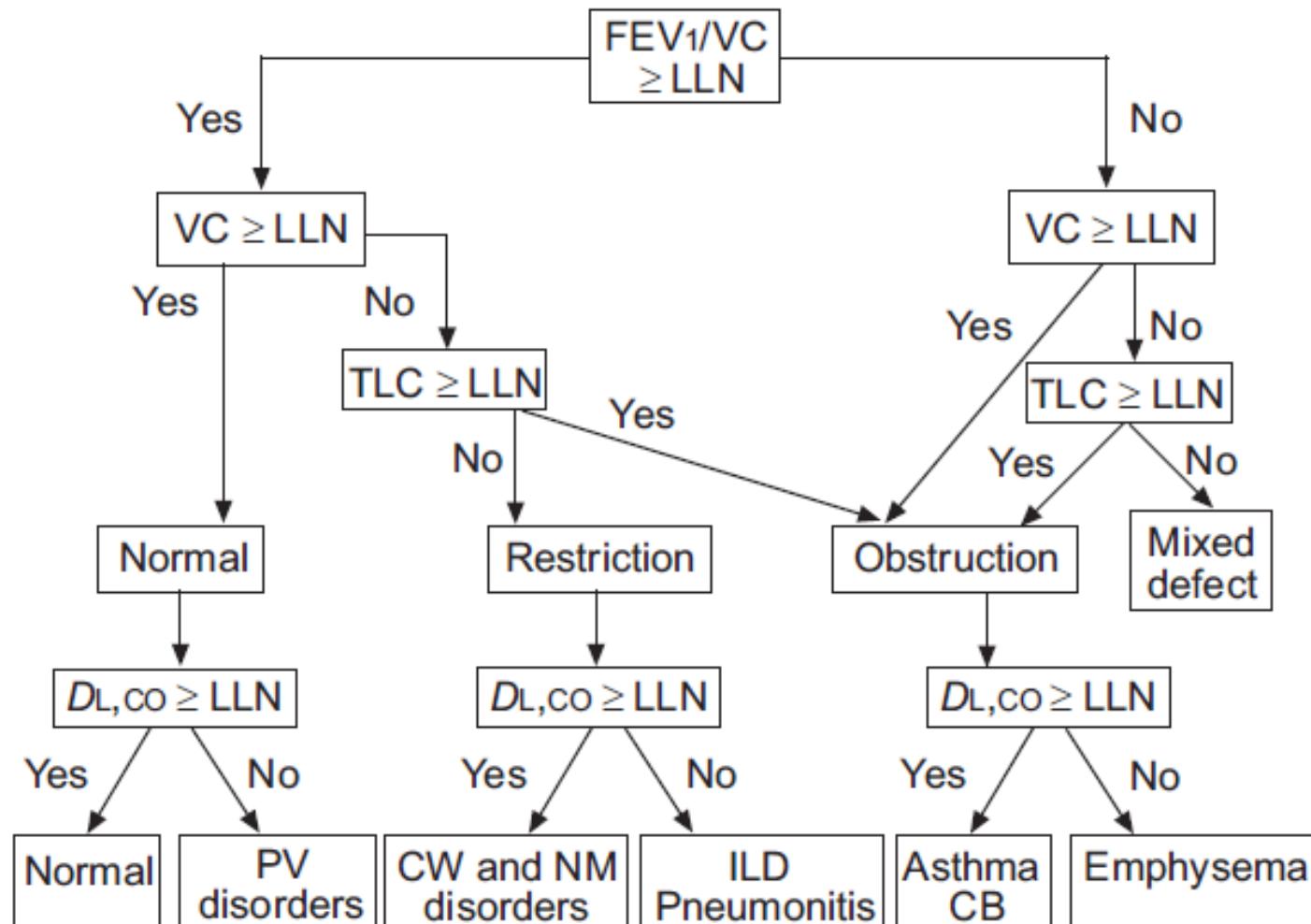
Muller manoeuvre (decreased intrathoracic pressure as in asthma, resistance breathing)

Exercise (in addition, a possible  $DM$  component)

Supine position (in addition, possibly a slight increase in  $DM$ )

Obesity (in addition, a possible  $DM$  component)

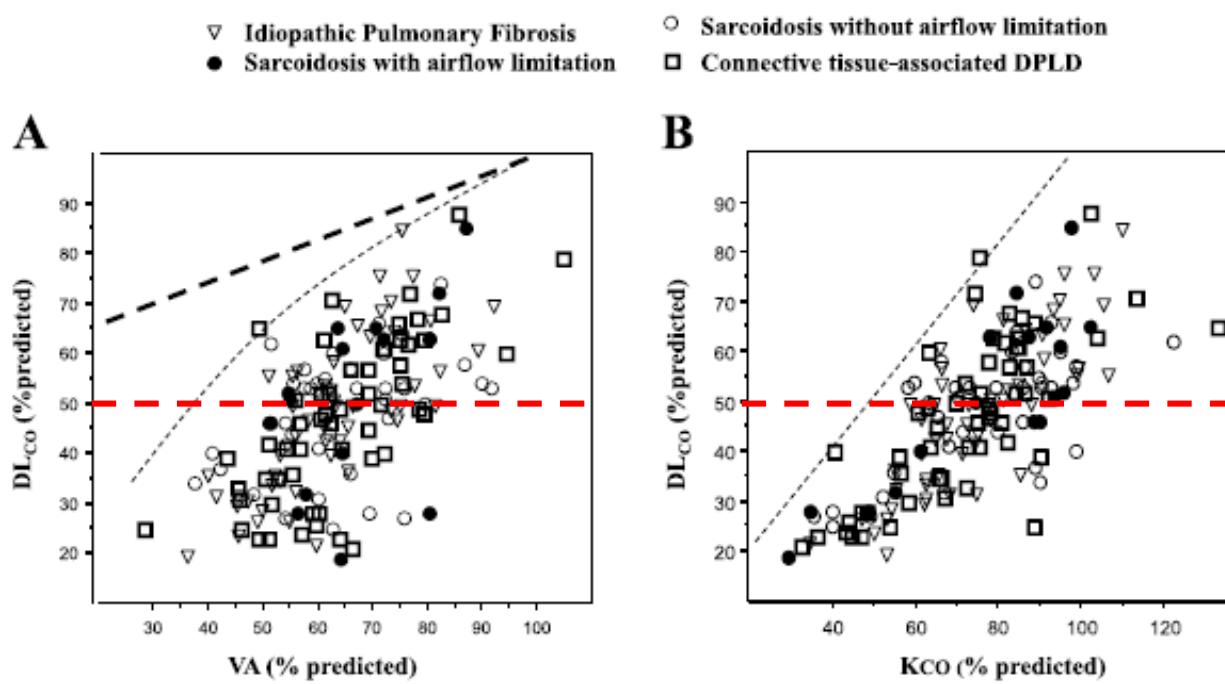
# Place de la DLCO dans les EFR



# Different $K_{CO}$ and $V_A$ combinations exist for the same $DL_{CO}$ value in patients with diffuse parenchymal lung diseases

Jean Pastre<sup>1</sup>, Laurent Plantier<sup>2</sup>, Carole Planes<sup>3</sup>, Raphaël Borie<sup>4</sup>, Hilario Nunes<sup>5</sup>, Christophe Delclaux<sup>6</sup> and Dominique Israël-Biet<sup>1\*</sup>

BMC Pulmonary Medicine (2015)



**Fig. 1** Relationships between  $DL_{CO}$  on one hand and  $V_A$  (left panel) and  $K_{CO}$  (right panel) on the other. Circles represent sarcoidosis (closed: with airflow limitation, n = 17; open: without airflow limitation). **a** Dotted lines describe "reduced expansion" (upper bold line) and "loss of units" effects, calculated according to Hughes and Pride [4]. Patients with DPLD lied in the discrete to diffuse loss of alveolar unit areas. **b** The dotted line is the identity line for the  $DL_{CO}$ - $K_{CO}$  plot; patients along this line have normal  $V_A$  and the reduced  $DL_{CO}$  is related to a decrease in  $K_{CO}$  due to microvascular pathology

Même  $DLCO$  peut résulter de combinaisons très différentes de  $KCO$  et  $VA$

# Exemples

# Cas cliniques

Date 15/10/08 Heure 14:53:46 Poids 84 kg Taille 171 cm

## DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

		LIN	Mesure	%norme
CV Forcée	[L]	2.51	3.02	86
CV Lente	[L]	2.71	3.13	86
VEMS	[L]	1.79	2.71	103
VEMS/CVF	[%]		90.02	
VEMS/CVL	[%]	61.59	86.74	118
CI	[L]	2.72	2.34	86
VRE	[L]	0.90	0.79	88
DEMM 25-75%	[L/s]	1.00	4.23	156
DEM 75%	[L/s]	3.83	10.25	155
DEM 50%	[L/s]	1.58	6.32	169
DEM 25%	[L/s]	-0.16	1.30	116
DEP	[L/s]	5.35	10.25	140
VIMS	[L]		3.13	

## RESISTANCE DES VOIES AERIENNES

		Mesure	%norme
s Raw	[kPa.s]	0.36	30.8
Raw	[kPa.s/L]	0.12	39.9

		LIN	LSN	Mesure	%norme
CPT-pl	[L]	5.43	7.73	4.67	71
CPT-He	[L]	5.43	7.73		
VR-pl	[L]	2.03	3.38	1.54	57
VR-He	[L]	2.03	3.38		
VR/CPT-pl	[%]	35.04	52.94	32.96	75
VR/CPT-He	[%]	35.04	52.94		
CRF-pl	[L]	2.62	4.59	2.33	65
CRF-He	[L]	2.62	4.59		

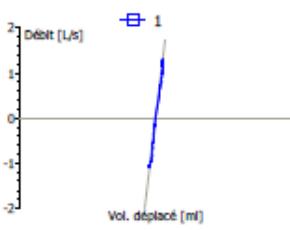
## GAZ DU SANG ARTERIEL

		Mesure
pH		7.43
PaCO2	[mmHg]	41.00
PaO2	[mmHg]	81.00
SaO2	[%]	98.00
Hb	[g/dL]	14.60
COHb	[Vol%]	
Lactate		

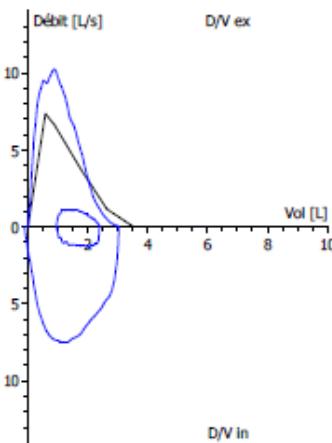
## TRANSFERT DU MONOXYDE DE CARBONE

		LIN	LSN	Mesure	%norme
KCO	[mmol/min/kPa/L]	0.79	1.61	0.81	68
KCO rb	[mmol/min/kPa/L]				
VA	[L]	6.43	6.43	3.89	60
VA rb	[L]	3.64	3.64		
DLCO SB	[mmol/min/kPa]	5.57	10.21	3.15	40
DLCOc SB	[mmol/min/kPa]	5.57	10.21	3.15	40
DLCO rb	[mmol/min/kPa]				

Débits instantanés ↗  
(calibre VA ↗, pression rétraction élastique ↗)



Résistance ↘



Volumes diminués  
Restriction  
CPT < LIN

DLCO diminuée  
du fait de la restriction

Examen réalisé le : 27/01/09 Date 09:20:23 Heure

Poids 67 kg Taille 156 cm

## DEBITS / VOLUMES MOBILISABLES

		LIN	Mesure	%norme
CV Forcée	[L]	1.39	1.66	79
CV Lente	[L]	1.52	1.76	80
VEMS	[L]	1.09	1.58	92
VEMS/CVF	[%]		95.41	
VEMS/CVL	[%]	64.36	89.78	120
CI	[L]	1.65	1.43	86
VRE	[L]	0.56	0.34	60
DEM 25-75%	[L/s]	0.96	3.62	154
DEM 75%	[L/s]	2.56	6.89	144
DEM 50%	[L/s]	1.33	4.47	143
DEM 25%	[L/s]	-0.23	1.53	170
DEP	[L/s]	3.77	6.89	131
VIMS	[L]		1.76	

## RESISTANCE DES VOIES AERIENNES

		Mesure	%norme
s Raw	[kPa.s]	0.41	43.1
Raw	[kPa.s/L]	0.21	70.8

	LIN	LSN	Mesure	%norme
CPT-pl	[L]	3.51	5.50	3.04 67
CPT-He	[L]	3.51	5.50	
VR-pl	[L]	1.43	2.58	1.28 64
VR-He	[L]	1.43	2.58	
VR/CPT-pl	[%]	34.56	53.68	42.01 95
VR/CPT-He	[%]	34.56	53.68	
CRF-pl	[L]	1.75	3.39	1.61 63
CRF-He	[L]	1.75	3.39	

## GAZ DU SANG ARTERIEL

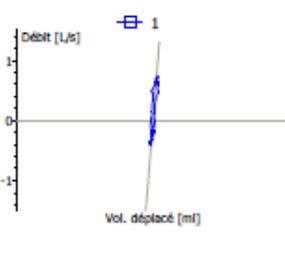
	Mesure
pH	7.43
PaCO2	[mmHg] 37.00
PaO2	[mmHg] 78.10
SaO2	[%] 97.50
Hb	[g/dL] 13.70
COHb	[Vol%] 2.00
Lactate	

## TRANSFERT DU MONOXYDE DE CARBONE

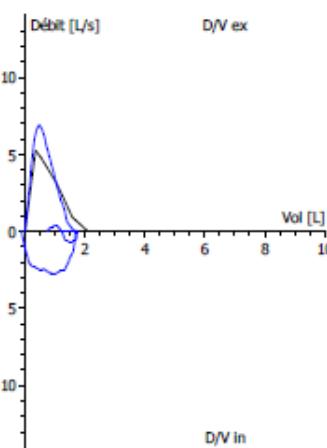
	LIN	LSN	Mesure	%norme
KCO	[mmol/min/kPa/L]	0.89	1.95	0.64 45
KCO rb	[mmol/min/kPa/L]			
VA	[L]	4.36	4.36	2.25 52
VA rb	[L]	2.59	2.59	
DLCO SB	[mmol/min/kPa]	4.48	8.31	1.44 23
DLCOc SB	[mmol/min/kPa]	4.48	8.31	1.44 23
DLCO rb	[mmol/min/kPa]			

## Débits instantanés ↗

(calibre VA ↗, pression rétraction élastique ↗)



## Résistance ↘



Volumes diminués  
Restriction  
CPT < LIN

DLCO diminuée  
du fait de la restriction  
et ↘ KCO

## VOLUMES MOBILISABLES / DEBITS

		LIN	Mesure	%norme
CVF	[L]	2.66	1.73	47
CVL insp	[L]	2.88	1.68	44
VEMS	[L]	2.28	1.50	46
VERMS / CVF	[%]		86.45	
VERMS / CVL	[%]	68.61	89.28	111
CI	[L]	2.55	1.11	44
VRE	[L]	1.25	0.62	50
DEMM25%-75%	[L/s]	2.39	2.26	55
DEM75%	[L/s]	4.14	7.79	112
DEM50%	[L/s]	2.22	3.53	81
DEM25%	[L/s]	0.46	0.62	36
DEP	[L/s]	6.11	7.82	97
VIMS	[L]		1.67	

## RESISTANCE DES VOIES AERIENNES

		Mesure	%norme
sRaw tot	[kPa*s]	0.51	43.7
Raw tot	[kPa*s/L]	0.29	98.0

## IMPEDANCE DU SYSTEME RESPIRATOIRE

Zsr à 5 Hz	[kPa*s/L]
Rsr à 5 Hz	[kPa*s/L]
Xsr in 5Hz moy	[kPa/(L/s)]
Xsr ex 5Hz moy	[kPa/(L/s)]
Xsr ex 5Hz min	[kPa/(L/s)]

## VOLUMES PULMONAIRES NON MOBILISABLES

	LIN	LSN	Mesure	%norme
CPT pleth	[L]	4.24	6.53	2.57
CPT He	[L]	4.24	6.53	
CRF pleth	[L]	1.92	3.89	1.46
CRF He	[L]	1.92	3.89	
VR pleth	[L]	0.98	2.32	0.84
VR He	[L]	0.98	2.32	
VR / CPT pleth[%]	19.83	37.73	32.65	113
VR / CPT He [%]	19.83	37.73		

## GAZ DU SANG ARTERIEL

	LIN	Mesure1
pH		7.38
PaCO2	[mmHg]	36.00
PaO2	[mmHg]	71.93
SaO2	[%]	98.70
Hb	[g/dL]	13.00
COHb	[Vol%]	2.90
Lactate	[mmol/L]	

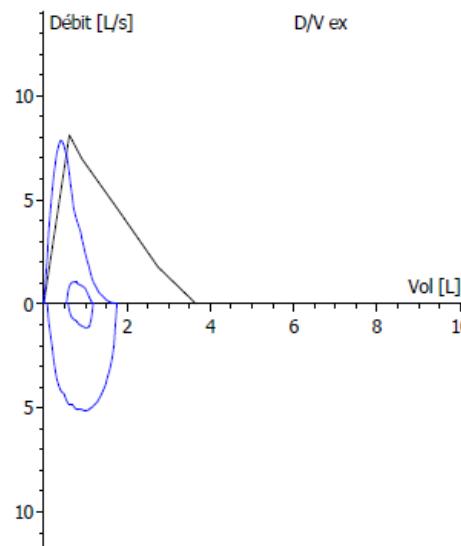
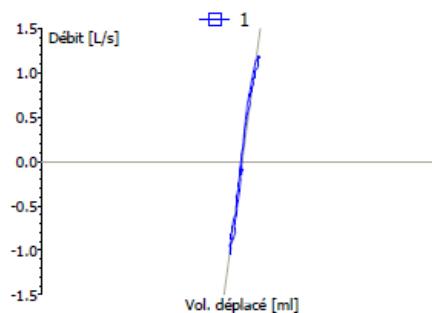
## TRANSFERT DU MONOXYDE DE CARBONE

	LIN	LSN	Mesure	%norme
KCO	[mmol/min/kPa/L]	1.08	2.19	1.66
VA à la CPT	[L]	5.23	5.23	2.13
DLCO SB	[mmol/min/kPa]	6.47	11.11	3.54
DLCoC SB	[mmol/min/kPa]	6.47	11.11	3.54

PID

Sarcoïdose

Syndrome restrictif  
kCO normal

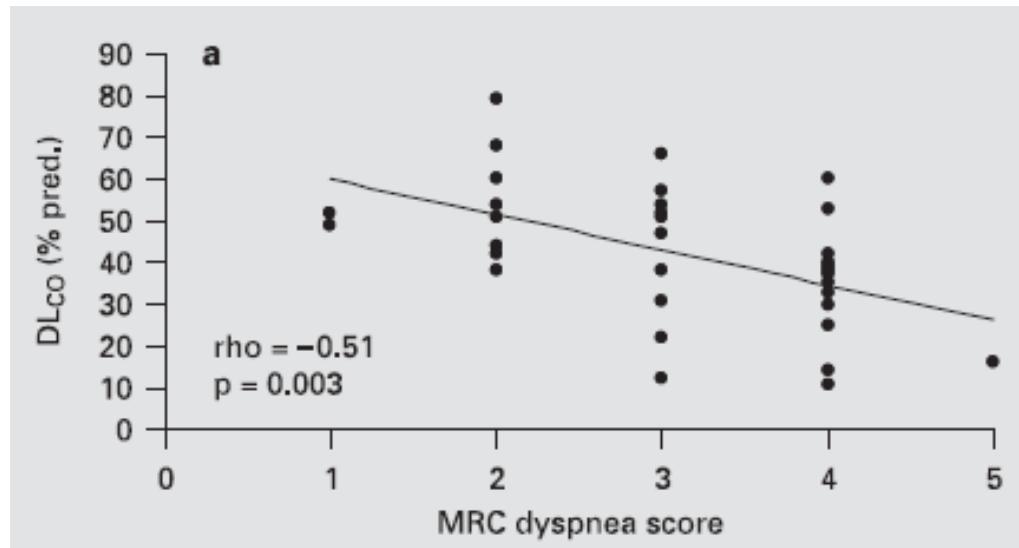


# Intérêt physiopathologique de la mesure

## **Functional Predictors of Exertional Dyspnea, 6-min Walking Distance and HRCT Fibrosis Score in Idiopathic Pulmonary Fibrosis**

Marco Mura<sup>a</sup> Anna Ferretti<sup>b</sup> Orazio Ferro<sup>c</sup> Maurizio Zompatori<sup>d</sup>  
Alberto Cavalli<sup>b</sup> Mario Schiavina<sup>a</sup> Mario Fabbri<sup>a</sup>

Respiration 2006;73:495–502



DLCO corrélée à la dyspnée d'exercice

# Cross-Sectional Assessment of the Relationships between Dyspnea Domains and Lung Function in Diffuse Parenchymal Lung Disease

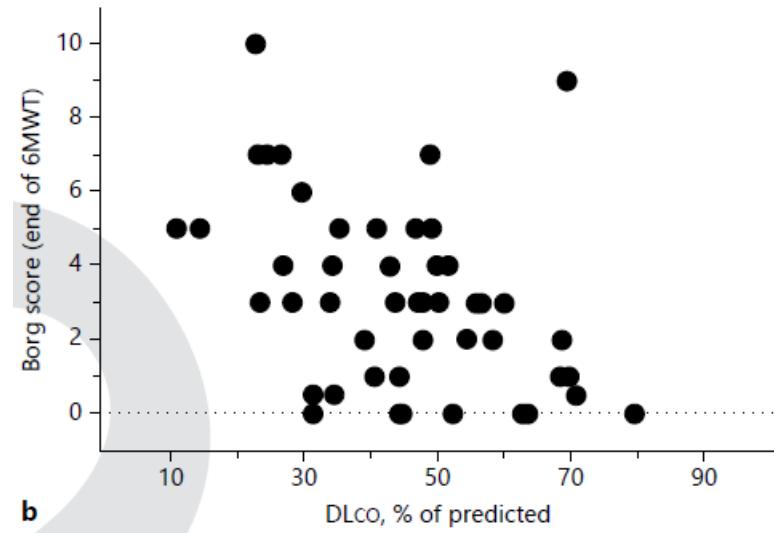
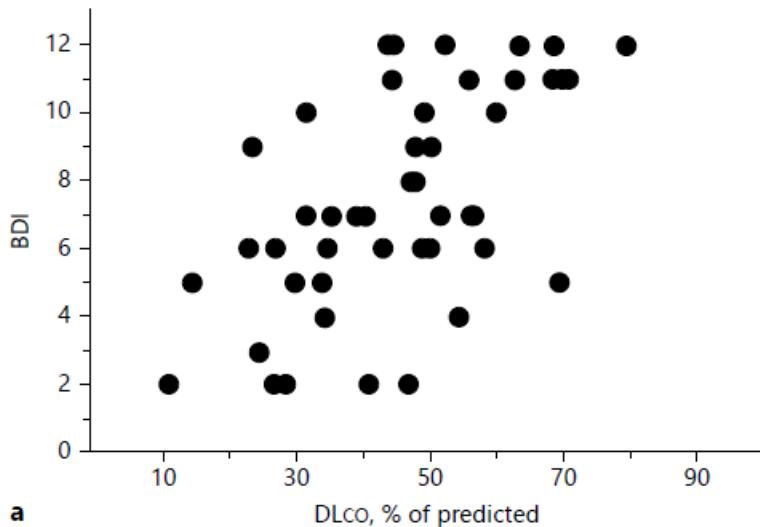
Respiration 2013

Cécile Londner<sup>a</sup> Ghanima Al Dandachi<sup>a</sup> Laurent Plantier<sup>a, d</sup>

Karine Gillet-Juvin<sup>a, b</sup> Brigitte Chevalier-Bidaud<sup>c</sup> Bruno Mahut<sup>a, f</sup>

Dominique Israel-Biet<sup>b, d</sup> Christophe Delclaux<sup>a, d, e</sup>

## Corrélation DLCO et dyspnée



# Intérêt physiopathologique de la mesure

## Breathlessness in Patients with Severe Chronic Airflow Limitation\*

### Physiologic Correlations

(*Chest* 1992; 102:824-31)

Denis E. O'Donnell, M.D., F.C.C.P.; and Katherine A. Webb, M.Sc.

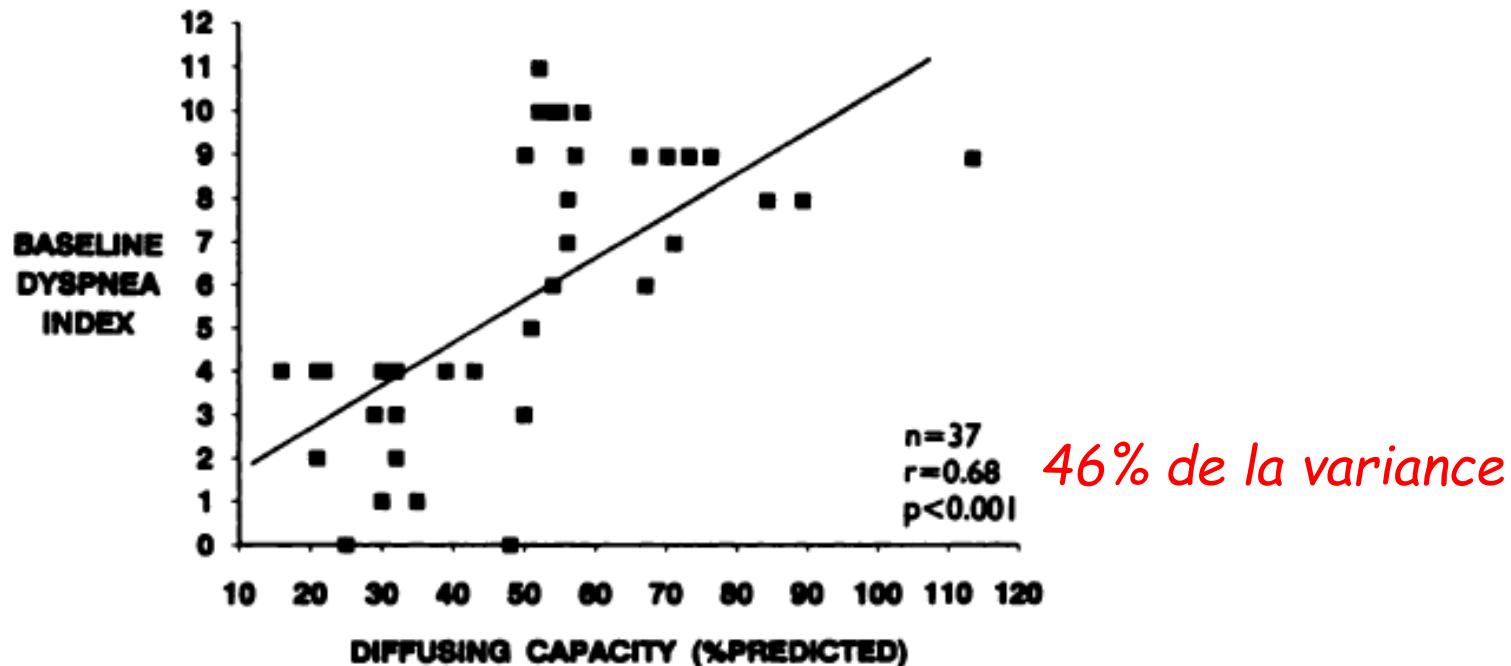


FIGURE 4. Relationship between baseline dyspnea index (BDI) and diffusing capacity for carbon monoxide (D<sub>CO</sub>, percent predicted).  
BDI = 0.76 + 0.10(D<sub>CO</sub>).

# DLCO: pas d'intérêt diagnostic ?

# Fumeur, essoufflé

## VOLUMES MOBILISABLES / DEBITS

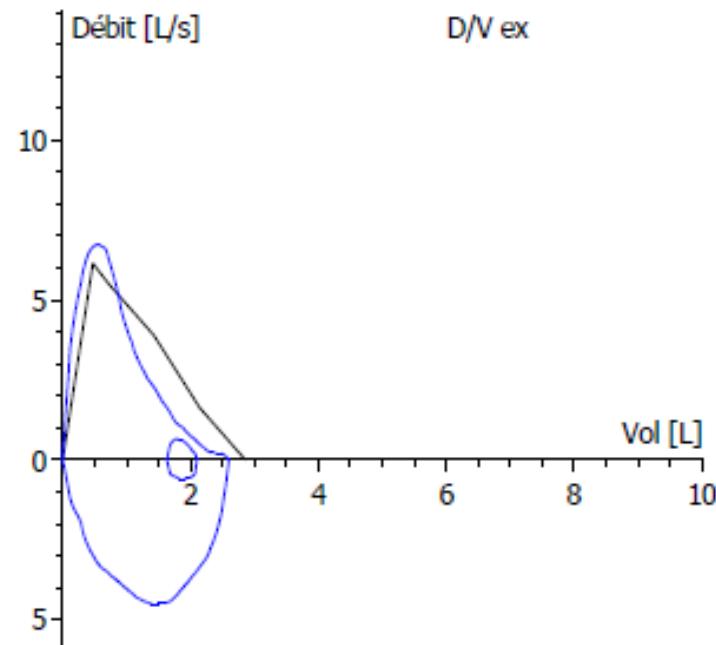
		LIN	Mesure	%norme
CVF	[L]	2.15	2.58	90
CVL insp	[L]	2.22	2.62	90
VEMS	[L]	1.81	2.14	88
VEMS / CVF	[%]		83.22	
VEMS / CVL	[%]	69.87	81.85	102
CI	[L]	1.91	2.09	109
VRE	[L]	1.00	0.55	55
DEMM25%-75%	[L/s]	1.95	2.07	62
DEM75%	[L/s]	3.28	6.57	120
DEM50%	[L/s]	2.05	2.56	66
DEM25%	[L/s]	0.49	0.76	47
DEP	[L/s]	4.64	6.71	110
VIMS	[L]		2.56	

## VOLUMES PULMONAIRES NON MOBILISABLES

		LIN	LSN	Mesure	%norme
CPT pleth	[L]	3.51	5.50	4.33	96
CPT He	[L]	3.51	5.50		
CRF pleth	[L]	1.72	3.36	2.24	88
CRF He	[L]	1.72	3.36		
VR pleth	[L]	0.97	2.12	1.69	109
VR He	[L]	0.97	2.12		
VR / CPT pleth[%]		24.70	43.82	38.99	114
VR / CPT He [%]		24.70	43.82		

## TRANSFERT DU MONOXYDE DE CARBONE

		LIN	LSN	Mesure	%norme
KCO	[mmol/min/kPa/L]	1.16	2.31	0.96	56
VA à la CPT	[L]	4.36	4.36	4.20	96
DLCO SB	[mmol/min/kPa]	5.90	9.73	4.05	52
DLCOb SB	[mmol/min/kPa]	5.90	9.73	4.05	52



TDM thorax:  
Emphysème pur

# Intérêts de la mesure de la DLCO

## Peu d'intérêt diagnostique

- emphysème isolé (sans BPCO)
- syndrome restrictifs parenchymateux/extra-parenchymateux

## Intérêt pronostique

- mesure associée à la désaturation artérielle à l'exercice
- mesure associée à la dyspnée

## Intérêt physiologique

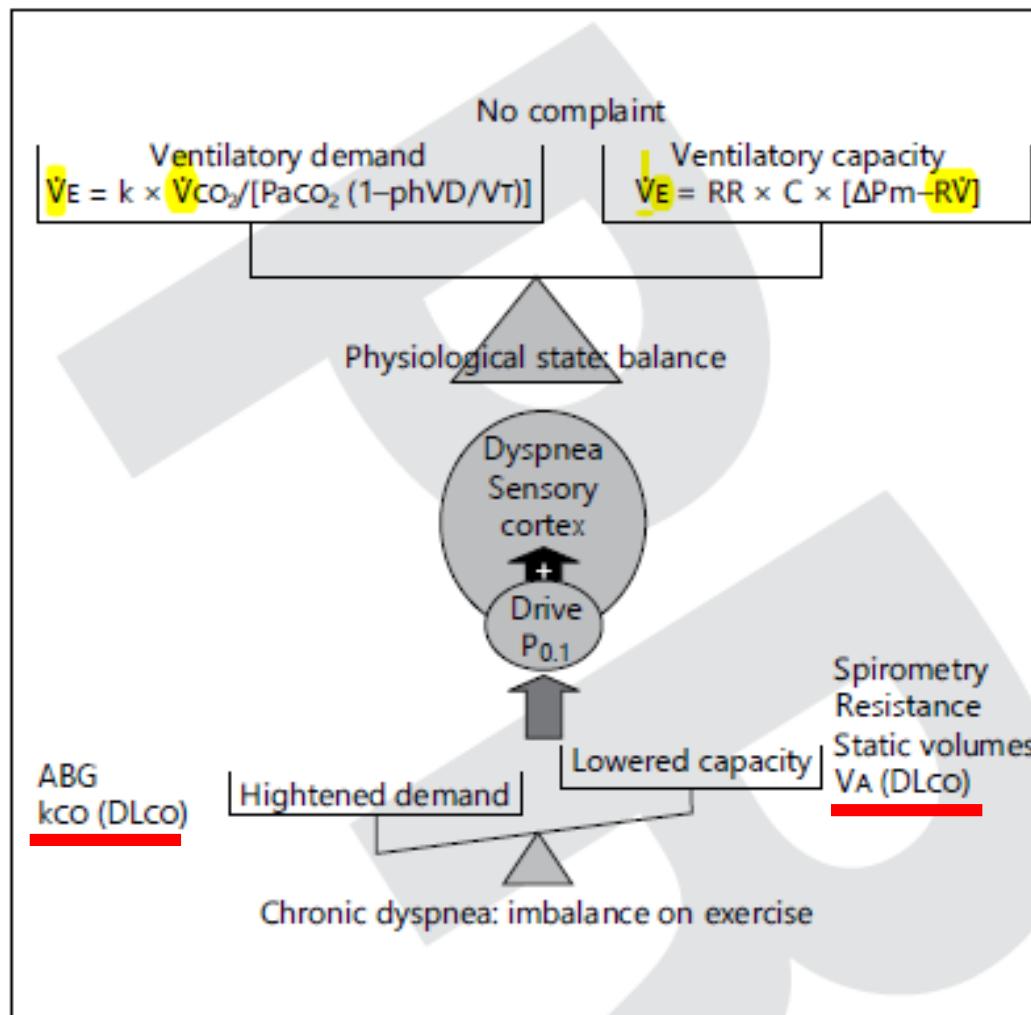
- explore capacité (VA) et demande ventilatoire (KCO): dyspnée

# Cross-Sectional Assessment of the Relationships between Dyspnea Domains and Lung Function in Diffuse Parenchymal Lung Disease

Cécile Londner<sup>a</sup> Ghanima Al Dandachi<sup>a</sup> Laurent Plantier<sup>a, d</sup>  
Karine Gillet-Juvin<sup>a, b</sup> Brigitte Chevalier-Bidaud<sup>c</sup> Bruno Mahut<sup>a, f</sup>  
Dominique Israel-Biet<sup>b, d</sup> Christophe Delclaux<sup>a, d, e</sup>

Respiration

DOI: 10.1159/000351110



# Plan

Transfert alvéolo-capillaire

Le transfert alvéolo-capillaire: théorie

Le transfert: les mesures aux EFR

- méthode de référence: apnée

L'interprétation:

- théorie
- cas cliniques

L'utilité clinique

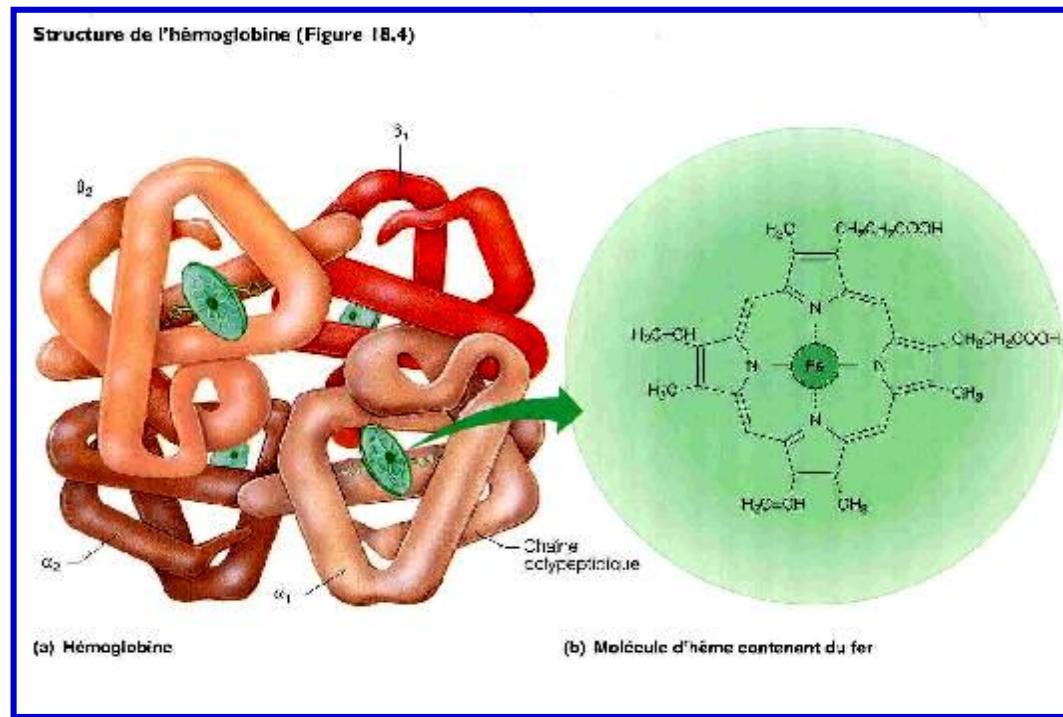
Transport des gaz

Oxygène

Gaz carbonique

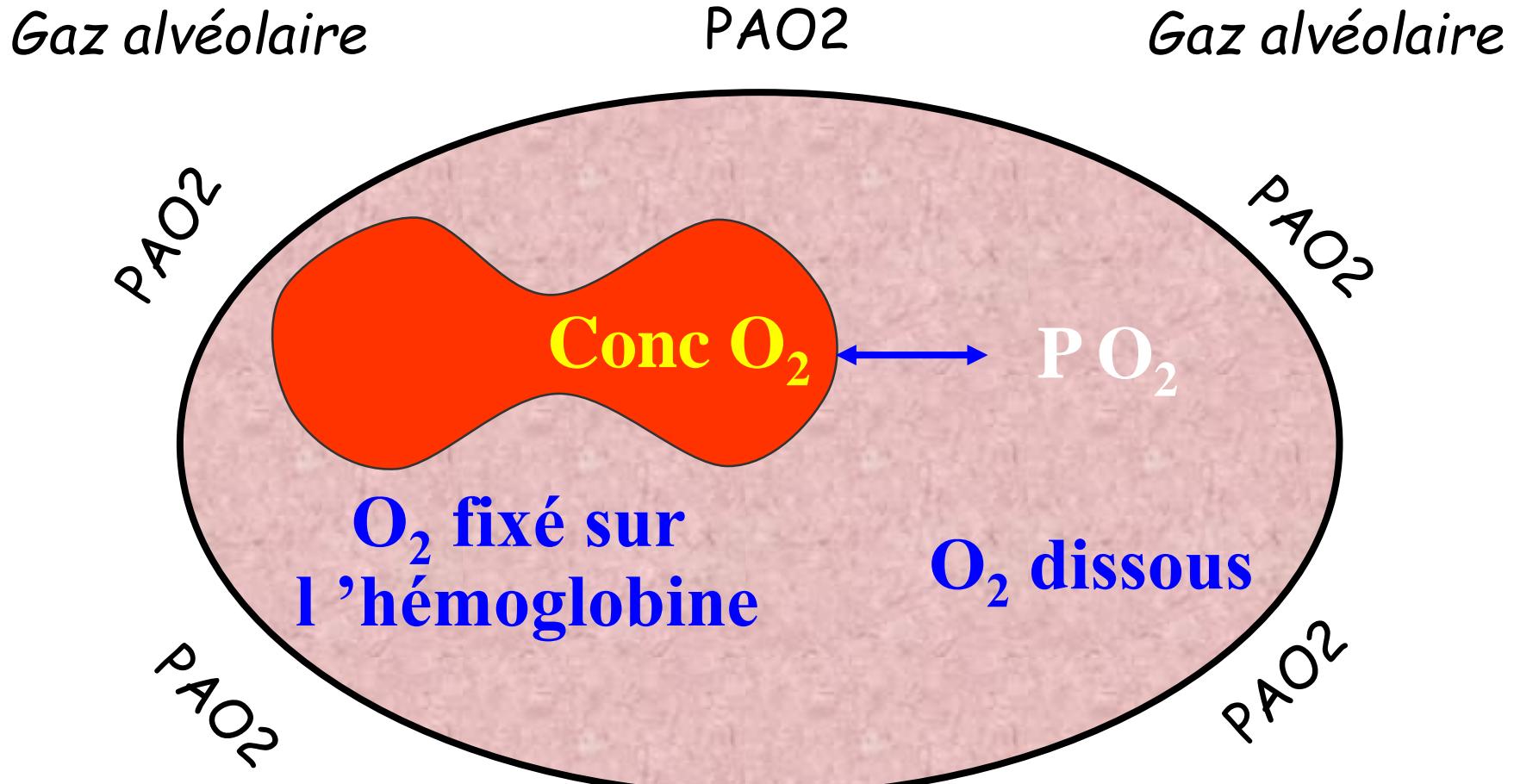
# Transport des gaz: oxygène

## Hémoglobine



- Constituée d'une partie protéique, la **globine**, et de l'**hème** contenant le fer:
  - globine: protéine formée de 4 chaînes polypeptidiques
  - hème: composé porphyrine-fer qui lie l'O<sub>2</sub>
- 1 molécule d'Hb peut lier 4 molécules d'oxygène

# Transport des gaz: oxygène

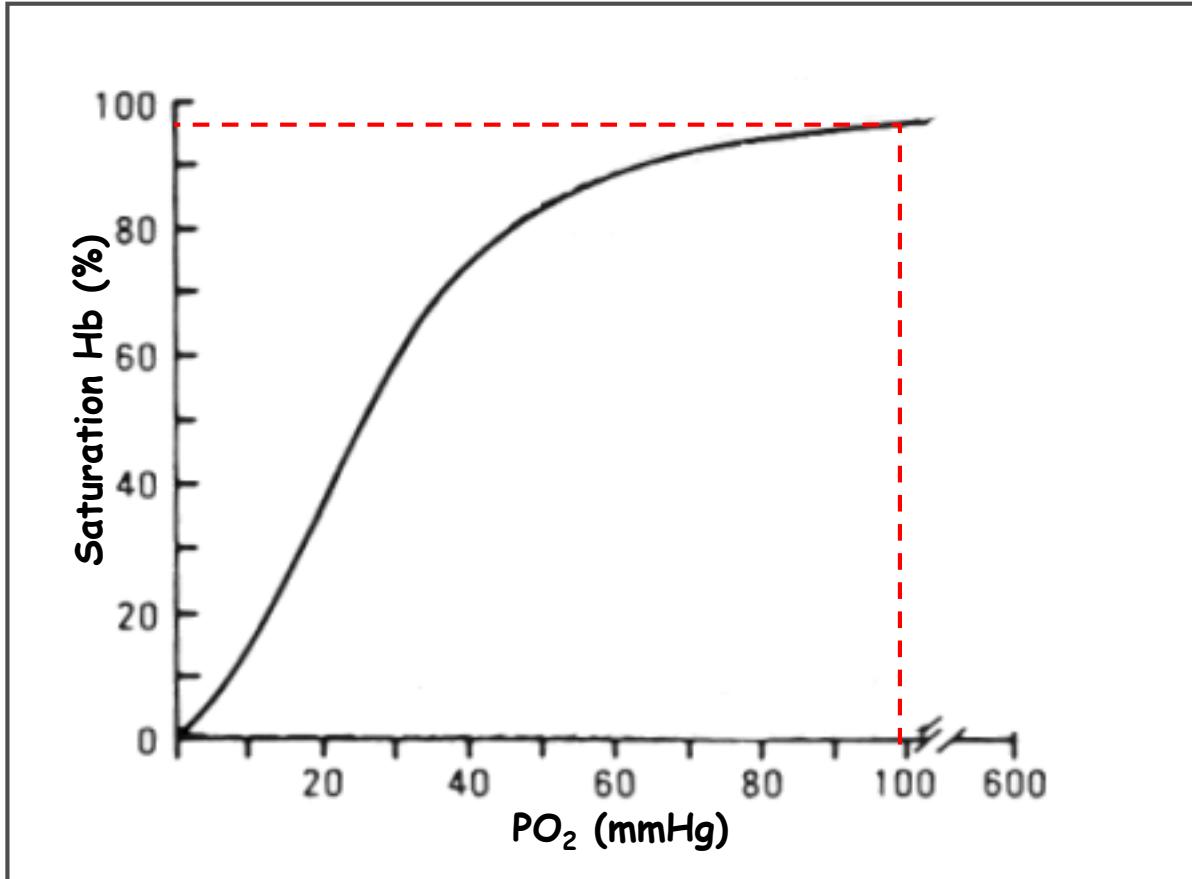


$$PAO_2 \sim (P_{atm} - P_{H2O}) \times FIO_2 - PaCO_2 / 0.80 = 100 \text{ mmHg}$$

La fixation de l' $O_2$  sur l'hémoglobine se fait selon cette courbe

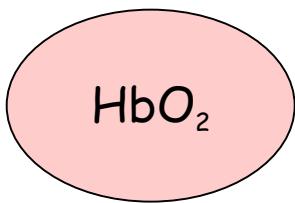
Saturation exprime part d' $O_2$  fixée à l'Hb par rapport à capacité totale de fixation  
(analogie avec un train: Hb = nombre wagons, saturation = % d'occupation des sièges)

$$SaO_2 = \frac{O_2 \text{ combiné à Hb}}{\text{Capacité } O_2} \times 100$$

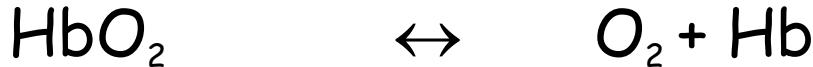
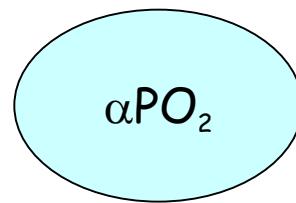


# Transport sanguin de l'oxygène

O<sub>2</sub> fixé à  
l'hémoglobine



O<sub>2</sub> dissous



Pouvoir oxyphorique (P.O.) de l'Hb :  
1 g d'Hb peut fixer au maximum 1,39 ml  
d'O<sub>2</sub>

si Hb = 15 g/100 ml de sang, quantité max.  
d'O<sub>2</sub> liée = capacité en O<sub>2</sub> = 1,39 × 15  
= 21 ml O<sub>2</sub>/100 ml

Coefficient de solubilité (eau,  
37°) de l'O<sub>2</sub>  
 $\alpha = 0,003 \text{ ml O}_2 \text{ dissous / 100ml sang / mmHg}$

Dans sang artériel normal :  
 $\text{PO}_2 = 100 \text{ mmHg}$ ,  
0,3 ml O<sub>2</sub> dissous / 100 ml sang

# Transport des gaz: oxygène

## Le transport de l'O<sub>2</sub>:

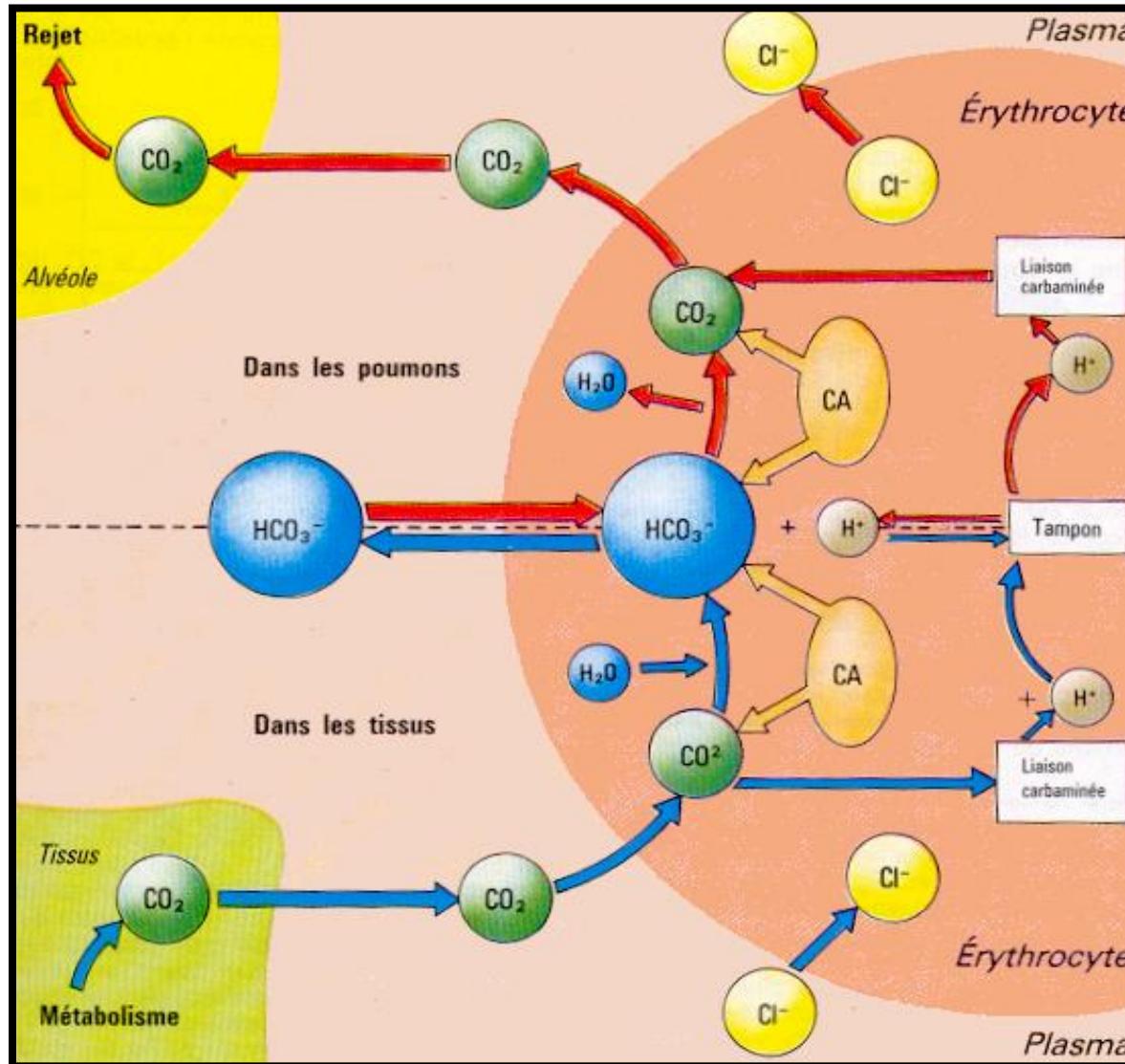
- principalement par l'hémoglobine (saturation en O<sub>2</sub> et l'Hb)
- pour une faible part sous forme dissoute (pression en O<sub>2</sub> dans le sang)

## Conséquence pratique:

L'élément important pour le suivi du transport d'O<sub>2</sub> aux tissus est la saturation en O<sub>2</sub> et non la pression en O<sub>2</sub>

Objectif en terme de transport: saturation transcutanée

# Transport des gaz: gaz carbonique

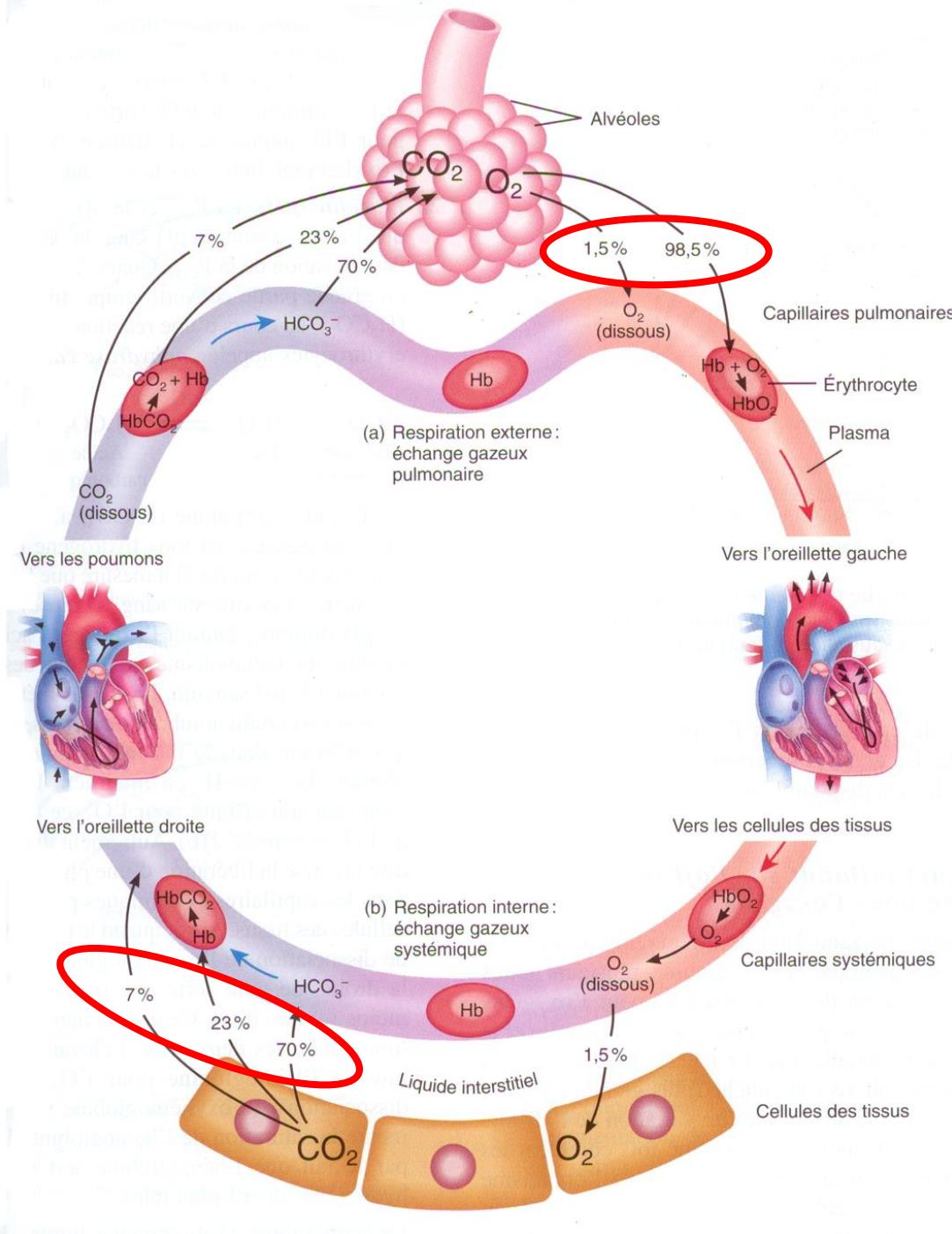


Transport sous forme de bicarbonate, soluble dans le plasma

# Formes de transport du CO<sub>2</sub>

mmol/L	Sang artériel	Sang veineux	
<u>Dans 600 ml plasma</u>			
• CO <sub>2</sub> dissous	0.7	0.8	Principale forme
• Bicarbonates	15.2	16.2	de transport: Bicarbonates plasma
<u>Dans 400 ml GR</u>			
• CO <sub>2</sub> dissous	0.3	0.4	Rôle important
• CO <sub>2</sub> carbaminé	1.0	1.4	dans les mouvements
• Bicarbonates	4.3	4.4	de CO <sub>2</sub> : DAV CO <sub>2</sub>
<u>Dans 1 L sang</u>			
• CO <sub>2</sub> total	21.5	23.2	(30% de la DAV)

Passage de mmol/L à ml/100 ml :  $\times 2.23$



# Gaz du sang artériel

Fonction du système respiratoire:

Assurer l'hématose

Insuffisance (système) respiratoire = hématose anormale

Quelle est la normalité de l'hématose?

En premier lieu:

Rapides rappels de méthodologie de ponction

**MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SPORTS**

**Arrêté du 28 décembre 2009 relatif aux modalités de prélèvements par ponctions artérielles au niveau de l'artère radiale ou de l'artère fémorale en vue d'analyses de biologie médicale par le pharmacien biologiste**

NOR : *SASH0931675A*

**Art. 1<sup>er</sup>.** – La réalisation des ponctions artérielles au niveau de l'artère radiale ou de l'artère fémorale en vue d'analyses de biologie médicale par le pharmacien biologiste est soumise à prescription médicale

**Art. 2.** – Le patient est préalablement informé du déroulement du prélèvement et de ses complications éventuelles.

**Art. 3. –**

Le test d'ALLEN est pratiqué avant toute ponction radiale, dans le but de vérifier l'existence d'un débit suffisant au niveau de l'artère. Dans la négative, le prélèvement est effectué au niveau de l'artère fémorale.

Le prélèvement au niveau de l'artère fémorale est à réservier aux cas où le prélèvement radial est strictement impossible.

**Art. 4. –** L'existence de lésion cutanée en regard du point de ponction constitue une contre-indication au prélèvement artériel.

Toute situation d'hypocoagulation (traitement anticoagulant ou antiplaquettai, anomalies de l'hémostase) constitue une contre-indication au prélèvement artériel.

Chez l'insuffisant rénal susceptible d'être traité ou en cours de traitement par hémodialyse, les ponctions artérielles au niveau radial sont évitées afin de préserver l'abord vasculaire ou de ne pas compromettre sa création.

# 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 2012

**Joseph Habib, Laureen Baetz and Bhagwan Satiani**

**Table I.** Literature review of Allen's test

Author	Year	Conclusion	Time threshold for clinical Allen's test/accuracy/comments
Glavin et al. <sup>24</sup>	1989	Unable to confirm benefit of Doppler ultrasound method in assessing adequacy of collateral flow in hands	< 6 s Allen's test vs Doppler ultrasound (sensitivity 0.87, specificity 0.57)
Johnson et al. <sup>25</sup>	1998	Modification to Allen's test using pulse oximetry	12 s (arbitrarily selected)
Jarvis et al. <sup>19</sup>	2000	Allen's test does not perform satisfactorily and should be replaced by more objective tests	6 s (sensitivity 54.5%) 5 s (sensitivity 75.8%) 3 s (sensitivity 100%)
Ruengsakulrach et al. <sup>21</sup>	2001	Provides validation of the MAT	< 10 s Abnormal MAT found in 5.6% (4/71) of patients
Meharwal et al. <sup>2</sup>	2001	MAT and pulse oximetry both used with no case of acute hand ischemia	No time cut-off reported
Sajja <sup>26</sup>	2008	Allen's test when combined with pulse oximetry and intraoperative return of RA pulse with proximal occlusion resulted in no cases of hand ischemia	< 6 s False-negative rate was 0.4%
Barbeau et al. <sup>20</sup>	2004	Plethysmography and pulse oximetry more sensitive than MAT	< 9 s 6.4% out of 1010 patients had positive MAT
Abu-Omar et al. <sup>23</sup>	2004	Allen's test is a quick, easy and reliable screening test before radial artery harvest	< 5 s 15% (43/287) had abnormal Allen's test
Agrifoglio et al. <sup>27</sup>	2005	Clinical Allen's test is not sufficient to assess hand collateral flow	No time cut-off reported
Kohonen et al. <sup>28</sup>	2008	Allen's test is a good and valid screening test for the hand	6 s (sensitivity 73.2%, specificity 97.1%)

s, seconds; MAT, modified Allen's test; RA, radial artery.

*Test d'Allen modifié: inutile avant simple ponction artérielle*

# Topical tetracaine prior to arterial puncture: a randomized, placebo-controlled clinical trial<sup>☆</sup>

Shawn D. Aaron<sup>a,b,\*</sup>, Katherine L. Vandemheen<sup>a,b</sup>, Sheila A. Naftel<sup>a,b</sup>,  
Mary-Jo Lewis<sup>a,b</sup>, Marc A. Rodger<sup>a,b</sup>

Respiratory Medicine (2003) 97, 1195–1199

Table 2 Study results.

	Tetracaine gel (n = 24)	Placebo gel (n = 26)	P-value
Visual analog pain scale score*	26.2 ± 32.6	23.8 ± 27.4	0.78
Time to successful ABG* (seconds)	70 ± 103	49 ± 48	0.61
≥ 1 Puncture site (%)	6 (25)	4 (15)	0.40
Successful ABG (%)	23 (96)	23 (88)	0.61
Adverse effects (within 24 h)			
Redness	1	1	0.99
Swelling	1	1	0.99
Itching	1	0	0.43
Bruising	0	3	0.25
Any adverse effect	2 (8)	5 (19)	0.44

The visual analog pain scale scores, and the ease of the arterial puncture, were not significantly different in the tetracaine-treated group as compared to the group which received placebo gel. There were no significant differences in adverse effects associated with tetracaine therapy.

\*Mean ± SD.

*Pas d'intérêt du gel anesthésiant local*

# **Arterial Blood Gas Reference Values for Sea Level and an Altitude of 1,400 Meters**

ROBERT O. CRAPO, ROBERT L. JENSEN, MATHEW HEGEWALD, and DONALD P. TASHKIN

AM J RESPIR CRIT CARE MED 1999;160:1525-1531.

## **CORRELATION MATRIX FOR BLOOD GAS ANALYTES AND AGE, SEX, HEIGHT, WEIGHT, AND BAROMETRIC PRESSURE**

	Age	Sex	Height	Weight	P <sub>B</sub>
Pa <sub>O<sub>2</sub></sub>	r <sup>2</sup> = 0.173 p < 0.001	r <sup>2</sup> = 0.006 p = 0.16	r <sup>2</sup> = 0.007 p = 0.13	r <sup>2</sup> = 0.081 p < 0.001	r <sup>2</sup> = 0.652 p < 0.001
Pa <sub>CO<sub>2</sub></sub>	r <sup>2</sup> = 0.0002 p = 0.80	r <sup>2</sup> = 0.021 p = 0.007	r <sup>2</sup> = 0.0004 p = 0.72	r <sup>2</sup> = 0.002 p = 0.40	r <sup>2</sup> = 0.325 p < 0.001
pH	r <sup>2</sup> = 0.019 p = 0.01	r <sup>2</sup> = 0.019 p = 0.011	r <sup>2</sup> = 0.004 p = 0.26	r <sup>2</sup> = 0.002 p = 0.48	r <sup>2</sup> = 0.092 p < 0.001
Sa <sub>O<sub>2</sub></sub>	r <sup>2</sup> = 0.270 p < 0.001	r <sup>2</sup> = 0.002 p = 0.45	r <sup>2</sup> = 0.0004 p = 0.70	r <sup>2</sup> = 0.083 p < 0.001	r <sup>2</sup> = 0.312 p < 0.001
AaPo <sub>2</sub>	r <sup>2</sup> = 0.344 p < 0.001	r <sup>2</sup> = 0.004 p = 0.24	r <sup>2</sup> = 0.017 p = 0.01	r <sup>2</sup> = 0.056 p < 0.001	r <sup>2</sup> = 0.041 p < 0.001

PaCO<sub>2</sub>: dépend du sexe, PaO<sub>2</sub> dépend de l'âge et du poids

Sea Level						Sex	n	$\text{PaCO}_2$ (mm Hg)
Age (yr)	n	$\text{PaO}_2$ (mm Hg)	$\text{SaO}_2$ (%)	$\text{AaPo}_2$ (mm Hg)	n			
18-24	17	99.9 (5.3)	96.9 (0.4)	2.0 (5.7)				
25-34	19	99.8 (4.9)	96.7 (0.7)	3.3 (4.3)	57			
35-44	22	98.3 (7.6)	96.7 (0.6)	4.7 (7.5)	48			
45-54	8	97.0 (8.0)	96.5 (1.0)	6.5 (6.4)	48			
55-64	8	90.2 (4.5)	95.9 (0.7)	12.1 (3.7)	42			
> 64	22	88.7 (10.7)	95.5 (1.4)	14.8 (8.8)	48			

\* Values are means with SD shown in parentheses.

$\text{PaCO}_2$  normale:  
35-45 mmHg

Cerveri, AJRCCM, 1995

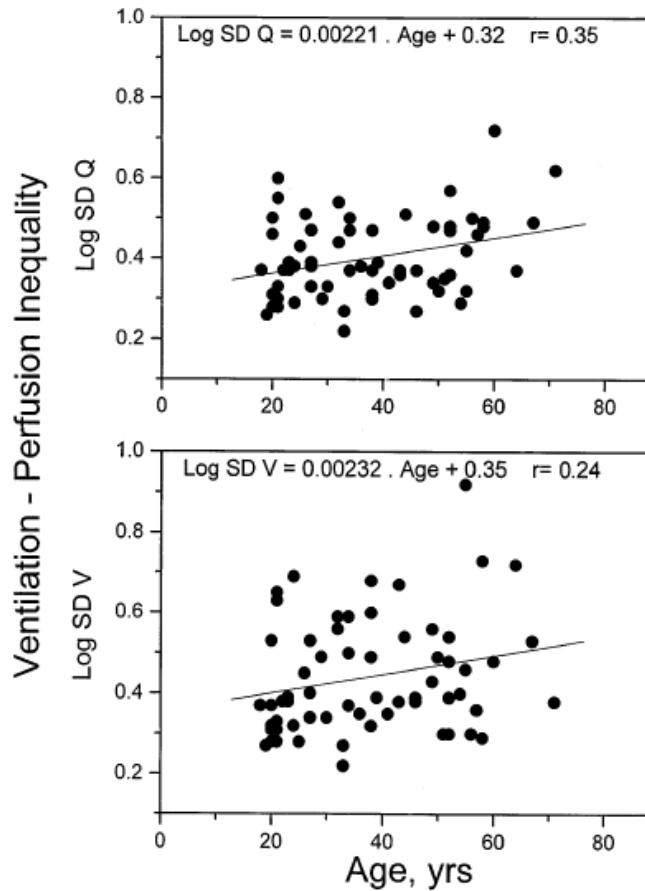
Limite inférieure de la normale à partir de 75 ans: 68.4 mmHg  
(valeur stable ensuite)

# Increase in Pulmonary Ventilation-Perfusion Inequality with Age in Healthy Individuals

JAUME CARDÚS, FELIP BURGOS, ORLANDO DIAZ, JOSEP ROCA, JOAN ALBERT BARBERÀ,  
RAMÓN M. MARRADES, ROBERT RODRIGUEZ-ROISIN, and PETER D. WAGNER

AM J RESPIR CRIT CARE MED 1997;156:648-653.

Hétérogénéités des rapports  $\dot{V}A/\dot{Q}$  avec âge croissant  
Diminution physiologique de la  $PaO_2$



**Figure 1.** Ventilation-perfusion ( $\dot{V}A/\dot{Q}$ ) inequality increases with age. *Upper panel* shows a slight increase in dispersion of the blood flow distribution ( $\log SDQ$ ) with age, and *lower panel* a similar increase for the ventilation distribution ( $\log SDV$ ). In each graph, the regression line is indicated by a continuous line.

# Hématose: normes

## Hypoxémie:

$\text{PaO}_2 < \text{LIN de la norme} (< 75 \text{ ans})$   
 $\text{ou } < 70 \text{ mmHg à partir de 75 ans}$

## Hypercapnie:

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

## Insuffisance respiratoire:

Hypoxémie et/ou hypercapnie  
(aiguë / chronique)

# Avant d'interpréter un gaz du sang

11. Expulser les bulles d'air, boucher la seringue et faire rouler l'échantillon entre les mains pour le mélanger en douceur. Boucher la seringue pour éviter un contact entre le sang artériel et l'air et pour prévenir les fuites pendant le transport vers le laboratoire.

## Précisions utiles ?

- 
16. Transporter immédiatement l'échantillon au laboratoire en respectant la procédure de manipulation de celui-ci.

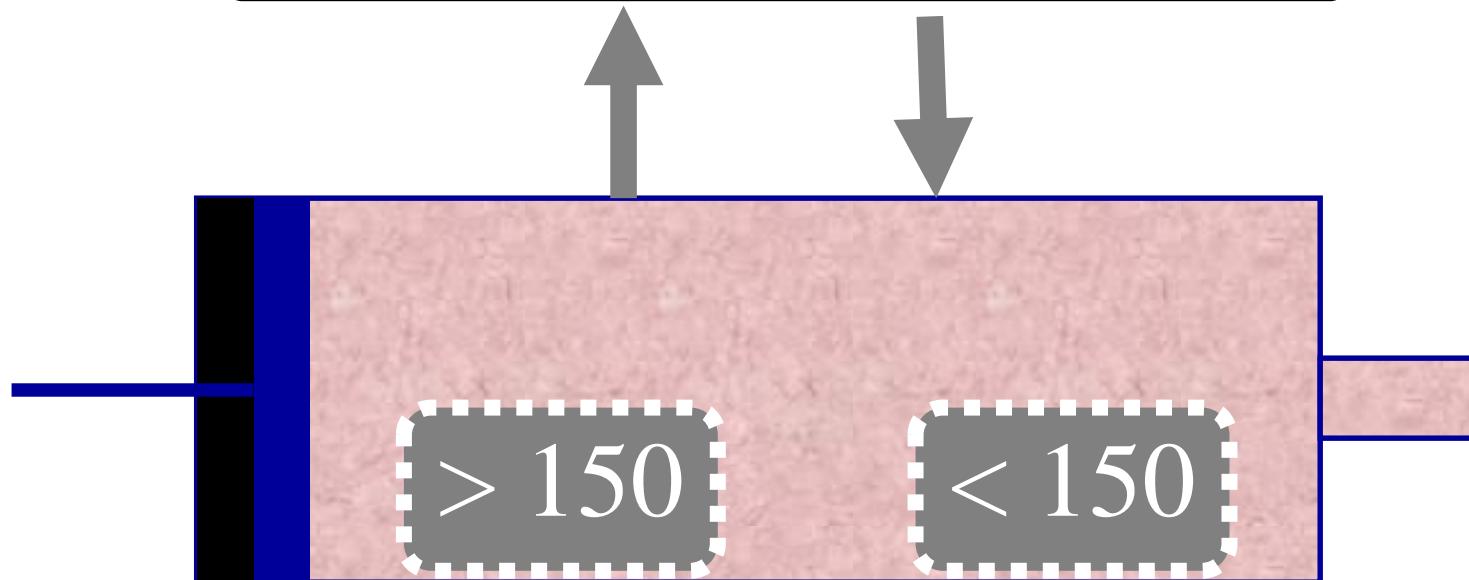
## Erreur pré-analytique

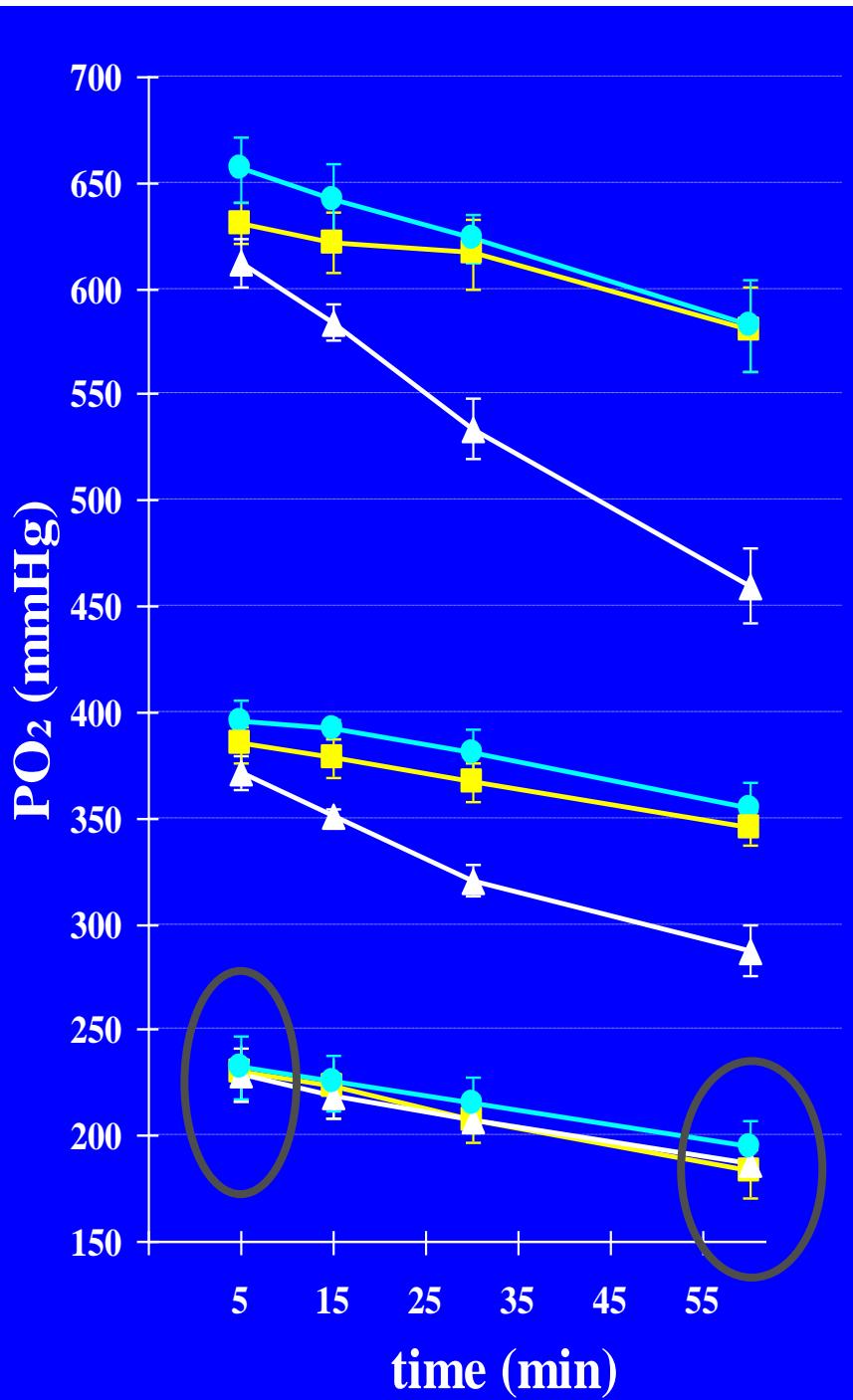
## Conditions de réalisation des gaz du sang

$$P O_2 = (P_{ATM} - P_{H2O}) \times FIO_2 = 150 \text{ mmHg}$$

Gradient de pression et si paroi perméable aux gaz: échanges

$$PO_2 \sim 150 \text{ mm Hg (37°C- H}_2\text{O 100%)}$$





Température  
d'attente  
 $= 23^\circ\text{C}$

- seringue verre
- capillaire verre
- ▲ seringue plastique

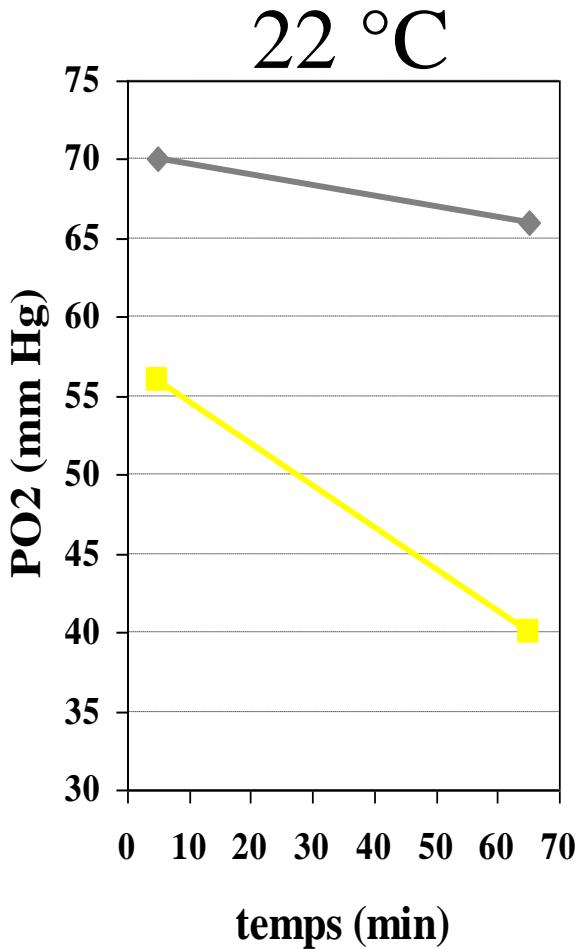
*Importance fonctionnelle:  
Pour les GdSang réalisés en hyperoxie*

# froid $\Rightarrow$ arrêt du métabolisme des cellules sanguines

◆ contrôles  
■ patients

- Hyperleucocytose jusqu'à  $300\,000/\text{mm}^3$
- Thrombocytose jusqu'à  $1\,300\,000/\text{mm}^3$

Hess, NEJM, 1979, 361



*Importance fonctionnelle: hématologie*

# Mécanismes des hypoxémies

## Hypoventilation alvéolaire

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

## Anomalie de la diffusion

- transfert du  $\text{CO}$  anormal
- diminution de  $\text{PaO}_2$  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  $\text{PaO}_2$  à l'exercice

# Cas clinique

Jeune homme de 20 ans admis au SAU pour overdose  
Bradypnée: FR 8 /mn

Gaz du sang:

pH = 7.20, PCO<sub>2</sub> = 60 mmHg, BE = 0 mEq/L  
PO<sub>2</sub> = 70 mmHg

Diagnostic du trouble acido-basique  
Diagnostic du trouble de l'hématose

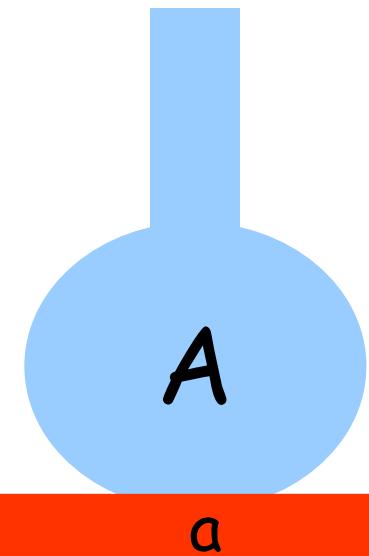
Comment interpréter l'hématose lorsque le niveau de ventilation alvéolaire est anormal ?

## 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

$$\text{PIO}_2 = (\text{Patm} - \text{PH}_2\text{O}) \times \text{FIO}_2 = (760 - 47) \times 0.21 \sim 150 \text{ mmHg}$$



Gaz alvéolaire = AA + vapeur d'eau + CO<sub>2</sub>  
PAO<sub>2</sub> dépend de la façon dont est renouvelé  
le gaz alvéolaire (ventilation alvéolaire)

PAO<sub>2</sub> = Pression alvéolaire en O<sub>2</sub>



PcapO<sub>2</sub> = Pression capillaire pulmonaire

PcapO<sub>2</sub> ~ PAO<sub>2</sub> si diffusion normale  
AaPO<sub>2</sub> quasi nulle à 20 ans (2 mmHg)

Sea Level					
Age (yr)	n	PaO <sub>2</sub> (mm Hg)	SaO <sub>2</sub> (%)	AaPo <sub>2</sub> (mm Hg)	n
18-24	17	99.9 (5.3)	96.9 (0.4)	2.0 (5.7)	
25-34	19	99.8 (4.9)	96.7 (0.7)	3.3 (4.3)	57
35-44	22	98.3 (7.6)	96.7 (0.6)	4.7 (7.5)	48
45-54	8	97.0 (8.0)	96.5 (1.0)	6.5 (6.4)	48
55-64	8	90.2 (4.5)	95.9 (0.7)	12.1 (3.7)	42
> 64	22	88.7 (10.7)	95.5 (1.4)	14.8 (8.8)	48

Sex	n	PaCO <sub>2</sub> (mm Hg)
Male	44	38.1 (3.3)
Female	52	36.8 (2.9)

PaCO<sub>2</sub> normale:  
35-45 mmHg

\* Values are means with SD shown in parentheses.

PaO<sub>2</sub> normale: 70-100 mmHg, SaO<sub>2</sub>: 93-98% (avant 75 ans)

Différence alvéolo-artérielle croissante avec l'âge

## Pression alvéolaire en oxygène (équation simplifiée des gaz alvéolaires)

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

Quotient respiratoire : QR

Différence alvéolo-artérielle:

PAO<sub>2</sub> calculée - PaO<sub>2</sub> mesurée

En air ambiant:

Norme: 0 à 30 mmHg (fonction de l'âge)

Augmentation: hypoxémie avec altération échangeur

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

# Cas clinique

Jeune homme de 20 ans admis au SAU pour overdose  
Bradypnée: FR 8 /mn

Gaz du sang:

pH = 7.20, PCO<sub>2</sub> = 60 mmHg, BE = 0 mEq/L  
PO<sub>2</sub> = 70 mmHg

Diagnostic du trouble acido-basique  
Diagnostic du trouble de l'hématose

pH < 7.35 : acidose

BE normal: pas de composante métabolique

Acidose respiratoire aigue

AaPO<sub>2</sub> = 5 mmHg

Hypoventilation alvéolaire pure

hypoxémie liée à l'absence de renouvellement suffisant  
du gaz alvéolaire (bradypnée: dépression ventilatoire centrale)

Échangeur gazeux normal

Hypercapnie = hypoventilation alvéolaire

Car:

$$V'CO_2 = k \times PACO_2 \times V'A$$

Hypocapnie = hyperventilation alvéolaire