



# FORUM EUROPÉEN, CŒUR, EXERCICE & PRÉVENTION

## Apport du CPX dans la dyspnée : le point de vue du pneumologue

Stephan Matecki  
Département de Physiologie  
CHU Montpellier

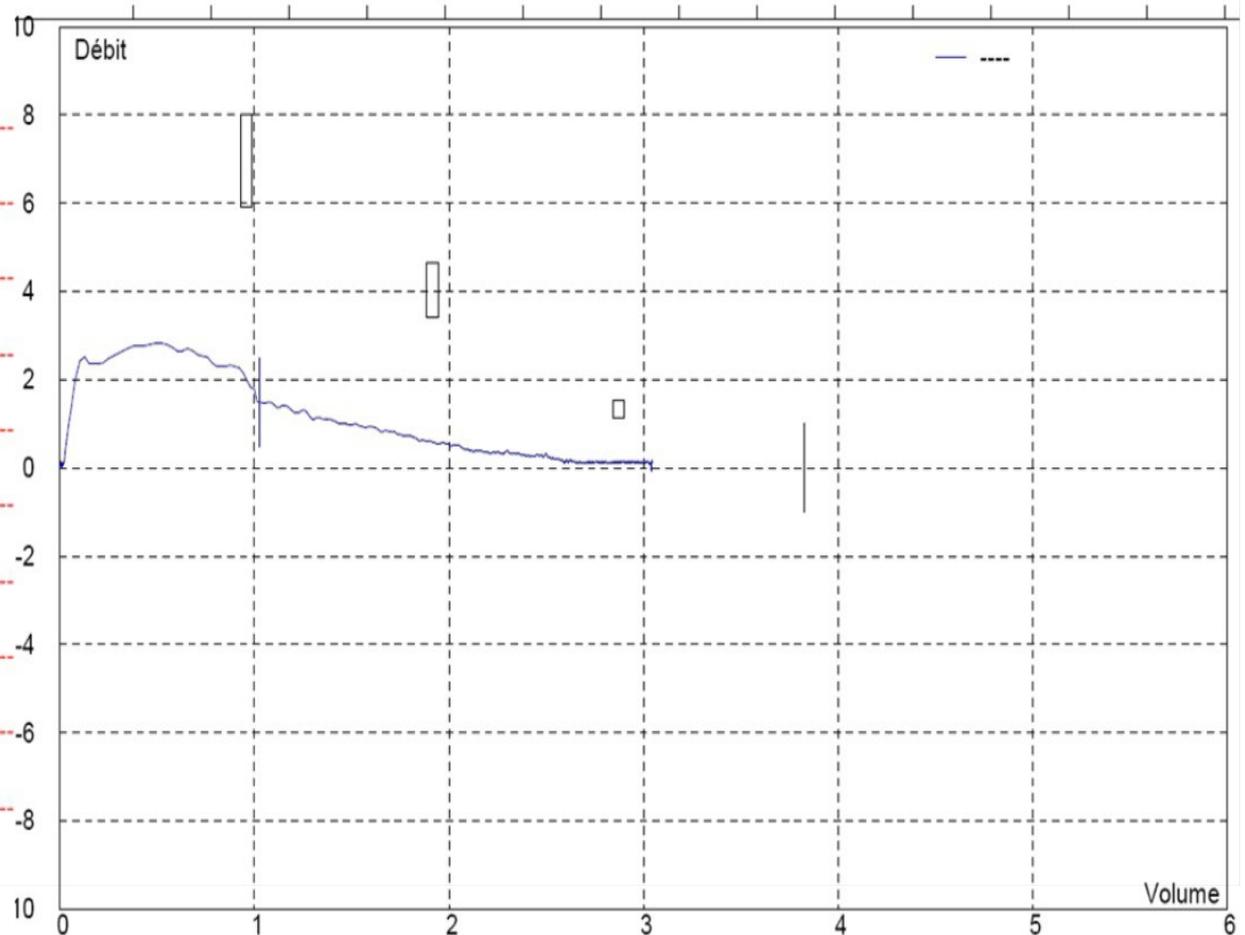
# Conflits d'intérêts

- Contenu

# Cas clinique

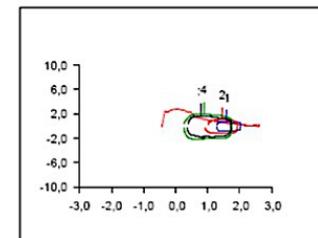
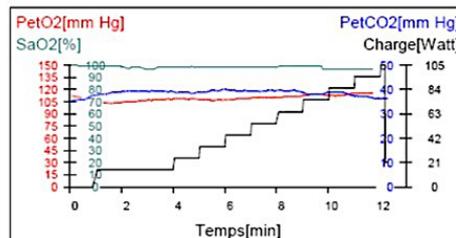
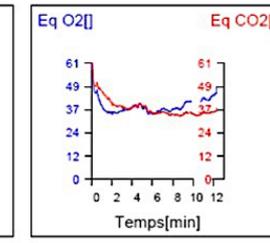
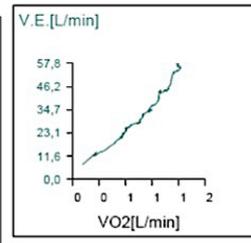
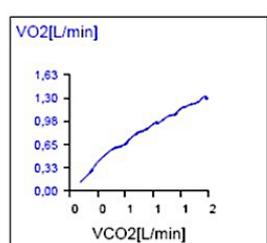
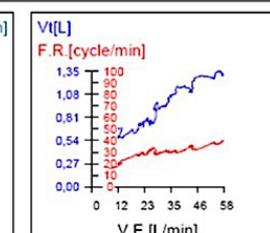
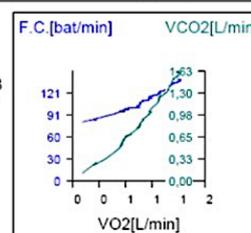
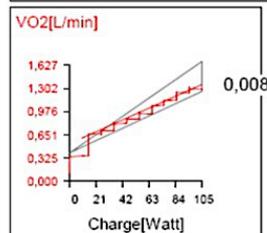
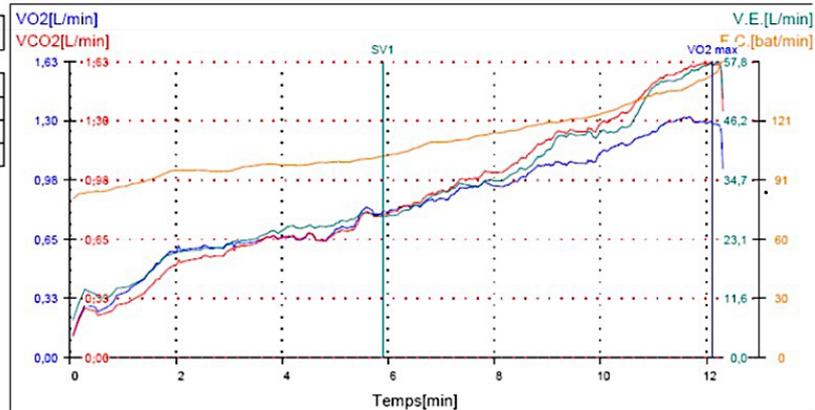
M. B, homme 71 ans  
 Blan de dyspnée  
 tabagisme sevré 50PA  
 IMC=31.4  
 HTA sous IEC

Type	Norme	Pré		Me
		Mes.	%Norme	
Produit				
CV(L)	3,83	---	---	---
CVF(L)	3,83	3,04	80	---
VEMs(L)	2,92	1,63	56	---
VEMs/CVF(%)	74,37	53,54	72	---
VEMs/CV(%)	74,37	---	---	---
DEP(L/S)	7,77	2,83	36	---
DEM(L/S)	3,00	1,37	46	---
D25(L/S)	1,35	0,35	26	---
D50(L/S)	4,03	0,99	25	---
D75(L/S)	6,96	2,39	34	---



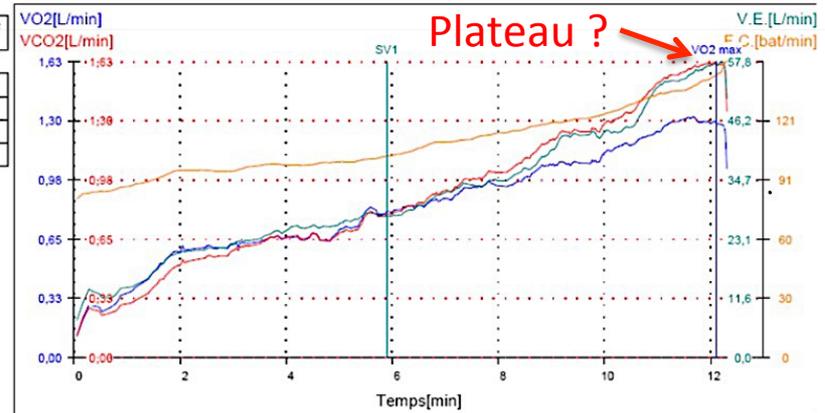
Nom :	Taille(cm) :	174	Mes.	%Norme	
Prénom :	Poids(Kg) :	95	Type	Prè	
Date de naissance :	B.M.I. :	31,4	VEMs(L)	1,63	56
Age :	Sexe :	M	CVF(L)	3,04	80
Date examen :	02/02/2011		DEM(L/S)	1,37	46
			CI (f)(L)	1,68	----

	Repos Mesuré	SV 1 Mesuré	SV 1 % Max Préd	Vo2 max Mesuré	Vo2 max % Préd.	Vo2 max Préd.
Temps min	00:00	05:54		12:07		
<b>Métabolisme</b>						
Charge Watt	0	35	21%	105	62%	170
VO2 L/min	0,26	0,81	35%	1,29	56%	2,30
VO2 sp ml/min/kg	2,7	8,5	35%	13,6	56%	24,2
VCO2 L/min	0,26	0,79		1,61		
VE/VO2	25	34		50		
VE/VCO2	28	35		45		
Q.R.	0,86	0,98		1,25		
Dyspnée	0	2		9		
<b>Ventilation</b>						
V.E. L/min	13,8	27,6		57,2		
Vt L	0,48	0,92		1,02		
F.R. cycle/min	25,8	29,1		55		
Rés Ven %	76	52		8		
CI L	2,5	2,2		2,0		
Vd/Vt	0,30	0,28		0,35		
<b>Cardio-Vascul.</b>						
F.C. bat/min	85	103	63%	144	88%	164
VO2/FC ml/#/min	3,0	7,8	56%	8,9	64%	14,0
TA Sys. mm Hg	166	181		200		
TA Dia. mm Hg	84	85		87		
<b>Hématose</b>						
PaO2 mm Hg	0,0			85,0		
PaCO2 mm Hg	35,0			44,0		
pH	0,00			7,35		
SaO2 %	100			97		
PAO2 mm Hg	0,0			115,4		
P(A-a)O2 mm Hg	0,0			30,4		
PetCO2 mm Hg	34			36		



Nom :		Taille(cm) :	174	Mes.	%Norme	
Prénom :		Poids(Kg) :	95	Type	Prè	
Date de naissance :	03/10/1939	B.M.I. :	31,4	VEMs(L)	1,63	56
Age :	71	Sexe :	M	CVF(L)	3,04	80
Date examen :	02/02/2011			DEM(L/S)	1,37	46
				CI (f)(L)	1,68	----

	Repos Mesuré	SV 1 Mesuré	SV 1 % Max Préd	Vo2 max Mesuré	Vo2 max % Préd.	Vo2 max Préd.
Temps min	00:00	05:54		12:07		
<b>Métabolisme</b>						
Charge Watt	0	35	21%	105	62%	170
VO2 L/min	0,26	0,81	35%	1,29	56%	2,30
VO2 sp ml/min/kg	2,7	8,5	35%	13,6	56%	24,2
VCO2 L/min	0,26	0,79		1,61		
VE/VO2	25	34		50		
VE/VCO2	28	35		45		
Q.R.	0,86	0,98		1,25		
Dyspnée	0	2		9		
<b>Ventilation</b>						
V.E. L/min	13,8	27,6		57,2		
Vt L	0,48	0,92		1,02		
F.R. cycle/min	25,8	29,1		55		
Rés Ven %	76	52		8		
CI L	2,5	2,2		2,0		
Vd/Vt	0,30	0,28		0,35		
<b>Cardio-Vascul.</b>						
F.C. bat/min	85	103	63%	144	88%	164
VO2/FC ml/#/min	3,0	7,8	56%	8,9	64%	14,0
TA Sys. mm Hg	166	181		200		
TA Dia. mm Hg	84	85		87		
<b>Hématose</b>						
PaO2 mm Hg	0,0			85,0		
PaCO2 mm Hg	35,0			44,0		
pH	0,00			7,35		
SaO2 %	100			97		
PAO2 mm Hg	0,0			115,4		
P(A-a)O2 mm Hg	0,0			30,4		
PetCO2 mm Hg	34			36		



## Maximalité ?

- 1 Plateau VO2 < 2ml/mn/kg
- 2 Quotient Respiratoire > 1,05
- 3 Fréquence cardiaque  $\geq$  100% pred.
- 4 VO2  $\geq$  100% pred.
- 5 Réserve Ventilatoire <15-20 %
- 6 Chute capacité inspiratoire > 140 ml

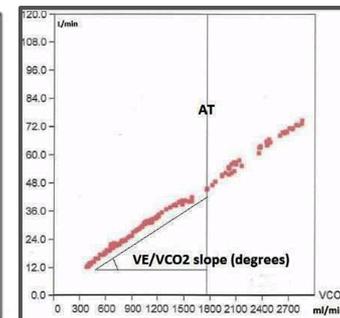
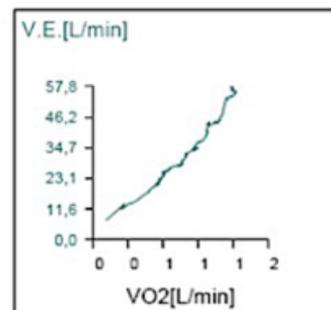
1,2,3,4 : Non spécifique

5,6: Spécifique d'une cause respiratoire

Nom :		Taille(cm) :	174	Mes.	%Norme	
Prénom :		Poids(Kg) :	95	Type	Prè	
Date de naissance :	03/10/1939	B.M.I. :	31,4	VEMs(L)	1,63	56
Age :	71	Sexe :	M	CVF(L)	3,04	80
Date examen :	02/02/2011			DEM(L/S)	1,37	46
				CI (f)(L)	1,68	----

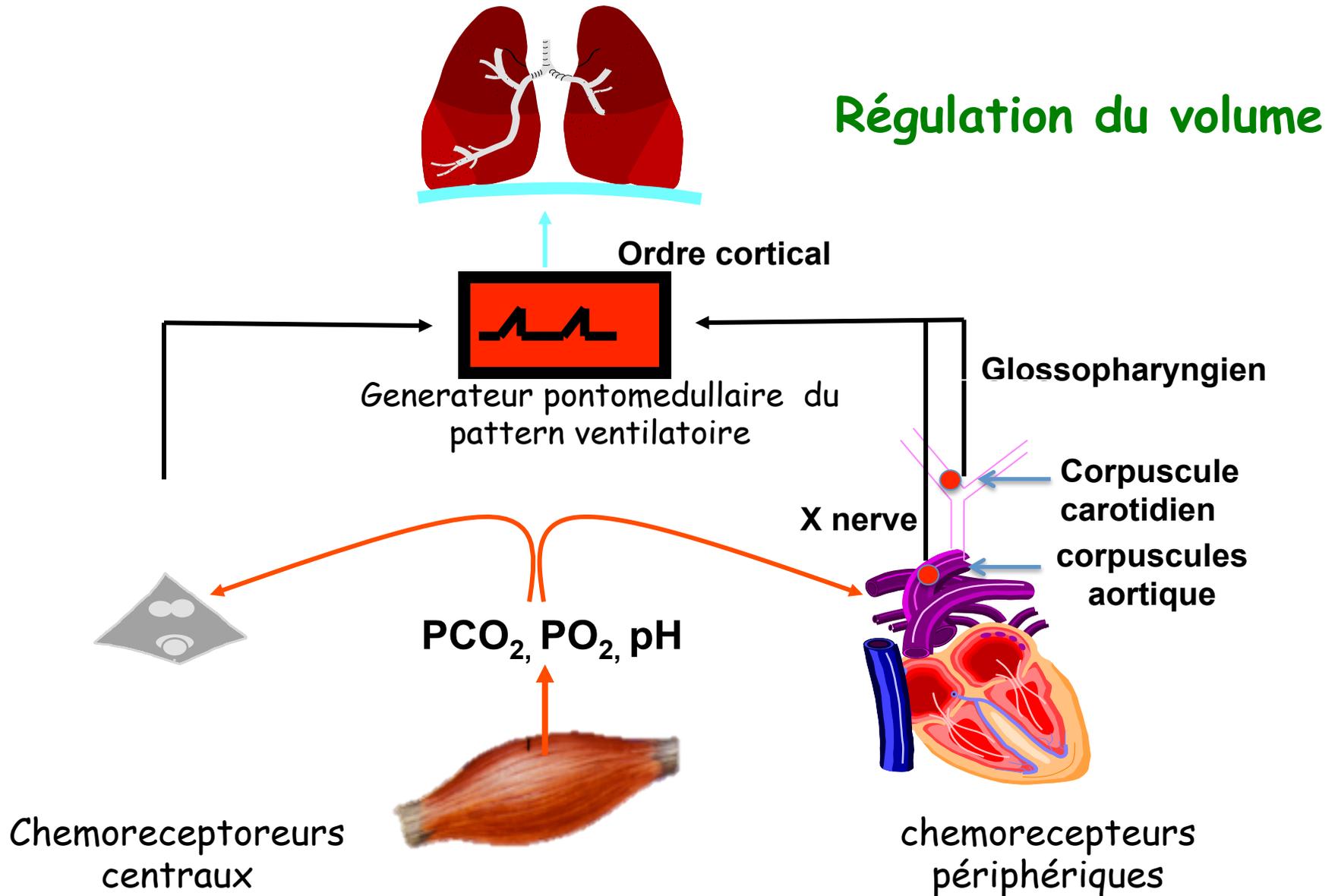
	Repos Mesuré	SV 1 Mesuré	SV 1 % Max Préd	Vo2 max Mesuré	Vo2 max % Préd.	Vo2 max Préd.
Temps min	00:00	05:54		12:07		
<b>Métabolisme</b>						
Charge Watt	0	35	21%	105	62%	170
VO2 L/min	0,26	0,81	35%	1,29	56%	2,30
VO2 sp ml/min/kg	2,7	8,5	35%	13,6	56%	24,2
VCO2 L/min	0,26	0,79		1,61		
VE/VO2	25	34		50		
VE/VCO2	28	35		45		
Q.R.	0,86	0,98		1,25		
Dyspnée	0	2		9		
<b>Ventilation</b>						
V.E. L/min	13,8	27,6		57,2		
Vt L	0,48	0,92		1,02		
F.R. cycle/min	25,8	29,1		55		
Rés Ven %	76	52		8		
CI L	2,5	2,2		2,0		
Vd/Vt	0,30	0,28		0,35		
<b>Cardio-Vascul.</b>						
F.C. bat/min	85	103	63%	144	88%	164
VO2/FC ml/#/min	3,0	7,8	56%	8,9	64%	14,0
TA Sys. mm Hg	166	181		200		
TA Dia. mm Hg	84	85		87		
<b>Hématose</b>						
PaO2 mm Hg	0,0			80		
PaCO2 mm Hg	35,0			32		
pH	0,00			7,35		
SaO2 %	100			97		
PAO2 mm Hg	0,0			115,4		
P(A-a)O2 mm Hg	0,0			30,4		
PetCO2 mm Hg	34			30		

## Réponse ventilatoire normale ?

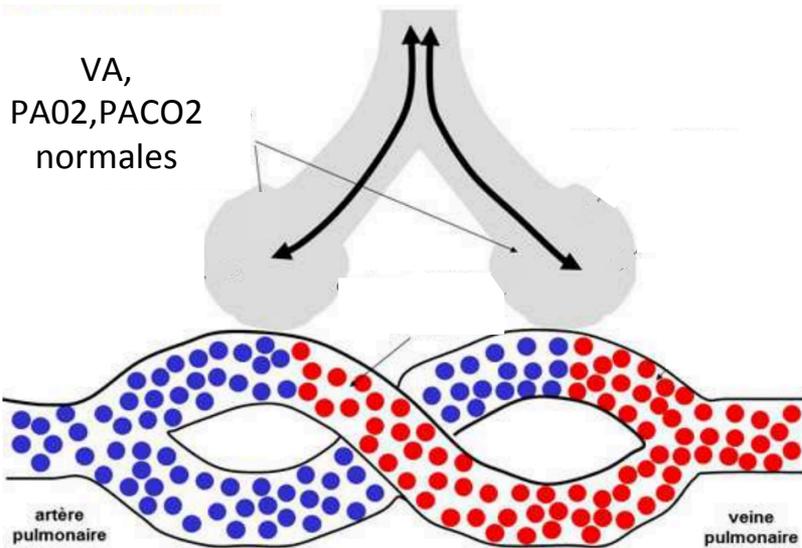


# Régulation de la Ventilation

## Contrôle ventilatoire périphérique :



# Ventilation à l'effort sujet sain

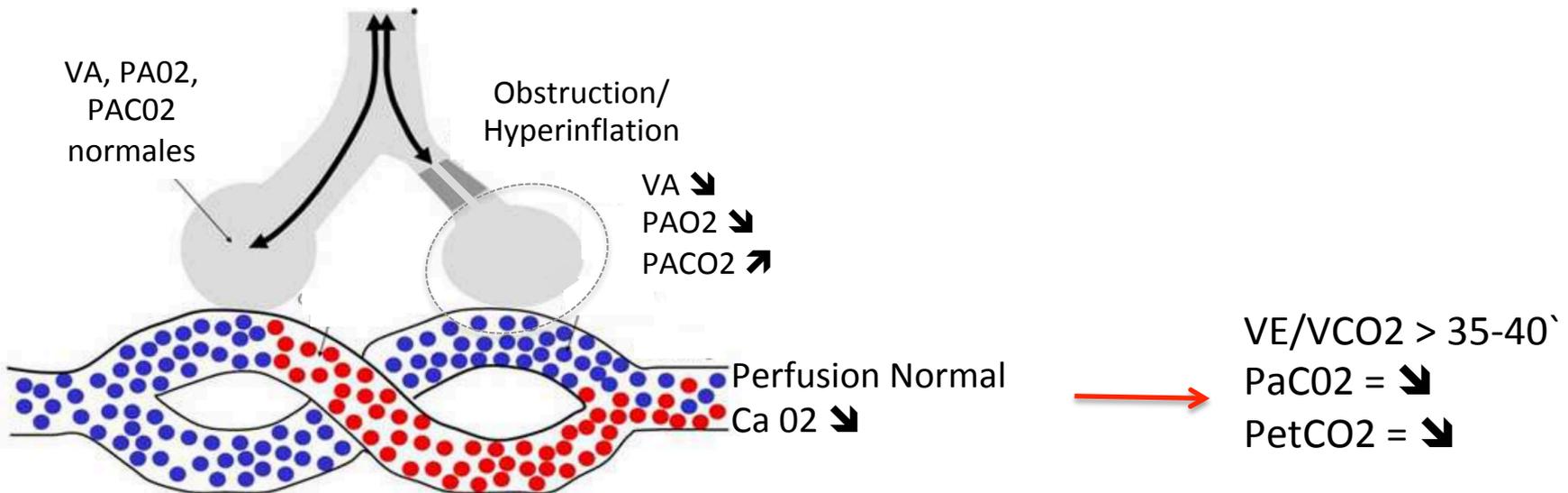


Perfusion Normal  
Ca O<sub>2</sub> Normal



$VE/VCO_2 < 35$   
PaCO<sub>2</sub> = Normale  
PetCO<sub>2</sub> = normale

# Ventilation à l'effort sujet avec pathologie obstructive

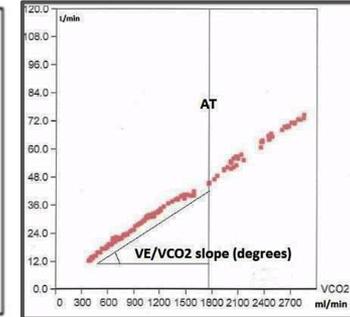
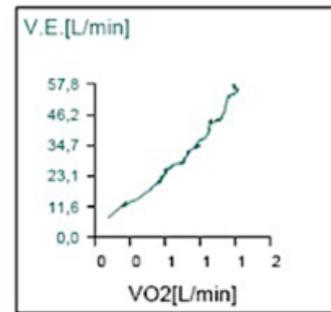


Hyperventilation à l'effort : Pathologie respiratoire ?

Nom :		Taille(cm) :	174	Mes.	%Norme
Prénom :		Poids(Kg) :	95	Type	Prè
Date de naissance :	03/10/1939	B.M.I. :	31,4	VEMs(L)	1,63 56
Age :	71	Sexe :	M	CVF(L)	3,04 80
Date examen :	02/02/2011			DEM(L/S)	1,37 46
				CI (f(L)	1,68 ----

	Repos Mesuré	SV 1 Mesuré	SV 1 % Max Préd	Vo2 max Mesuré	Vo2 max % Préd.	Vo2 max Préd.
Temps min	00:00	05:54		12:07		
<b>Métabolisme</b>						
Charge Watt	0	35	21%	105	62%	170
VO2 L/min	0,26	0,81	35%	1,29	56%	2,30
VO2 sp ml/min/kg	2,7	8,5	35%	13,6	56%	24,2
VCO2 L/min	0,26	0,79		1,61		
VE/VO2	25	34		50		
VE/VCO2	28	35		45		
Q.R.	0,86	0,98		1,25		
Dyspnée	0	2		9		
<b>Ventilation</b>						
V.E. L/min	13,8	27,6		57,2		
Vt L	0,48	0,92		1,02		
F.R. cycle/min	25,8	29,1		55		
Rés Ven %	76	52		8		
CI L	2,5	2,2		2,0		
Vd/Vt	0,30	0,28		0,35		
<b>Cardio-Vascul.</b>						
F.C. bat/min	85	103	63%	144	88%	164
VO2/FC ml/#/min	3,0	7,8	56%	8,9	64%	14,0
TA Sys. mm Hg	166	181		200		
TA Dia. mm Hg	84	85		87		
<b>Hématose</b>						
PaO2 mm Hg	0,0			80		
PaCO2 mm Hg	35,0			32		
pH	0,00			7,35		
SaO2 %	100			97		
PAO2 mm Hg	0,0			115,4		
P(A-a)O2 mm Hg	0,0			30,4		
PetCO2 mm Hg	34			30		

## Réponse ventilatoire normale ?



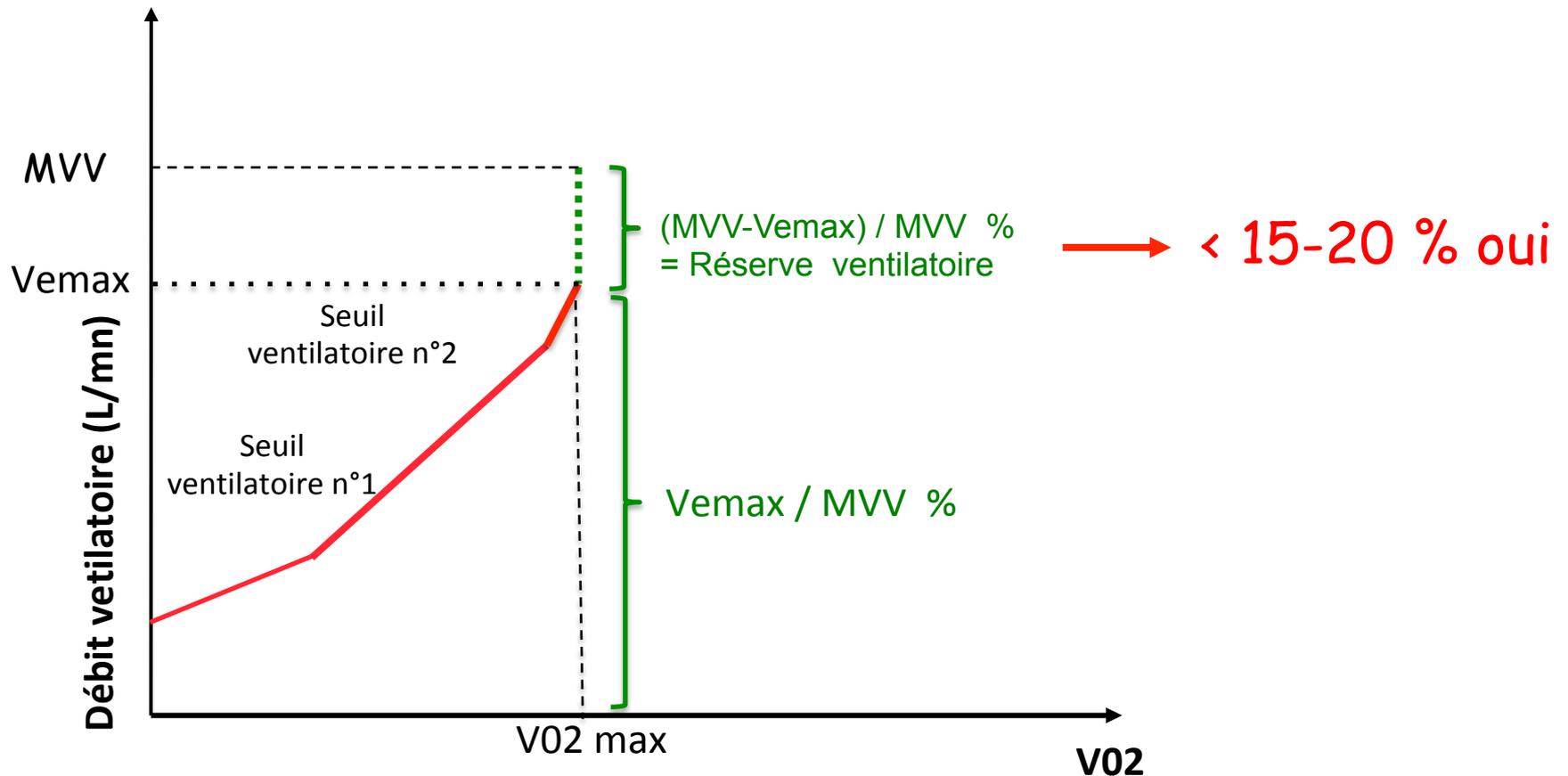
**Non**

Hyperventilation à l'effort:

- VE/VCO2 > 35-40
- Pa CO2 ↓
- PetCO2 = ↓

**Facteur Limitant ?**

# Ventilation un facteur limitant à l'effort ?

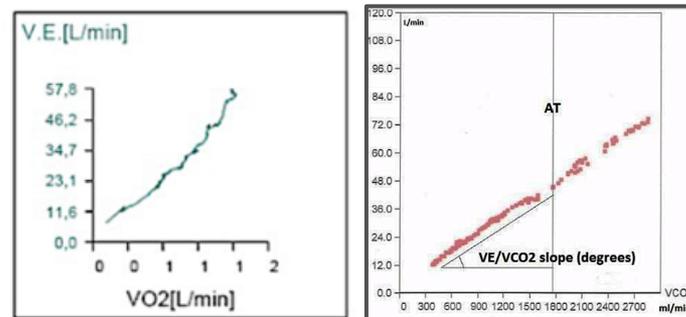


MVV = ventilation minute maximale =  $40 \times V_{\text{EMS}}$

Nom :		Taille(cm) :	174	Mes.	%Norme
Prénom :		Poids(Kg) :	95	Type	Prè
Date de naissance :	03/10/1939	B.M.I. :	31,4	VEMs(L)	1,63 56
Age :	71	Sexe :	M	CVF(L)	3,04 80
Date examen :	02/02/2011			DEM(L/S)	1,37 46
				CI (f(L)	1,68 ----

	Repos Mesuré	SV 1 Mesuré	SV 1 % Max Préd	Vo2 max Mesuré	Vo2 max % Préd.	Vo2 max Préd.
Temps min	00:00	05:54		12:07		
<b>Métabolisme</b>						
Charge Watt	0	35	21%	105	62%	170
VO2 L/min	0,26	0,81	35%	1,29	56%	2,30
VO2 sp ml/min/kg	2,7	8,5	35%	13,6	56%	24,2
VCO2 L/min	0,26	0,79		1,61		
VE/VO2	25	34		50		
VE/VCO2	28	35		45		
Q.R.	0,86	0,98		1,25		
Dyspnée	0	2		9		
<b>Ventilation</b>						
V.E. L/min	13,8	27,6		57,2		
Vt L	0,48	0,92		1,02		
F.R. cycle/min	25,8	29,1		55		
Rés Ven %	76	52		8		
CI L	2,5	2,2		2,0		
Vd/Vt	0,30	0,28		0,35		
<b>Cardio-Vascul.</b>						
F.C. bat/min	85	103	63%	144	88%	164
VO2/FC ml/#/min	3,0	7,8	56%	8,9	64%	14,0
TA Sys. mm Hg	166	181		200		
TA Dia. mm Hg	84	85		87		
<b>Hématose</b>						
PaO2 mm Hg	0,0			80		
PaCO2 mm Hg	35,0			32		
pH	0,00			7,35		
SaO2 %	100			97		
PAO2 mm Hg	0,0			115,4		
P(A-a)O2 mm Hg	0,0			30,4		
PetCO2 mm Hg	34			30		

## Réponse ventilatoire normale ?



**Non**

Hyperventilation à l'effort:

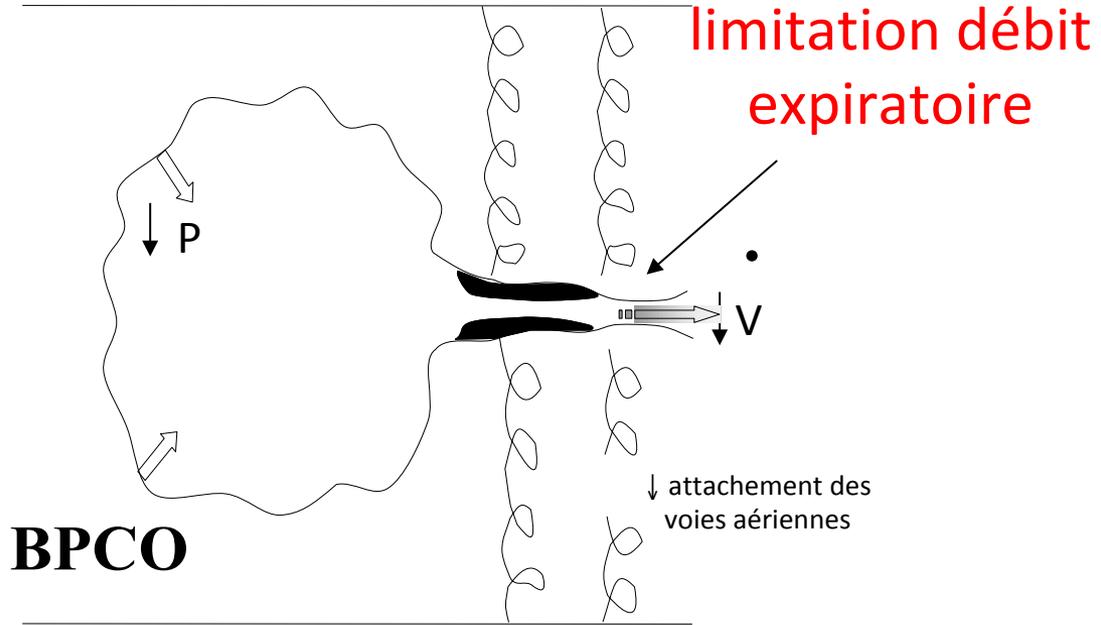
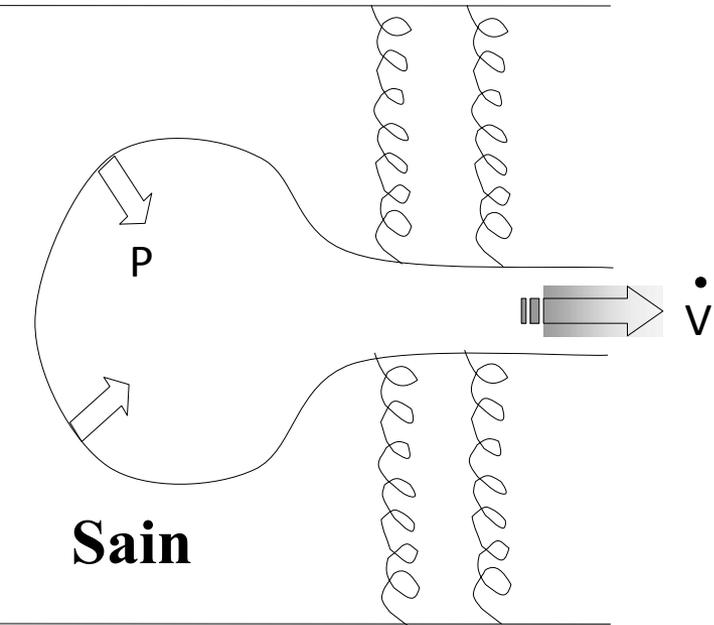
- VE/VCO2 > 35-40
- Pa CO2 ↓
- PetCO2 = ↓

**Facteur Limitant ?**

**Oui**

**Présence d'une hyperinflation alvéolaire dynamique ?**

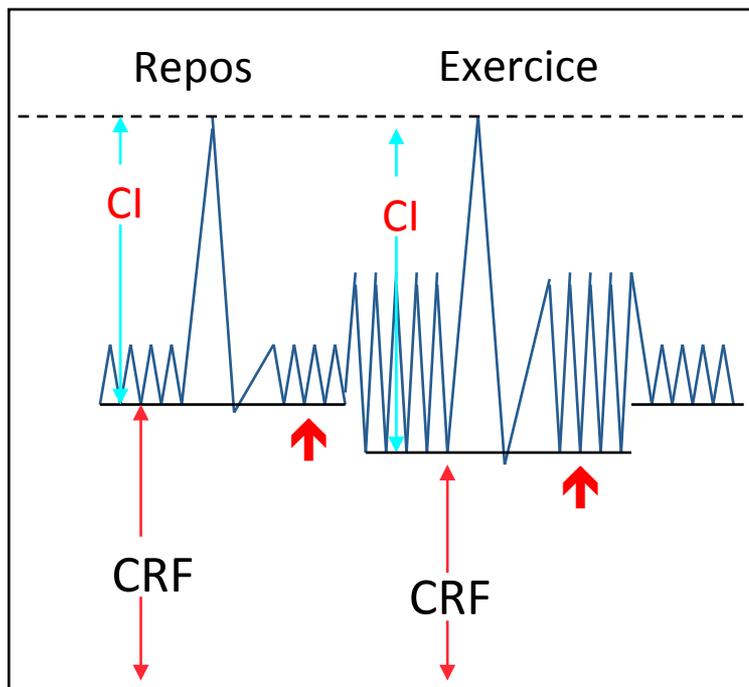
# Hyperinflation = Distention alvéolaire dynamique



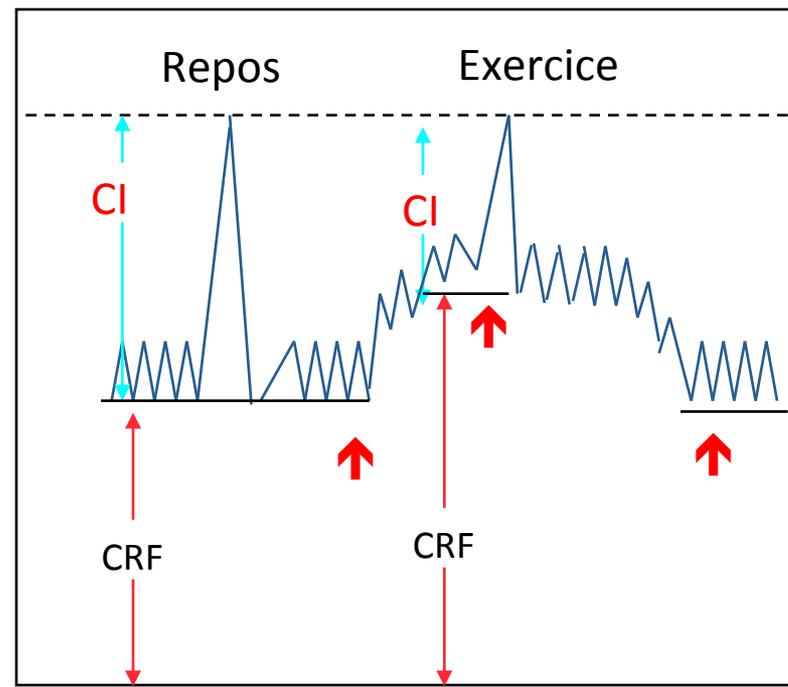
↑ Compliance

↑ resistance

# Existe t-il une hyperinflation dynamique ?



Sujet Normal **NON**

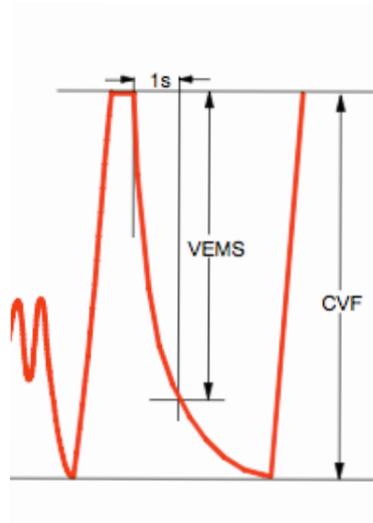


Sujet BPCO hyperinflation dynamique



# Rappels de Spirométrie

courbe  
volume-temps



VEMS, VEMS/CV

Courbe  
Débit-Volume

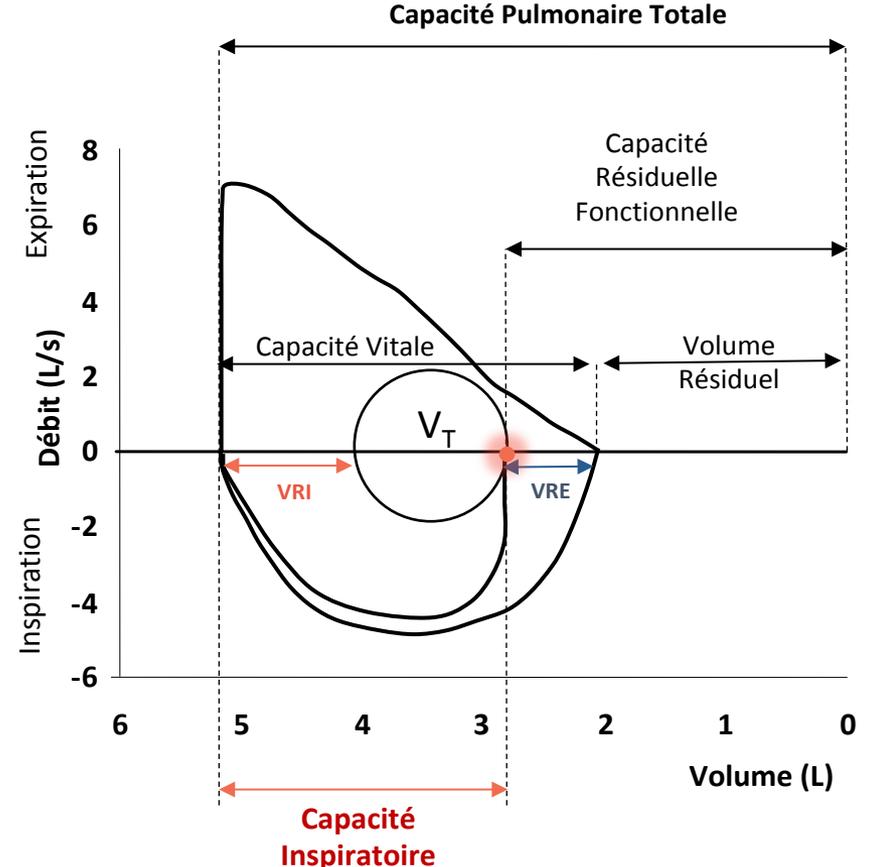
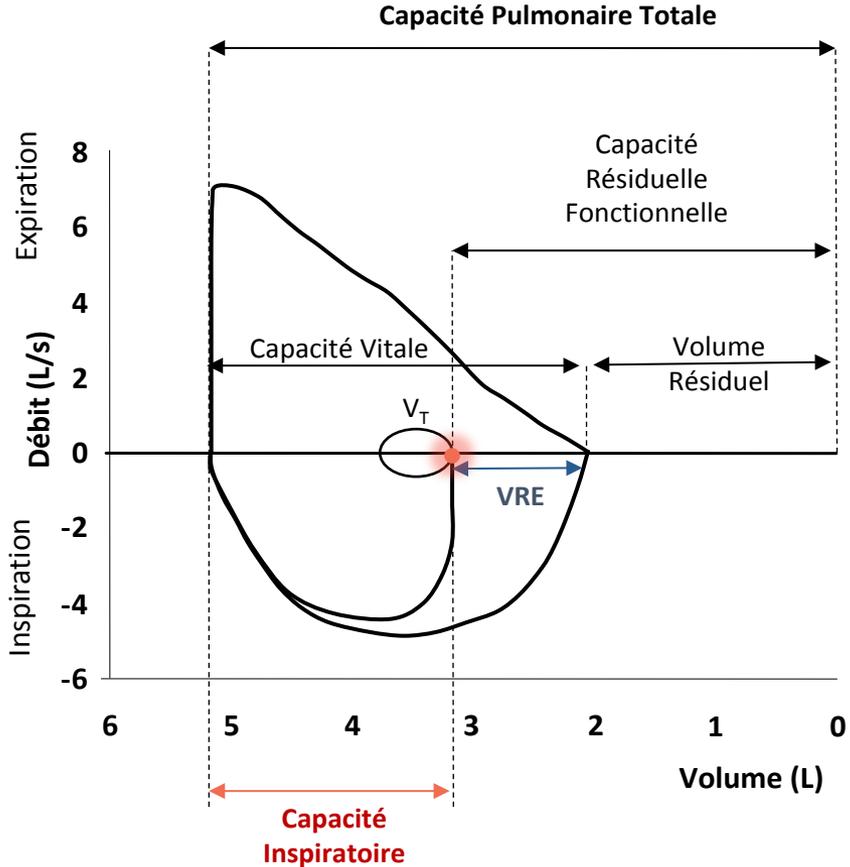
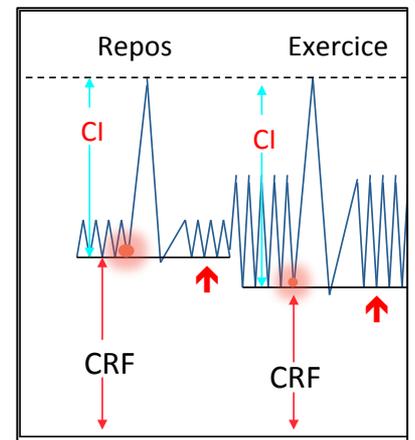


Débits à bas volume

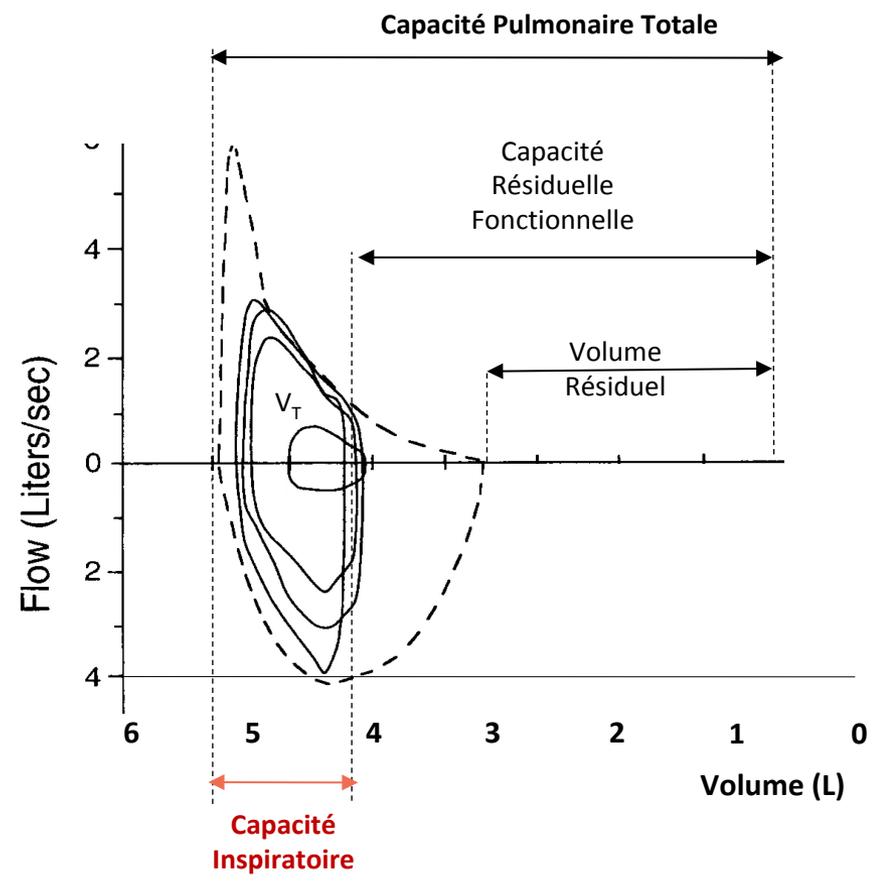
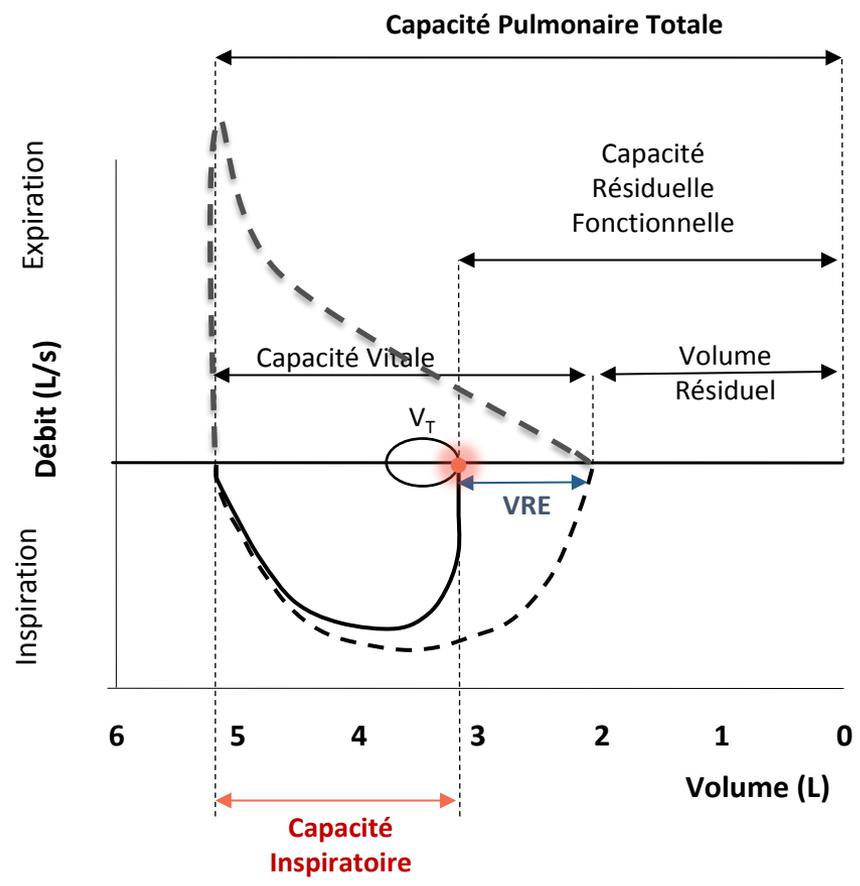
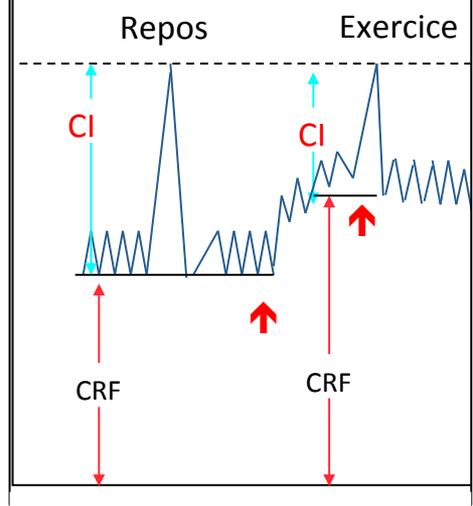
$DE_{50\%}$   $DE_{25\%}$   $DE_{25-75\%}$

voies aériennes  
distales

# Existe-t-il une hyperinflation dynamique ?



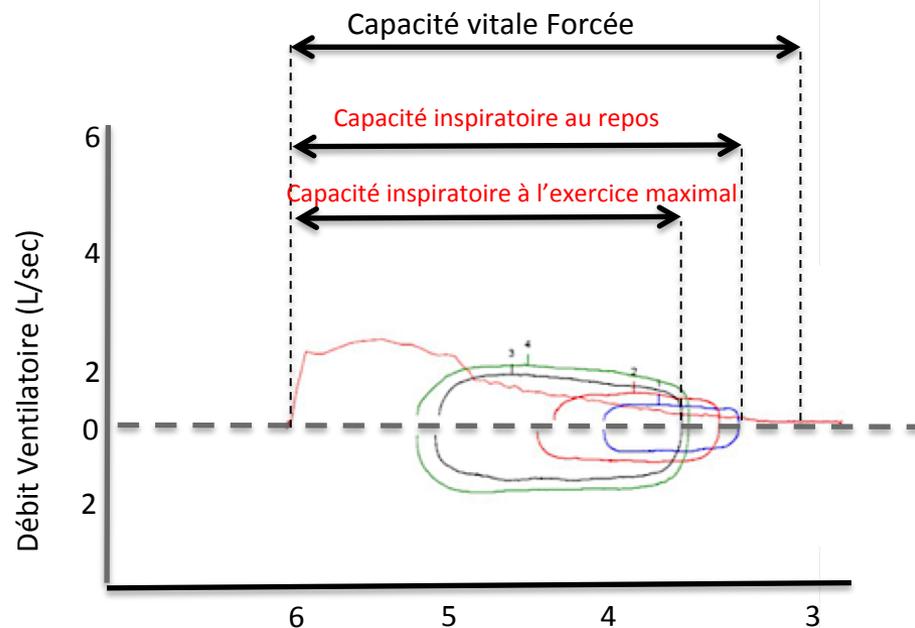
# Existe t-il une hyperinflation dynamique ?



Nom :		Taille(cm) :	174	Mes.	%Norme
Prénom :		Poids(Kg) :	95	Type	Prè
Date de naissance :	03/10/1939	B.M.I. :	31,4	VEMs(L)	1,63 56
Age :	71	Sexe :	M	CVF(L)	3,04 80
Date examen :	02/02/2011			DEM(L/S)	1,37 46
				CI (f)(L)	1,68 ----

	Repos Mesuré	SV 1 Mesuré	SV 1 % Max Préd	Vo2 max Mesuré	Vo2 max % Préd.	Vo2 max Préd.
Temps min	00:00	05:54		12:07		
<b>Métabolisme</b>						
Charge Watt	0	35	21%	105	62%	170
VO2 L/min	0,26	0,81	35%	1,29	56%	2,30
VO2 sp ml/min/kg	2,7	8,5	35%	13,6	56%	24,2
VCO2 L/min	0,26	0,79		1,61		
VE/VO2	25	34		50		
VE/VCO2	28	35		45		
Q.R.	0,86	0,98		1,25		
Dyspnée	0	2		9		
<b>Ventilation</b>						
V.E. L/min	13,8	27,6		57,2		
Vt L	0,48	0,92		1,02		
F.R. cycle/min	25,8	29,1		55		
Rés Ven %	76	52		8		
CI L	2,5	2,2		2,0		
Vd/Vt	0,30	0,28		0,35		
<b>Cardio-Vascul.</b>						
F.C. bat/min	85	103	63%	144	88%	164
VO2/FC ml/#/min	3,0	7,8	56%	8,9	64%	14,0
TA Sys. mm Hg	166	181		200		
TA Dia. mm Hg	84	85		87		
<b>Hématose</b>						
PaO2 mm Hg	0,0			80		
PaCO2 mm Hg	35,0			32		
pH	0,00			7,35		
SaO2 %	100			97		
PAO2 mm Hg	0,0			115,4		
P(A-a)O2 mm Hg	0,0			30,4		
PetCO2 mm Hg	34			30		

Présence d'une hyperinflation alvéolaire dynamique ?

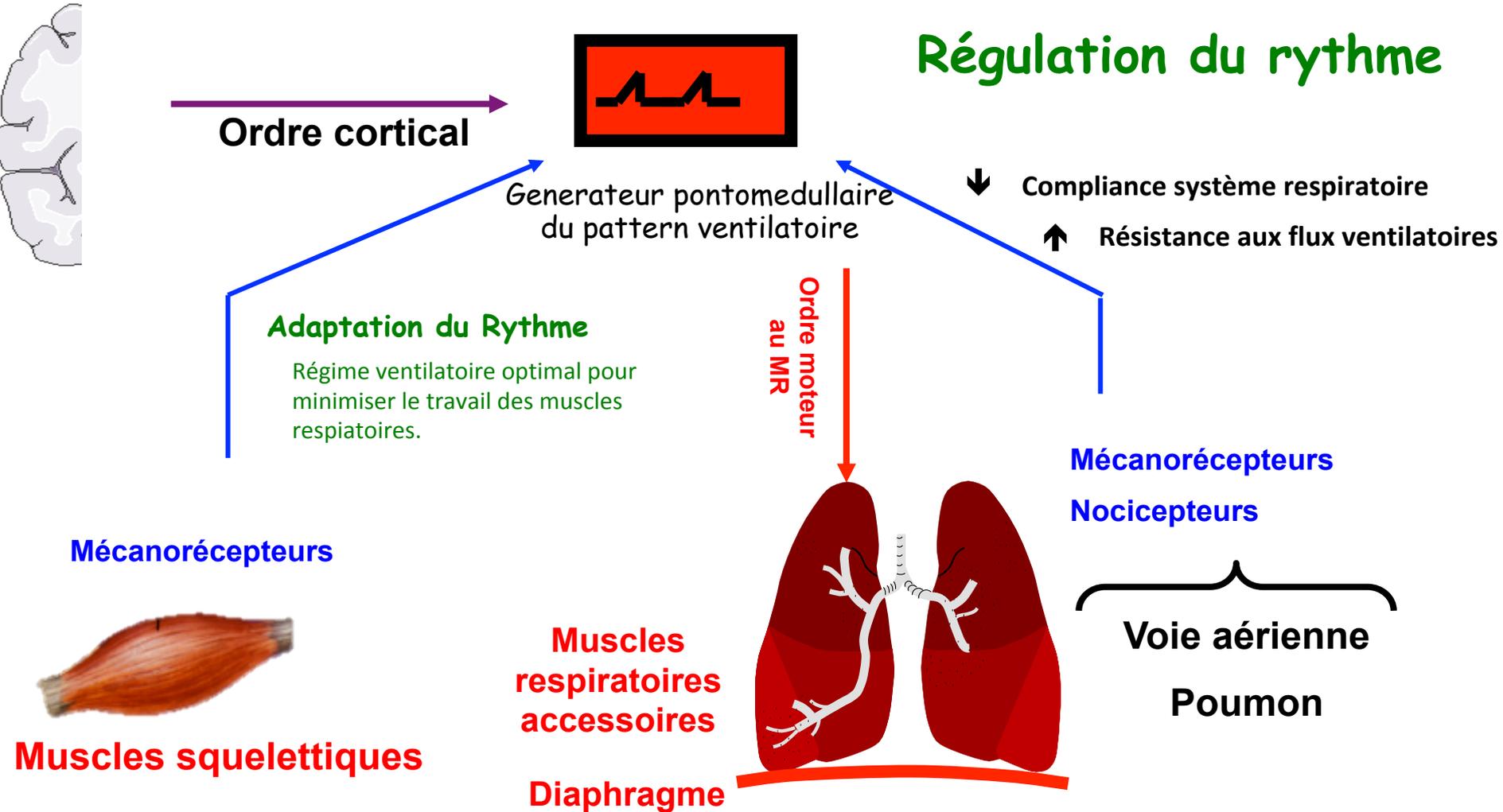


Oui

Conséquence sur le régime ventilatoire ?

# Régulation de la Ventilation

## Contrôle ventilatoire centrale :

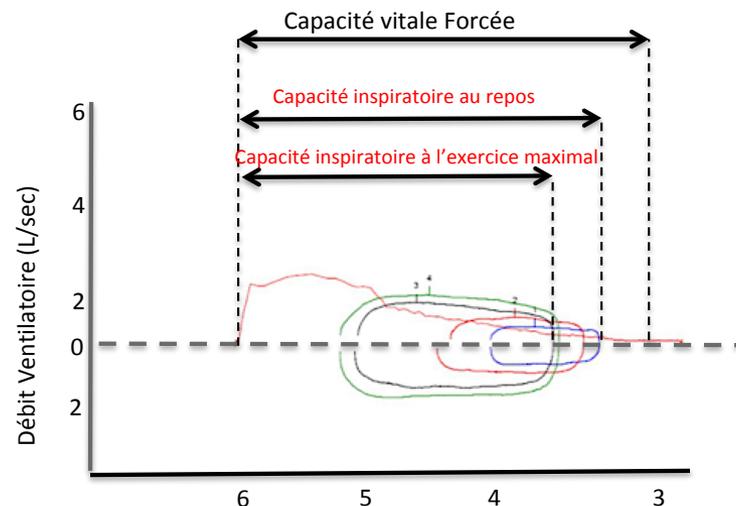


Pathologie respiratoire: Adaptation du Régime Ventilatoire

Nom :		Taille(cm) :	174	Mes.	%Norme
Prénom :		Poids(Kg) :	95	Type	Prè
Date de naissance :	03/10/1939	B.M.I. :	31,4	VEMs(L)	1,63 56
Age :	71	Sexe :	M	CVF(L)	3,04 80
Date examen :	02/02/2011			DEM(L/S)	1,37 46
				CI (f(L)	1,68 ----

	Repos Mesuré	SV 1 Mesuré	SV 1 % Max Préd	Vo2 max Mesuré	Vo2 max % Préd.	Vo2 max Préd.
Temps min	00:00	05:54		12:07		
<b>Métabolisme</b>						
Charge Watt	0	35	21%	105	62%	170
VO2 L/min	0,26	0,81	35%	1,29	56%	2,30
VO2 sp ml/min/kg	2,7	8,5	35%	13,6	56%	24,2
VCO2 L/min	0,26	0,79		1,61		
VE/VO2	25	34		50		
VE/VCO2	28	35		45		
Q.R.	0,86	0,98		1,25		
Dyspnée	0	2		9		
<b>Ventilation</b>						
V.E. L/min	13,8	27,6		57,2		
Vt L	0,48	0,92		1,02		
F.R. cycle/min	25,8	29,1		55		
Rés Ven %	76	52		8		
CI L	2,5	2,2		2,0		
Vd/Vt	0,30	0,28		0,35		
<b>Cardio-Vascul.</b>						
F.C. bat/min	85	103	63%	144	88%	164
VO2/FC ml/#/min	3,0	7,8	56%	8,9	64%	14,0
TA Sys. mm Hg	166	181		200		
TA Dia. mm Hg	84	85		87		
<b>Hématose</b>						
PaO2 mm Hg	0,0			80		
PaCO2 mm Hg	35,0			32		
pH	0,00			7,35		
SaO2 %	100			97		
PAO2 mm Hg	0,0			115,4		
P(A-a)O2 mm Hg	0,0			30,4		
PetCO2 mm Hg	34			30		

## Conséquence de la distention sur le régime ventilatoire ?



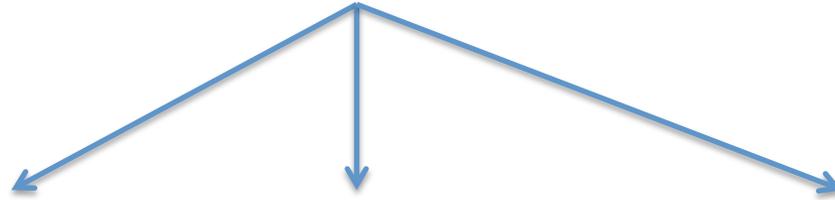
Vt max < Normal ( $\frac{1}{2}$  CV)

Fr Max > 45/mn

Conséquence : VD/VT ↗ à l'effort

Oui

# Dyspnée à l'effort : point de vue du pneumologue

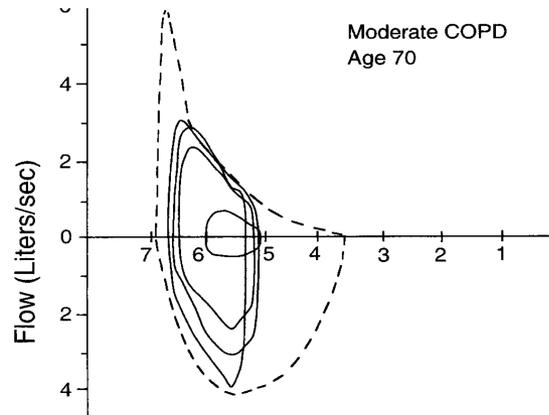


Hyperventilation à l'effort ?

Distension à l'effort ?

Rapid Shallow Breathing ?

- $\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2} > 35-40$
- $P_a CO_2 \downarrow$
- $P_{et}CO_2 = \downarrow$



$V_t \text{ max} < \text{Normal (}\frac{1}{2} \text{ CV)}$   
 $Fr \text{ Max} > 45/\text{mn}$   
Conséquence :  $V_D/V_T \nearrow$  à l'effort

CI  $\downarrow$