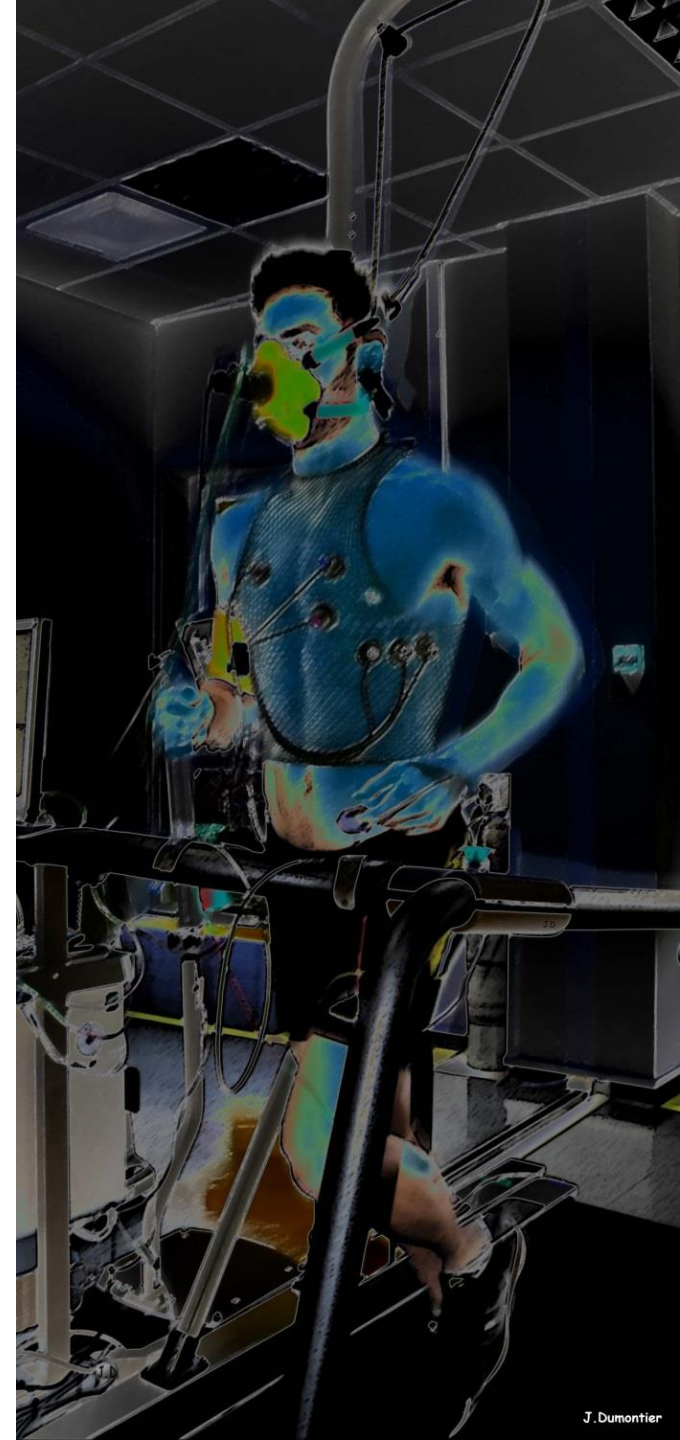


La Gazométrie dans l'Exploration Fonctionnelle Respiratoire (EFR) & l' Exploration Fonctionnelle à l'eXercice (EFX)

***28^{ème} Journées Nationales du Collège
National de Biochimie des Hôpitaux
24-25 JANVIER 2019***



REMERCIEMENTS



REMERCIEMENTS



MERCI MICHELE





Collège National de Biochimie des Hôpitaux

28èmes Journées Nationales

Paris 24 – 25 janvier 2019

Programme N°14951900001



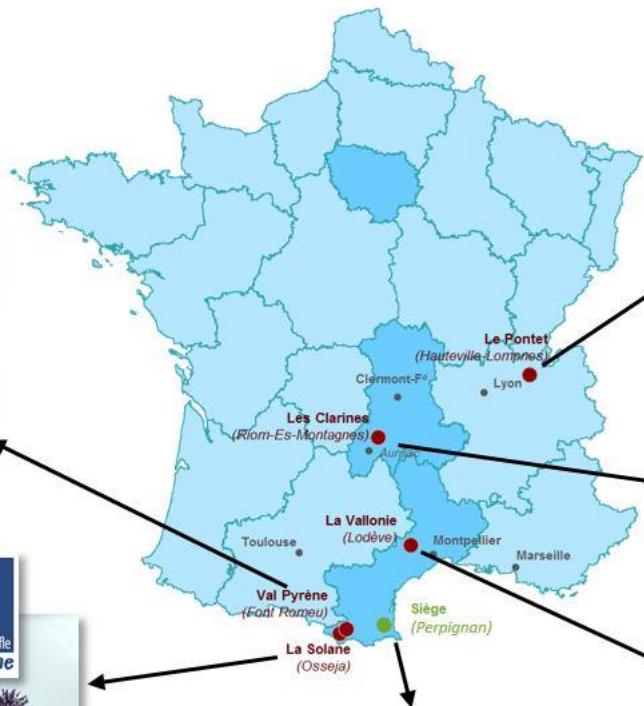
Déclaration d'intérêt dans le cadre de mission de formation

Dr Magali POULAIN (Docteur en Physiologie)

Exerçant à la Clinique du Souffle LA SOLANE

Déclare sur l'honneur

Ne pas avoir d'intérêt, direct ou indirect avec les entreprises pharmaceutiques, du diagnostic ou d'édition de logiciels susceptible de modifier mon jugement ou mes propos, concernant le DMDIV et/ou le sujet présenté.



EXPLORATIONS FONCTIONNELLES RESPIRATOIRES & A L'EXERCICE



➔ **Explorations Fonctionnelles Respiratoires (EFR)**

➔ **Explorations Fonctionnelles à l'Exercice (EFX)**

↳ **Rappels Physiologiques**

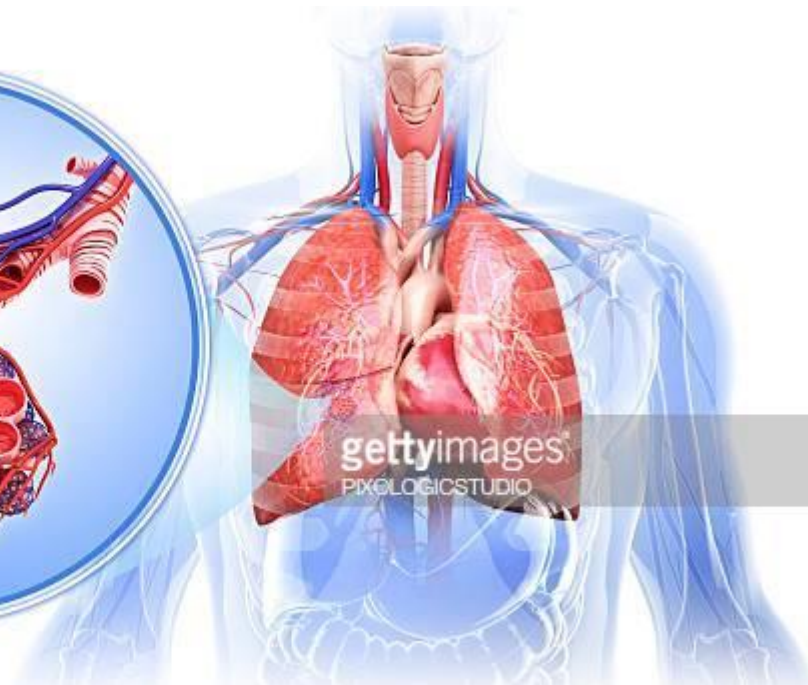
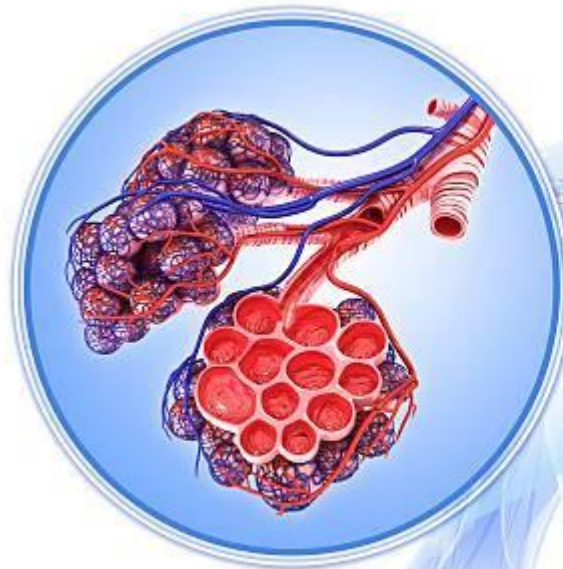
↳ **Type d'Epreuves**

↳ **Résultats attendus**

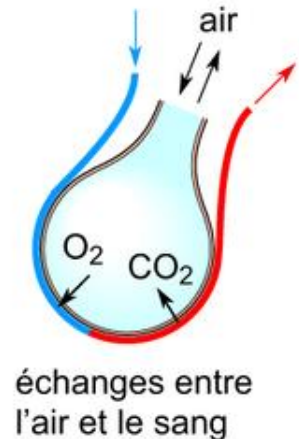
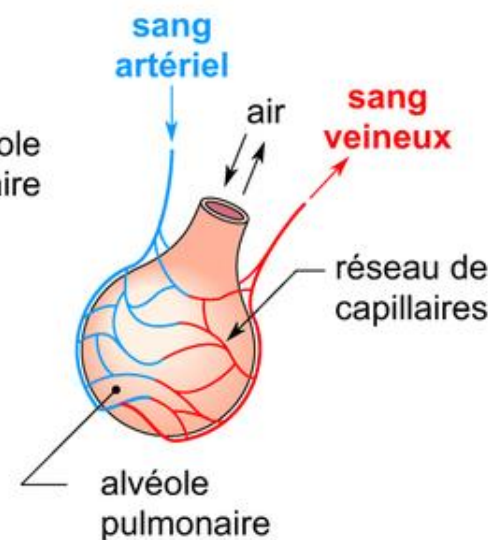
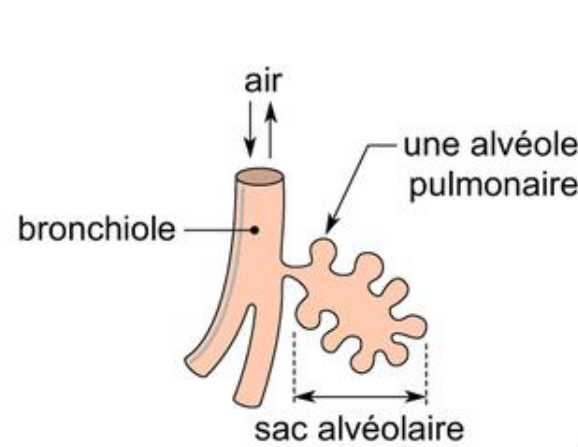
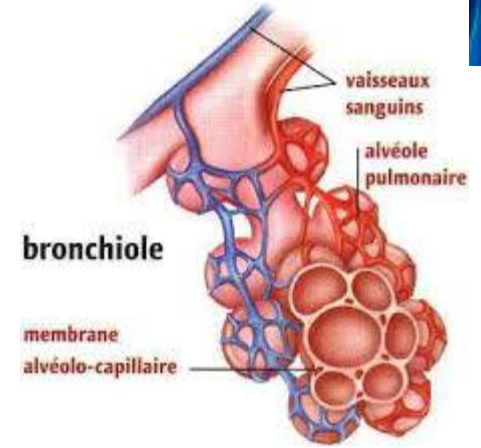
FONCTION RESPIRATOIRE



- ➔ **Ventilation**
- ➔ **Débit sanguin**
- ➔ **Diffusion**
- ➔ **Contrôle Ventilatoire**



FONCTION RESPIRATOIRE



Youtube ; « La respiration »

EXPLORATIONS FONCTIONNELLES RESPIRATOIRES (EFR)



EXPLORATIONS FONCTIONNELLES RESPIRATOIRES

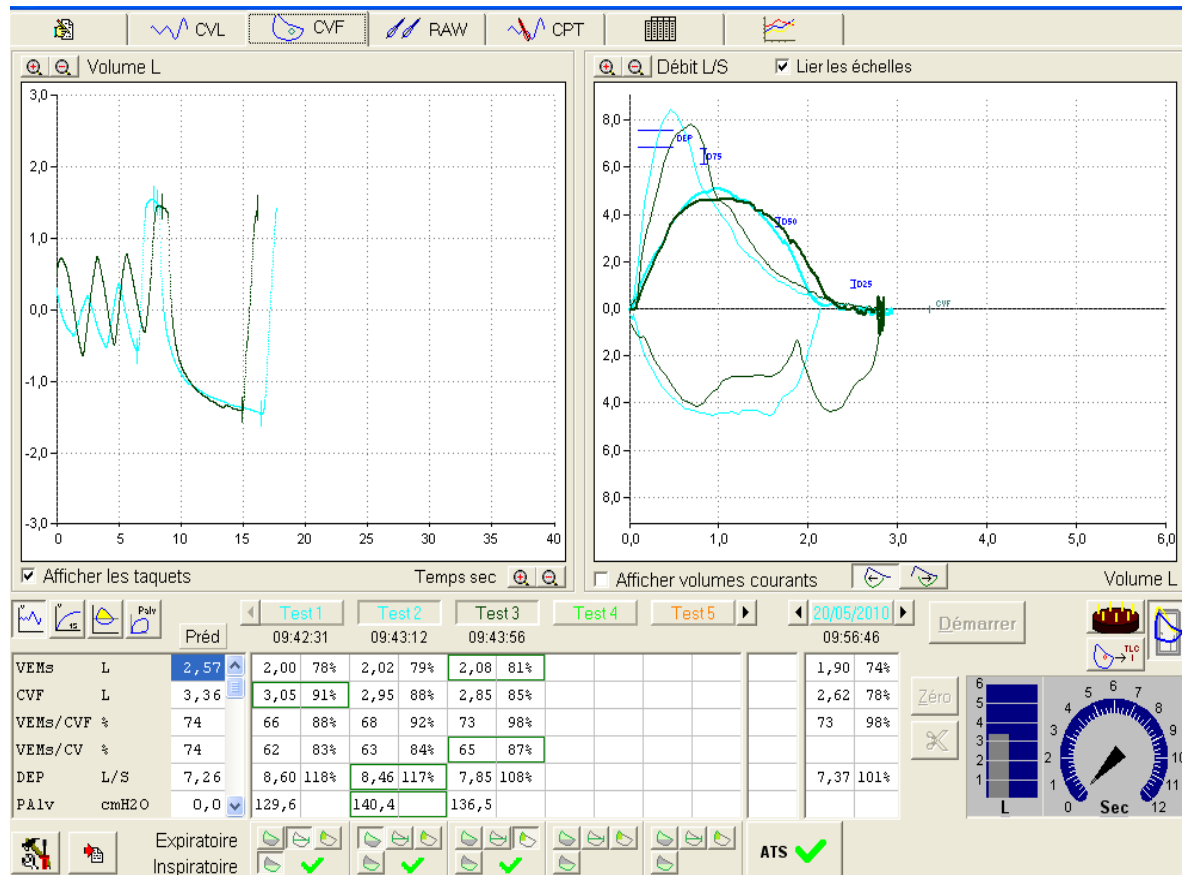


- ➔ **Mesure des volumes pulmonaires et Débits bronchiques**
- ➔ **Mesure des Gaz du sang**
- ➔ **Etude de la Mécanique et de la commande ventilatoire**
- ➔ **Mesure de la capacité de transfert de l'oxygène**
- ➔ **Associés à l'EFX pr mise en évidence de mécanismes physiopathologiques reliées à 1 pathologie**

EXPLORATIONS FONCTIONNELLES RESPIRATOIRES

→ EFR : Pléthysmographie, Spirométrie

↪ Mesure de la Fonction respiratoire



PHYSIOLOGIE DE LA MECANIQUE VENTILATOIRE

→ Pléthysmographie

➔ 3 Volumes Mobilisables

↪ Volume Courant (VT),

↪ Volume de Réserve (VRI et VRE)

➔ 1 Volume Non Mobilisable

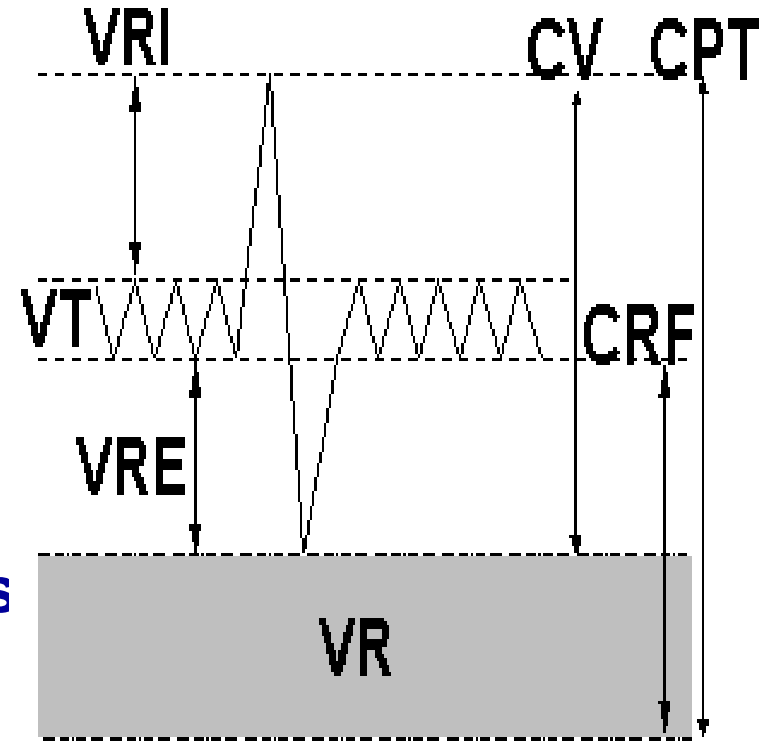
↪ Volume Résiduel

➔ Addition des Volumes = Capacités

↪ Capacité Vitale (CV)

↪ Capacité Pulmonaire Totale (CPT = CV+VR)

↪ Capacité Résiduelle Fonctionnelle (CRF=VRE+VR)

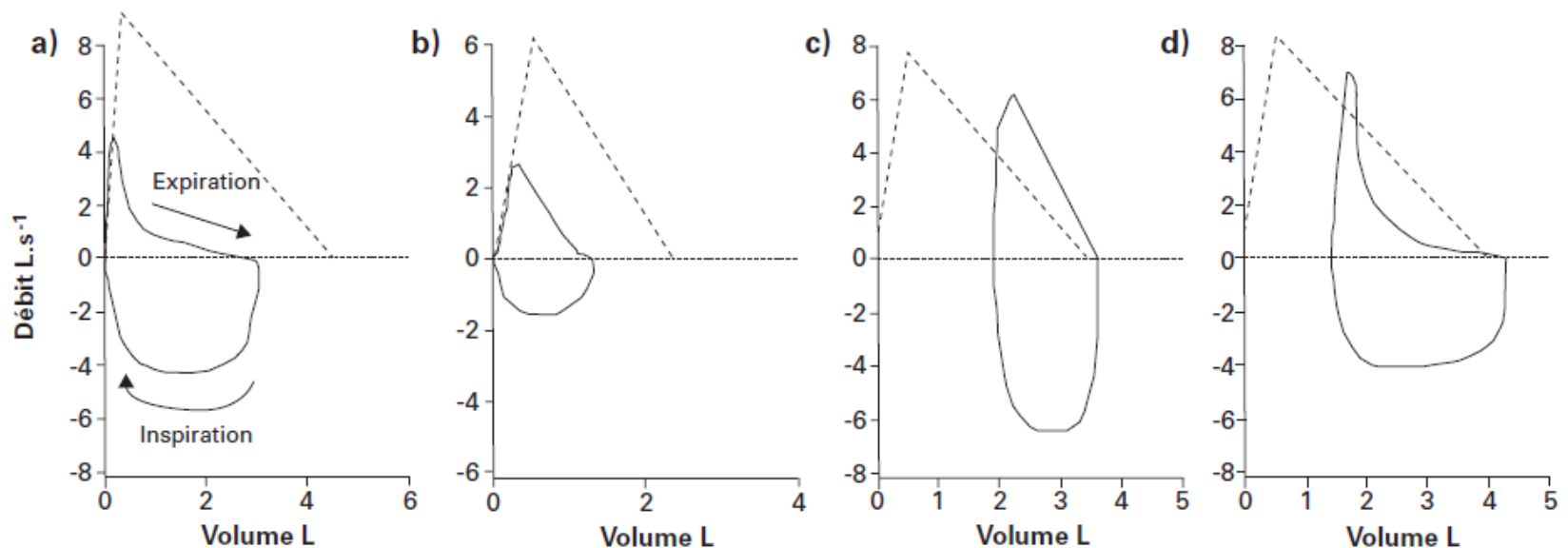


EXPLORATION FONCTIONNELLE RESPIRATOIRE (EFR)

↪ Mise en évidence

➔ Obstruction Bronchique

➔ Syndrome Restrictif, Syndrome Mixte



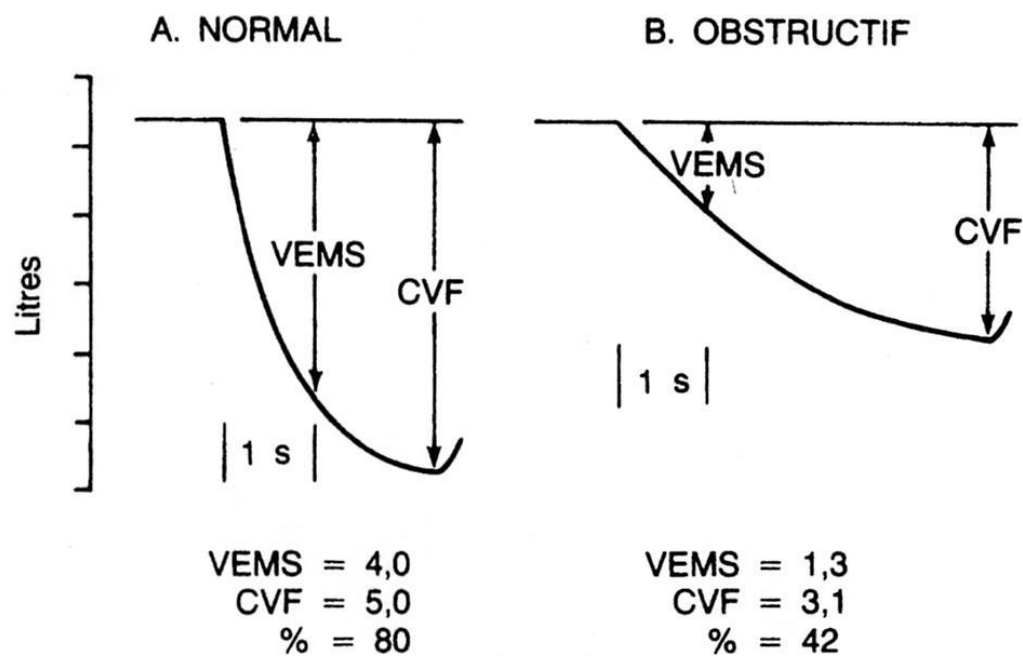
----- : courbes débit-volume de référence ; _____ : courbes de débit-volume inspiratoires et expiratoires observées (comme indiqué dans la figure a)).

EXPLORATION FONCTIONNELLE RESPIRATOIRE (EFR)

↪ Mise en évidence

➔ Obstruction Bronchique

↪ Sévérité de l'obstruction



→ PATHOLOGIES RESPIRATOIRES

↪ **BPCO, Asthme**

↪ **Dilatation des Bronches, Mucoviscidose, Fibrose**

Pulmonaire



→ Mesure du Transfert Alvéolo-capillaire

↪ Test de Diffusion (DLCO ou TLCO)

↪ Valeur Pathologique < 70% de la théorique

→ Mesure du Transfert Alvéolo-capillaire (TLCO)

- ↪ Maladies Infiltratives pulmonaires**
- ↪ Emphysème (trouble de la distribution gazeuse et destruction du lit vasculaire)**
- ↪ Maladies vasculaires pulmonaires (embolie pulmonaire ou hypertension pulmonaire)**
- ↪ Pneumopathies Interstitielles Diffuses, Fibrose Pulmonaire**

Gazométrie artérielle consiste en :

**La mesure du contenu en Oxygène et en Gaz
Carbonique du sang artériel**

OBJECTIFS GAZOMETRIE

Evaluation

- ↪ Efficacité du système respiratoire
- ↪ Etat métabolique du malade
- ↪ Gravité d'une pathologie pulmonaire
- ↪ Diagnostiquer une Insuffisance Respiratoire (IRC)
- ↪ Prescription O₂ thérapie



Pathologies Respiratoires (BPCO, Emphysème, Dilatation des Bronches)

⇒ Evolution naturelle

↪ Aggravation obstruction bronchique

↪ Insuffisance respiratoire chronique (IRC)

↪ Oxygénothérapie de longue durée (OLD)



Pressions partielles en oxygène selon l'altitude

⇒ Osséja : 1200 m d'Altitude

↘ PaO₂ de 10 mmHg

↘ PaO₂ = 60 mmHg

↘ PaO₂ = 70 mmHg

⇒ Perpignan : 0 m d'Altitude

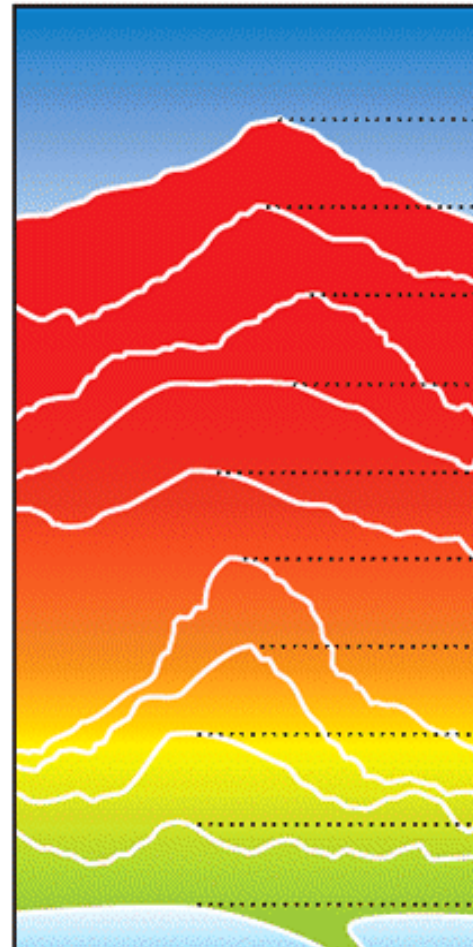
Pressions partielles en oxygène selon l'altitude



composition gazeuse de l'air en %

composant	%
O ₂	20,95
CO ₂	0,05
N ₂	78,09
Argon	0,93

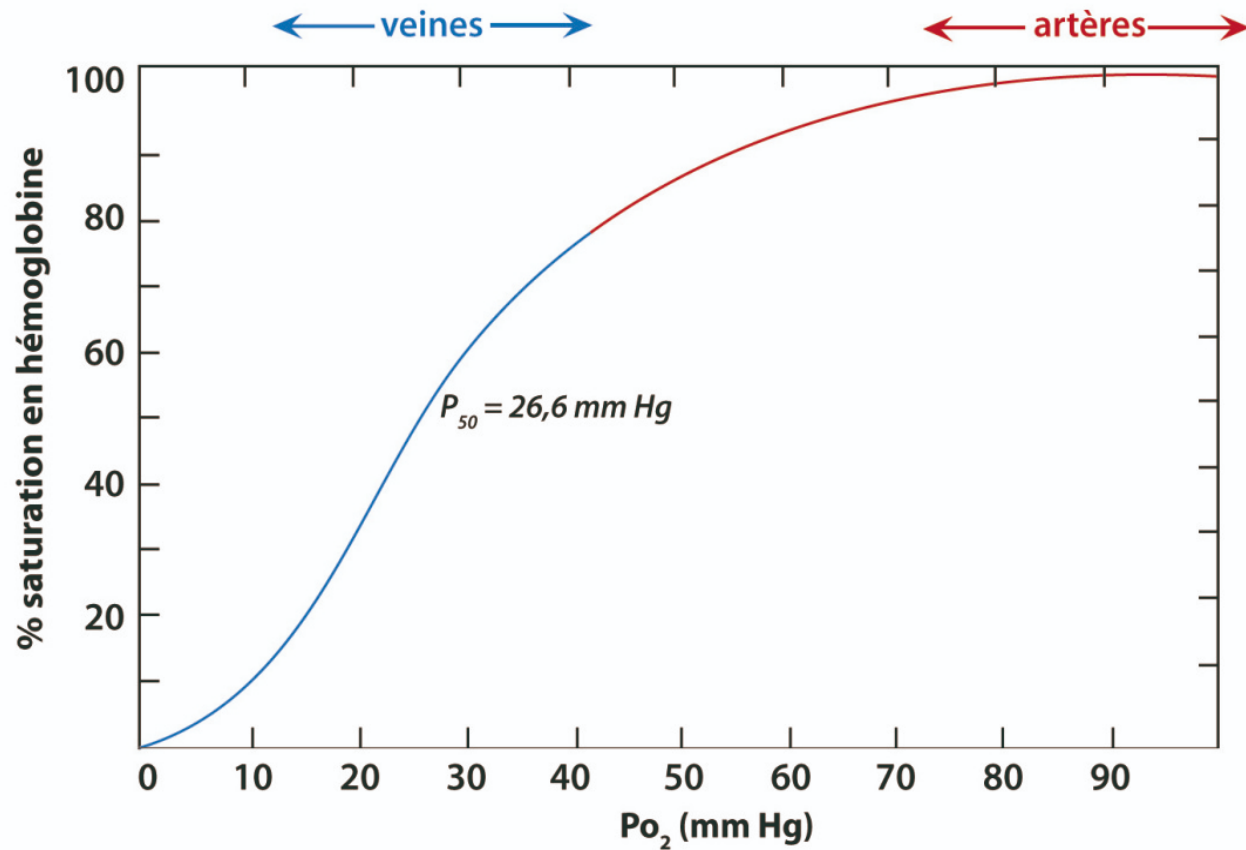
Pour une pression atmosphérique au niveau de la mer :
760 mmHg (101,3 kPa)



Altitude en mètres	Pression Atmosphérique	Pression Oxygène	Sommets connus
9000 m	230 mmHg	30%	Everest
8000 m	265 mmHg	35%	Cho-Oyu
7000 m	310 mmHg	40%	Acongagua
6000 m	355 mmHg	45%	Kilimanjaro
5000 m	405 mmHg	50%	Mont Blanc
4000 m	460 mmHg	60%	Cervin
3000 m	525 mmHg	70%	Aiguille rouge
2000 m	600 mmHg	80%	
1000 m	675 mmHg	90%	
0 m	760 mmHg	100%	

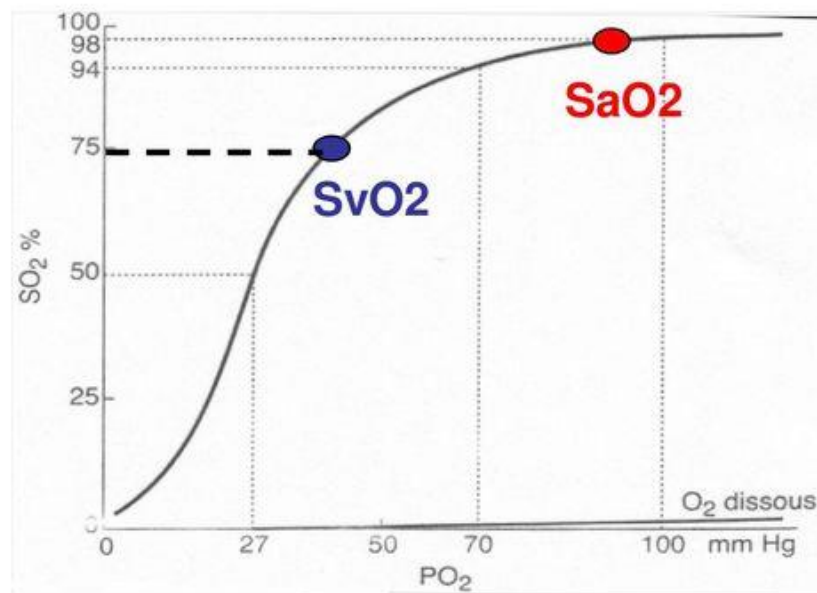
Pas de variation de la composition de l'air, mais diminution exponentielle de la pression barométrique

LA COURBE DE BARCROFT



LA COURBE DE BARCROFT

Courbe de Barcroft / saturation de l'hémoglobine en O₂

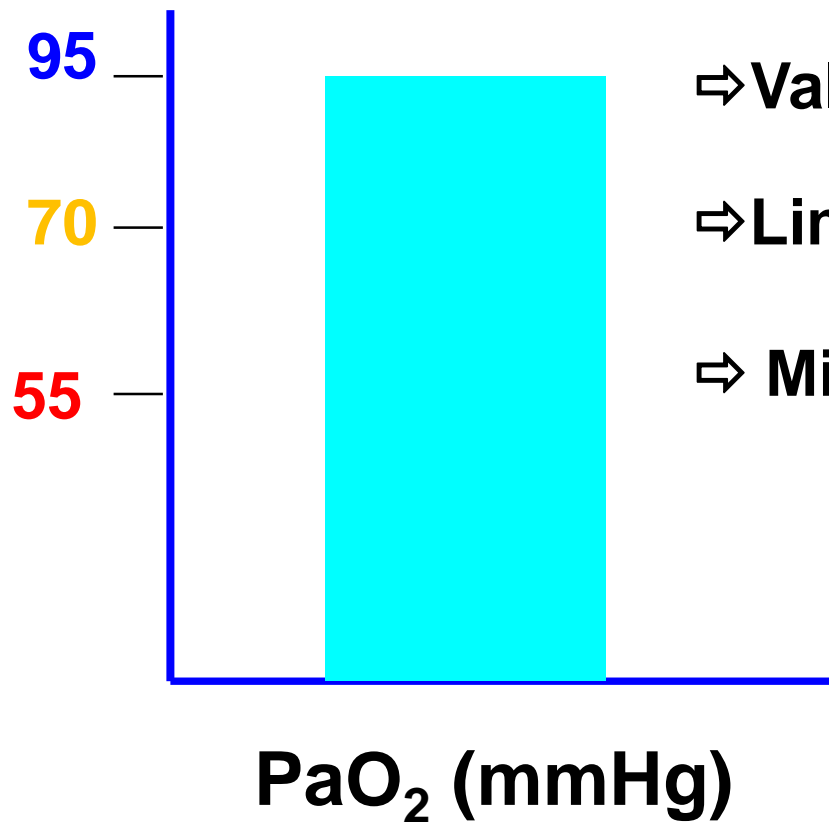


La saturation dépend de la PO₂ de manière non linéaire, mais par une fonction sigmoïde



L'affinité pour l'O₂ est faible pour les PO₂ basses / forte pour les PO₂ élevées

ALTERATION DES ECHANGES GAZEUX



⇒ Valeurs normales

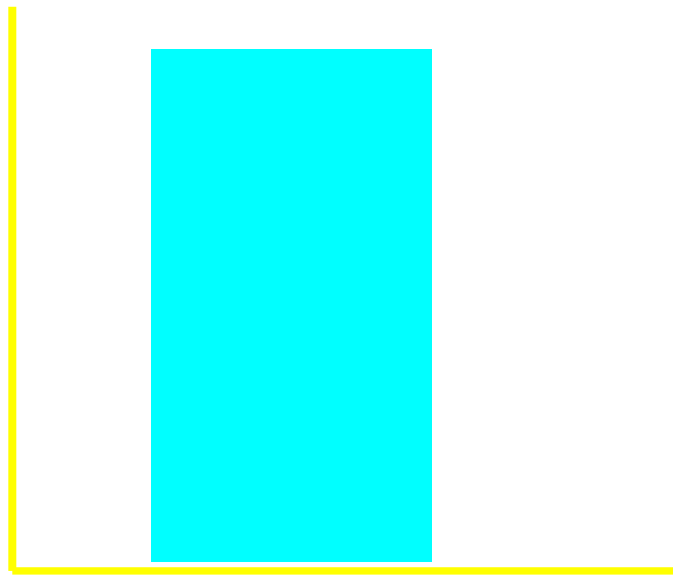
⇒ Limite hypoxémie

⇒ Mise sous OLD



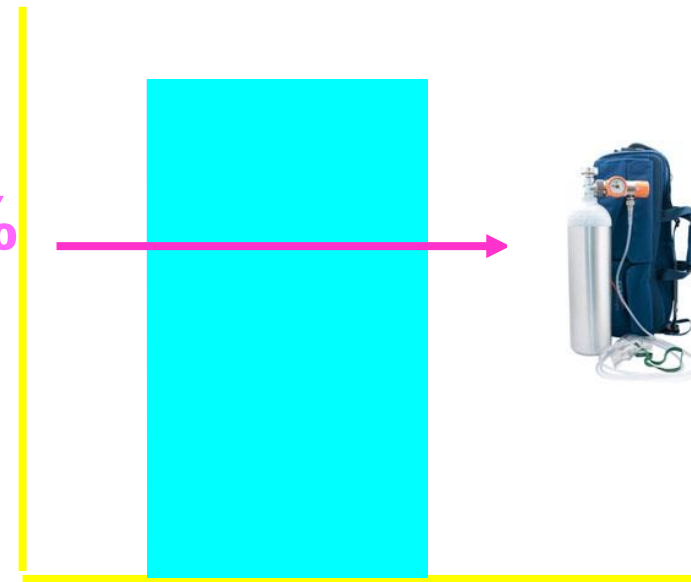
HYPOXEMIE

➤ $\text{PaO}_2 \Rightarrow \text{SaO}_2$



PaO_2 (mmHg)

$\leq 89\%$



SaO_2 (%)

INSUFFISANCE RESPIRATOIRE CHRONIQUE (IRC)

➔ Incapacité permanente de l'appareil respiratoire à assurer 1 Hématose normale



↪ 2 mesures gaz du sang

↪ état stable à 3 semaines d'intervalle

↪ Hypoxémie Chronique Modérée : $\text{PaO}_2 \leq 70$ mmHg

↪ Hypoxémie Chronique Sévère : $\text{PaO}_2 < 60$ mmHg

➔ Passage à l'Insuffisance Respiratoire Chronique

INSUFFISANCE RESPIRATOIRE CHRONIQUE (IRC)



➔ Incapacité permanente de l'appareil respiratoire à assurer 1 Hématose normale

IRC sévère : $\text{PaO}_2 \leq 55 \text{ mmHg}$

↳ justifie la Mise sous Oxygénothérapie de Longue Durée (OLD)

OXYGENOTHERAPIE

2 mesures des gaz du sang / état stable à 15 jours
d'intervalle



↪ **$\text{PaO}_2 \leq 55$ mmHg**

↪ **Si PaO_2 entre 56 et 59 mmHg /OLD indiqué si 1 des éléments**

- ✓ **Désaturation pdt le sommeil sans relation avec un SAS**
- ✓ **Polyglobulie (Hématocrite > 55%)**
- ✓ **HTAP (PAP moyenne > 25 mmHg)**
- ✓ **Signes cliniques de cœur pulmonaire chronique**

OXYGENOTHERAPIE

2 mesures des gaz du sang / état stable à 15 jours

d'intervalle

↪ **$\text{PaO}_2 \leq 55$ mmHg**

↪ **Si PaO_2 entre 56 et 59 mmHg /associées à d'autres éléments**

➔ INDICATIONS INDEPENDANTES DE LA PaCO_2

➔ Objectif OLD = Obtenir une $\text{PaO}_2 \geq 60$ mmHg

au moins 15H/jour incluant période de

sommeil



IRC / CAS CLINIQUE

	Norme	Pré	
		Mes.	%Norme
Heure			14:06:31
CV(L)	3,03	2,00*	66*
VRI(L)	0,00	0,21	---
VRE(L)	0,00	0,90	---
CI(L)	0,00	1,10	---
CE(L)	0,00	1,79	---
FR(#/min)	0,00	26,67	---
CVF(L)	2,94	1,52*	52*
VEMs(L)	2,17	0,72*	33*
VEMs/CVF(%)	73	47*	65*
VEMs/CV(%)	73	36*	50*
DEP(L/S)	6,68	3,51*	53*
DEM(L/S)	2,38	0,37*	16*
D25(L/S)	0,81	0,27*	34*
D50(L/S)	3,32	0,37*	11*
D75(L/S)	6,08	0,53*	9*
VIMs(L)	0,00	1,29	---
D50Ex/In(%)	0,00	13,20	---
PAIv(cmH2O)	0,00	48,96	---

	Pré
	Mes.
	AIR AMBIANT
pH()	7,407
PO2(mmHg)	41,1*
PCO2(mmHg)	43,5
HCO3 std(mmole/L)	25,58
SaO2 mes.(%)	74,9
Hb(gr/100ml)	16,70
Ex bases v(mmole/L)	2,69
COHb pc(%)	----
Lactate(mmole/L)	----

	Pré	Post
	Mes.	Mes.
	O ₂ +2 l/min LUNETTES	O ₂ +2 l/min MASQUE
pH()	7,405	7,407
PO2(mmHg)	50,1*	67,7*
PCO2(mmHg)	42,0	45,0
HCO3 std(mmole/L)	24,91	26,16
SaO2 mes.(%)	83,9	92,7
Hb(gr/100ml)	16,20	16,00
Ex bases v(mmole/L)	1,56	2,84
COHb pc(%)	----	----
Lactate(mmole/L)	----	----

Trouble Ventilatoire

Obstructif Très Sévère

HYPOXEMIE

 **REPOS**

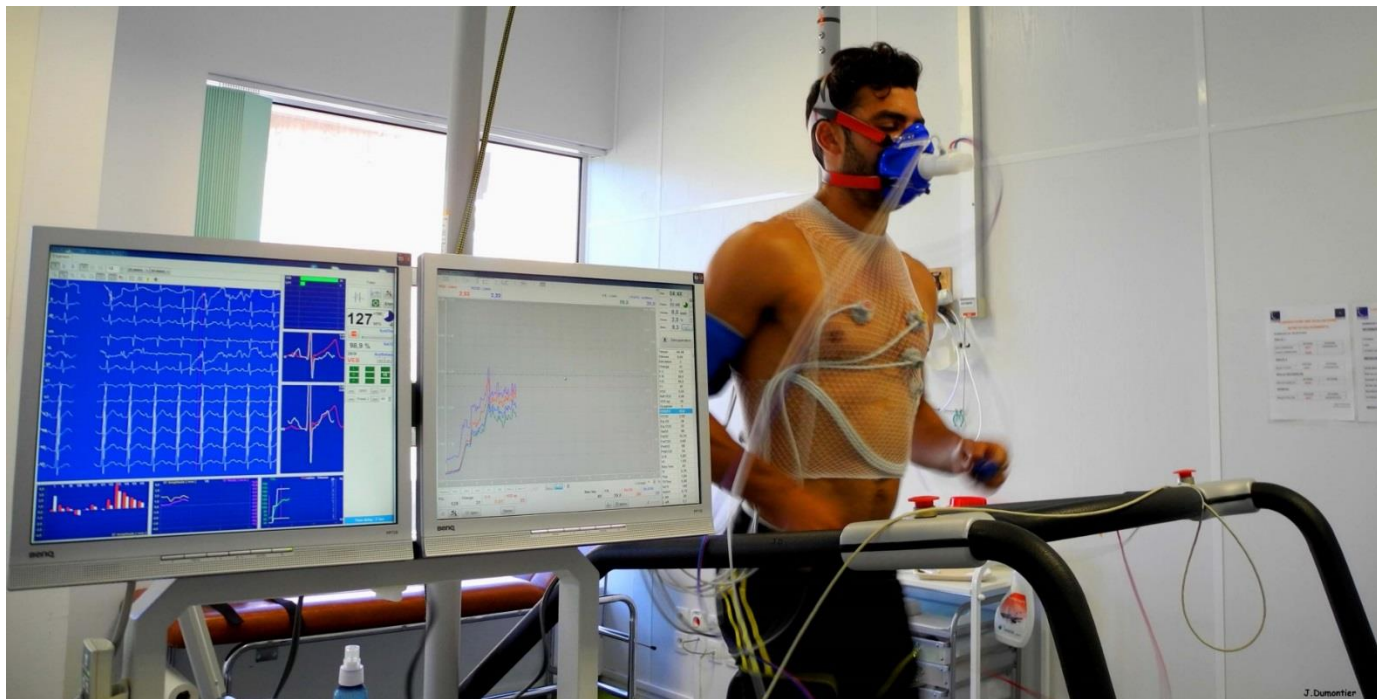
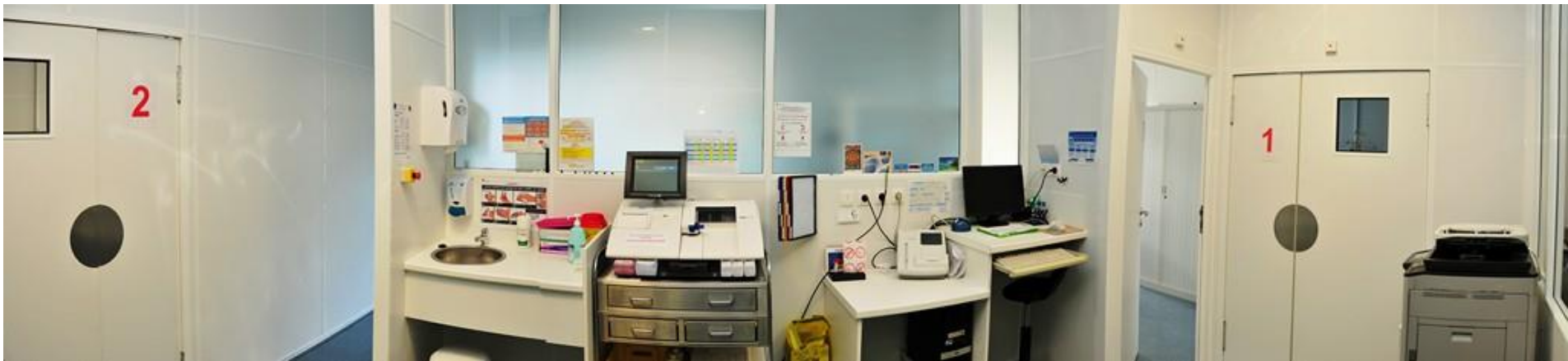
 **A L'EXERCICE ???**

EXPLORATION FONCTIONNELLE A L'EXERCICE (EFX)



➔ VIDEO

EFX = ORGANISATION / ENVIRONNEMENT / EQUIPE



EFX Maximale à Charge Croissante

➔ **Durée Totale de l'examen à 8 min et < à 20 min**

➔ **Durée Incrémentation : 8 à 12 min**

➔ **Durée de chaque Palier : 1 min**

➔ **Durée Récupération : OBLIGATION MEDICO-LEGALE**

SURVEILLANCE Electrocardiographique et Tension Artérielle

⇒ **3 min Actives**

⇒ **3 min Repos complet**

CRITERES DE MAXIMALITE / EFX Maximale

➔ 3 critères / 8

1. Plateau de VO_2 (↗ VO_2 de 100 ml malgré ↗ de la charge)
2. Epuisement Réserves chronotropes : Atteinte FCmax théo \pm 5%
3. Puissance Maximale Théorique atteinte
4. Limitation ventilatoire (Epuisement des Réserves)
5. Quotient Respiratoire ($QR = VO_2/VCO_2$) $>$ 1.10
6. Acidose Métabolique (chute pH de 0.04/ valeur de repos)
7. Intolérance clinique du patient (Score de 9-10 sur Echelle de Borg)
8. Malgré ENCOURAGEMENTS maintien cadence de pédalage

impossible

Mesure Radial / Capillaire

↪ Repos : sous Air ambiant

↪ Effort : Pic de l'effort / Maximum

↪ Cinétique du Lactate : A chaque Palier

↪ Seuils Lactiques : 1 et 2, utilisé pour l'entraînement

↪ Mais concomitants au Seuils ventilatoires

Recherche Critères de Maximalité

➔ Acidose Métabolique

↳ Chute pH de 0.04 / valeur de repos

➔ Lactatémie

↳ Valeurs $> 8 \text{ mmol/L}^{-1}$ en faveur Effort Max

Etude de l'Hématose à l'effort

- ↪ **Hypoxémie Induite par l'exercice**
- ↪ **Vérifier la fiabilité de la mesure de SpO₂ par oxymétrie**
 - ↪ **Mise en évidence d'1 Désaturation (SpO₂ < 89%)**
 - ↪ **Nécessité d'une oxygénothérapie à l'effort**

Etude de l'Hématose à l'effort

➡ Evolution Gradient alvéolo-artériel en O₂

↪ P(A-a)O₂ = intègre niveau VE, situation métabolique et conditions circulatoires

↪ P(A-a)O₂ = Repos <10 , Double à l'effort (<35 mmHg)

↪ Si ↗ P(A-a)O₂ à l'effort

➡ Trouble de la Diffusion alvéolo-capillaire

➡ Inhomogénéité ventilation/perfusion

➡ Atteinte vasculaire pulmonaire (Shunt Droit-gauche)

GAZ DU SANG LORS DE L'EFX/ LACTATES

↪ **Résultante de production acide lactique par le muscle actif et sa consommation par l'organisme**

↪ **Suspicion maladie métabolique ou Sportif**

↪ **Mesure**

➔ **Repos, Pic de l'effort,**

➔ **Repos = 0.5 – 1.5 mmol/L⁻¹ (Traitement Medic)**

➔ **Valeurs > 8 mmol/L⁻¹ en faveur Effort Max**

GAZ DU SANG LORS DE L'EFX/ LACTATES

↪ **Suspicion maladie métabolique**

➔ **Myopathies mitochondriales :**

↪ **Diff Artério-veineuse faible et ↗ précoce Lactatémie**

➔ **Maladie de Mc Ardle :**

↪ **incapacité d'utilisation du glycogène = pas
d'augmentation de la lactatémie à l'effort**

GAZ DU SANG LORS DE L'EFX/ LACTATES

➡ **Déficit en Carnitine Palmitoyl Transférase (limitation oxydation des acides gras)**

➡ **Déficit en Myoadénylate Déaminase**

↳ **Lactatémie anormalement élevée**

➡ **Syndrome de Fatigue chronique**

		Repos	SV 1	SV 1	SV 2	SV 2	Eff.max	Eff.max	Eff.max
		Mesuré	Mesuré	% Max Préd	Mesuré	% Max Préd	Mesuré	Préd.	% Préd.
Réponse globale									
Temps	min	00:00	08:24				11:24		
Charge	Watt	0	108	51%			168	212	79%
VO2	L/min	0.40	1.31	48%			1.91	2.75	70%
VO2 sp	ml/kg	5	17	48%			26	37	70%
VCO2	L/min	0.34	1.51				2.95		
Met		1.5	5.0				7.3		
Eq O2		30	34				56		
Eq CO2		35	30				37		
FiO2	%	20.84	20.78				20.81		
Q.R.		0.85	1.15				1.54		
Dyspnée		0	0				0		
Réponse Ventilatoire									
V.E.	L/min	11.9	44.9	31%			107.9	147.0	73%
Rés Ven	%	92	69				27		
Vt	L	0.96	2.60				3.15		
F.R.	#/min	10.8	16.7				30.8		
Cardiaque									
F.C.	#/min	79	136	73%			178	186	96%
VO2/FC	ml/#/min	5.1	9.6	45%			10.8	21.5	50%
TA Sys.	mm Hg	142	156				170		
TA Dia.	mm Hg	92	75				89		
Vd/Vt réel	mm Hg	0.25	0.04				0.13		
Hématose									
SaO2	%	95	96				98		
PaO2	mm Hg	69.9	79.5				85.8		
PaCO2	mm Hg	35.9	31.8				29.1		
pH		7.43	7.40				7.38		

Effort Maximal ?

QR ?
pH ?
Réserve ventilatoire ?
Fc max ?

Tolérance à l'effort Normale ?

Limitation modérée

Déconditionnement musculaire

Limitation ventilatoire

Réponse cardiaque accélérée
Et de faible efficacité



Mr K

Limitation sévère à l'effort

Limitation musculaire

Limitation ventilatoire

Hyperventilation justifiée

Gradient alvéolo-artériel élargit
Repos < 10
Effort double

Charge[Watt]		Repos	SV 1	SV 1	SV 2	SV 2	SV 2	Eff. max	Eff. max
		Mesuré	Mesuré	% Max Préd	Mesuré	% Max Préd	Mesuré	Préd.	% Préd.
Réponse globale									
Temps	min	00:20	07:53				11:29		
Charge	Watt	0	46	22%			87	209	41%
VO2	L/min	0,37	0,86	36%			1,02	2,39	42%
VO2 sp	ml/kg	5	11	36%			13	30	42%
VCO2	L/min	0,34	0,84				1,13		
Met		1,3	3,1				3,6		
Eq O2		74	59				73		
Eq CO2		79	60				66		
FiO2	%	20,71	20,64				20,60		
Q.R.		0,93	0,97				1,11		
Dyspnée		0,0	3,0				9,0		
Réponse Ventilatoire									
V.E.	L/min	27,2	50,4	99%			74,5	50,8	147%
Rés Ven	%	46	1				-47		
Vt	L	0,92	1,67				1,55		
F.R.	#/min	26,1	26,9				42,7		
Cardiaque									
F.C.	#/min	96	114	66%			115	174	66%
VO2/FC	ml#/min	3,8	7,5	32%			8,8	23,4	38%
TA Sys.	mm Hg	148	175				230		
TA Dia.	mm Hg	98	94				104		
Vd/Vt réel	mm Hg	0,45	0,38				0,39		
Hématose									
SaO2	%	94	90				89		
PaO2	mm Hg	62,8	57,7				54,9		
PaCO2	mm Hg	29,9	28,2				27,2		
pH		7,43	7,44				7,44		
PAO2	mm Hg	95,3	98,4				102,8		
P(A-a)O2	mm Hg	32,5	40,7				48,0		
P(a-ET)CO2	mm Hg	9,0	4,5				5,7		
HCO3 act	mmole/L	19,2	18,4				17,9		
Lactate	mMole/L	1,10	2,07				2,60		

Merci de votre attention...



REMERCIEMENTS



VE/VO₂ élevé

Epuisement Ventilatoire

PaO₂ maintenue

Gradient alvéolo-artériel élargit

Repos < 10

Effort double

Charge	REPOS	SV1 Mesuré	SV1 %MaxPred	EffMax Mesuré	Eff Max Pred	EffMax %Préd
Réponse Globale						
Charge (Watts)	0	53	52	91	103	88
VO ₂ L/min	0.109	0.680	56	1.11	1.22	91
VO ₂ sp ml/Kg	2.4	14.8	56	24.3	26.6	91
Eq O ₂	72	39		55	25-35	
Eq CO ₂	98	38		48	20-30	
QR	0.73	1.02		1.16	> 1.1	
Réponse Ventilatoire						
VE L /min	7.8	26.5		61.7	63.53	97
Rés Ven %					2	
Vt L	0.418	1.029		1.296		134
FR cycles/min	19	26		48	40-45	
Réponse Cardiaque						
FC batt/min	72	114		159	167	95
VO ₂ /FC ml/min	1.5	6		7	7	101
TA sys mmHg	95	128		178	< 25	
TA Dias mmHg	61	75		101	< 9	
Hématose						
SaO ₂ (%)	92			93		
PaO ₂ (mmHg)	62.2			63.3		
PaCO ₂ (mmHg)	41.7			29.8		
P(Ai-a)O ₂ (mmhg)	5.8			36.7		
pH	7.46			7.44		

RAPPELS PHYSIOLOGIQUES (3/7)

VO₂max = quantité maximale d'oxygène qu'1 organisme peut prélever par son système respiratoire

↪ faire diffuser jusqu'à ses capillaires pulmonaires

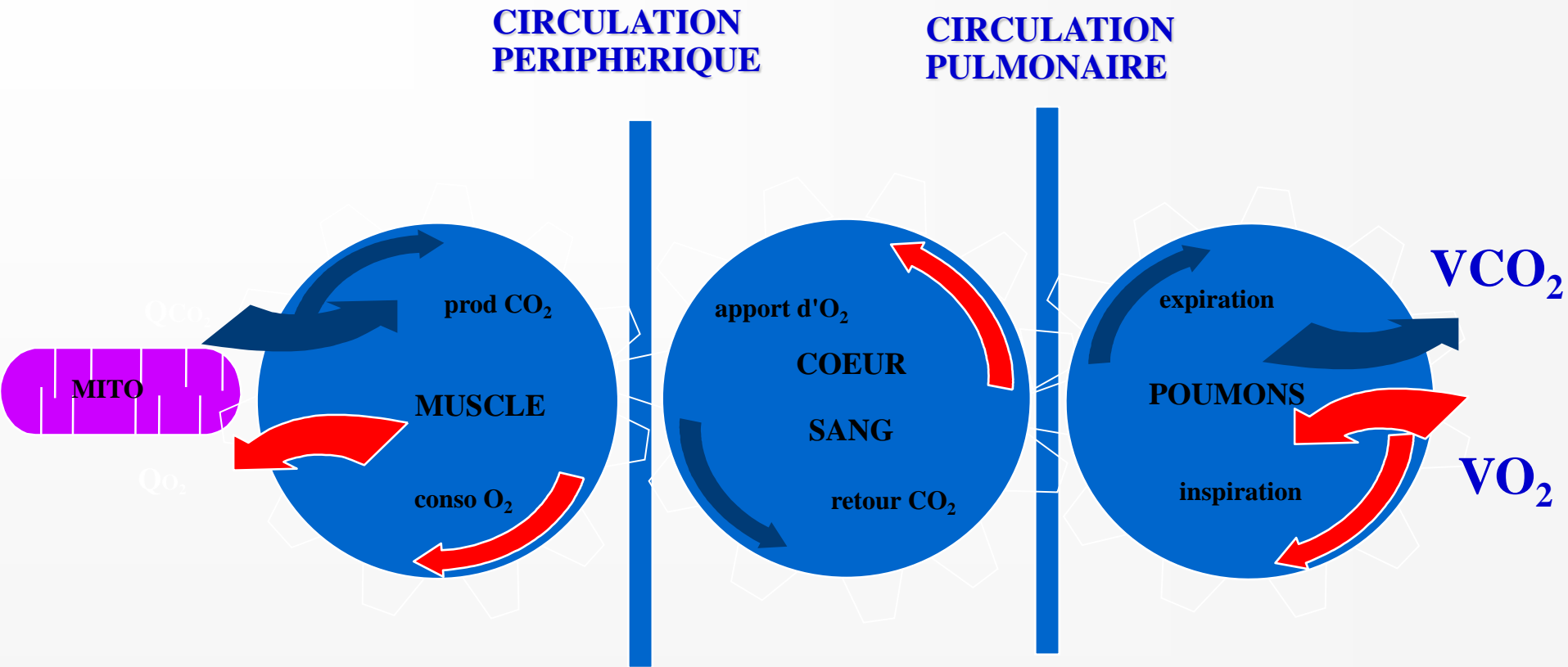
↪ fixer sur son hémoglobine,

↪ transporter par son système cardio-vasculaire,

↪ faire diffuser sur la myoglobine dans ses muscles squelettiques

↪ utiliser par ses mécanismes oxydatifs

L'évaluation d'un système dynamique repose sur la mesure de consommation d'oxygène



Schématisation de la demande métabolique depuis la respiration externe jusqu'à la respiration cellulaire. Wassermann, 1975)

DE QUOI ?

TRAVAIL PULMONAIRE

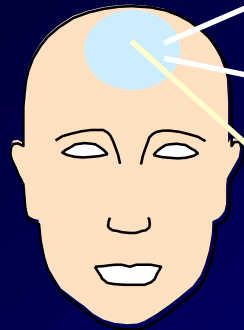
Ve (l/mn)
Fr (c/min)
Vt (ml)
Réserve ventilatoire

TRAVAIL CARDIAQUE et VASCULAIRE

Fc (batts/min)
Pouls d'O₂
TA

TRAVAIL MUSCULAIRE

Puissance développée
La position du seuil
La VO₂ maximale
Le pouls d'O₂



++

++

+

CO₂



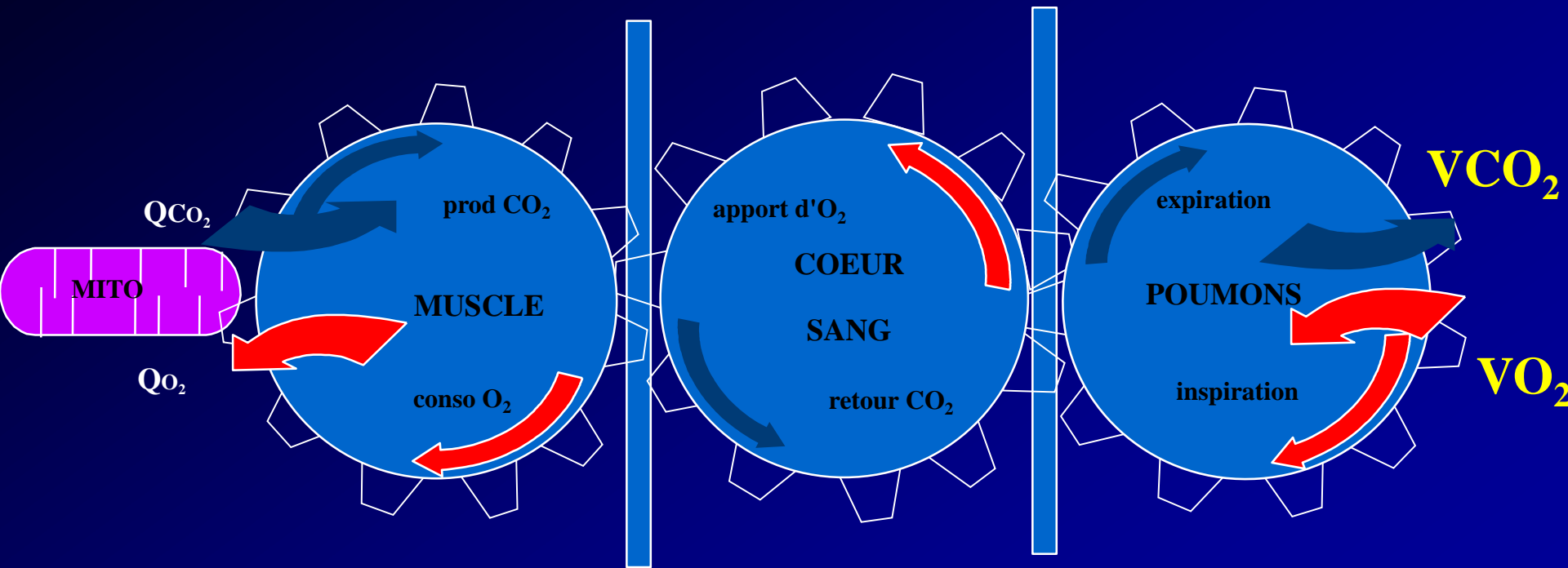
O₂

TRAVAIL DU SNC

L'évaluation d'un système dynamique repose sur la mesure de consommation d'oxygène

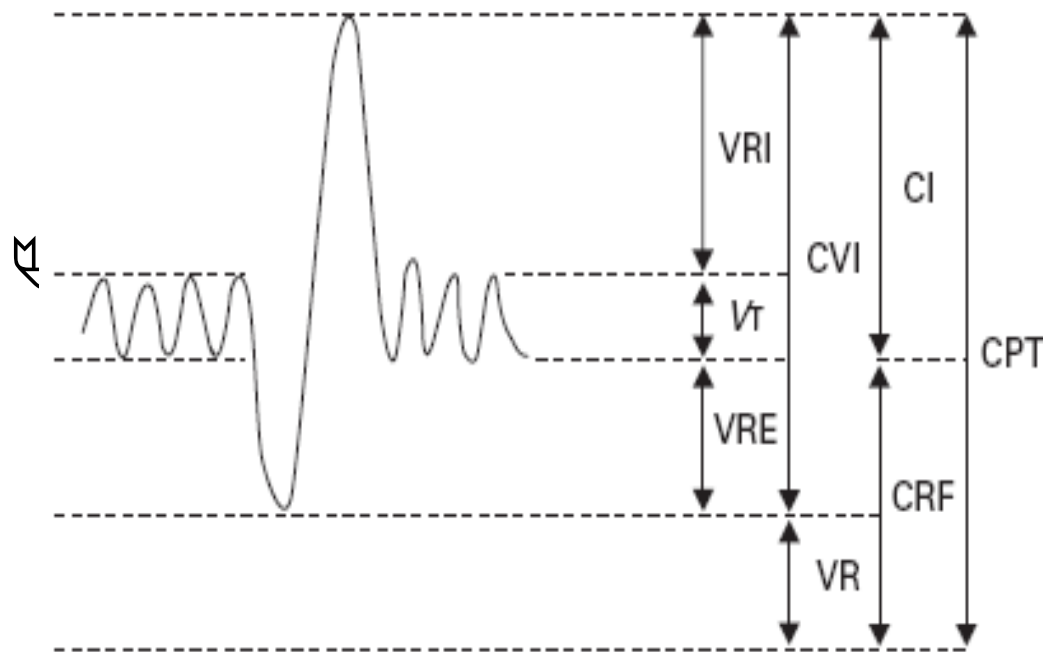
CIRCULATION
PERIPHERIQUE

CIRCULATION
PULMONAIRE



Schématisation de la demande métabolique depuis la respiration externe jusqu'à la respiration cellulaire. Wassermann, 1975)

EXPLORATION FONCTIONNELLE RESPIRATOIRE (EFR)



Spirométrie

Obstruction Bronchique

Obstruction

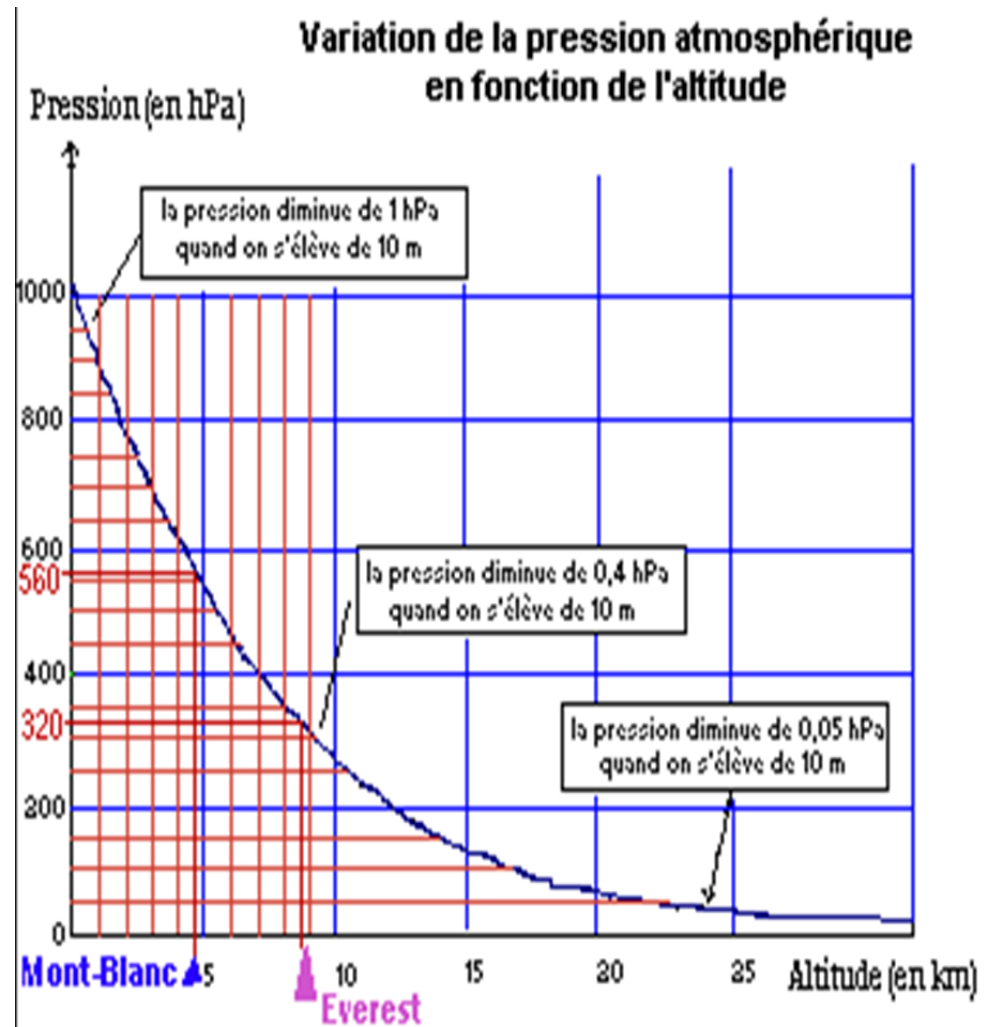
Fig. 1.

Volumes pulmonaires et capacités statiques basés sur la courbe volume-temps du spirogramme d'une capacité vitale inspiratoire (CVI). VRI : volume de réserve inspiratoire ; V_T : volume courant ; VRE : volume de réserve expiratoire ; VR : volume résiduel ; CI : capacité inspiratoire ; CRF : capacité résiduelle fonctionnelle ; CPT : capacité pulmonaire totale.

Hypoxémie d'altitude →
hypoxie tissulaire
importants retentissements
métaboliques.

**A 1250 m (Osseja) : - 10mmHg sur
la PaO2**

Les valeurs de PaO2 et la
concentration sanguine en oxygène
sont des variables intervenant dans
la régulation de l'appareil cardio-
respiratoire : fonctionnement modifié
++



CLASSIFICATION DE LA BPCO EN STADES DE SEVERITE

SEVERITE	VEMS/CV Après bronchodilatateur	VEMS (% théorique)
A risque[#] (At risk)	> 70 %	≥ 80
Léger (Mild)	≤ 70 %	≥ 80
Modéré (Moderate)	≤ 70 %	50 à 80
Sévère (Severe)	≤ 70 %	30 à 50
Très sévère (Very Severe)	≤ 70 %	< 30

patients qui fument ou ont eu une exposition à des polluants, ont une toux, des expectorations ou une dyspnée

Standards ATS/ERS (Eur Respir Journal 2004 ; 23 : 932 – 946)

ATS/ERS (Rev Mal Respir 2007 ; 24 : 2S83-2S108)

POURQUOI EVALUER ?

- ✓ **Comprendre l'Essoufflement**
- ✓ **Identifier Mécanismes de l'Intolérance à l'effort**

EVALUATIONS / OBJECTIFS / INDICATIONS

☑ Connaître Etat du patient : Tolérance à l'effort

➔ Facteurs limitants /Quantifier capacité à l'effort

☑ Prescrire un Programme de Réhabilitation

☑ Evaluation Préopératoire en Pneumologie

☑ Efficacité d'un Traitement

➔ Programme de Réhabilitation

➔ Traitement Médicamenteux (Bronchodilatateur)

☑ Répondre Recommandations (SPLF, ATS)

OBJECTIFS DE L'EFX

➔ Contre-Indications cardio-vasculaires

➔ Arythmies, Troubles coronariens, HTA, Hypotension

➔ Tolérance à l'effort / Condition physique

➔ Normale / Au-dessus / Limitation

➔ Si Limitation à l'effort = Sévérité

➔ Légère, Modérée, Sévère

OBJECTIFS DE L'EFX

➔ **Origine de la limitation :**

Ventilatoire, Cardiaque, Musculaire, Métabolique

➔ **Détermination Intensité d'entraînement**

➔ **Mise en évidence d'une Hypoxémie/Désaturation**

➔ **Recherche d'Asthme d'effort**

CONDUITE EFX SUR CYCLO-ERGOMETRE

➔ **EFX maximale à charge croissante**

➔ **Echauffement : 20% de la Puissance estimée**

➔ **Incrémentation : 80% Puissance estimée / 10 min.**

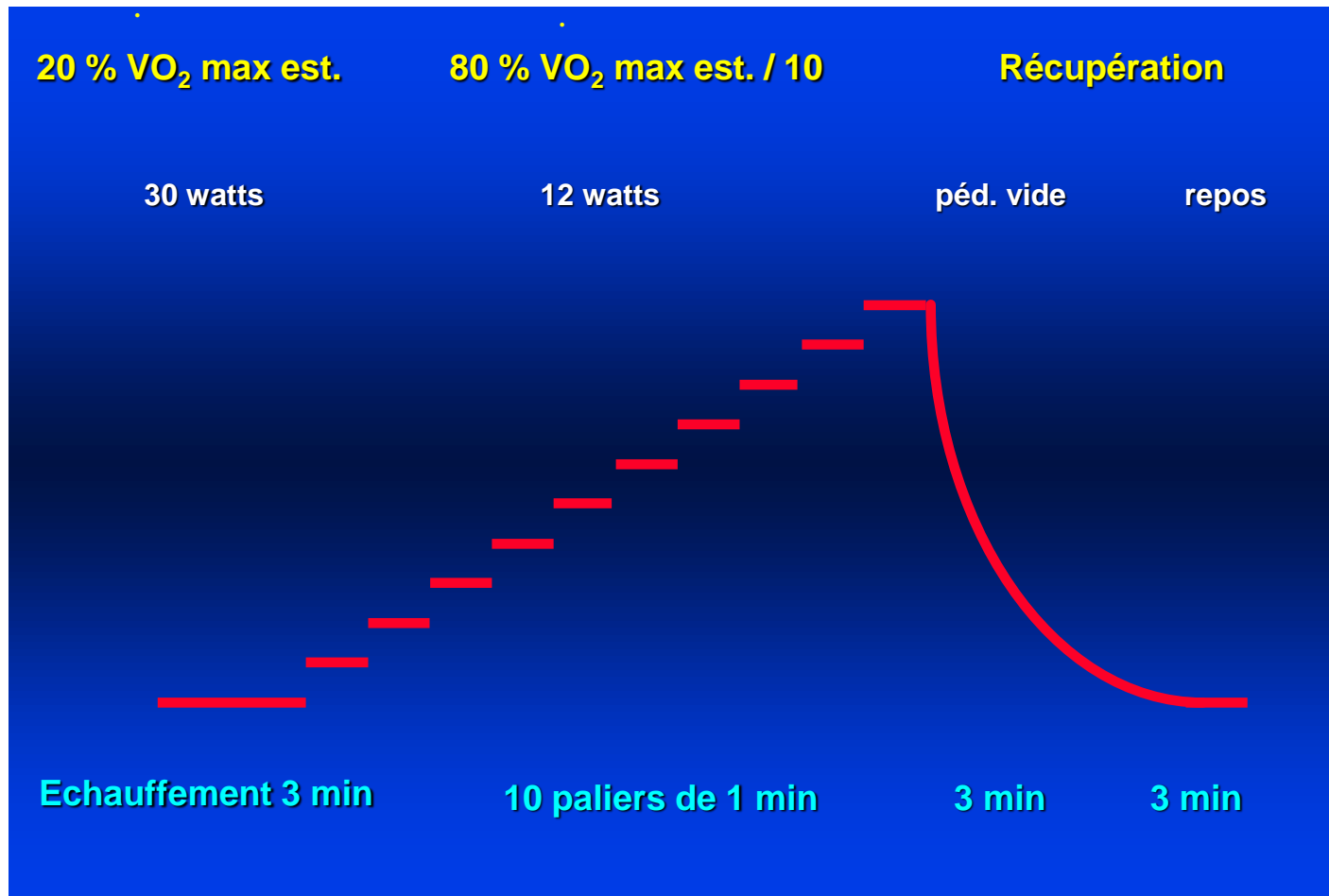
➔ **Récupération :**

⇒ **3 min à 20% de la Puissance estimée**

⇒ **3 min Repos complet**

PROTOCOLE D'EFFORT

➔ pour une $\dot{V}O_2$ max estimée à 150 watts



OBJECTIFS DE L'EFX

➔ Analyser le transport de l'oxygène

➔ **VO₂ = rôle majeur dans l'apport d'énergie nécessaire à la réalisation d'un exercice musculaire**

➔ **Prélèvement et utilisation de l'oxygène = 3 grandes étapes =**

CHAINE DE TRANSPORT

