



# EFx : de la réalisation à l'interprétation

**RUDDY RICHARD**

[ruddy.richard@uca.fr](mailto:ruddy.richard@uca.fr)

[r-richard@chu-clermontferrand.fr](mailto:r-richard@chu-clermontferrand.fr)



**FARES GOUZI**

[f-gouzi@chu-montpellier.fr](mailto:f-gouzi@chu-montpellier.fr)



CONFLITS D'INTERET POUR CETTE PRÉSENTATION

PAS DE CONFLITS D'INTERET EN LIEN AVEC LA PRESENTATION



# Plan

## **Présentation générale**

## **Environnement de l'EFx**

## **Réalisation pratique de l'EFx**

Que faire avant le test

Les protocoles

## **Réponses adaptatives**

Cinétique des ajustements

Détermination des seuils

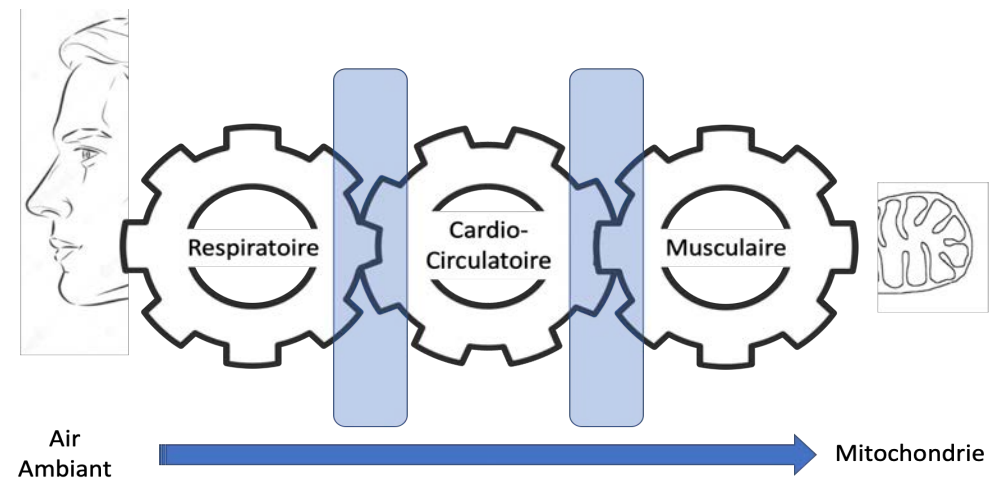
## **Analyse et interprétation**

# Présentation Générale

## Épreuve d'effort : approche intégrée des adaptations à l'exercice

Évaluer les capacités d'adaptations et d'ajustements des trois grandes composantes du transport et de l'utilisation de l'oxygène en situation de stress physiologique :

- Composante respiratoire
- Composante cardio-circulatoire
- Composante musculaire



# Présentation Générale

**EFx : Épreuve standardisée de stress physiologique afin d'évaluer les capacités adaptatives du patient**

## **Référence :**

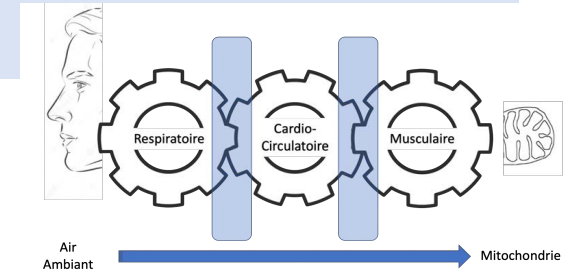
Épreuve réalisée sur ergocycle,  
Incrément de puissance régulier,  
Rampe continue ou par paliers de 1 min.



# Présentation Générale

## Paramètres de suivi des adaptations

### Métaboliques

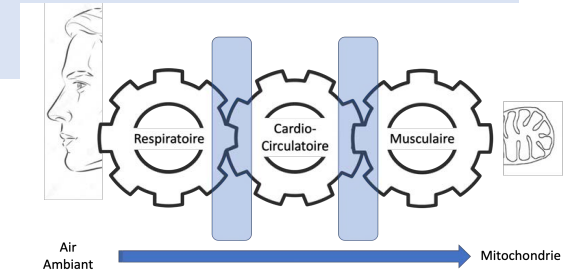


Symbole	Paramètre	Unités
$V'O_2$ $VO_2$	Débit de consommation d'oxygène Consommation d'oxygène	$mL \cdot min^{-1}$ ; $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ; MET
$VCO_2$	Production de dioxyde de carbone	$mL \cdot min^{-1}$
QR	Quotient respiratoire : $VCO_2/VO_2$	

# Présentation Générale

## Paramètres de suivi des adaptations

### Ventilatoires

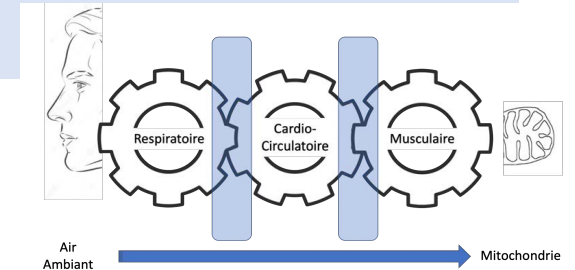


Symbole	Paramètre	Unités
$V_E$	Ventilation	$L \cdot \text{min}^{-1}$
$V_t$	Volume courant	L
$F_r$	Fréquence respiratoire	$\text{cycl} \cdot \text{min}^{-1}$
$P_{E\text{O}_2}$	Pression partielle alvéolaire de fin d'expiration en $\text{O}_2$	mmHg
$V_D$	Volume de l'espace mort	L

# Présentation Générale

## Paramètres de suivi des adaptations

### Cardio-circulatoires



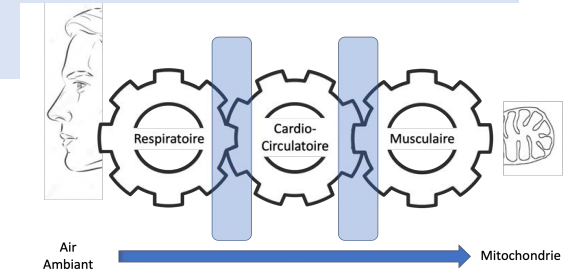
Symbole	Paramètre	Unités
ECG	Électrocardiogramme	
Fc	Fréquence cardiaque	bat·min <sup>-1</sup>
VES	Volume d'éjection systolique	mL
Qc	Débit cardiaque	L·min <sup>-1</sup>
PAS	Pression artérielle systolique	mmHg
PAD	Pression artérielle diastolique	mmHg



# Présentation Générale

## Paramètres de suivi des adaptations

### Biologiques

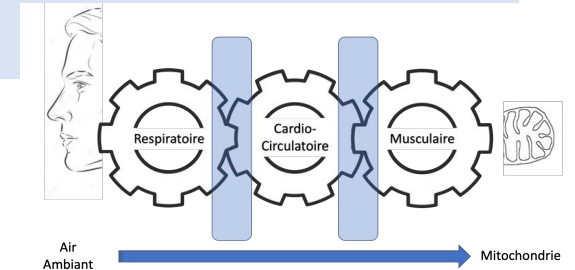


Symbole	Paramètre	Unités
Lac	Lactatémie	mmol·L <sup>-1</sup>
Pyr	Pyruvicémie	
AMO	Amoniémie	

# Présentation Générale

## Paramètres de suivi des adaptations

### Gaz du sang



Symbole	Paramètre	Unités
PaO <sub>2</sub>	Pression partielle artérielle en O <sub>2</sub>	mmHg
PaCO <sub>2</sub>	Pression partielle artérielle en CO <sub>2</sub>	mmHg
pH	pH	
SaO <sub>2</sub>	Saturation du sang artériel en O <sub>2</sub>	%

# ENVIRONNEMENT de l'EFx

# Environnement technologique

## EFx

### Ergomètre

Ergocycle

Tapis roulant

### Ergospiromètre

ECG 12 dérivations moyennées

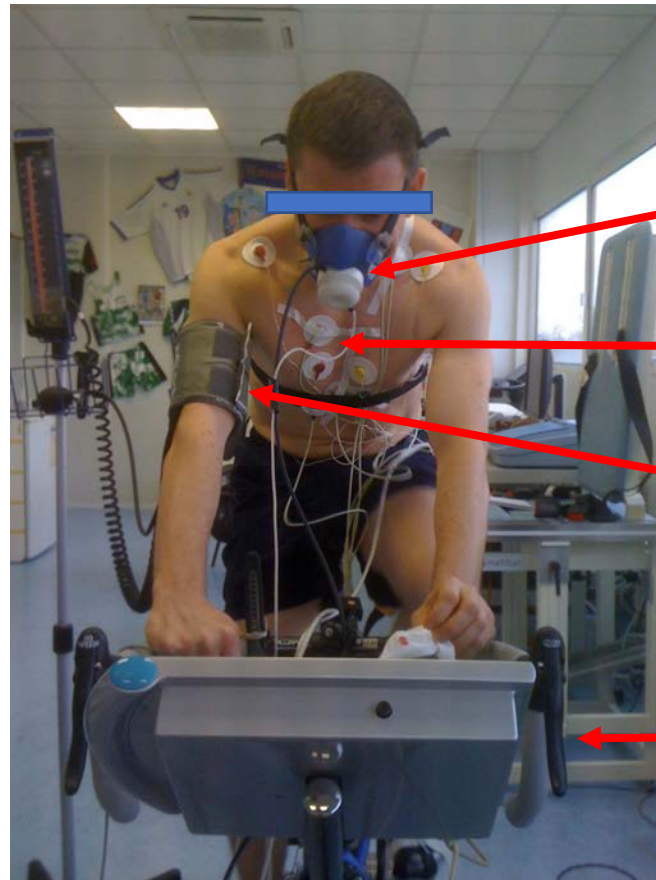
Tensiomètre

Saturomètre

Analyseur des gaz du sang

Appareil de mesure du Qc

Chariot d'urgence



Ergospiromètre

ECG

Tensiomètre

Ergocycle

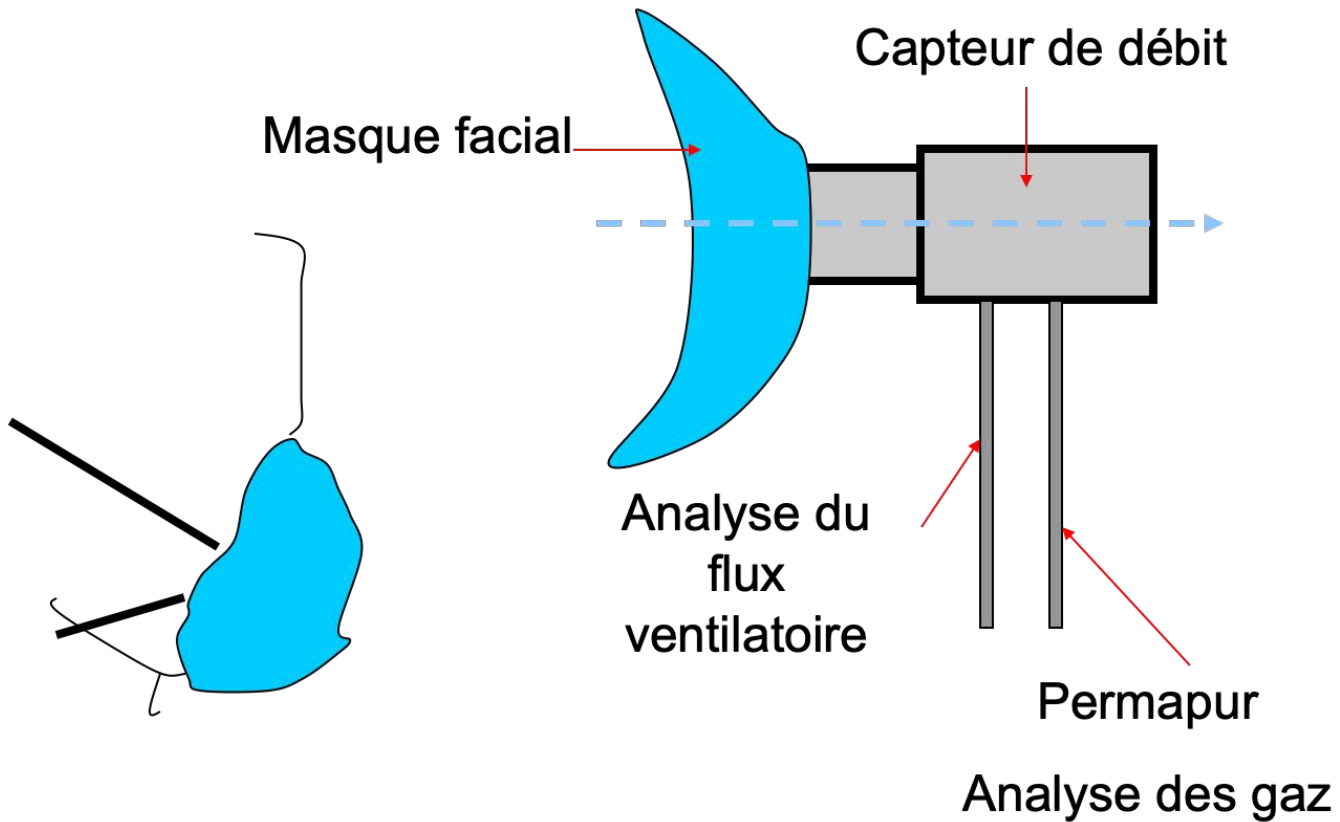
# Environnement technologique

## Ergospiromètre



# Environnement technologique

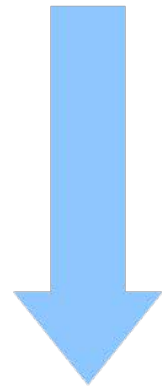
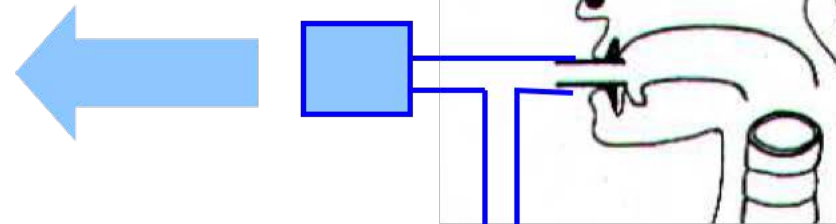
## Ergospiromètre



# Environnement technologique

## Ergospiromètre

① Débit ventilatoire



Déterminer  $VO_2$  et  $VCO_2$

Prélèvements itératifs  
[O<sub>2</sub>] et [CO<sub>2</sub>]

②

# Environnement technologique

## Ergospiromètre

### ① La mesure des débits : Pneumotachographe

- Tube de Pitot (différence de pression)
- Fil chaud (refroidissement du fil par le flux gazeux)
- Turbine (rotation de l'hélice)

### ② L'analyse de la concentration des gaz

- Analyse en continue (mesure cycle-à-cycle)
- *Analyse discontinue (à partir d'une chambre de mélange)*



# RÉALISATION PRATIQUE EFX

# Que faut-il faire avant une épreuve d'effort

## À faire avant de débiter une Efx

### Avant le premier test de la journée

- 1) Mettre en marche l'analyseur au moins 30 minutes avant le test.
- 2) Rentrer les données ambiantes (si nécessaire) : température, degré hygrométrique, pression barométrique
- 3) Calibrer les gaz et les débits (passé les 30 minutes de mise en marche)

### Entre les tests

- 1) Changer le permature
- 2) Aérer la pièce
- 3) Calibrer les gaz et les débits

### Après les tests

- 1) Fermer les bouteilles de gaz ...

# Que faut-il faire pendant une épreuve d'effort

## Les points à contrôler

### Au repos, avant de débiter

#### 1) Le $VO_2$ de repos est-il juste ?

1 MET = 3,5 mL/kg/min, **sur l'ergomètre  $VO_2$  repos entre 1 et 1,5 METs**

$VO_2$  repos compris entre 3,5 et 5 mL/kg/min

#### 2) Le QR est-il acceptable ?

$QR = VCO_2 / VO_2$ , **le QR de repos doit se situer entre 0,75 et 0,90**

QR mixte de référence = 0,85

A jeun fin de matinée QR < 0,8

Post prandial QR < 0,9-0,95

#### 3) La ventilation est-elle acceptable ?

**$VE$  repos < 10-15 L/min, FR < 15 cycles/min**

**Que faut-il faire si ces critères ne sont pas obtenus ?**

# Que faut-il faire pendant une épreuve d'effort

## Les points à contrôler

### Pendant l'épreuve d'effort

#### 1) Le $VO_2$ mesuré est-il juste ?

$VO_2$  Théorique = (10-11) × Puis (Watts) +  $VO_2$  basale (Exc. incrément).

$VO_2$  Théorique = (12-14) × Puis (Watts) +  $VO_2$  basale (Exc. état stable).

$\Delta VO_2 / \Delta \text{Watts} \simeq 10,3 \pm 1,5$  lors d'un exercice en rampe

$VO_2$  basale  $\simeq (3,5-5) \times \text{poids (kg)}$

# Que faut-il faire pendant une épreuve d'effort

## Les points à contrôler

### Pendant l'épreuve d'effort

1) Le VE mesuré est-il juste ?

$$VE \simeq (22 \times VO_2 (\text{L}\cdot\text{min}^{-1})) + 5$$

A 100 watts,  $VO_2 \simeq 1,5 \text{ L/min}$

$$VE = (22 \times 1,5) + 5 = 38$$

Je dois mesurer entre 35 et 45 L/min

Je dois m'inquiéter au dessus de 50 L/min

# Que faut-il faire pendant une épreuve d'effort

## Que faut-il faire si les paramètres mesurés sont faux

- Ne pas débiter le test
- Calmer le sujet
- Vérifier l'étanchéité du masque
- Faire une nouvelle calibration
- Changer le perméapure
- Vérifier les  $FiO_2$  et  $FeO_2$
- A l'effort dissocier les causes liées à l'ergomètre de celles liées à l'ergospiromètre.
- Appeler le BIOMED, le SAV

# Environnement technologique

## Autres ergomètres

- Ergocycle à bras
- Rameur

Puissance simple à mesurer (Watts)

- Tapis roulant

Pas de calcul précis de la puissance

- À plat  $\simeq 1 \text{ MET}/(\text{km}/\text{h})$
- Avec de la pente :  $W = m \times g \times h$
- Protocoles spécifiques (BRUCE, NAUGHTON)



# Environnement technologique

## Autres ergomètres, équivalence tapis roulant

CLASSE FONCTIONNELLE	STATUT CLINIQUE	COÛT O <sub>2</sub> ml/kg/min	METS	CYCLOERGOMÈTRE	PROTOCOLE SUR VÉLO DE COURSE				METS									
					BRUCE MODIFIÉ 3 min		BRUCE 3 min			NAUGHTON								
					Étapes mph	% GR	Étapes mph	% GR										
Normal et I	Sain, dépendant de l'âge, activité			1 watt = 6,1 kg/m/min  pour un poids de corps de 70 kg kg/m/min	1500	6,0	22	6,0	22									
						5,5	20	5,5	20									
						5,0	18	5,0	18									
									1350		4,2	16	4,2	16				
									1200		3,4	14	3,4	14	2 min Étapes mph % GR			
						Sédentaire sain			1050							2	17,5	
											900						2	14,0
			750	2,5	12	2,5	12											
	Limité																	
					600					2	10,5							
II		Symptomatique				1,7	10	1,7	10	2	7,0							
				450						2	3,5							
						1,7	5			2	0							
III			300						1	0								
				150														
						1,7	0											
IV																		
										1								

>>> Tableau 1 - Comparaison du coût énergétique (en METS et en VO<sub>2</sub>) pour différents protocoles d'exercice sur tapis roulant et vélo (23).  
mph = mille par heure ; GR = grade



François CARRE  
CARDIO SPORT n°45



# Erreur sur la mesure de $\dot{V}O_2$

## Quand la suspecter

Lorsque le  $\dot{V}O_2$  mesuré est :

100 W,  $\dot{V}O_2$  repos de 250,  $(12 \times 100 + 250) - (14 \times 100 + 250)$

100 W, 1450-1650 ml, ATTENTION si  $\dot{V}O_2 < 1300$  ou  $> 1800$

## Origine

- |                                    |   |                 |
|------------------------------------|---|-----------------|
| - Ergomètre                        | → | Faire étalonner |
| - Ergospiromètre                   | → | Calibrer        |
| - Les deux (dans les deux sens...) |   | Homme étalon... |

# Erreur sur la mesure de $\text{VO}_2$



**Etalonnage dynamique**



**Etalonnage Statique**  
Poids Etalons

# Le protocole d'exercice

## Épreuve de référence, épreuve en rampe

### **Dans le cadre de l'évaluation des patients :**

- Epreuve en rampe d'incrément (continue, paliers de 1 min.)
- Idéalement d'une durée de 8 à 15 min.
- Moins de 8 min. retard et inertie d'ajustement
- Plus de 15 min. plus compliqué pour différentier fatigue et épuisement
- Ajustée à la pathologie

# Le protocole d'exercice

## Épreuve de référence, épreuve en rampe

**Avant que mon sujet réalise son test, je dois être capable d'estimer ce qu'il va faire afin d'ajuster mon protocole**

→ □ Calcul des valeurs théoriques pour un sujet sédentaire

→ □ Equations de Jones / Hansen

La normalité se situe actuellement à 80% des valeurs théoriques

→ □ Estimation du degré de sédentarité ou d'entraînement

→ □ Pondération des valeurs théoriques (de -30 à +100%)

→ □ Ajustement par rapport à la pathologie

- Ajustement par rapport au VEMS chez le BPCO

- Ajustement proche de 10 W/min. chez l'IC

# Le protocole d'exercice

## Exemples

**Sujet de 52 ans (DN 01/01/1970), masculin, Poids 83 kg, Taille 1,72 m**

VEMS/VEMSthéorique – 100%

APS – 100%

**200W, 40W échauffement, 15W par paliers**

VEMS/VEMSthéorique – 80%

APS – 100%

**160W, 30W échauffement, 10W par paliers**

VEMS/VEMSthéorique – 100%

APS – 80%

**160W, 30W échauffement, 10W par paliers**

# Le protocole d'exercice

## Autres types d'épreuves

**Épreuves pas paliers > 2 minutes**

**Épreuve à puissance constante**

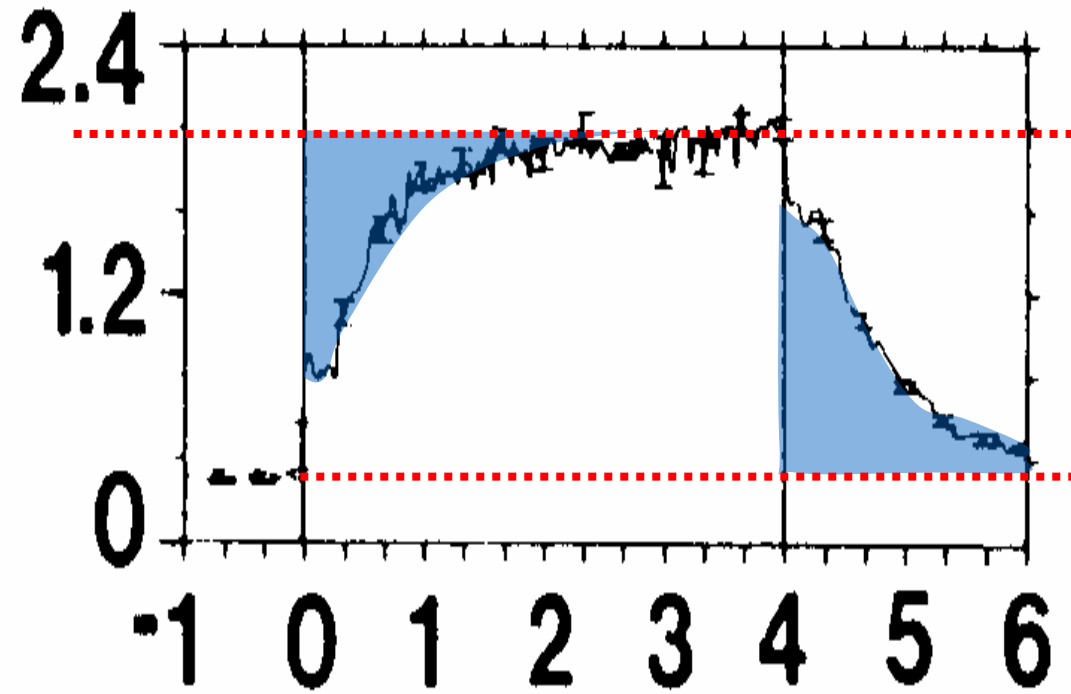
**Épreuve de type crossover**

# Le protocole d'exercice

## Autres types d'épreuves

### Épreuve à puissance constante

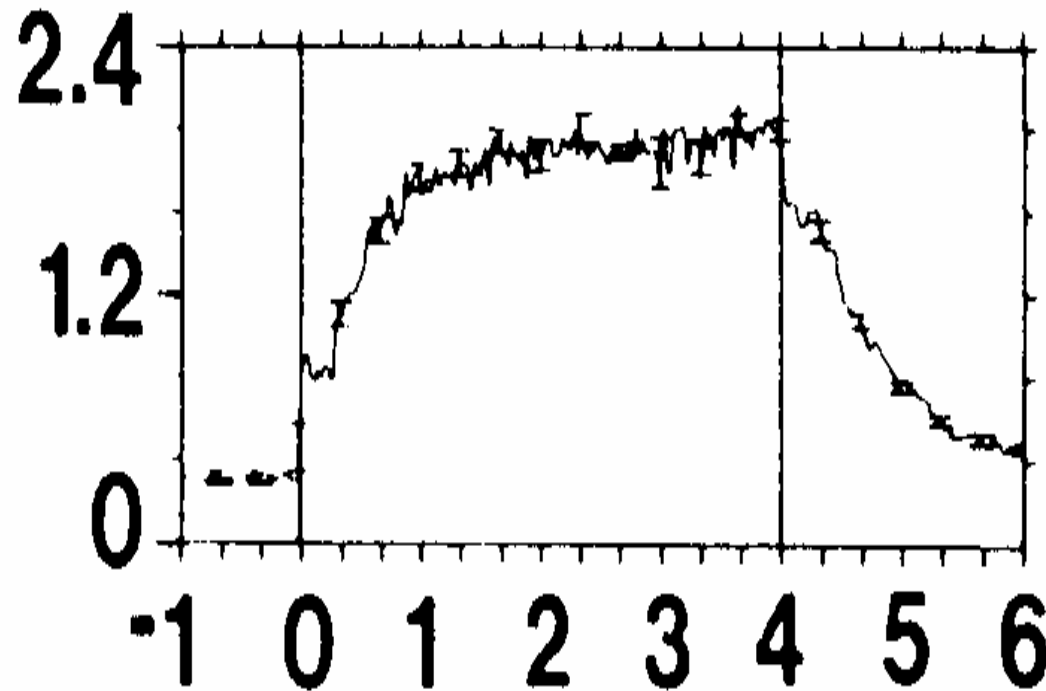
$\dot{V}O_2$   
[L·min<sup>-1</sup>]



# Le protocole d'exercice

## Autres types d'épreuves

### Épreuve à puissance constante



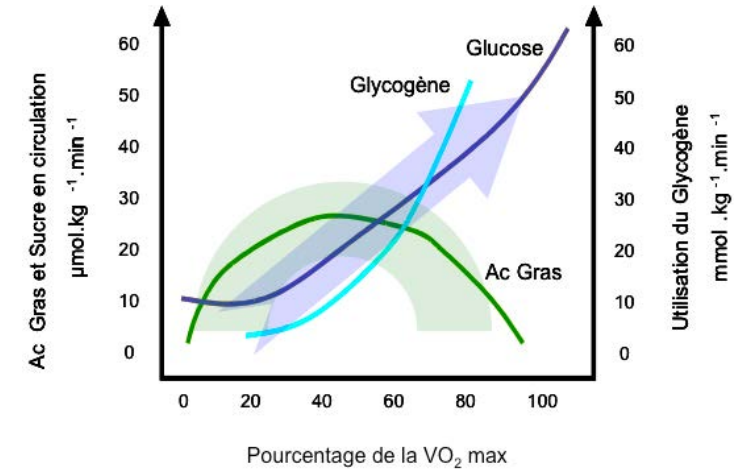
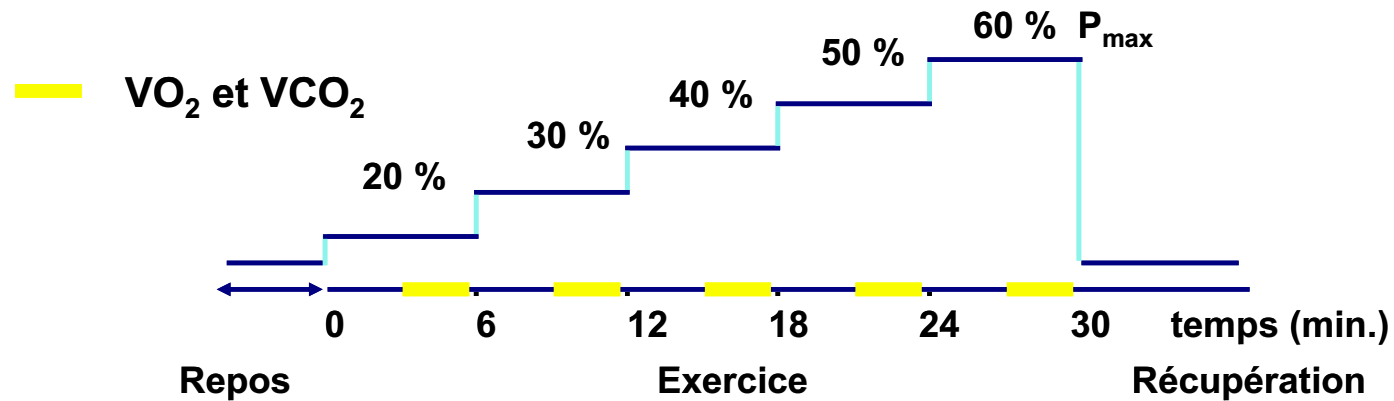
- Coût énergétique
- Dette en  $O_2$
- $T_{1/2}$  OFF
- Composante rapide et lente de  $\dot{V}O_2$
- Comparaison avant-après réentraînement à même puissance



# Le protocole d'exercice

## Autres types d'épreuves

### Épreuves de type CROSSOVER



$$\text{Oxydation glucidique (mg/min.)} = 4,585 VCO_2 - 3,2255 VO_2$$

$$\text{Oxydation lipidique (mg/min.)} = - 1,7012 VCO_2 + 1,6946 VO_2$$

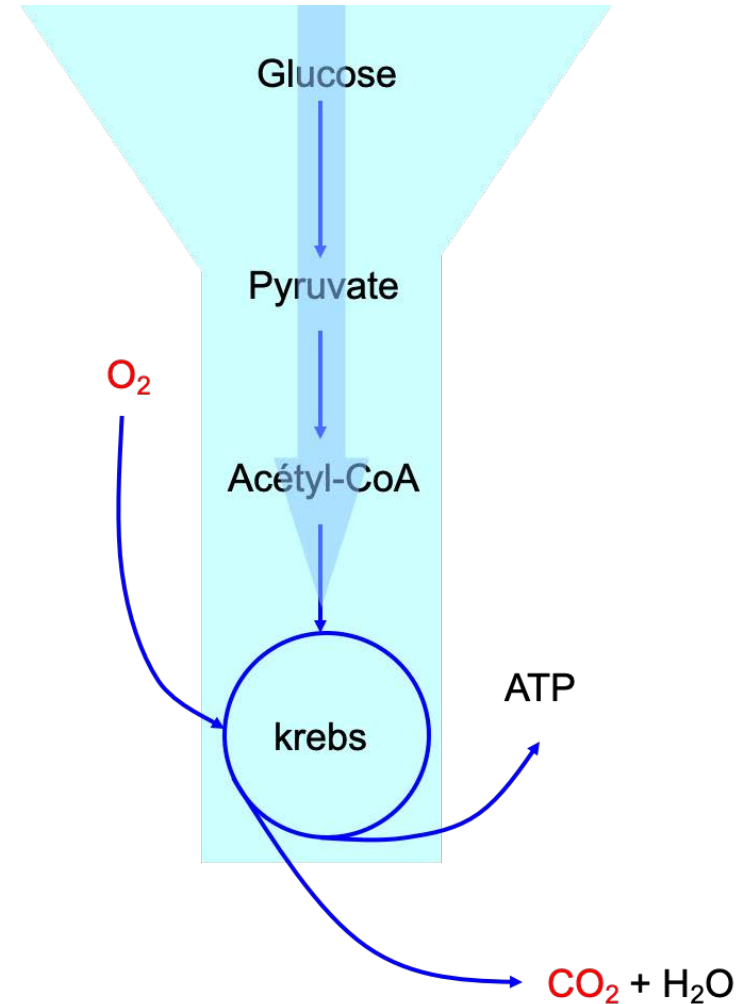
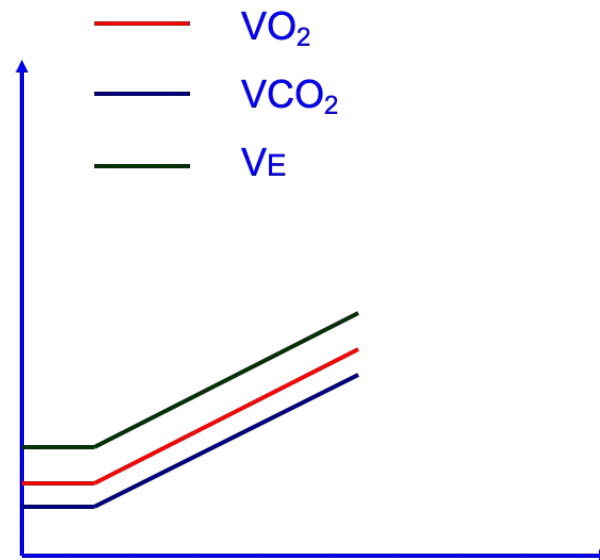
Equations de  
Péronnet & Massicotte

# RÉPONSES ADAPTATIVES EFX

# Les ajustements – Épreuve en rampe d'exercice

## Cinétique épreuve en rampe

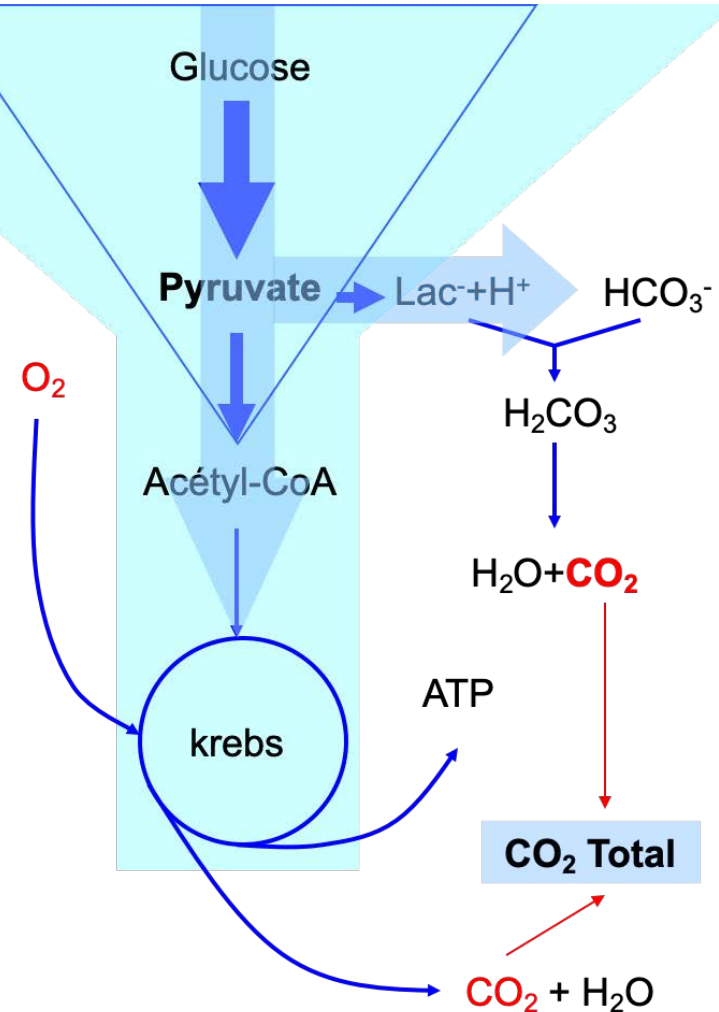
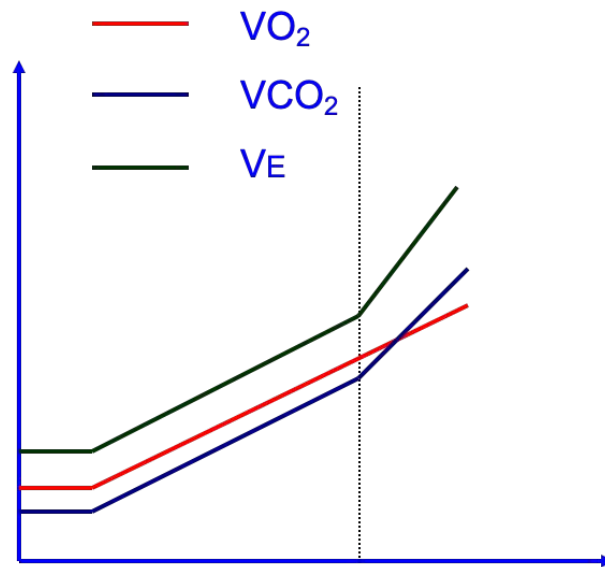
### Début d'effort



# Les ajustements – Épreuve en rampe d'exercice

## Cinétique épreuve en rampe

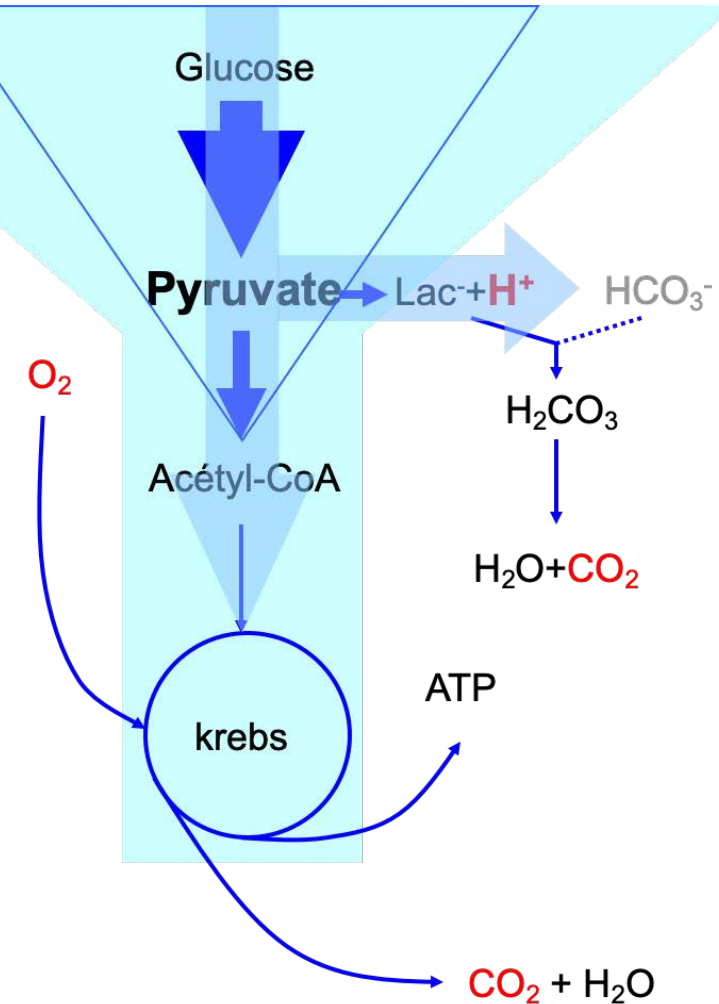
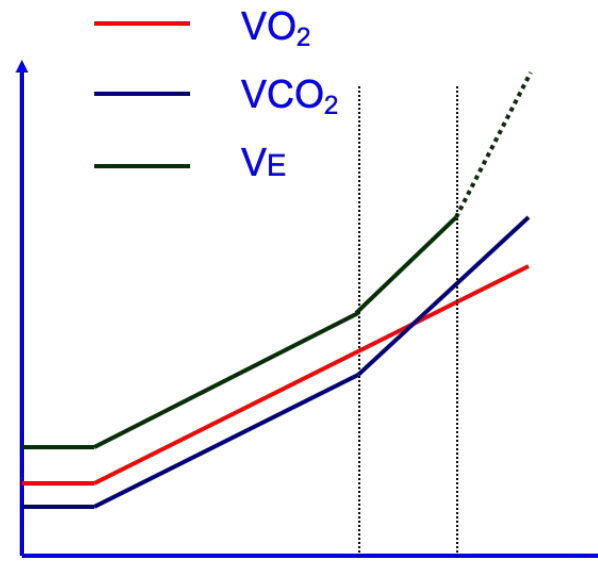
### Cassure ventilatoire



# Les ajustements – Épreuve en rampe d'exercice

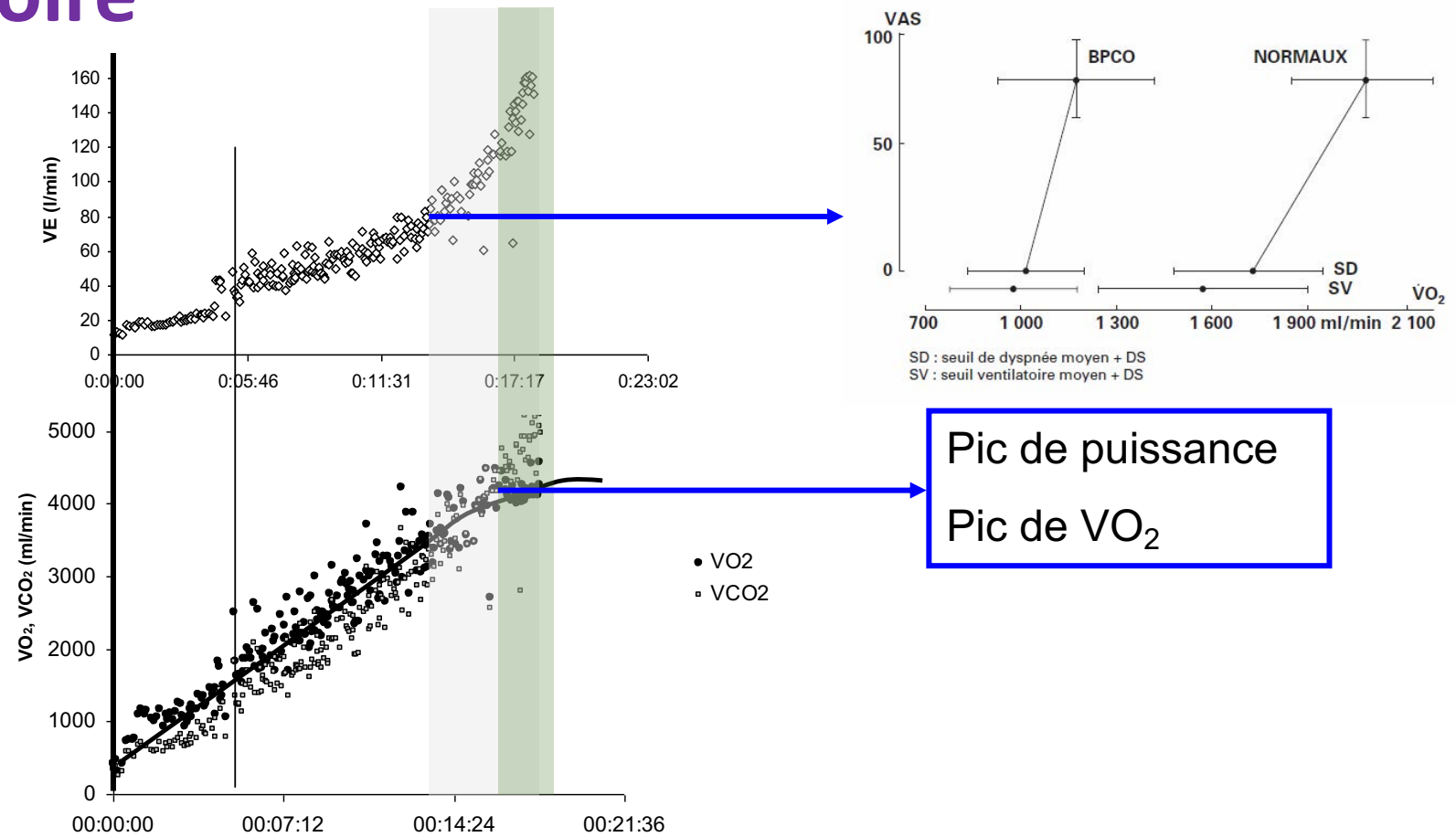
## Cinétique épreuve en rampe

Intensité élevée



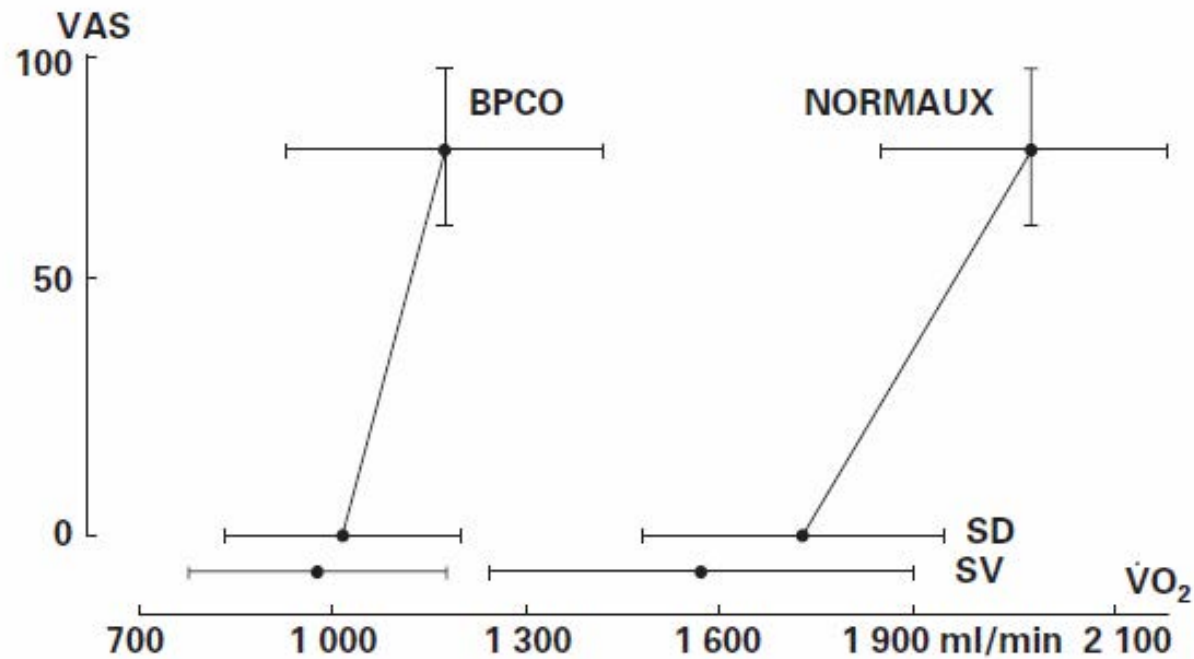
# Les ajustements – Détermination des seuils

## Seuil ventilatoire



# Les ajustements – Détermination des seuils

## Seuil ventilatoire

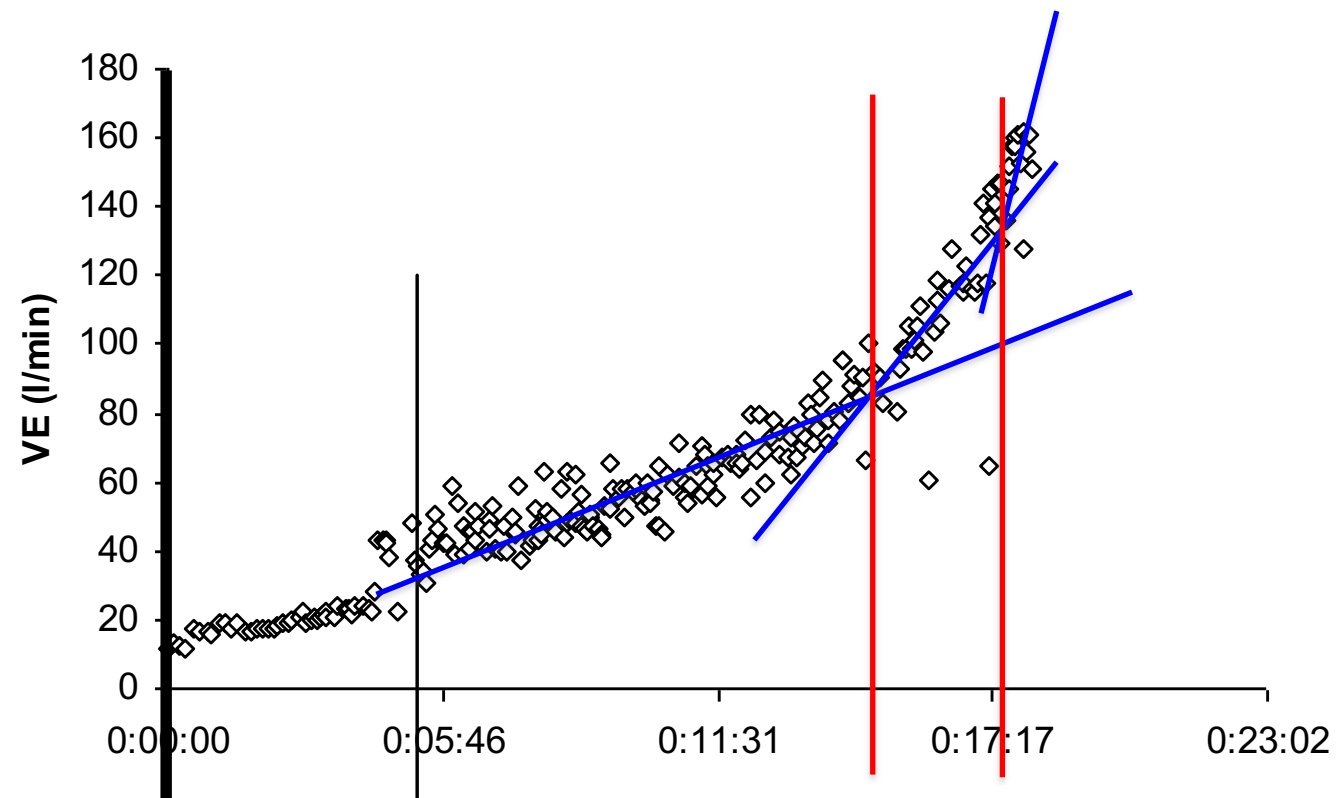


SD : seuil de dyspnée moyen + DS  
SV : seuil ventilatoire moyen + DS

# Les ajustements – Détermination des seuils

## Seuil ventilatoire

### Ventilation

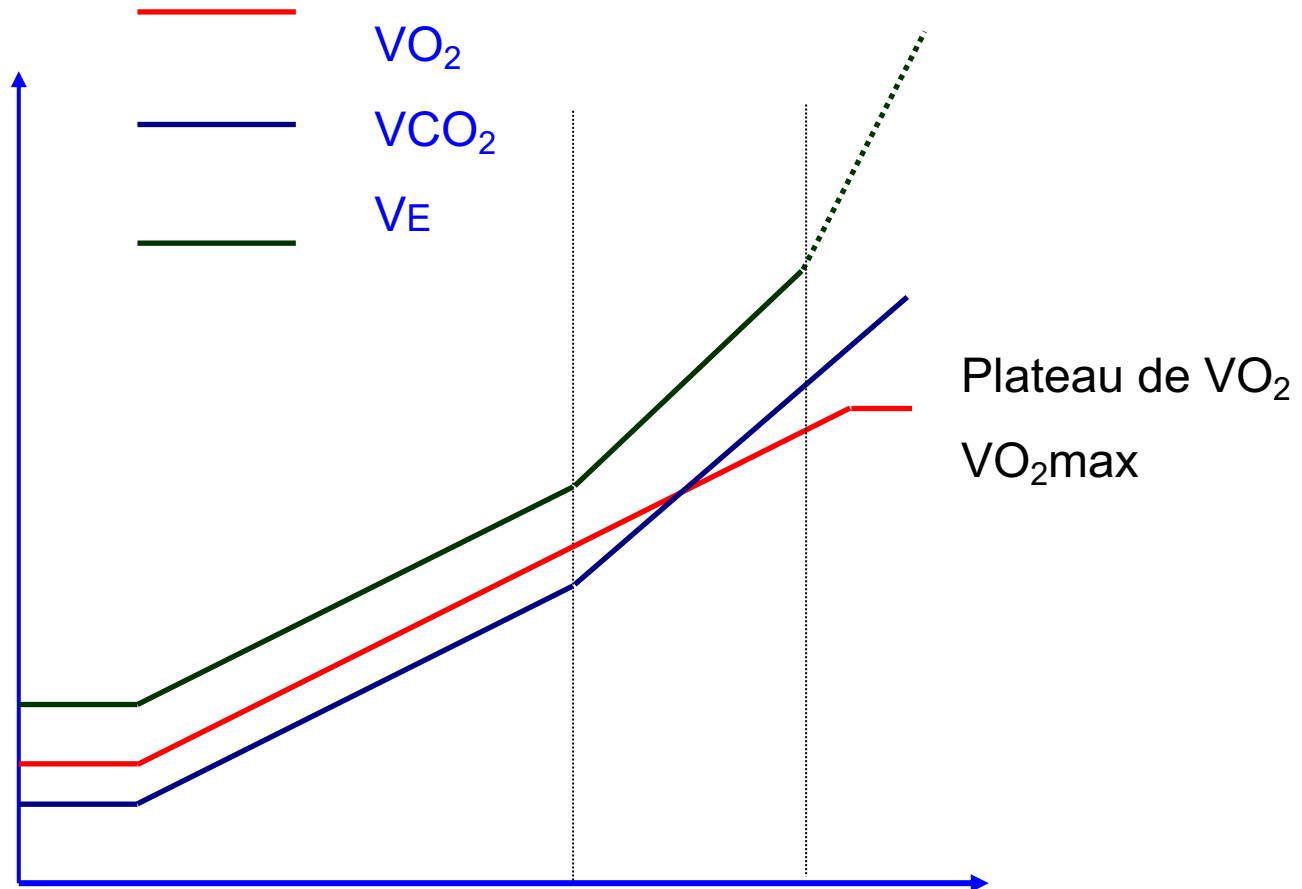




# Les ajustements – Détermination des seuils

## Seuil ventilatoire

### Ventilation

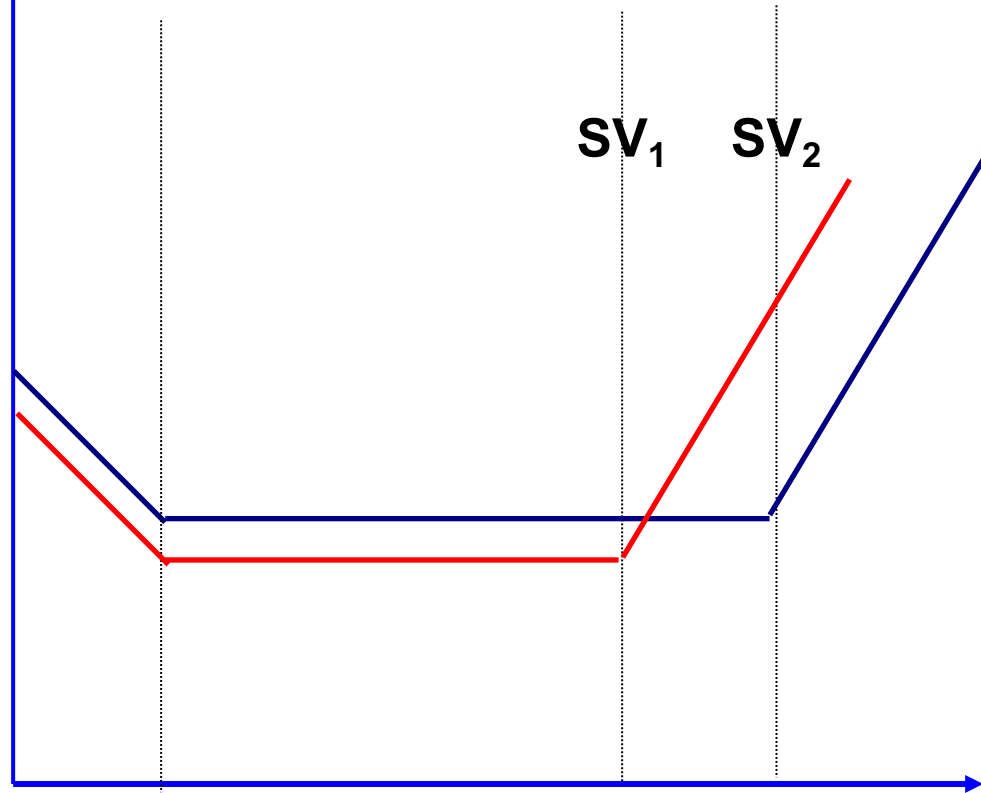
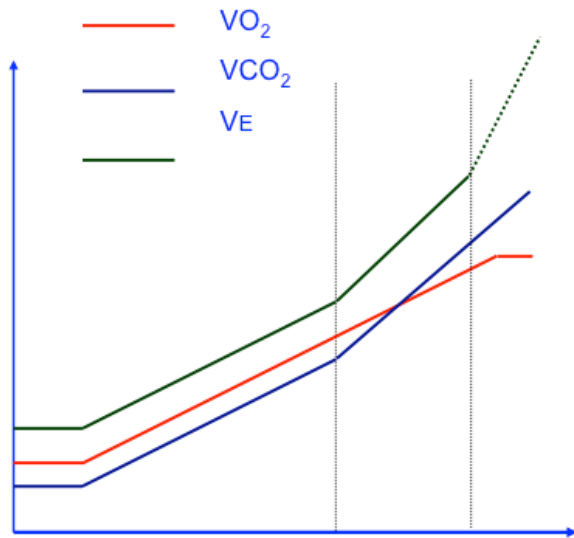


# Les ajustements – Détermination des seuils

## Seuil ventilatoire

—  $VE/VCO_2$   
—  $VE/VO_2$

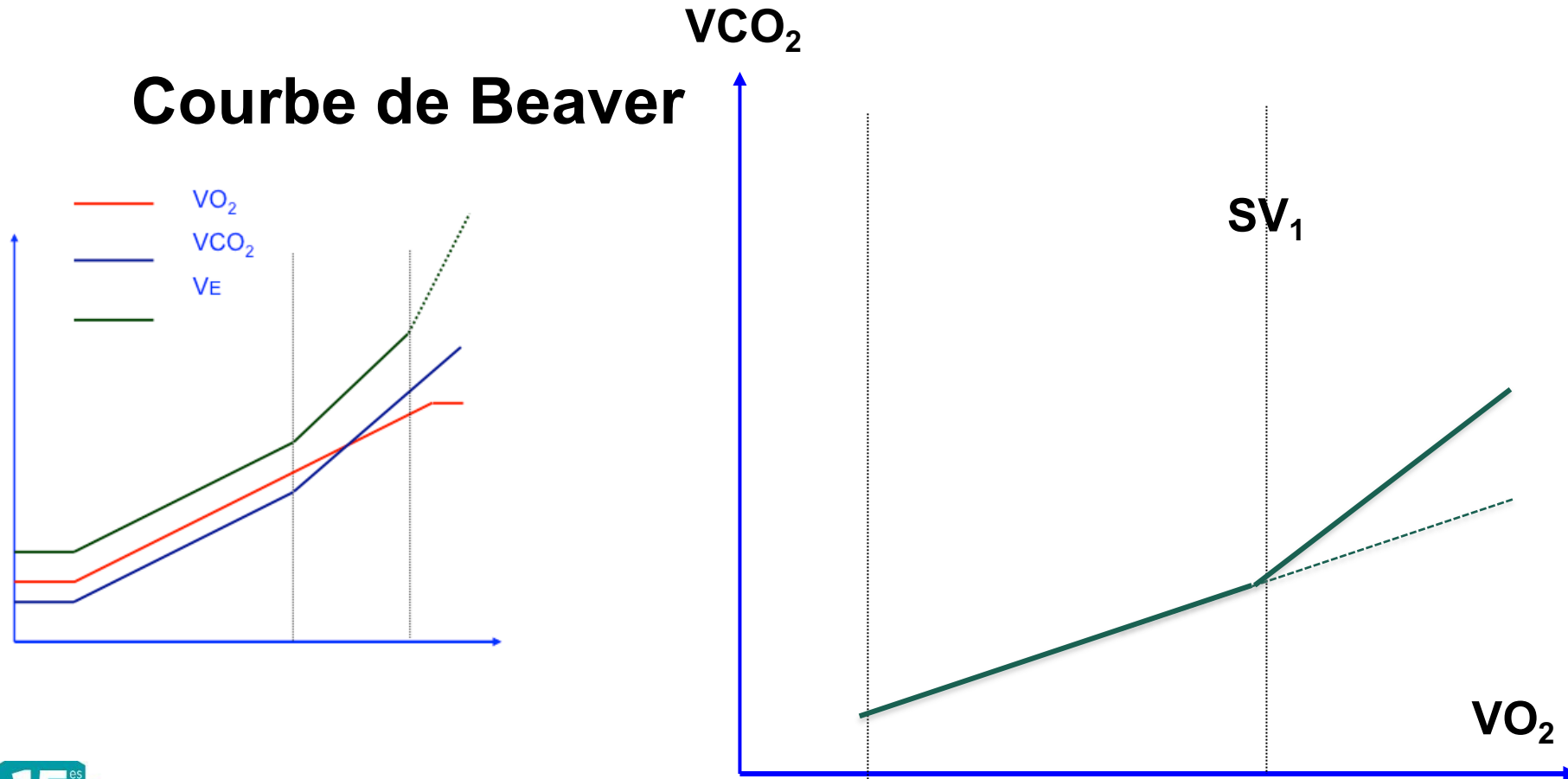
### Équivalents $O_2/CO_2$



# Les ajustements – Détermination des seuils

## Seuil ventilatoire

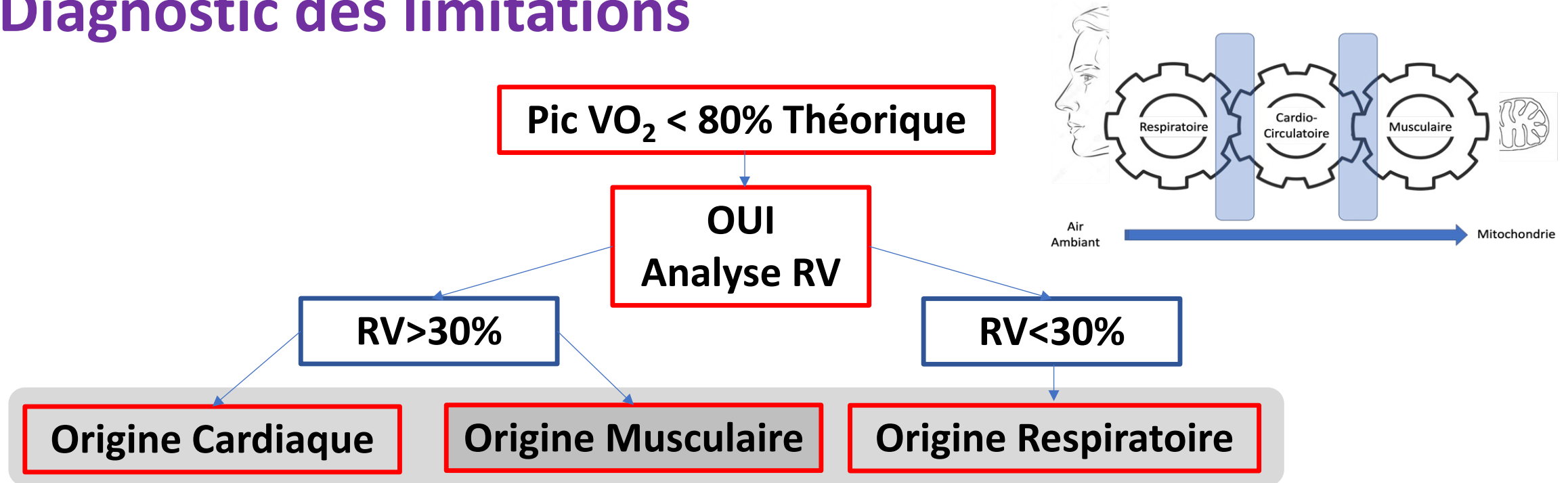
### Courbe de Beaver



# ANALYSE ET INTERPRÉTATION

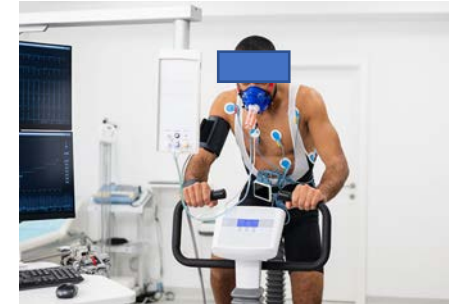
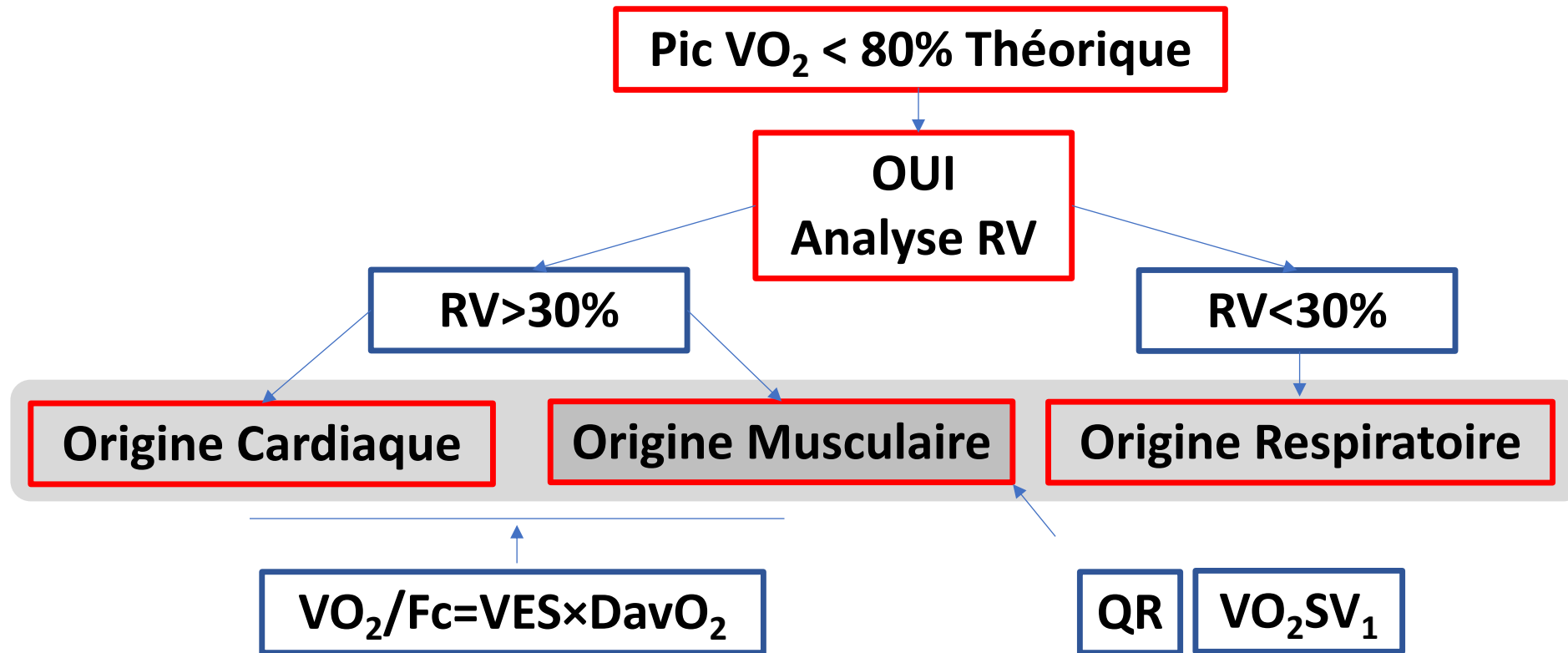
# Analyse et interprétation des résultats

## Diagnostic des limitations



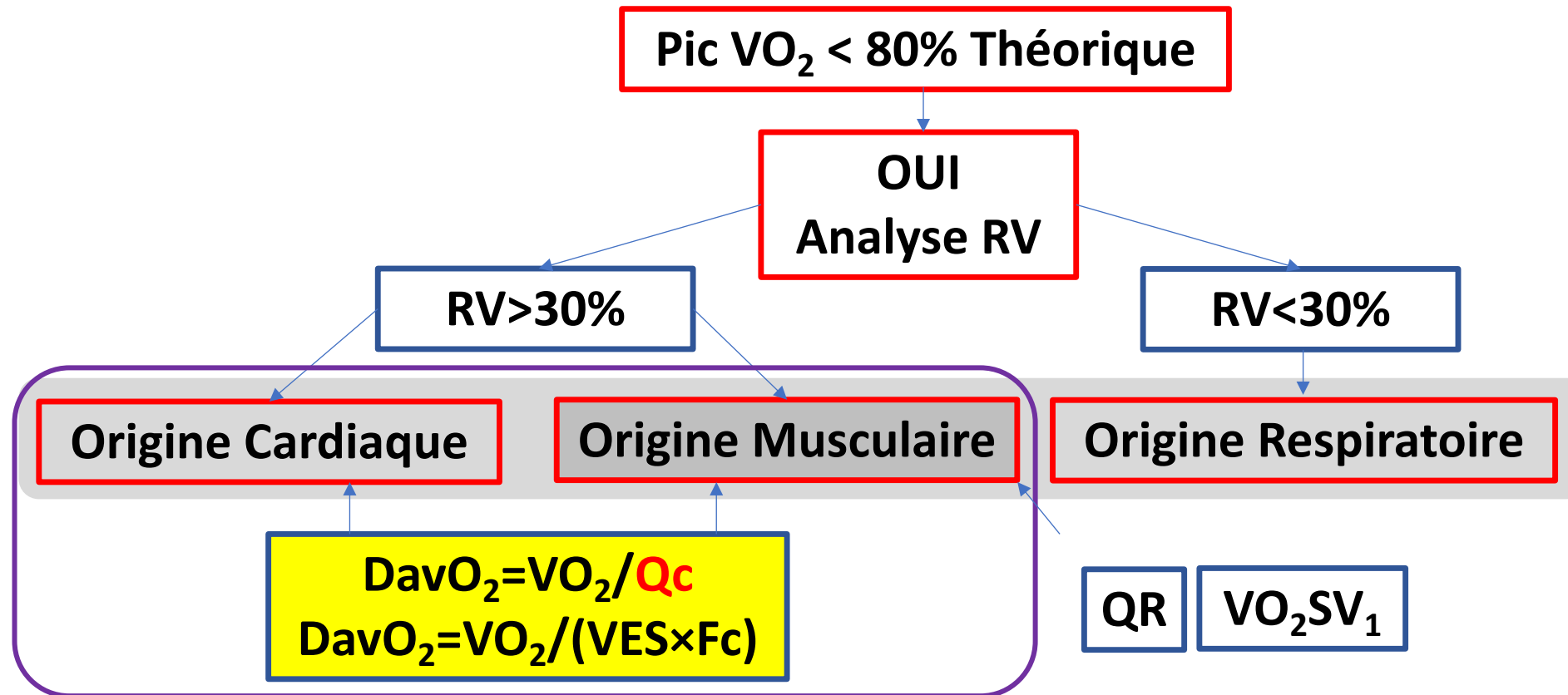
# Analyse et interprétation des résultats

## Diagnostic des limitations



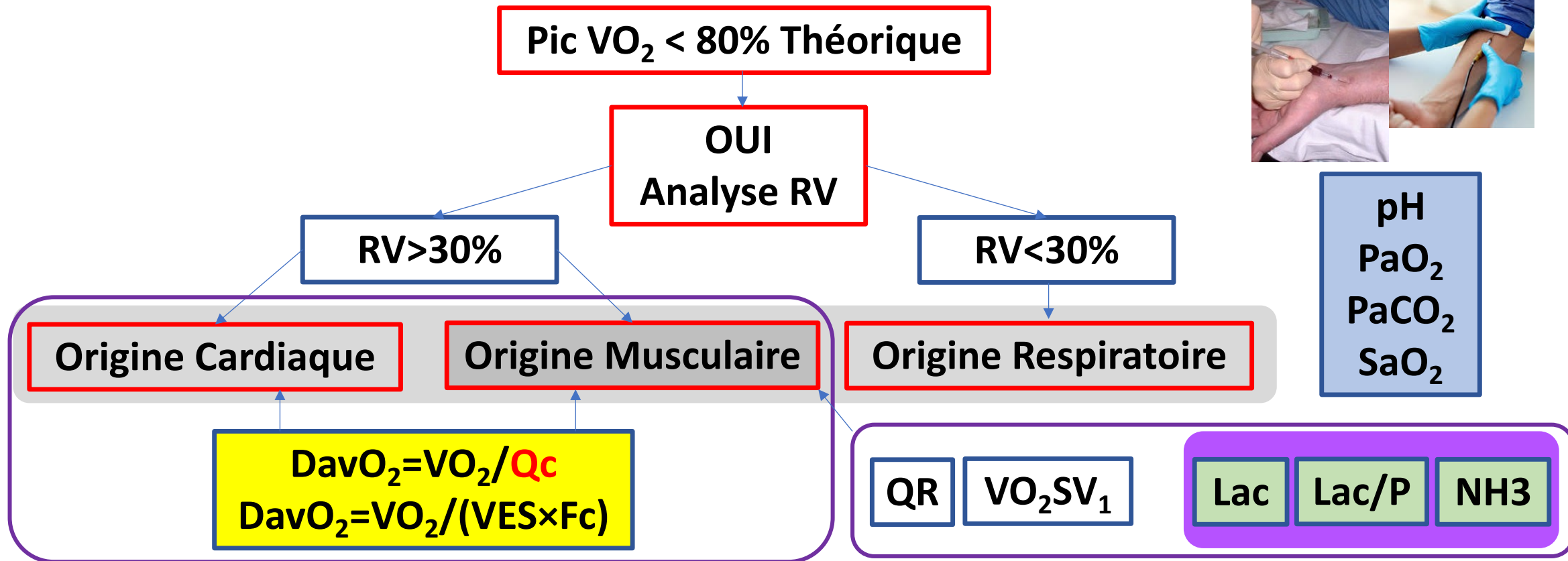
# Analyse et interprétation des résultats

## Diagnostic des limitations



# Analyse et interprétation des résultats

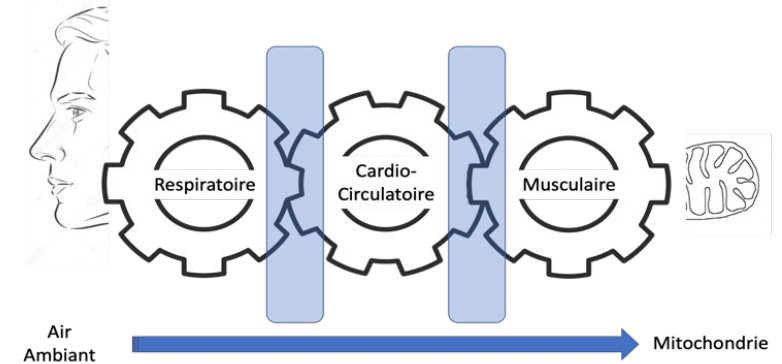
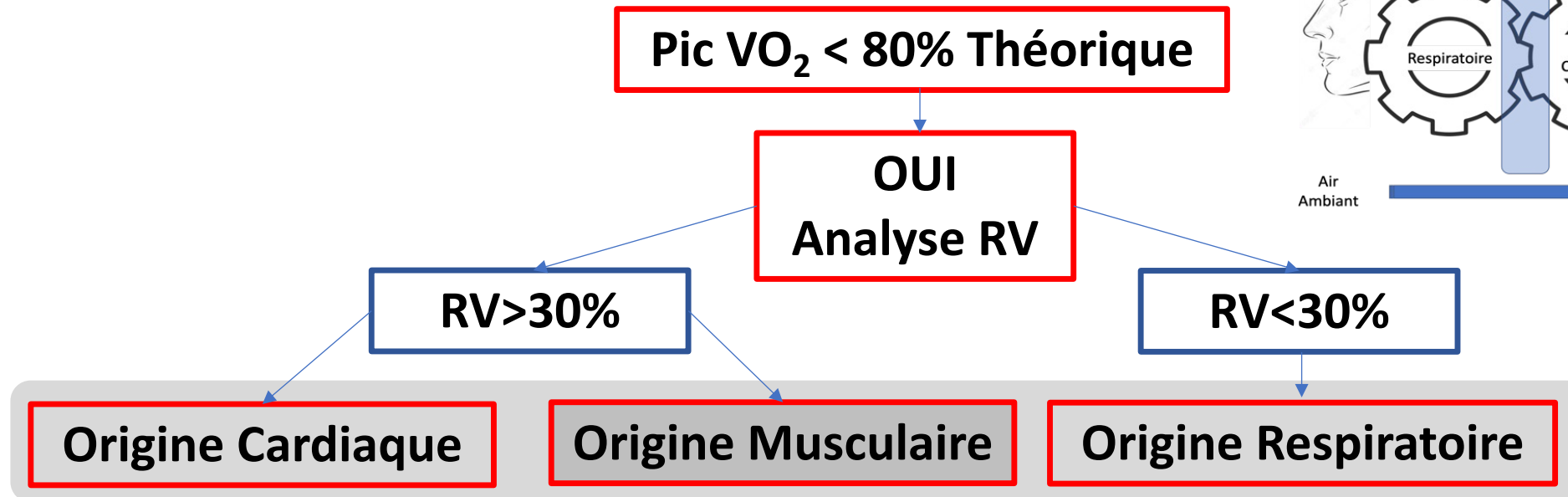
## Diagnostic des limitations





# Analyse et interprétation des résultats

## Les 10 étapes de l'analyse



# Analyse et interprétation des résultats

## Analyse chronologique

- 1) L'Efx est-elle interprétable
- 2) L'Efx est-elle maximale
- 3) Niveau de capacité fonctionnelle
- 4) Analyse des échanges respiratoires, limitation respiratoire
- 5) Analyse des ajustements cardiaques et circulatoires, limitation cardiaque
- 6) Analyse des réponses musculaires, limitation musculaire
- 7) Analyse des échanges gazeux
- 8) Analyse des processus compensatoires
- 9) Hypothèses diagnostics
- 10) Critères de gravité, prescription du réentraînement...

# Analyse et interprétation des résultats

## 1) L'Efx est-elle interprétable

**Il faut s'assurer que ce qui a été mesuré est juste**

- **La puissance choisie est correctement développée**
- **La mesure de la consommation d'oxygène est celle attendue compte tenu de la puissance appliquée.**

# Analyse et interprétation des résultats

## 1) L'Efx est-elle interprétable

### Relation watts/ $\dot{V}O_2$

#### Sur ergocycle

Exercice en rampe  $\dot{V}O_2(\text{ml}/\text{min}) \simeq (10-11) \times P(\text{W})$

À l'état stable  $\dot{V}O_2(\text{ml}/\text{min}) \simeq (12-14) \times P(\text{W})$

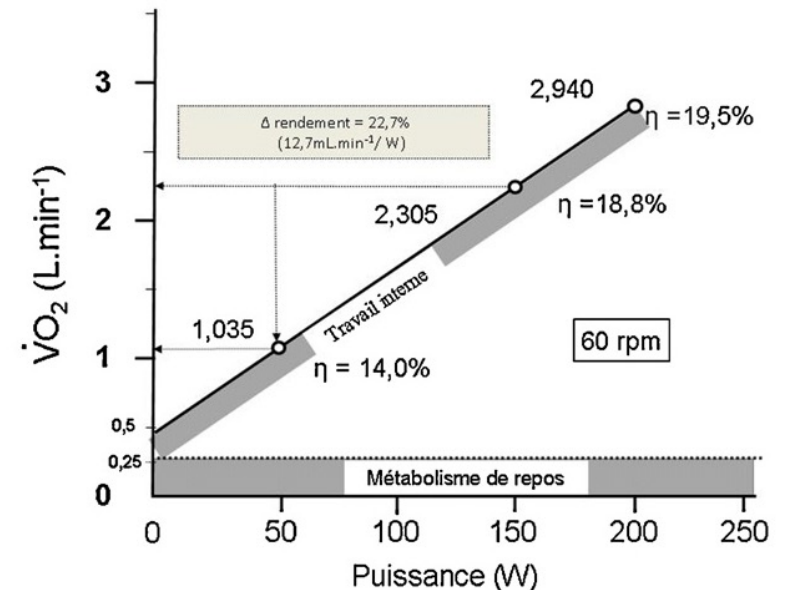
#### Exemple :

Sujet de 60 kg, exercice à puissance constante de 100W

$\dot{V}O_2 \simeq (3,5 \times 60) + (12 \times 100) \simeq 210 + 1200 \simeq 1410 \text{ ml}/\text{min}$

Sujet de 60 kg, exercice en rampe (paliers de 1 minute), puissance 100 W

$\dot{V}O_2 \simeq (3,5 \times 60) + (10 \times 100) \simeq 210 + 1000 \simeq 1210 \text{ ml}/\text{min}$



# Analyse et interprétation des résultats

## 1-bis) L'Efx est-elle interprétable

### Relation vitesse de course/ $VO_2$

Sur tapis roulant       $1 \text{ MET}/(\text{km}/\text{h})=3,5 \text{ mlO}_2/\text{kg}/(\text{km}/\text{h})$

#### Exemple :

Sujet de 60 kg, marche à 6 km/h

$VO_2 \simeq (3,5 \times 6) \simeq 21 \text{ ml}/\underline{\text{kg}}/\text{min} = 1260 \text{ ml}/\text{min}$

Sujet de 60 kg, course à 12 km/h

$VO_2 \simeq (3,5 \times 12) \simeq 42 \text{ ml}/\underline{\text{kg}}/\text{min} = 2520 \text{ ml}/\text{min}$

# Analyse et interprétation des résultats

## 2) L'EFX est-elle maximale ?

**Le sujet sain, le sportif, le patient a bien été mené au maximum de ses capacités, de ses possibilités.**

- **Critères de maximalité du sujet sain,**
- **Epreuve « symptom limited » du patient**

# Analyse et interprétation des résultats

## 2) L'EFX est-elle maximale ?

### Sujet sain de référence

#### 4 critères de maximalité

- $\text{VO}_2$  stable malgré l'augmentation de puissance (Pour + 15 W,  $\text{VO}_2 < 150 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ )
- $\text{QR} > 1,1$
- $\text{Fc}_{\text{max}} > 90\%$   $\text{Fc}$  maximale théorique
- $[\text{Lac}]_{\text{max}} > 8 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$  et/ou ( $\text{pH} \downarrow 0,04$ )

### Patient

Des critères liés à la pathologie vont interférer, épreuve « symptom limited »

# Analyse et interprétation des résultats

## 3) Niveau de capacité fonctionnelle ? Le sujet est-il limité ?

### Capacité fonctionnelle en référence à un sujet sédentaire

Pic  $VO_2$  < à 80 % de la valeur de référence d'un sujet sédentaire

### ATTENTION

- Les normes sont anciennes et sont construites sur des petits effectifs où les sujets « extrêmes » n'ont pas été pris en compte.
- Les sujets sédentaires sains sont aujourd'hui plus proche des 80%.



# Analyse et interprétation des résultats

## 4) Limitation respiratoire ?

**Les ajustements ventilatoire sont à analyser sur la base des paramètres habituellement mesurés :**

VE, Fr, Vt, VE/VO<sub>2</sub>, RV ( $VE_{\max}/VE_{\max\text{-Théorique}}$ )

En faveur d'une limitation ventilatoire :

RV < 15%, RV < 10 l/min

FR > 45 cycles/min

VE/VO<sub>2</sub> > 30 à l'état stable

**Quelques valeurs attendues chez le sujet sain :**

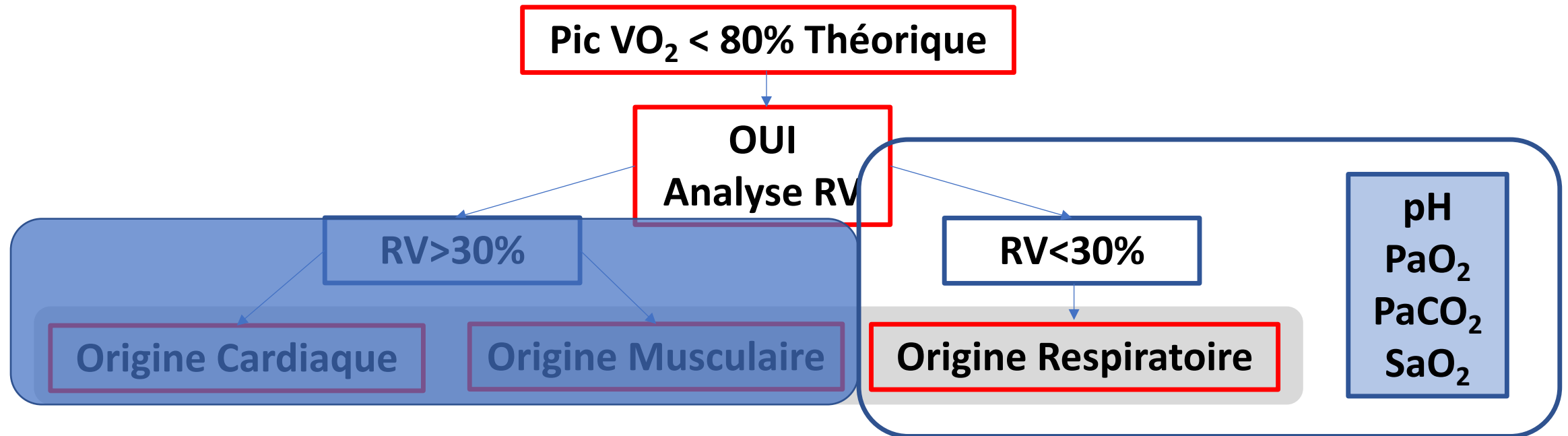
VE : 20-25 l/min à 50 W

VE : 40-50 l/min à 100 W

VE/VO<sub>2</sub> 22-28 à l'état stable

# Analyse et interprétation des résultats

## Les 10 étapes de l'analyse



# Analyse et interprétation des résultats

## 5) Limitation cardio-circulatoire ?

### Réponses cardiaques anormales :

Incompétence chronotrope  $F_{\text{cmax}} < 80\%$  de  $F_{\text{cmax}}_{\text{théorique}}$

« Hyper-débit », tachycardie  $F_{\text{cmax}} > 100-110\%$  de  $F_{\text{cmax}}_{\text{théorique}}$

### Réponse tensionnelle anormale

Profil tensionnel d'effort  $PAS_{\text{max}} < 240$

$PAD_{\text{max}} > 120$

# Analyse et interprétation des résultats

## 5) Limitation cardio-circulatoire ?

**Place du pouls d'O<sub>2</sub> dans l'interprétation d'une limitation d'origine cardio-circulatoire**

Équation de Fick

$$VO_2 = Q_c \times D_{av}O_2 = (F_c \times VES) \times D_{av}O_2$$

$$VO_2 / F_c = VES \times D_{av}O_2 : \text{pouls d'oxygène}$$

$$VO_2 / F_c < 70\% \text{ de } (VO_2 \text{max} / F_c \text{max})_{\text{Théorique}}$$

Exemple : VO<sub>2</sub>max Théorique 2 l/min

F<sub>c</sub>max Théorique 160 bpm

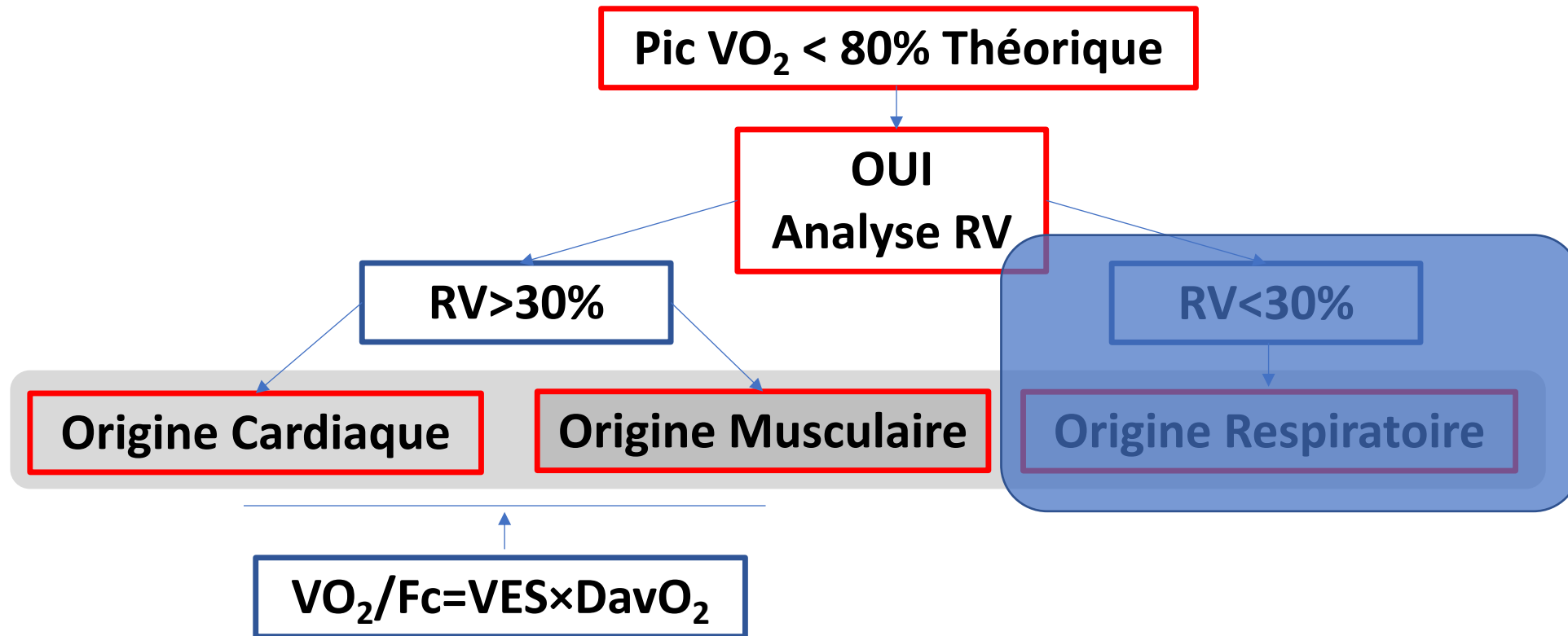
$$VO_2 / F_c < 0,7 \times (2000 / 160) = 8-9$$

**Un pouls d'O<sub>2</sub> bas est le reflet d'une incapacité du muscle à utiliser l'O<sub>2</sub> et/ou d'une anomalie du VES.**

Son analyse doit être prudente et toujours à rattacher au tableau clinique. **Lors d'une Efx, d'autres éléments cliniques ou paracliniques seront à remettre dans le contexte.**

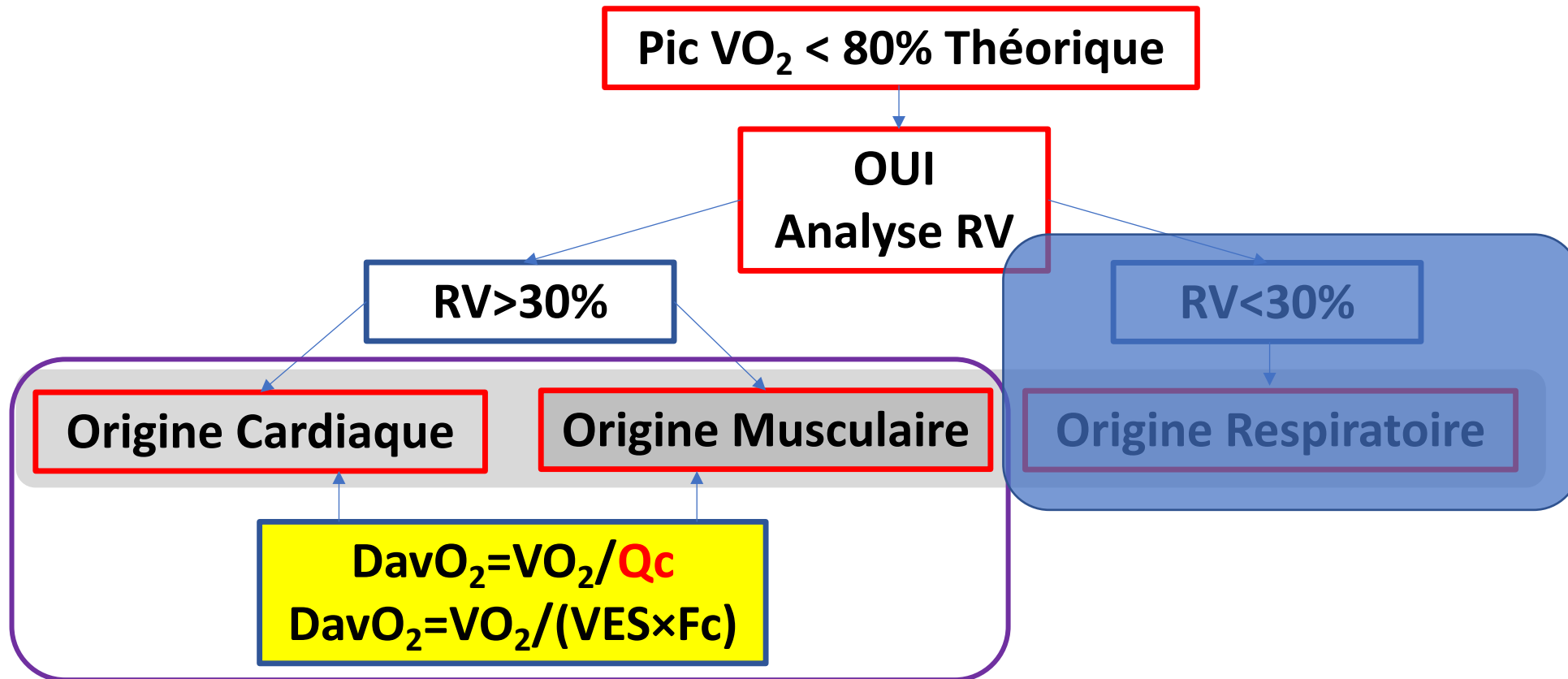
# Analyse et interprétation des résultats

## Les 10 étapes de l'analyse



# Analyse et interprétation des résultats

## Les 10 étapes de l'analyse



# Analyse et interprétation des résultats

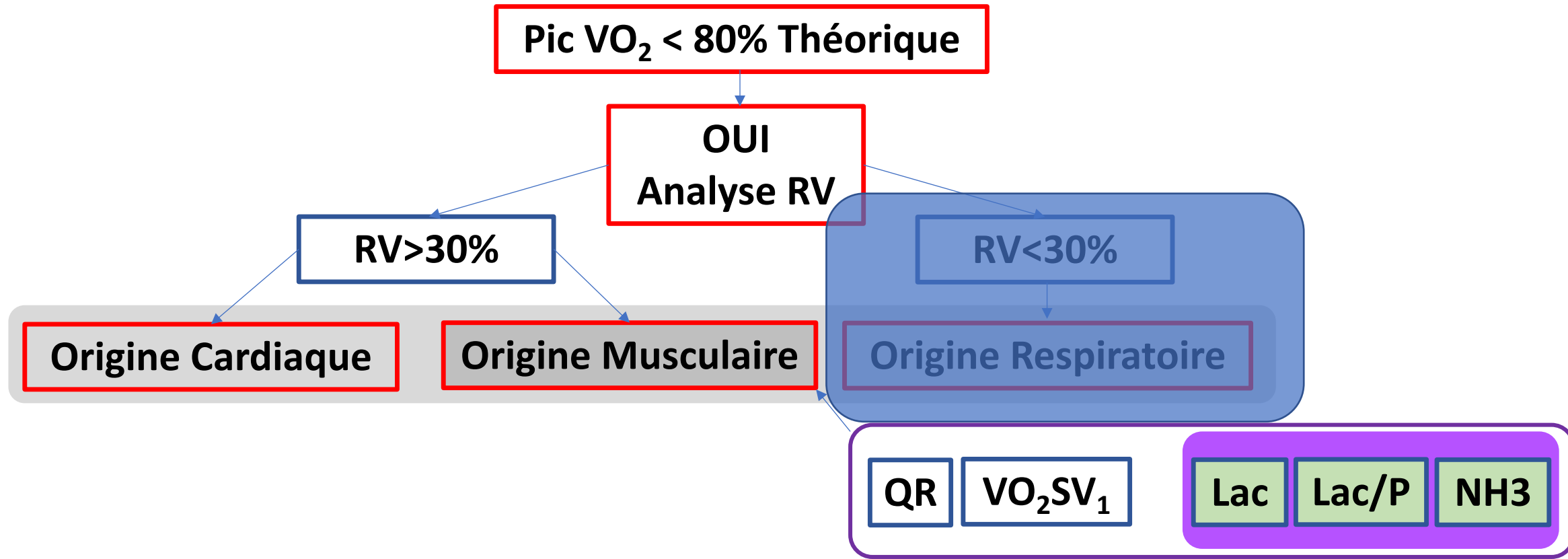
## 6) Limitation périphérique musculaire ?

**Plusieurs paramètres sont le reflet du déconditionnement musculaire :**

- Faible rapport puissance/poids  $< 1-1,5 \text{ W/kg}$
- $\text{VO}_2\text{SV}_1 < 40\% \text{ VO}_2\text{maxThéorique}$
- Pouls d' $\text{O}_2 < 70\%$  de  $(\text{VO}_2\text{max}/\text{Fcmax})_{\text{Théorique}}$
- Relation  $[\text{Lac}]/\text{puissance}$  anormale

# Analyse et interprétation des résultats

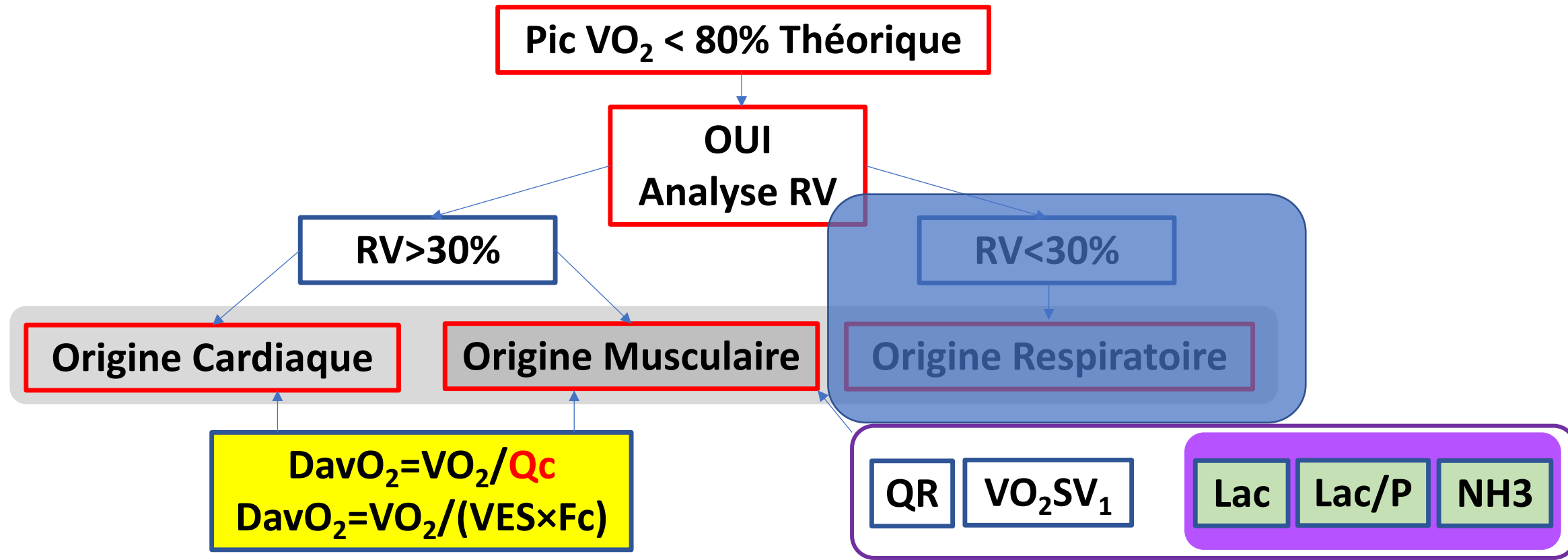
## Les 10 étapes de l'analyse





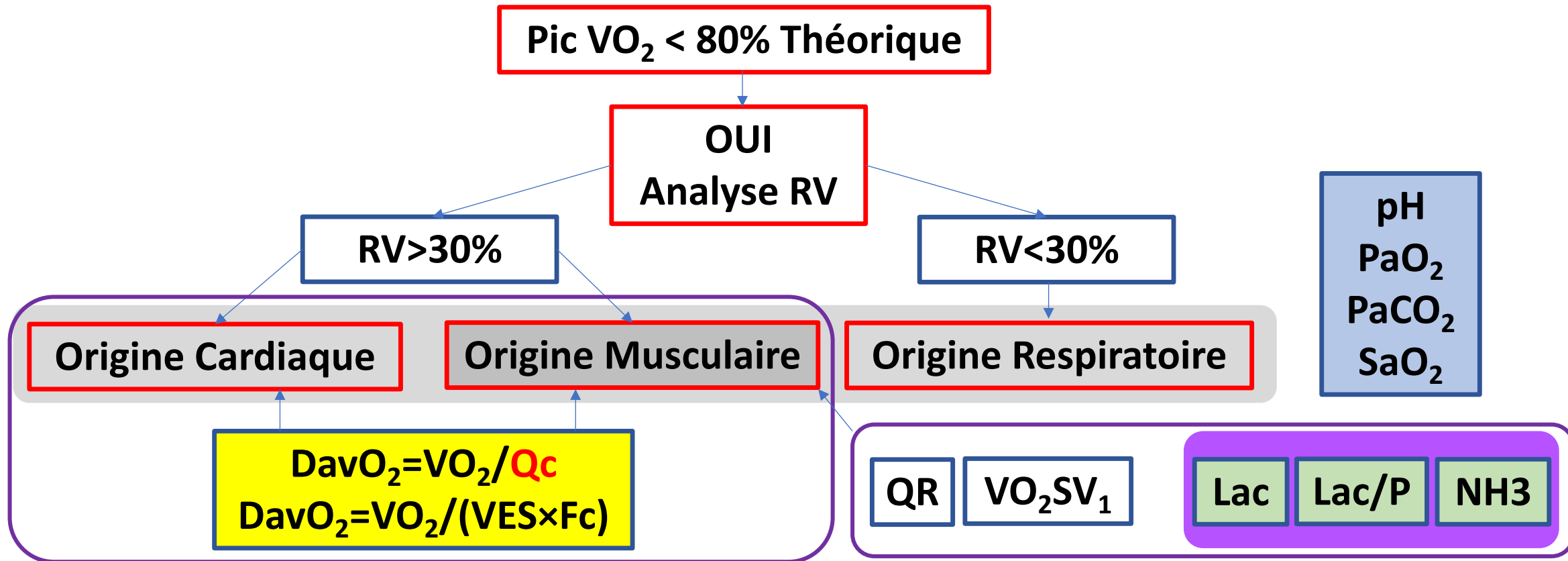
# Analyse et interprétation des résultats

## Les 10 étapes de l'analyse



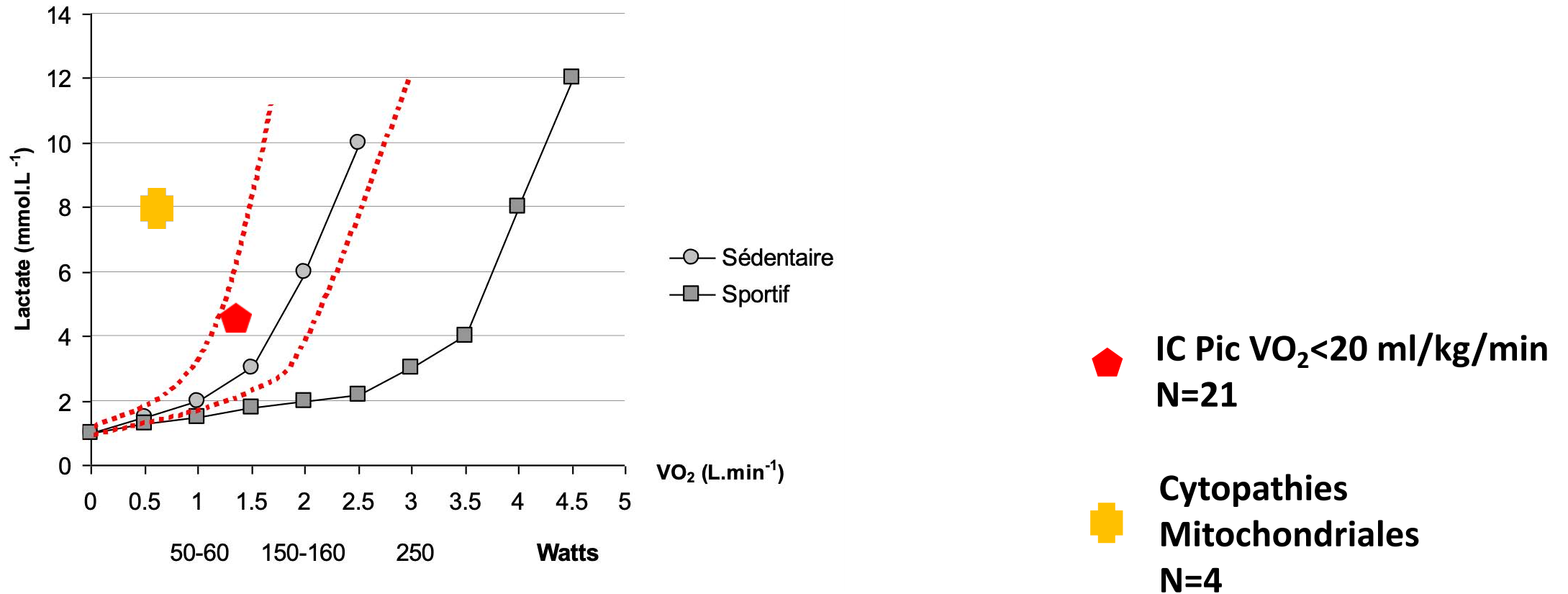
# Analyse et interprétation des résultats

## Diagnostic des limitations



# Analyse et interprétation des résultats

## 6) Limitation périphérique musculaire ?



# Analyse et interprétation des résultats

## 7) Analyse des échanges gazeux

### Gaz du sang

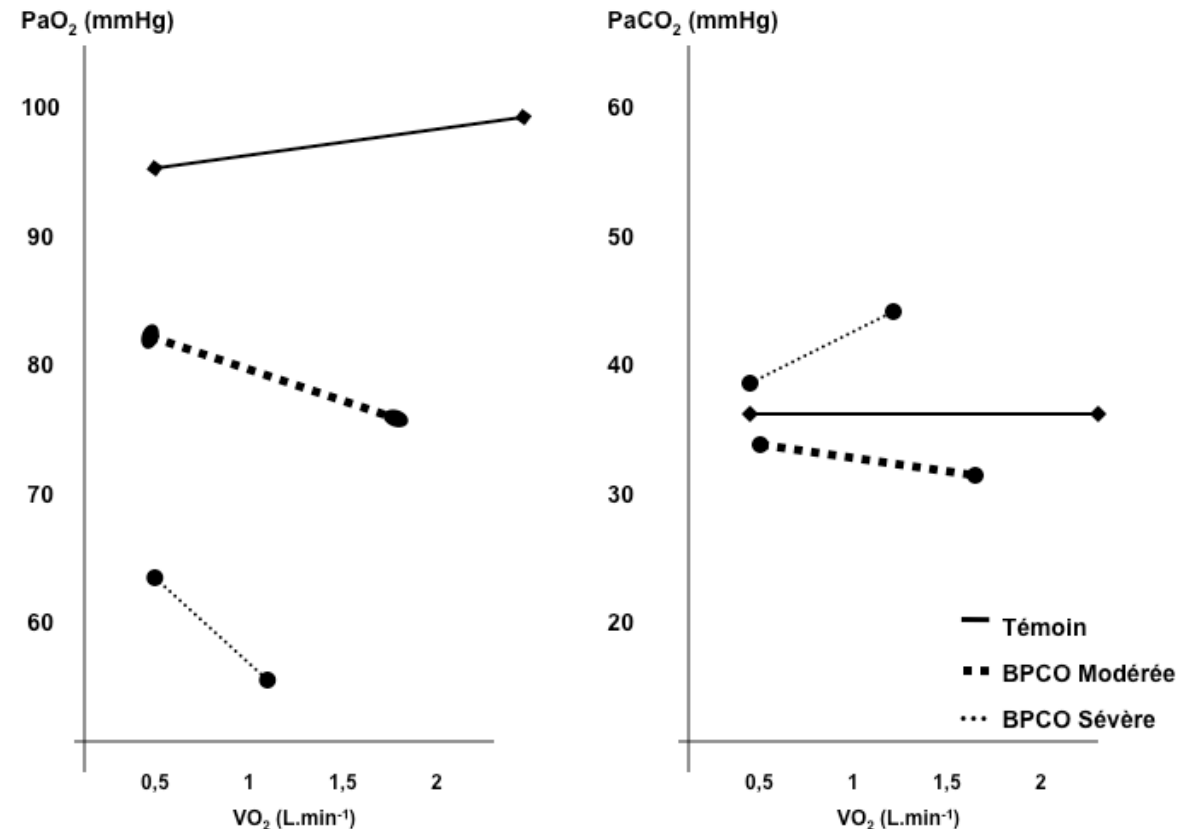
PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, pH, SaO<sub>2</sub>

Calcul du gradient A-a

**PET**O<sub>2</sub> ≈ PAO<sub>2</sub>

Calcul de l'espace mort

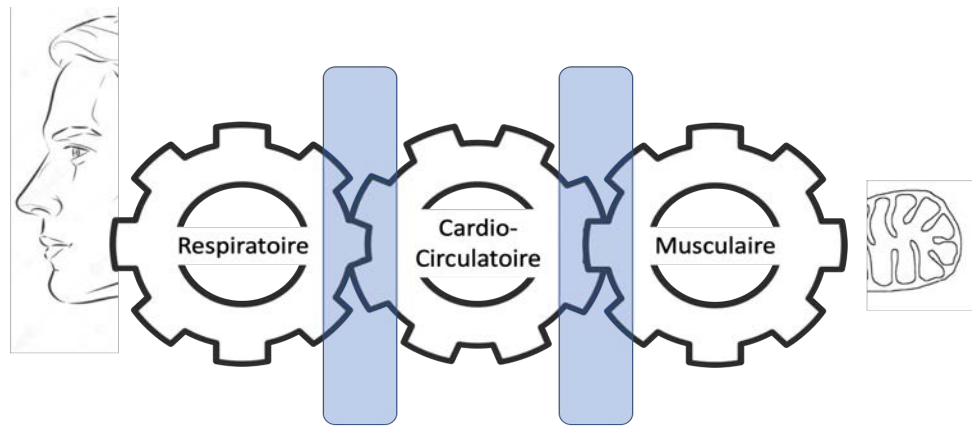
$VD/Vt = (PaCO_2 - PETCO_2) / PaCO_2$



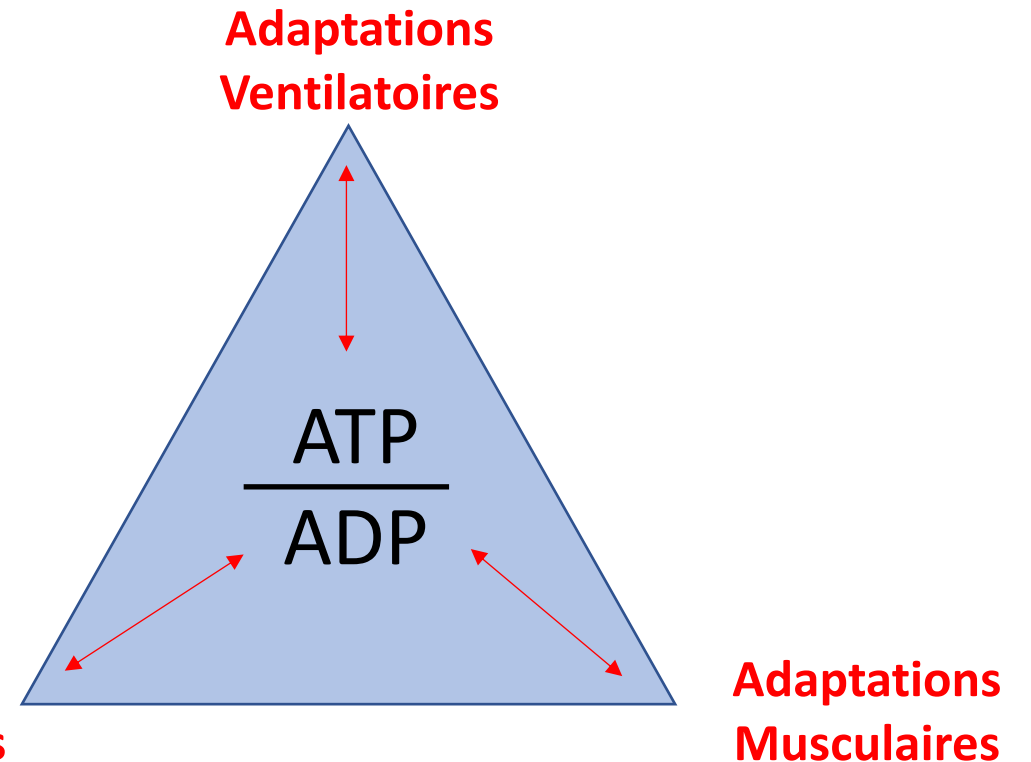
# Analyse et interprétation des résultats

## 8) Analyse des compensations

### Engrènement des systèmes



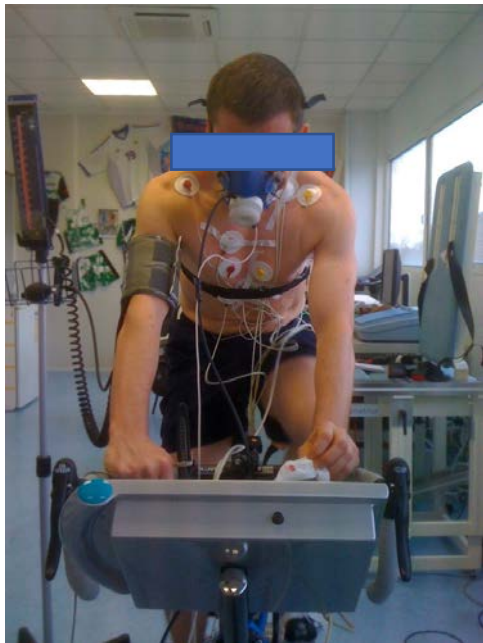
**Adaptations  
Cardio-Circulatoires**



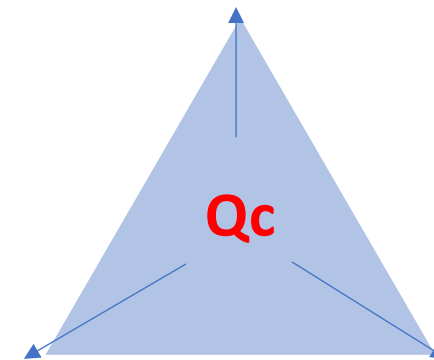
# Analyse et interprétation des résultats

## 8) Analyse des compensations

### Apport de la mesure du débit cardiaque



$$VO_2 = Q_c \times D_{av}O_2$$

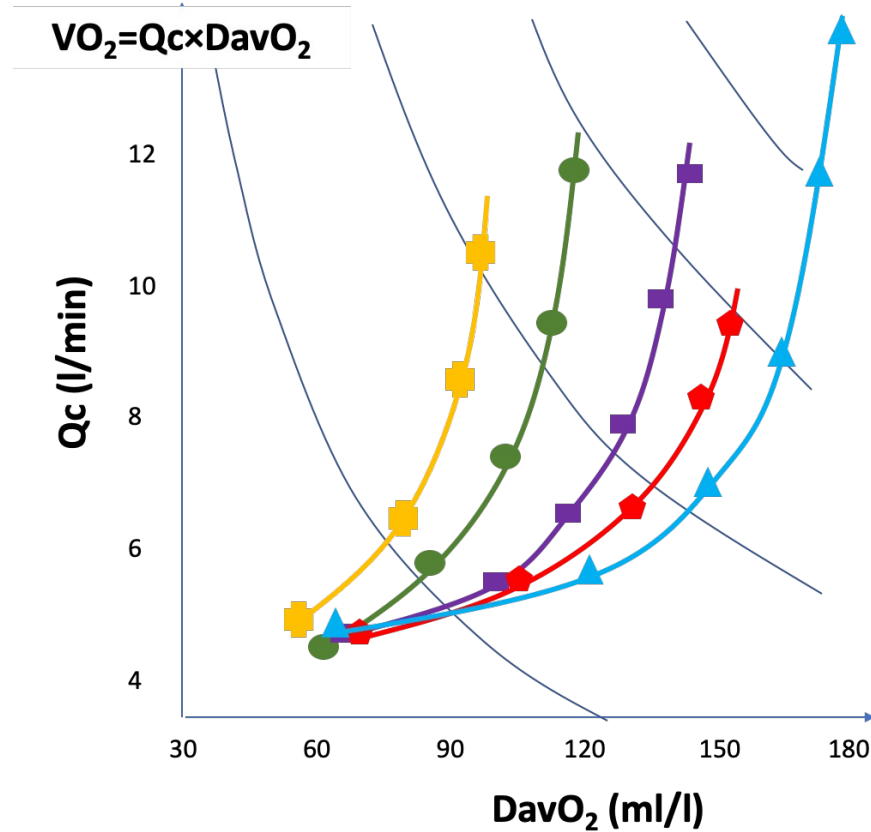


$$RVS = PAM / Q_c$$

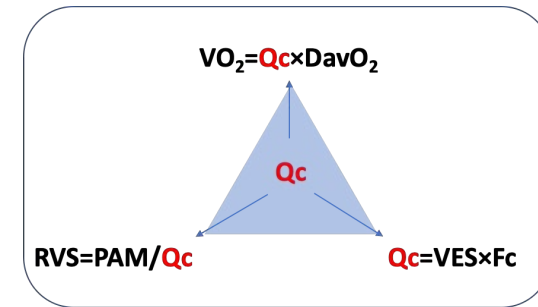
$$Q_c = VES \times F_c$$

# Analyse et interprétation des résultats

## 8) Analyse des compensations

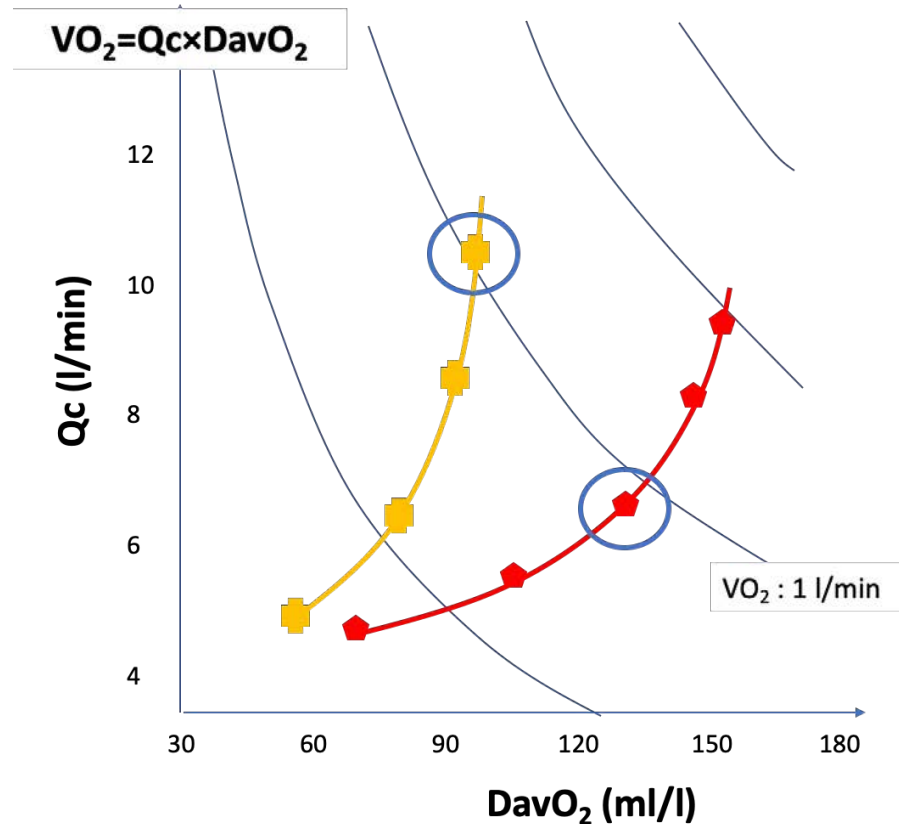


- ▲ Sujets jeunes sportifs  
N=40
- Sujets âgés >65 ans sédentaires  
N=45
- BPCO Gold 1-2  
N=129
- ◆ IC Pic  $VO_2 < 20$  ml/kg/min  
N=21
- Cytopathies Mitochondriales  
N=4



# Analyse et interprétation des résultats

## 8) Analyse des compensations

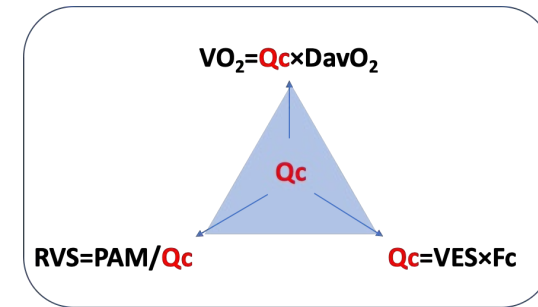


VO<sub>2</sub> : 1000 ml/min  
Qc : 10,8 l/min  
Fc : 155 bpm  
VES : 70 ml  
**Pouls d'O<sub>2</sub> : 6,45 ml/bpm**

VO<sub>2</sub> : 900 ml/min  
Qc : 6,7 l/min  
Fc : 125 bpm  
VES : 54 ml  
**Pouls d'O<sub>2</sub> : 7,2 ml/bpm**

◆ IC Pic VO<sub>2</sub> < 20 ml/kg/min  
N=21

◆ Cytopathies  
Mitochondriales  
N=4

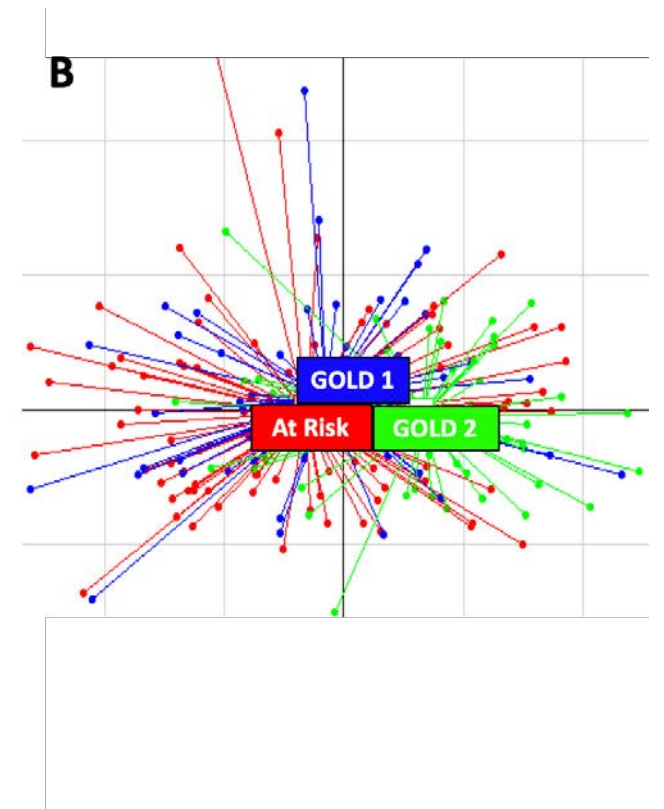
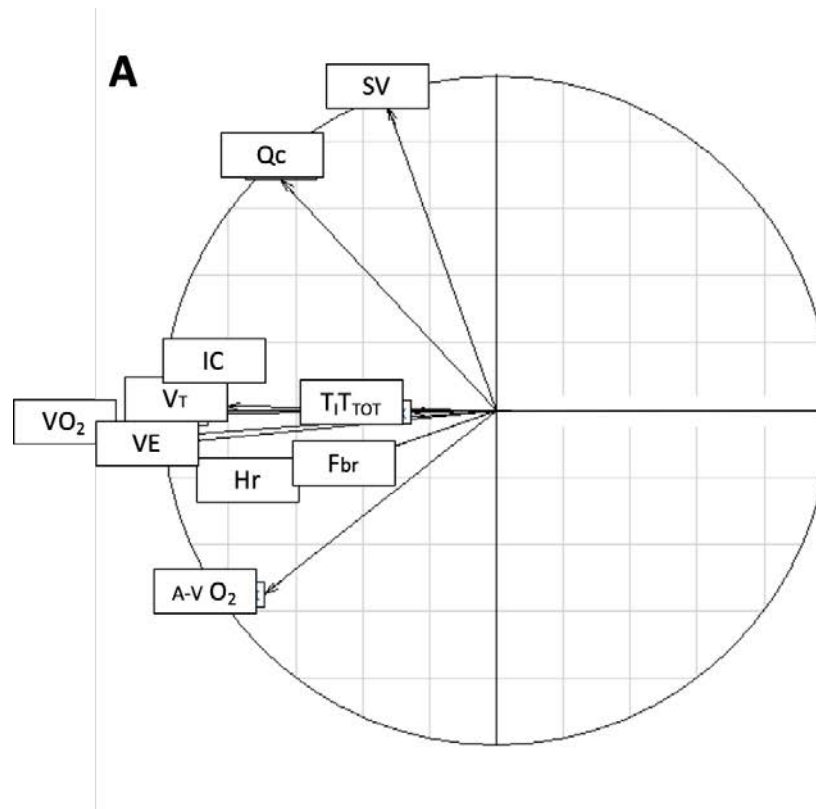
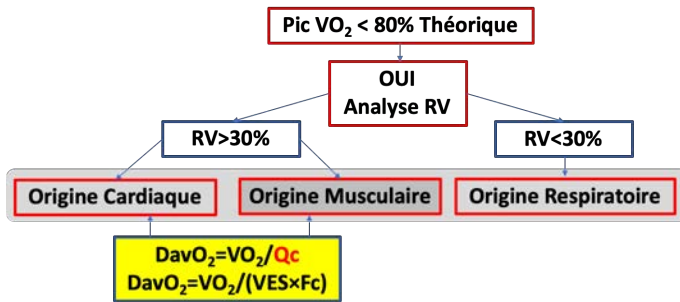




# Analyse et interprétation des résultats

## 8) Approche analytique statistique sans a priori

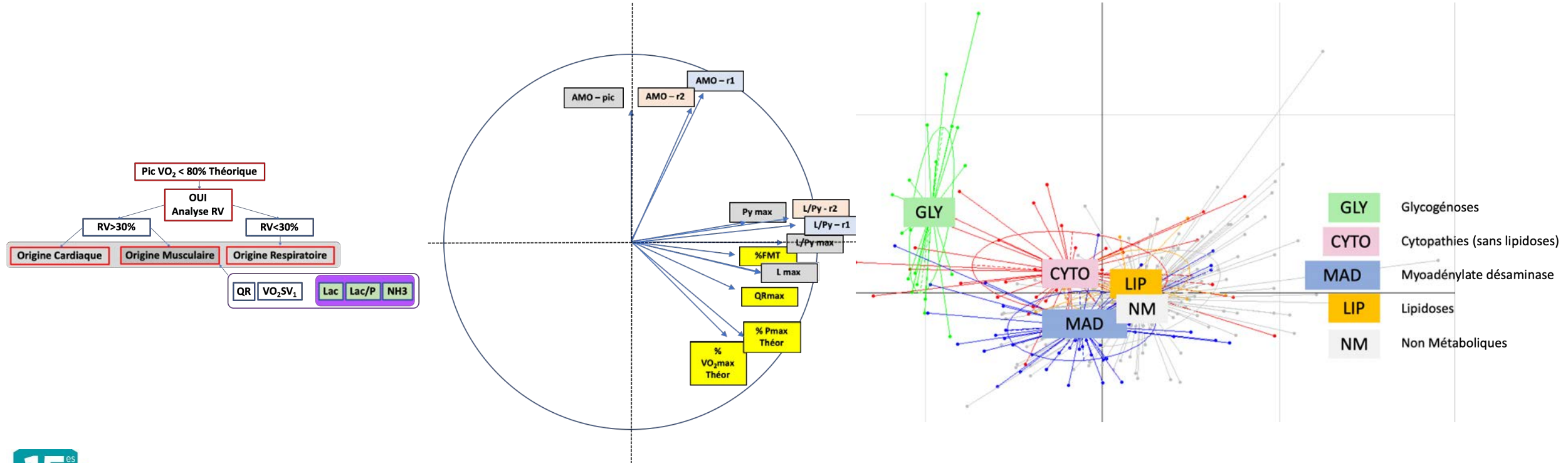
### ACP BPCO : EFX-Qc



# Analyse et interprétation des résultats

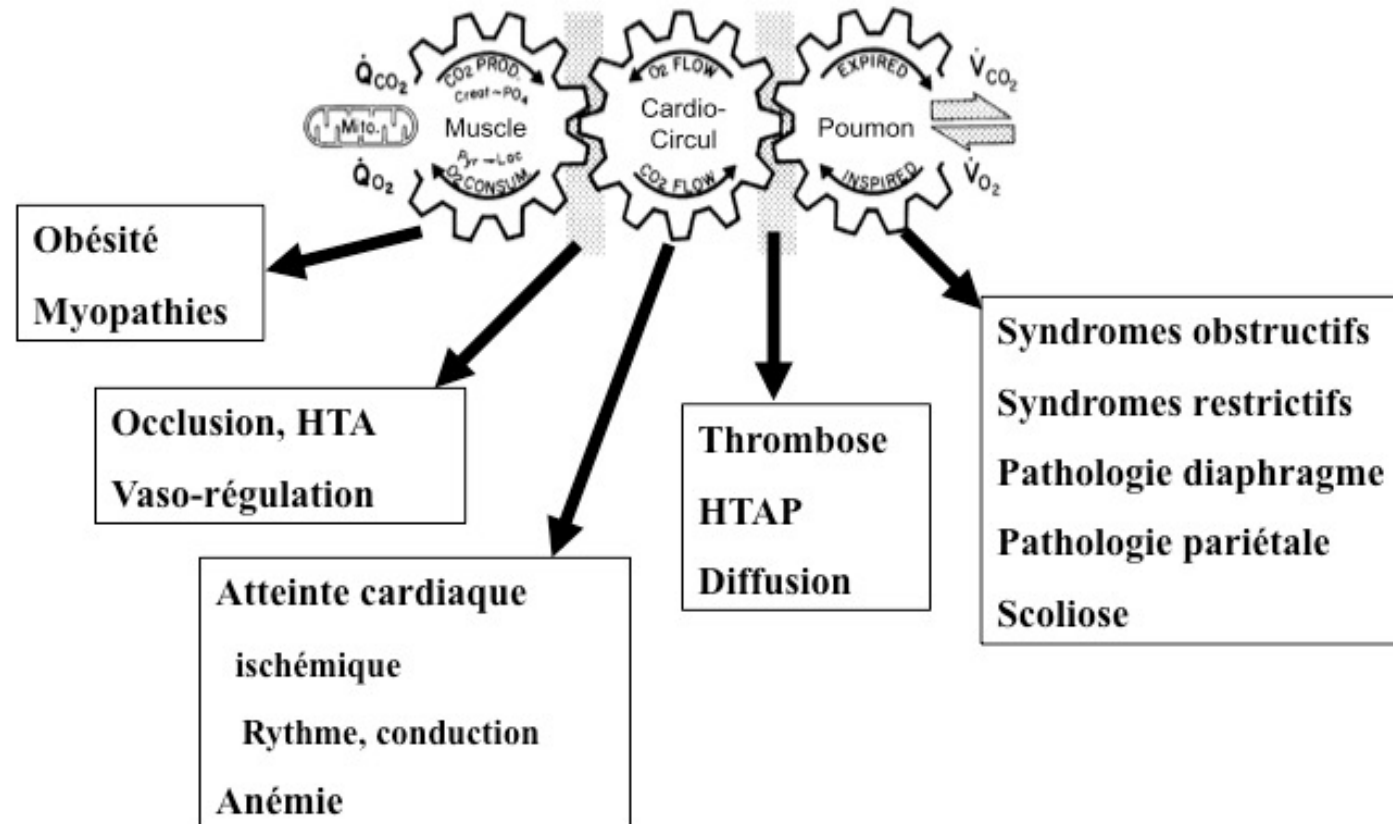
## 8) Approche analytique statistique sans a priori

### ACP Maladies Métaboliques : Efx-Biologie



# Analyse et interprétation des résultats

## 9) Hypothèses

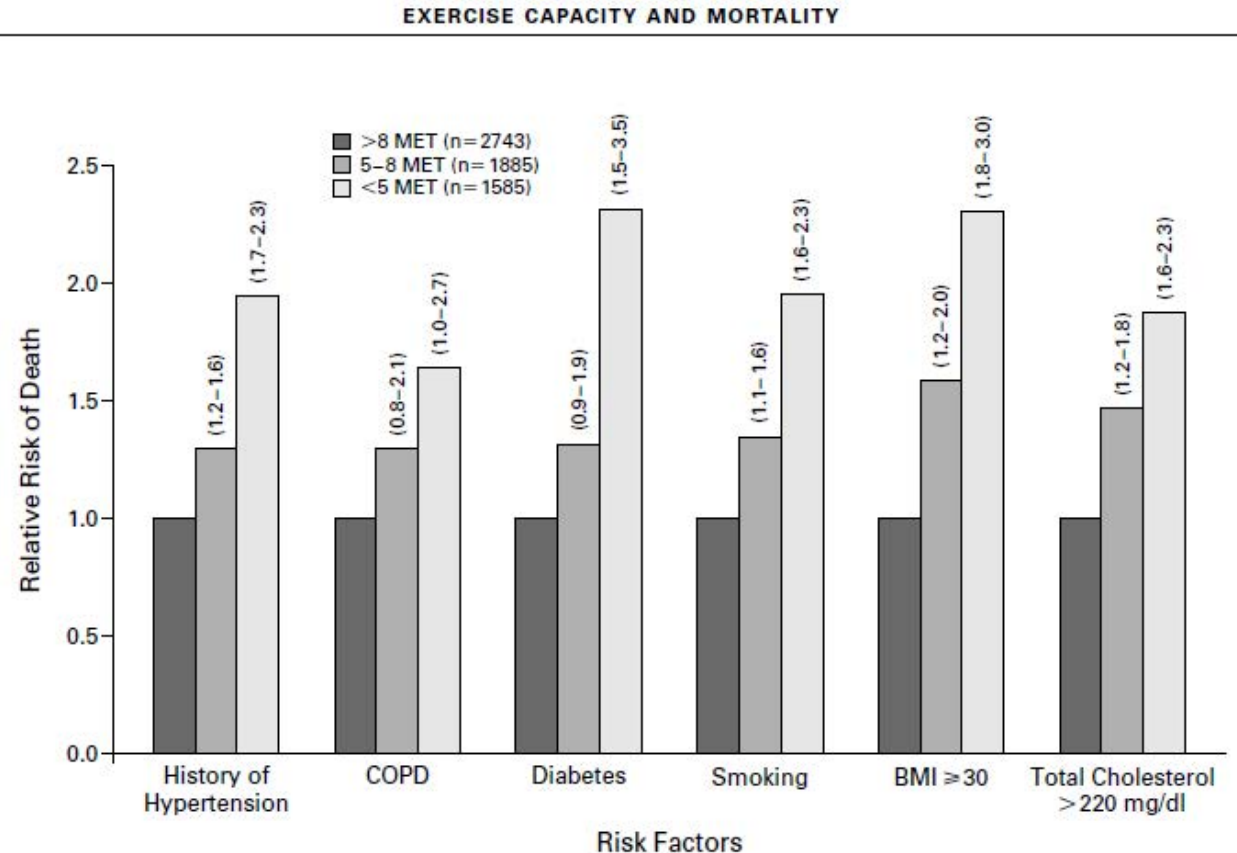
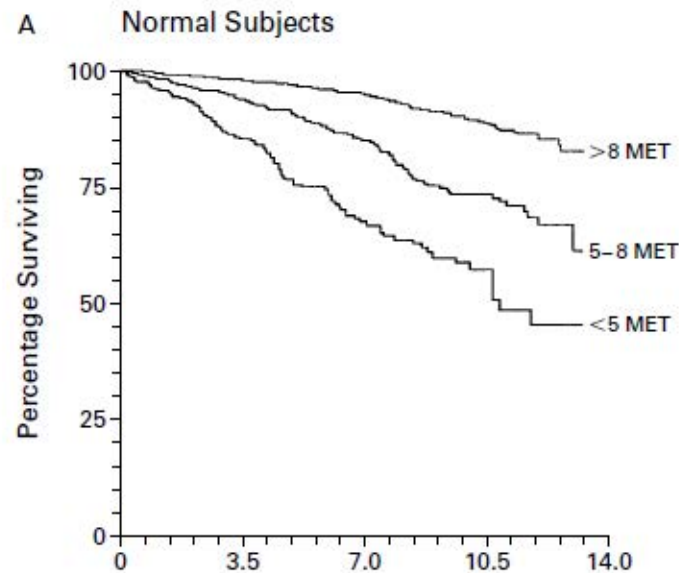


**Origine respiratoire**  
**Origine cardio-circulatoire**  
**Origine musculaire**  
**Niveau de compensation**

# Analyse et interprétation des résultats

## 10) Critères de gravité

### Critères de gravité :



Myers J et al. N Eng J Med (2002)

# Analyse et interprétation des résultats

## 10) Critères de gravité

### Critères de gravité :

Ces critères ne sont pas liés spécifiquement à la pathologie mais pour toutes les pathologies ils constituent des critères de gravité

$VO_2\text{pic}$	$< 14 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , $< 4 \text{ METs}$ (1 MET=3,5 mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )
$VO_2$ au seuil	$< 11 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$
$VE/VO_2$	$> 30$ dans sa portion horizontale
$VE/VCO_2$	$> 34$ dans sa portion horizontale

# Analyse et interprétation des résultats

## 10) Critères de gravité

### Critères de gravité :

Signification physiologique de l'équivalent respiratoire pour l'oxygène  
 $VE/VO_2$

#### Question 1

$$VE/VO_2=20$$

**Réponse :** Il faut ventiler 20 l d'air pour consommer 1 l d'oxygène, notion de rendement ventilatoire.

#### Question 2

A même puissance :

$$\text{Sujet A : } VE/VO_2=25$$

$$\text{Sujet B : } VE/VO_2=35$$

**Réponse :** pour une même puissance mécanique, donc une même  $VO_2$ , le sujet B est obligé de mobiliser 10 l d'air supplémentaires.

# Analyse et interprétation des résultats

## 10) Prescription du réentraînement (pathologie)

### A) Marqueurs Efx pour la prescription du réentraînement

Puissance maximale (pic de puissance)

Fc-max, VE-max, ECG

Puissance au seuil ventilatoire  $SV_1$

Fc- $SV_1$ , VE- $SV_1$ , ECG

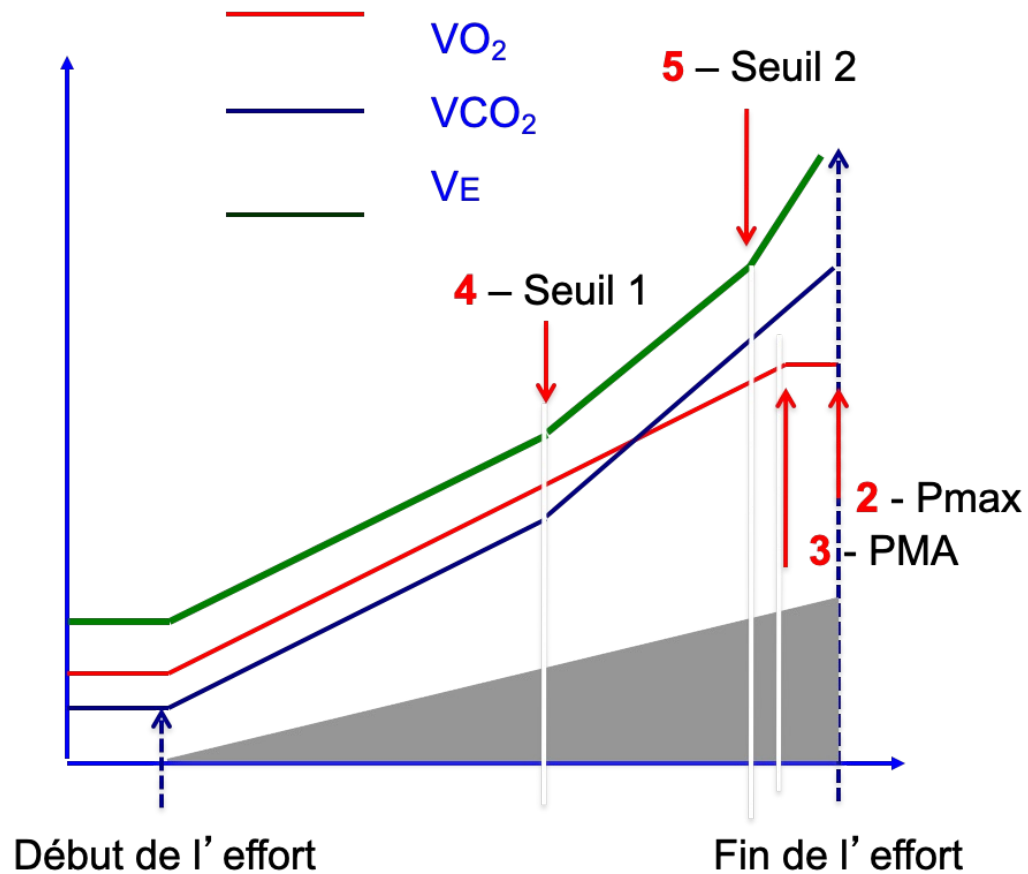
Échelle de dyspnée

### B) Facteurs pronostics de l'efficacité du réentraînement

Persistance d'une réserve musculaire sur une épreuve « symptom limited »

# Analyse et interprétation des résultats

## 10) Prescription du réentraînement (sportif)



**Principaux repères de l'entraînement en endurance :**

PMA : Puissance maximale aérobie

Paramètres au  $SV_2$  :

Vitesse, puissance, Fc

Paramètres au  $SV_1$  :

Vitesse, puissance, Fc





# EFx : de la réalisation à l'interprétation

**RUDDY RICHARD**

[ruddy.richard@uca.fr](mailto:ruddy.richard@uca.fr)

[r-richard@chu-clermontferrand.fr](mailto:r-richard@chu-clermontferrand.fr)



**FARES GOUZI**

[f-gouzi@chu-montpellier.fr](mailto:f-gouzi@chu-montpellier.fr)

