Entraînement, performances, exploration à l'effort de l'athlète

ou
comment parler « sportif » ?

Stéphane Doutreleau
Sports et Pathologies
CHU de Grenoble

sdoutreleau@chu-grenoble.fr

Les acteurs de l'apport en O_2…

Les poumons
Les alvéoles
L'unité alvéolo-capillaire

Le coeur
myocarde
coronaires

Les muscles
Les fibres musculaires
Contrôle neuro-musculaire
capillarisation

Le cerveau

Le système circulatoire
Artères
Capillaires
Veines
Sang - Hb

REPOS

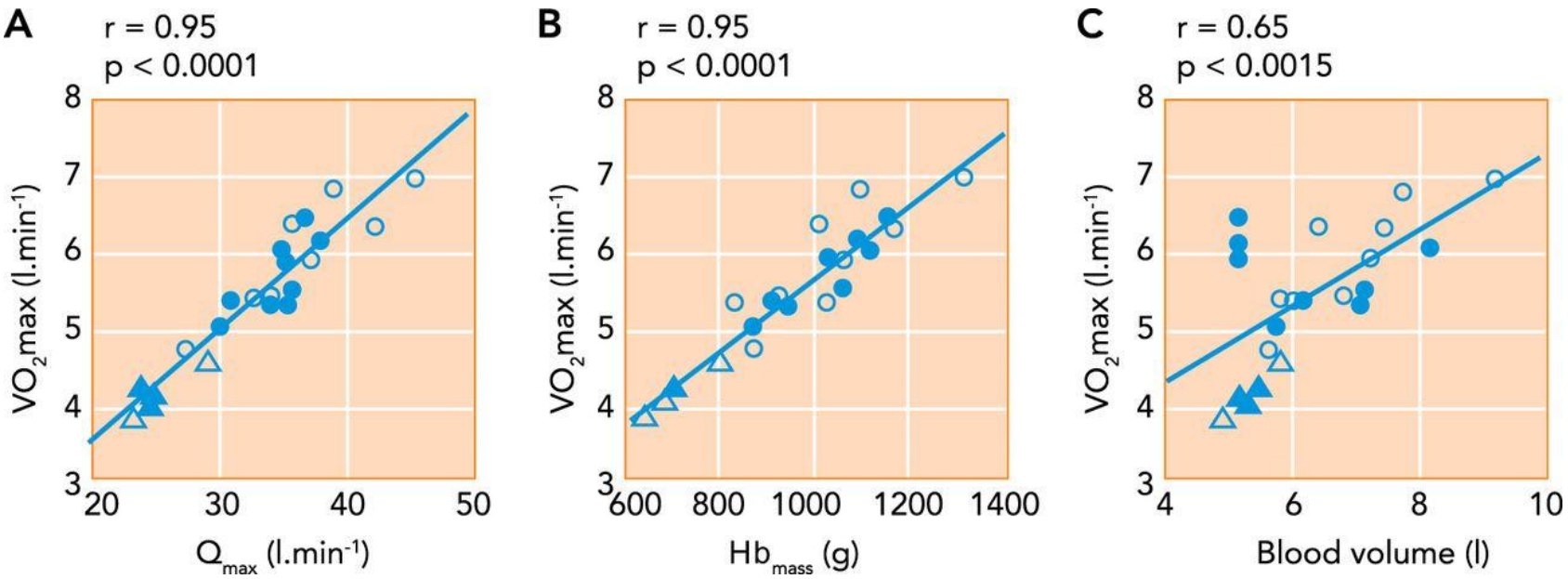
MAXIMUM
Performance maximale

VO_2 repos

Seuil lactique
Capacité aérobie

VO_2 maximale
> 80 mL/min/kg

La performance aérobie



Débit cardiaque
VES x Fc
VO_2 / DAV O_2

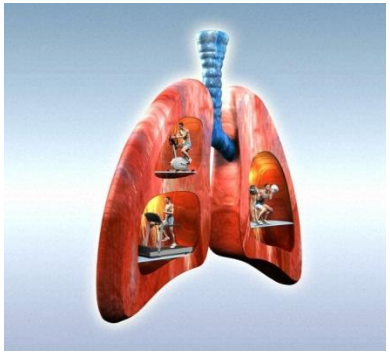
Masse Hémoglobine

1g d'Hb → 1,34 ml d'O_2
N= 600 à 700 g

Volémie TOTALE

(volémie active/passive)

d'après Lundby C. et Robach P. *Physiology* 2015

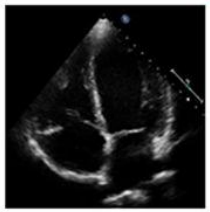


Poumon d'athlète ?

- Pas d'adaptation à l'entraînement
- Volumes mobilisables sont 15 à 20 % plus importants chez les athlètes endurants (sélection…?)
- Augmentation de la surface alvéolo-capillaire ??
- Effets sur les muscles ventilatoires ++

Le cœur d'athlète

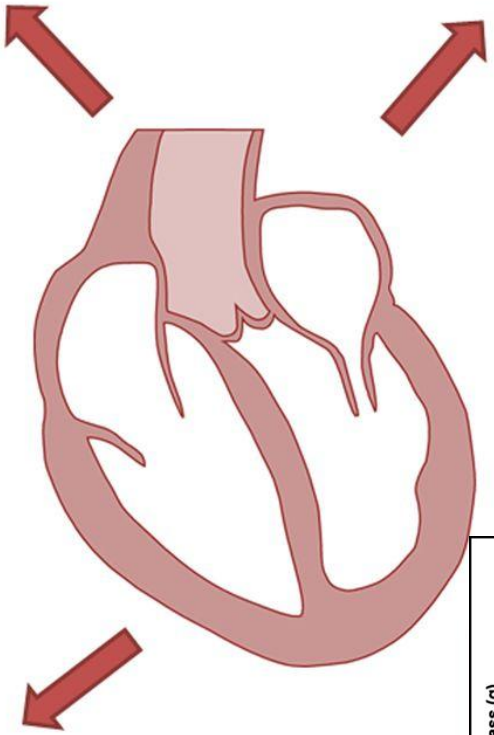
Remodelage ANATOMIQUE



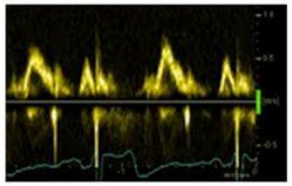
Epaisseurs + 10 à 25 %
Volumes cavitaires +15 %
(surtout cavités droites)
Dilatation bi-atriale

Remodelage ELECTRIQUE

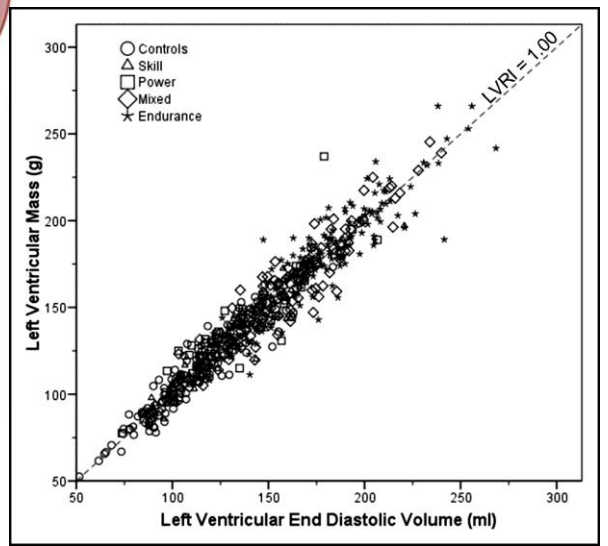
Bradycardie sinusale
Arythmies sinusales
BAV 1
Signes d'HVG ou d'HVD
BIDt
Ondes T négatives de V_1 à V_4
chez athlètes afro-caribéens



Remodelage FONCTIONNEL

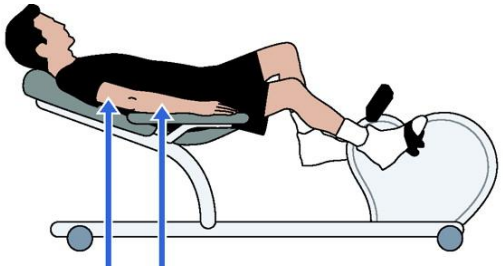


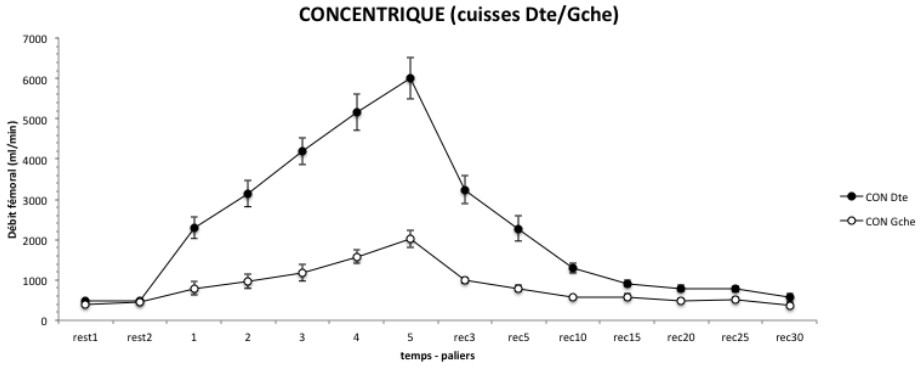
Bradycardie
PA plus basse
Remplissage ventriculaire facilité
E' > 9 cm/s
E/E' < 6
S' > 9
↑ VES



Modifié d'après Shmara S. *Eur J Cardiol* 2015

Effets vasculaires de l'entraînement





- Remodelage **anatomique** +++
  - dans les artères musculaires des muscles sollicités
  - Stimulus principal = mécanique
- Remodelage **fonctionnel** (endothélial)
  - Dans tous les territoires
  - Stimulus métabolique
- Optimisation de la **redistribution** vasculaire

Adaptations musculaires

- Remaniements **anatomiques** et **biochimiques**
  - Augmentation du volume musculaire
  - Hypertrophie des myofibrilles
  - Changement de la typologie des fibres musculaires

- Biogénèse **mitochondriale**, augmentation du volume et compartimentation
- Optimisation des enzymes du métabolisme aérobie
- Augmentation de la myoglobine ?
- Optimisation des stocks en substrat énergétique

- But : amélioration de l'extraction périphérique (DAV O_2)

Autres paramètres

- **Masse d'hémoglobine**
  - ± entraînement
  - ± hypoxie

- Performances à l'effort **sous-maximal**
  - "seuils" lactiques
  - Économie de course

  - Travail qualitatif +++ indépendant des performances maximales

Particularités EE du sportif

Le sportif

- Quel sport ?
  → quel ergomètre à ma disposition ?
  → quel est le plus adapté

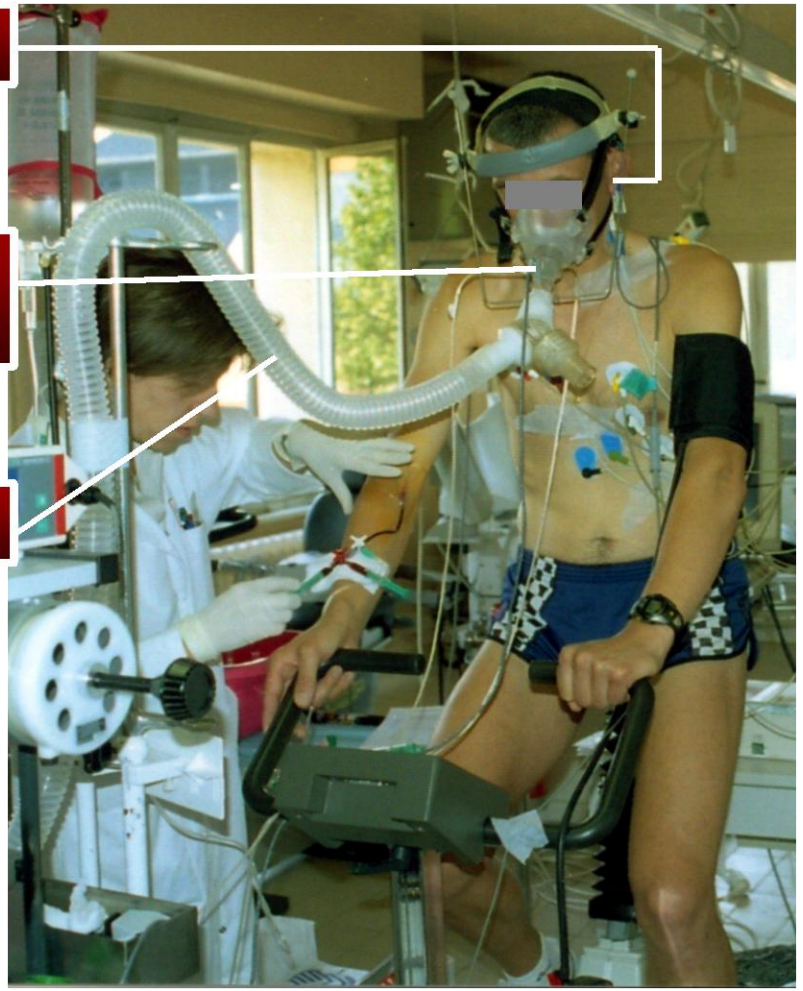
- Moment par rapport à l'entrainement – symptômes

- Quelle indication ?
  - Évaluation sportive
  - Mesure objective des capacités d'effort
  - Recherche d'anomalies

saturation

Echanges gazeux

Altitrainer

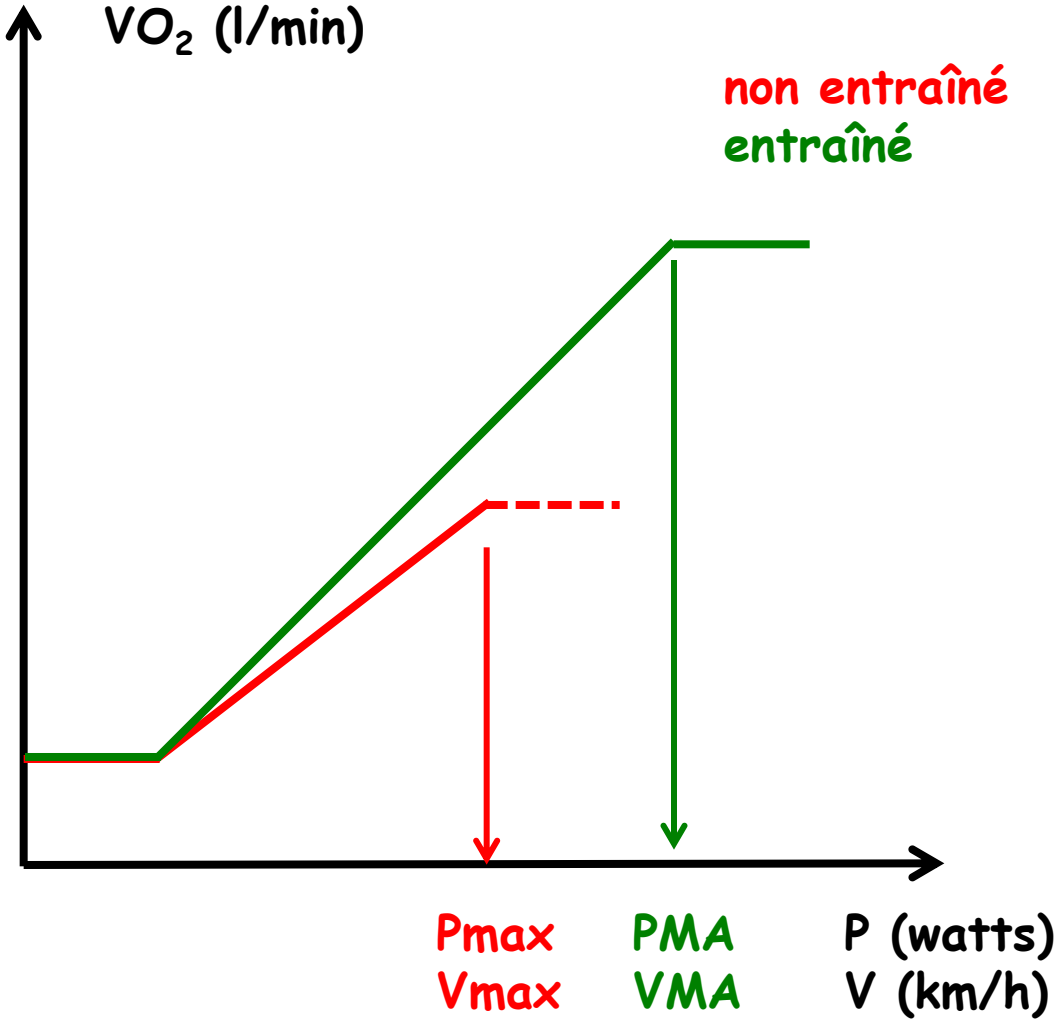


Tapis roulant

vélo

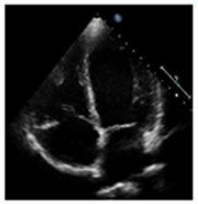
Le débit d'oxygène – le VO_2

$$VO_2 = Qc \times D_{AV}O_2$$



Le cœur d'athlète

Remodelage ANATOMIQUE

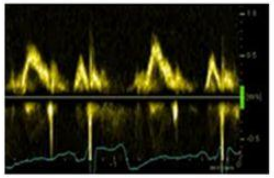


Epaisseurs + 10 à 25 %
Volumes cavitaires +15 %
(surtout cavités droites)
Dilatation bi-atriale

Remodelage ELECTRIQUE

Bradycardie sinusale
Arythmies sinusales
BAV 1
ignes d'HVG ou d'HVD
Dt
des T négatives de V_1 à
z athlètes afro-
ibéens

Remodelage FONCTIONNE



Bradycardie
PA plus basse
Remplissage ventriculaire facilité

E' > 9 cm/s
E/E' < 6
S' > 9

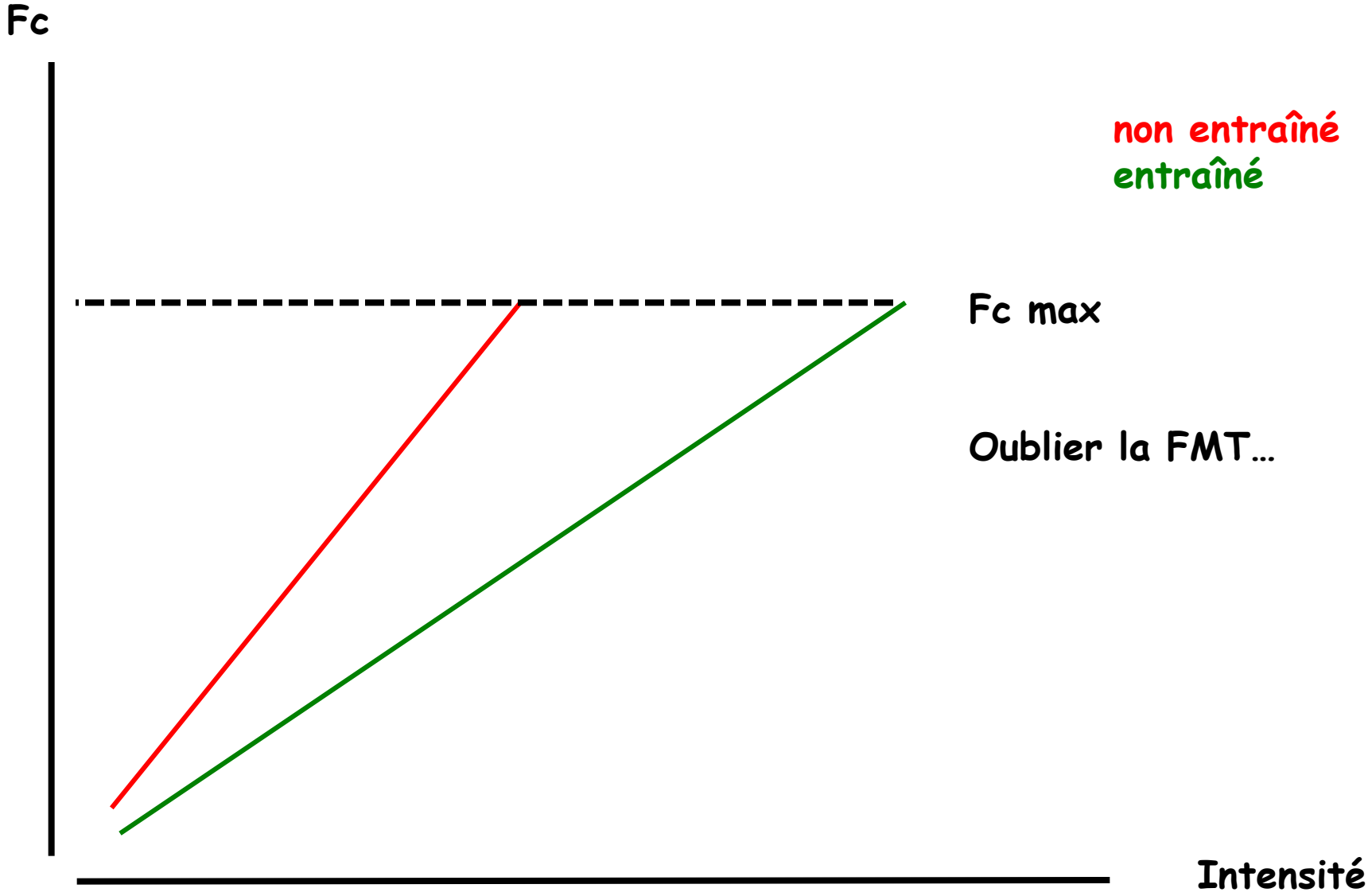
↑ VES

Qc

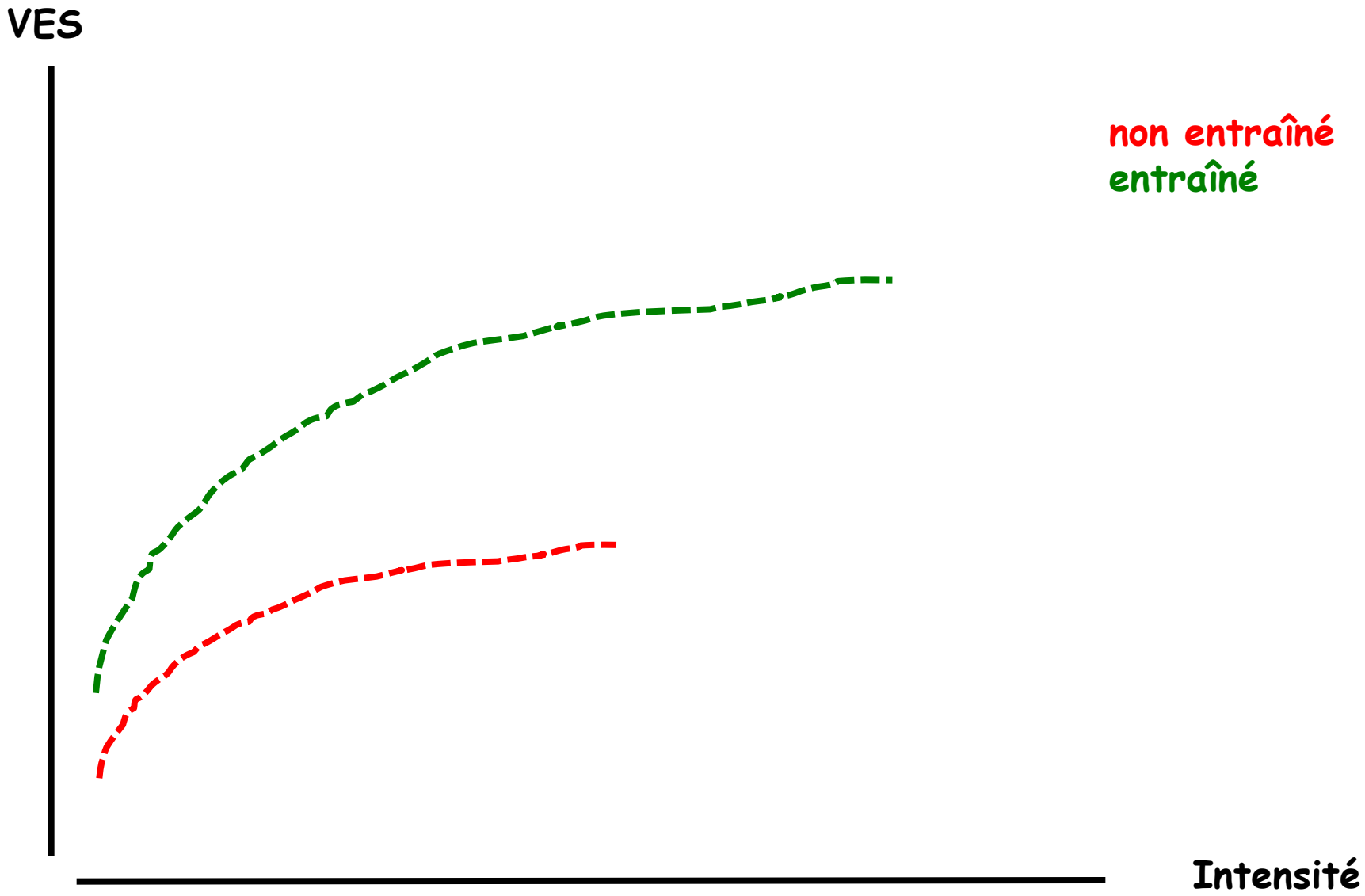
DAV O_2

Modifié d'après Shmara S. *Eur J Cardiol* 2015

Entraînement et Fc



Entraînement et VES



Particularités de l'EE du sportif

Réalisation interprétation

Spécificités protocoles

- Oublier les protocoles de cardiologie +++

- Estimer les performances du sujet
- Entraînement du sujet

- Durée du test : 10 à 20 min, paliers 1 à 2'

Ergocycle
Echauffement 100 w (10')
Paliers de 50 w/2min
Fréquence pédalage libre

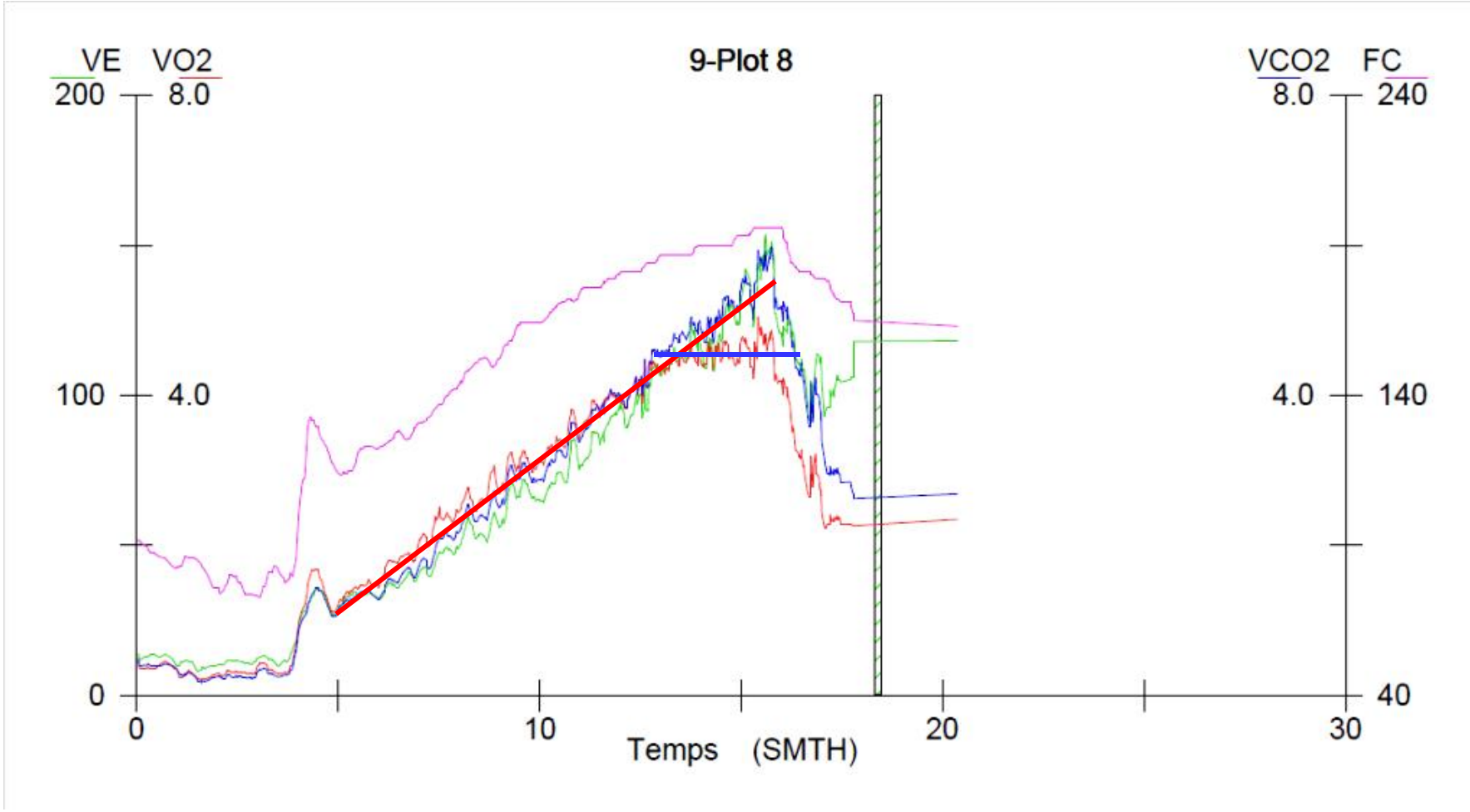
Tapis roulant
pas de pente ou < 2 %
échauffement –8 à 12 km/h
paliers 1 à 2 km/h / 1,5 à 3 min

Critères de maximalité

- **Subjectif** : épuisement +++

- **Objectif** :
  - Plateau de VO_2
  - RER > 1,10
  - Lactatémie > 8 mmol/l
  - Limite de tous les systèmes

Le plateau de VO_2



Analyse des échanges gazeux

- Pas de normes pour les sportifs
- Résultats cohérents
  - Avec la discipline
  - Avec les performances du sujet +++

- VO_2 > 120 à 160 % des théoriques
- Pouls d'oxygène > 110 à 160 %
- SV1
- Profil tensionnel ; réserves ventilatoires ; désaturation

L'EE du sportif symptomatique

- Bilan d'une symptomatologie inexpliquée
  - Dyspnée
  - Fatigue
  - Palpitations, cardioFc
  - Baisse des performances

- Mesure **objective** des performances dans le diagnostic différentiel du cœur d'athlète ++++++

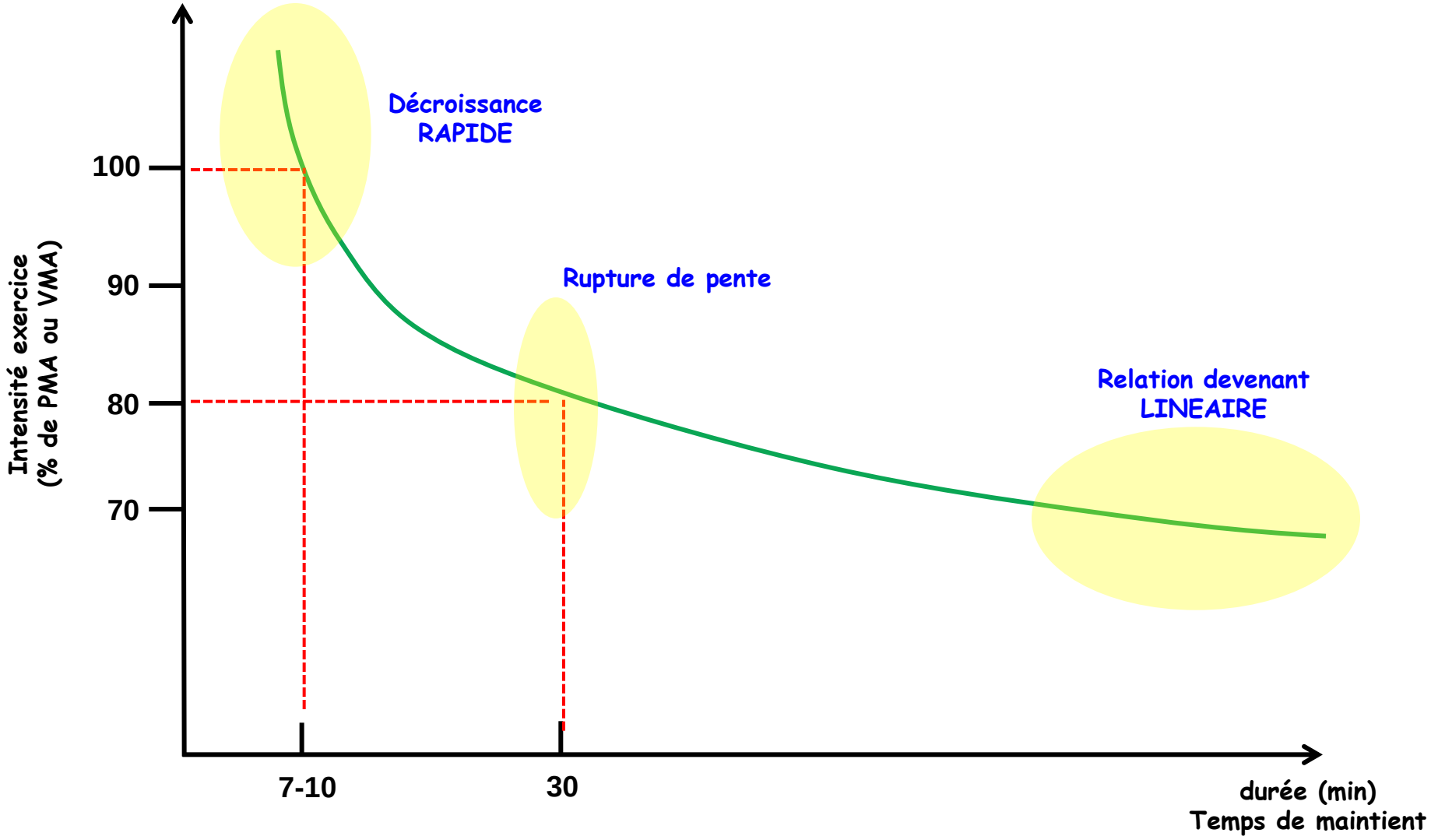
EE maximale - sportif

Biométrie						Courbe D/V	Mesuré	Théo.
Sexe:	Masc.	Né(e) le:	07/03/1989	Age (ans):	21	VEMS (l)	4.36	102
Taille (cm):	174	Poids (Kg):	58.0	SC (m²):	1.70	CVF (l)	5.13	102

Paramètres Cardio-vasculaires							
Fréquence Cardiaque (b.min-1)	80	130	66	66	196	100	196
Pouls d'O2 (ml.b.min-1)	4.1	14.3	61	113	23.5	185	12.7
P.A. systolique mmHg)	130						< 250
P.A. diastolique (mmHg)	80						< 90
VD/VT Estimé	0.31	1.02			0.12		0.2 +/- 0.07
VD/VT GSA							0.2 +/- 0.07
Réserve Ventilatoire					5		> 30%
VO2 (l.min-1.kg-1)	5.7	32.0	40	75	79.4	185	42.9
VCO2 (l.min-1)	0.297	1.970	34		5.747		
R (VCO2/VO2)	0.90	1.06			1.25		> 1.1
Paramètres Ventilatoires							

Le(s) seuil(s)
qu'est ce que c'est ?
A quoi ça sert ?

Relation intensité – durée d'un exercice



Qu'est ce que les seuils ?

Seuil lactique 1

Seuil d' adaptation ventilatoire

Seuil aérobie

Seuil ventilatoire anaérobie

Seuil anaérobie

Seuil ventilatoire 1

Seuil compensation respiratoire

Seuil de fatigue

Seuil de Conconi

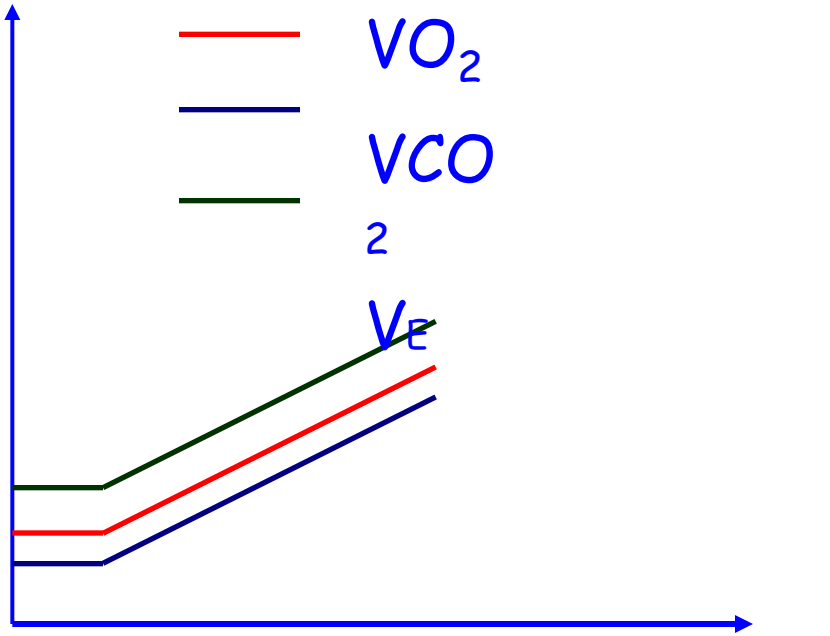
Seuil ventilatoire 2

Seuil

Seuil d' essoufflement

Seuil lactique 2

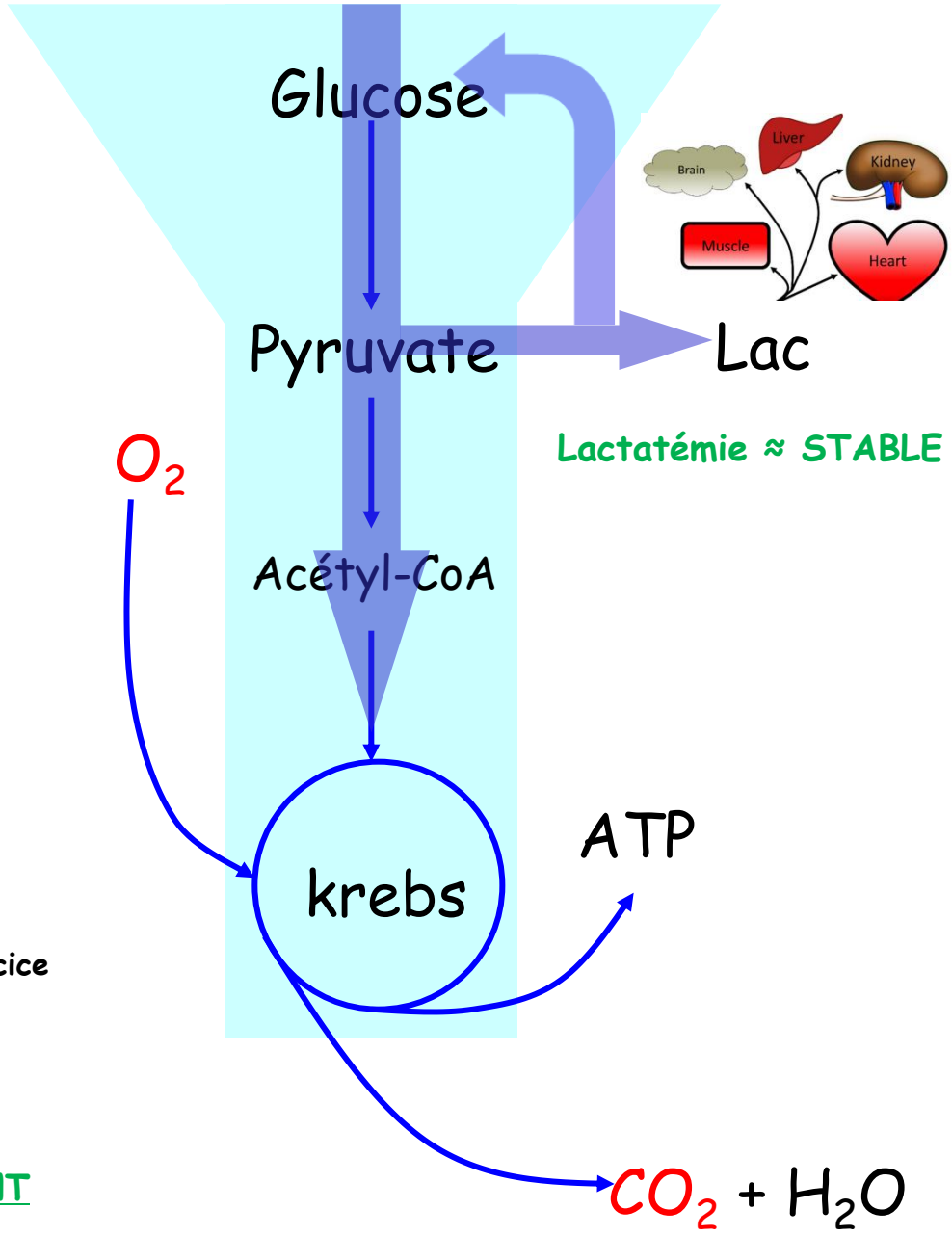
Seuil d' inadaptation ventilatoire

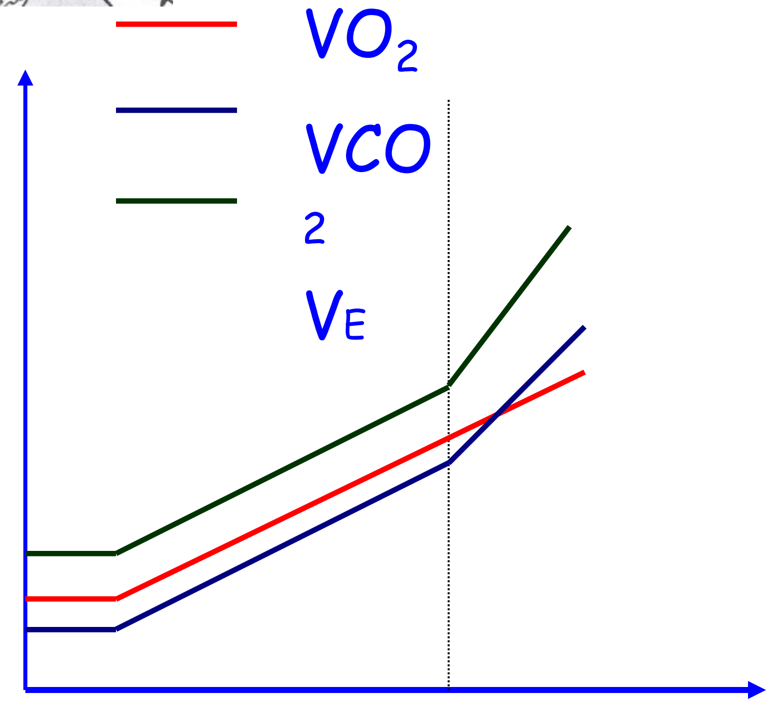


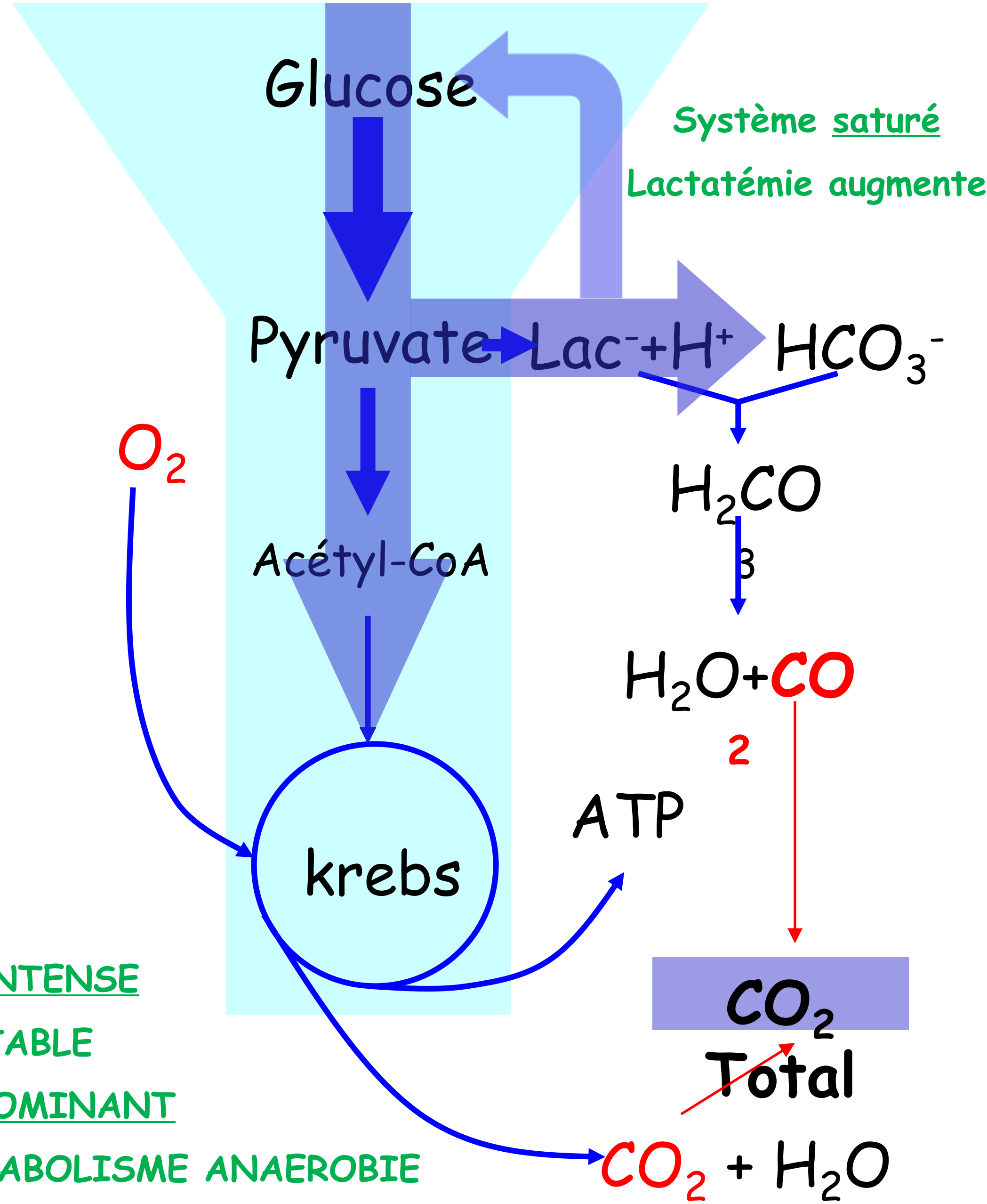
EXERCICE PEU INTENSE

ETAT STABLE METABOLIQUE

METABOLISME AEROBIE PREDOMINANT





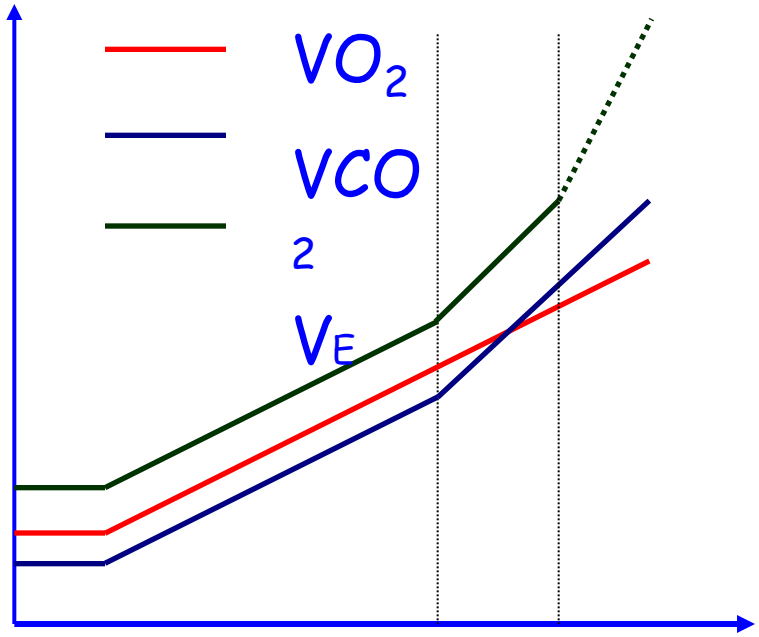


EXERCICE MOYENNEMENT INTENSE

ETAT METABOLIQUE ±STABLE

METABOLISME AEROBIE PREDOMINANT

MAIS PARTICIPATION CRESCENDO DU METABOLISME ANAEROBIE

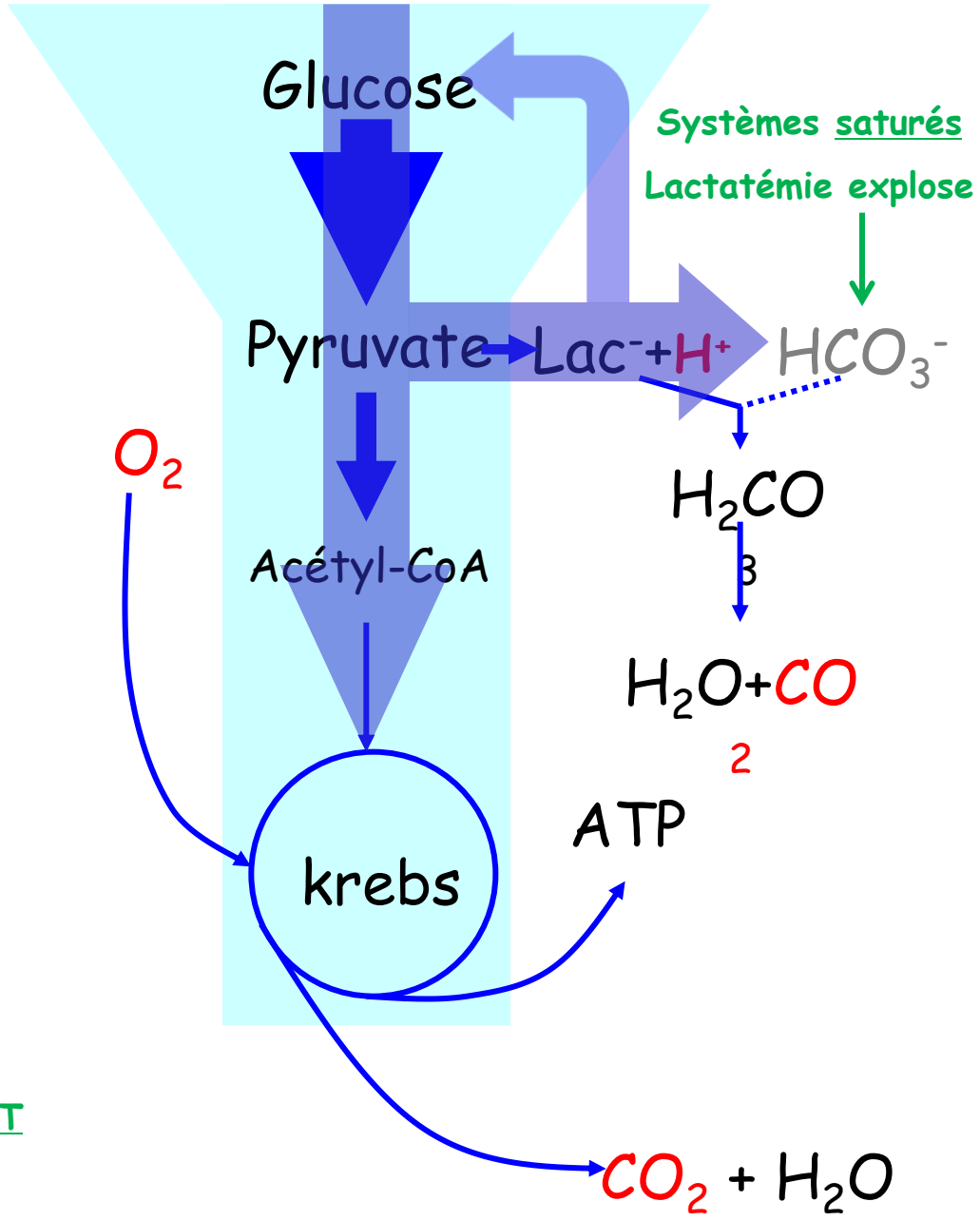


EXERCICE INTENSE

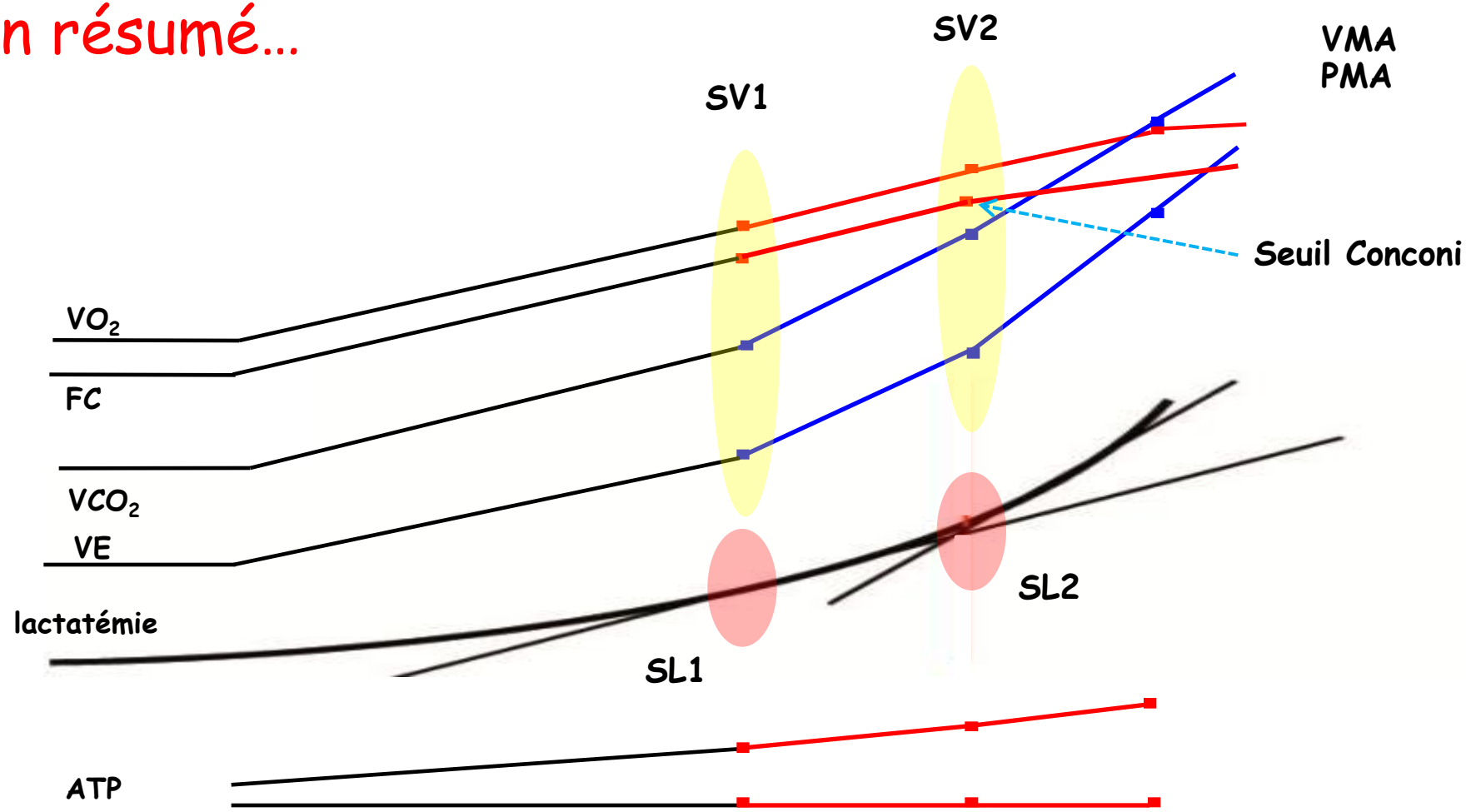
ETAT METABOLIQUE INSTABLE

METABOLISME AEROBIE PREDOMINANT

METABOLISME ANAEROBIE



En résumé…



ETAT METABOLIQUE
STABLE

PERCEPTION EXERCICE **FACILE**

EVA < 5

ETAT METABOLIQUE
INSTABLE

PERCEPTION EXERCICE **DIFFICILE**

EVA < 7

Quels intérêts pour les seuils ?

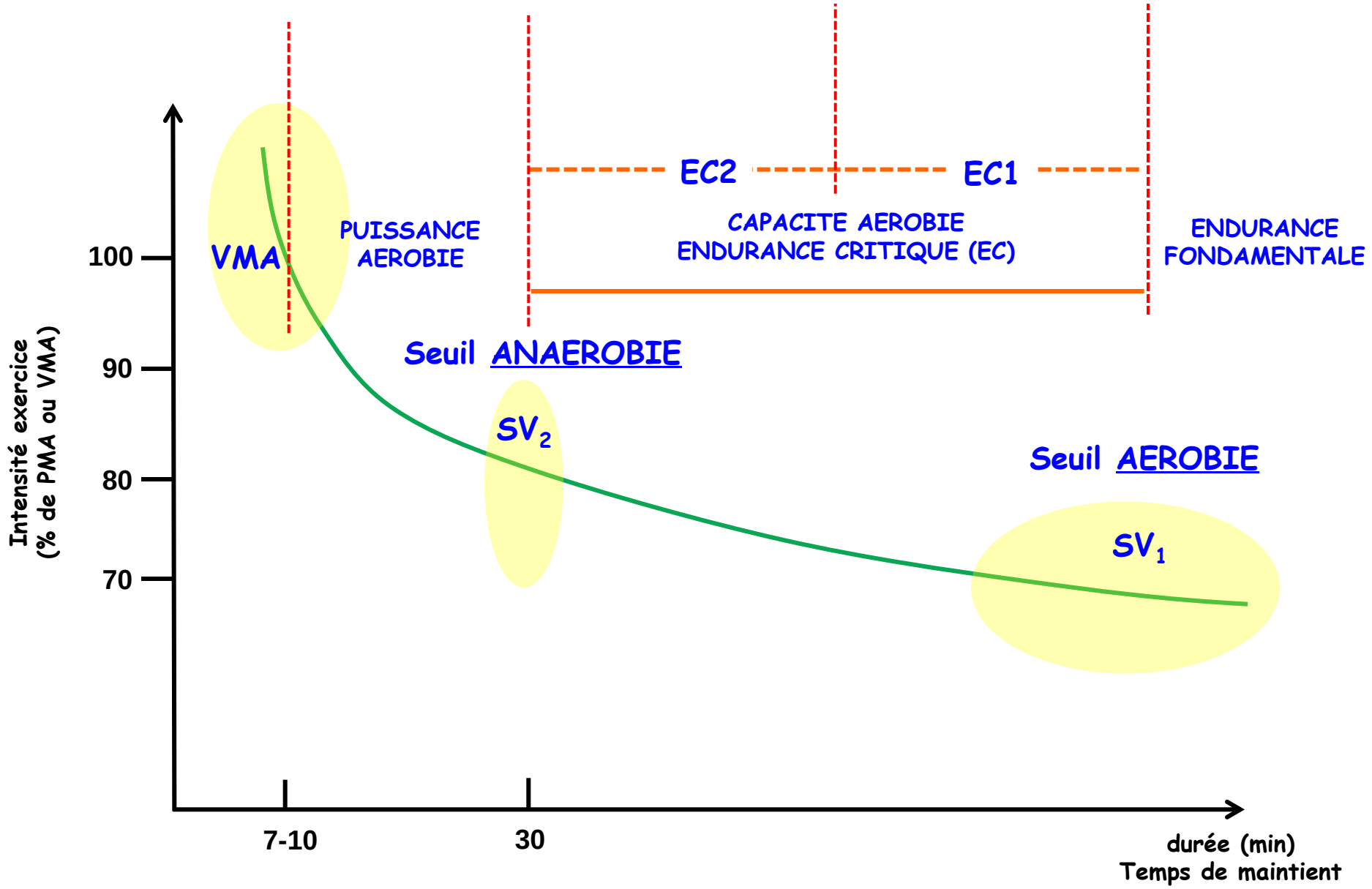
1. Marqueur d'intensité d'exercice « soutenable »

2. Intérêt diagnostic : SV_1 d'apparition précoce
   (< 40 % du VO_2 max théorique)

3. Intérêt pronostique ?
   - Insuffisance cardiaque
   - HTAP

4. Intérêt pour l'entraînement

Des repères pour l'entrainement



Save the date

Annecy
19-20 mai 2017

17ième édition
congrès national
du CCS

www.cardiosport.com