

Evaluation à l' Effort avec Mesure des Echanges Gazeux

Méthodologie - Métrologie

Dr. Ruddy RICHARD

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Centre de recherche en Nutrition Humaine, Unité d' Evaluation en Nutrition, UMR 1019,
Clermont-Ferrand, France *et*

Service de Médecine du Sport et des Explorations Fonctionnelles

CHU G. Montpied, 58 rue Montalembert,
63003 Clermont-Ferrand Cedex 1

r-richard@chu-clermontferrand.fr

ruddy.richard@udamail.fr

Préambule

Cette présentation est réservée à un usage personnel.

Les graphiques sont la propriété de l'auteur et ne peuvent en aucun cas servir de support à d'autres présentations sans une demande d'autorisation préalable.

Merci de votre compréhension

Pr Ruddy RICHARD

PLAN

Principes de fonctionnement des ergospiromètres

Que faut-il faire avant une épreuve

Les contrôles lors de l'épreuve d'effort

PLAN

Principes de fonctionnement des ergospiromètres

Que faut-il faire avant une épreuve

Les contrôles lors de l'épreuve d'effort

Le fonctionnement des ergospiromètres

Double mesure simultanée

Mesure des débits ventilatoires

- Mesure d'un débit au travers d'un pneumotachographe
- Mesure d'une fréquence ventilatoire

Mesure de la concentration des gaz (expirés et parfois inspirés)

- Mesure des concentrations des gaz cycle-à-cycle
 - Oxygramme
 - Capnigrame
- Mesure des concentrations à partir d'une chambre de mélange

Le fonctionnement des ergospiromètres

Double mesure simultanée

Mesure des débits ventilatoires

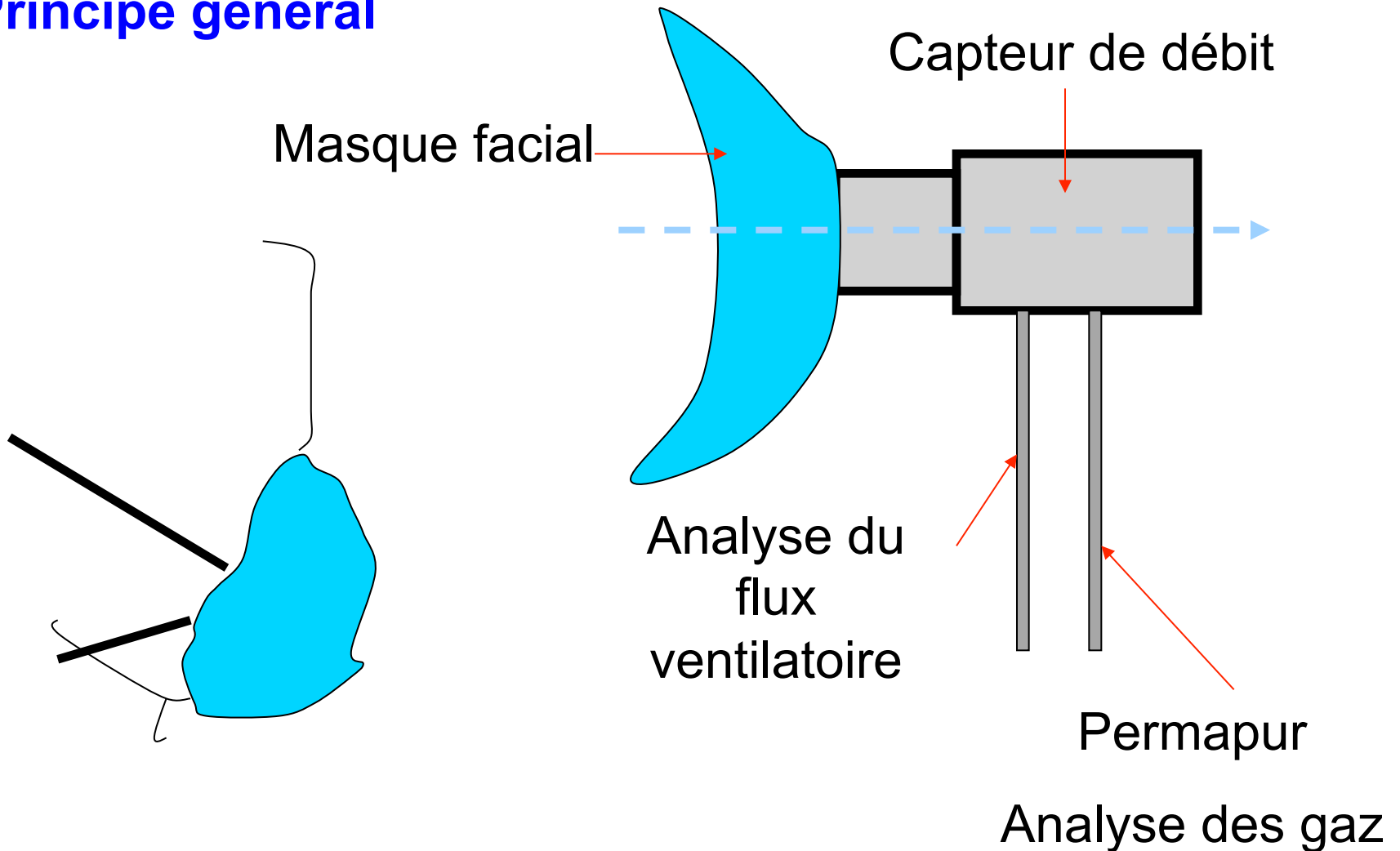
- Mesure d'un débit au travers d'un pneumotachographe
- Mesure d'une fréquence ventilatoire

Mesure de la concentration des gaz (expirés et parfois inspirés)

- Mesure des concentrations des gaz cycle-à-cycle
 - Oxygramme
 - Capnigrame
- Mesure des concentrations à partir d'une chambre de mélange

Le fonctionnement des ergospiromètres

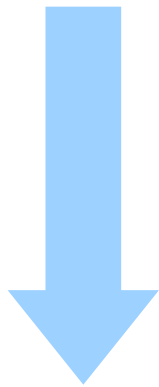
Principe général



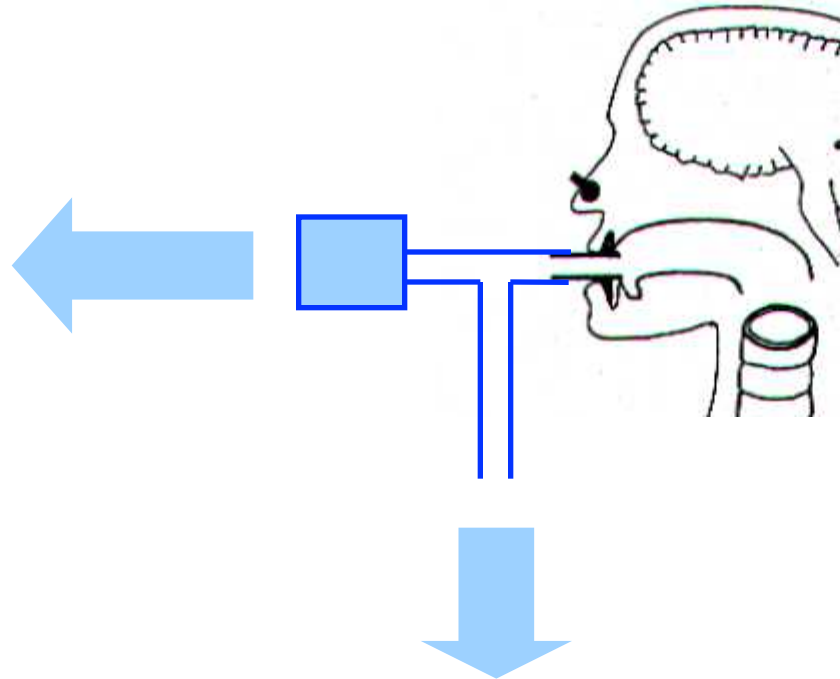
Le fonctionnement des ergospiromètres

Principe général

① Débit ventilatoire



Déterminer $\dot{V}O_2$ et $\dot{V}CO_2$



Prélèvements itératifs
[O₂] et [CO₂]

②

Le fonctionnement des ergospiromètres

① La mesure des débits : Pneumotachographe

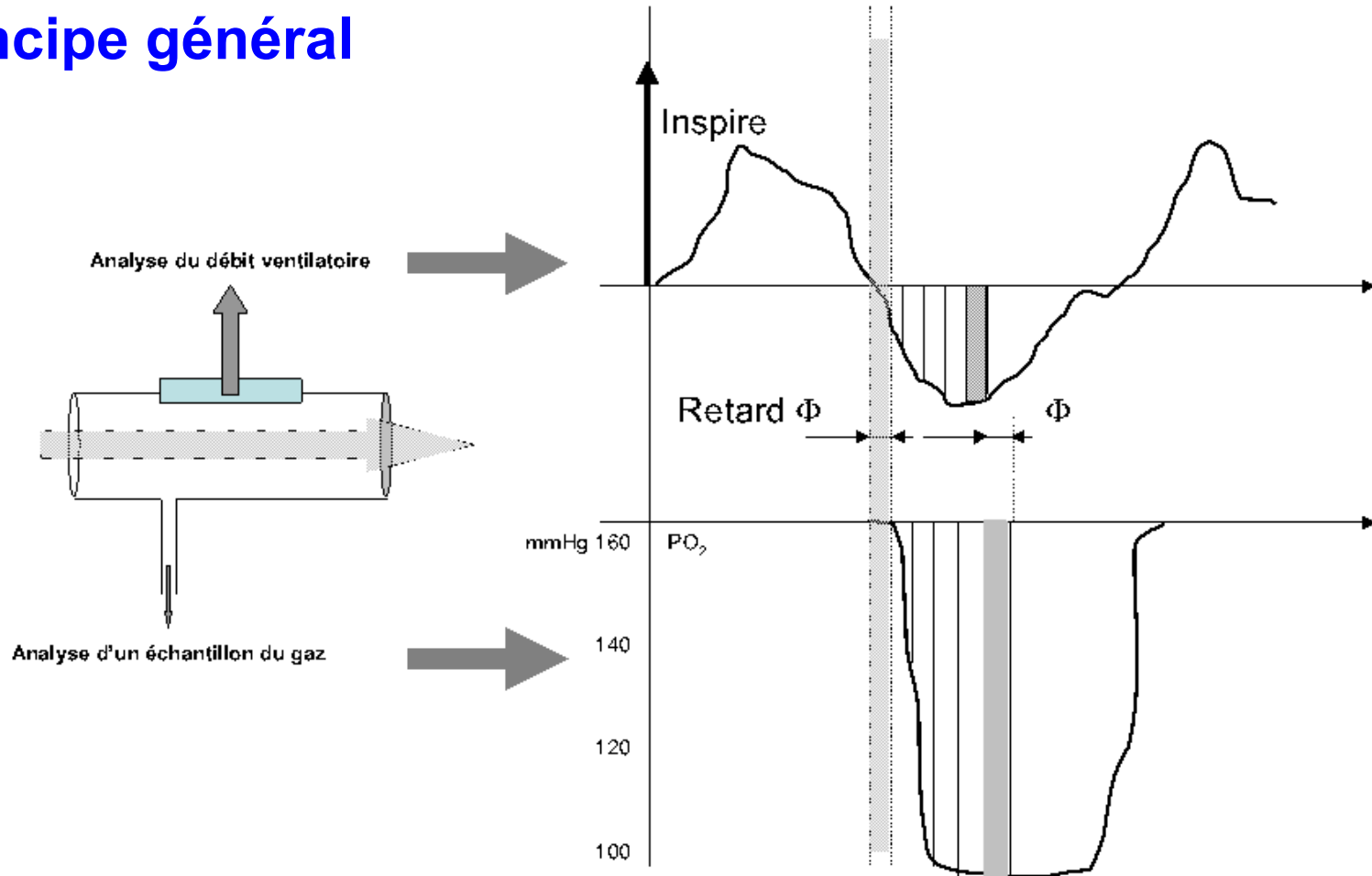
- Tube de Pitot (différence de pression)
- Fil chaud (refroidissement du fil par le flux gazeux)
- Turbine (rotation de l'hélice)

② L'analyse de la concentration des gaz

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

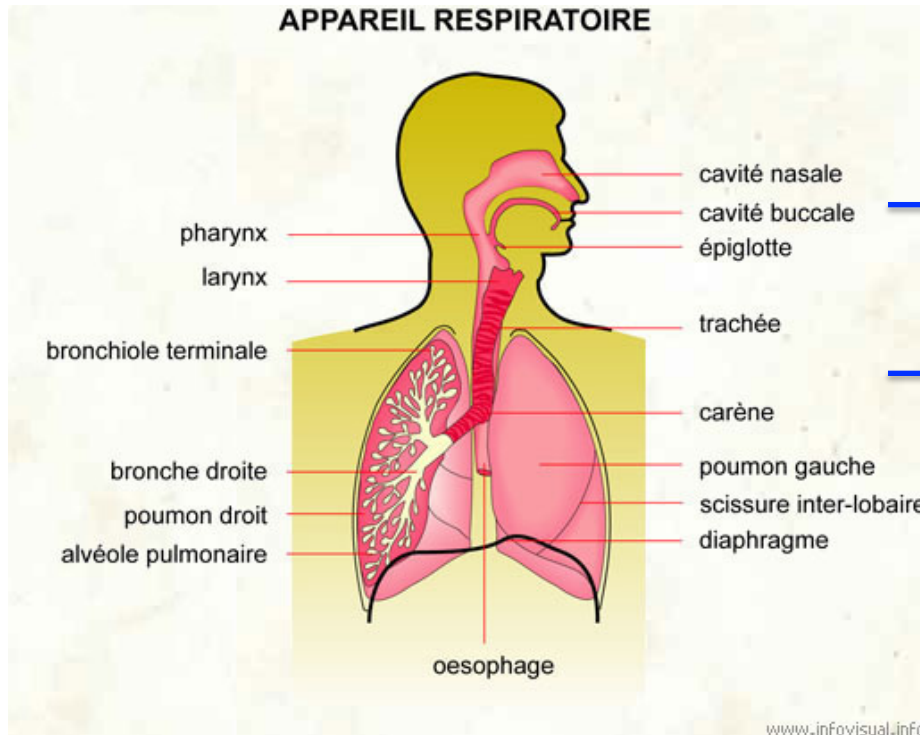
Le fonctionnement des ergospiromètres

Principe général

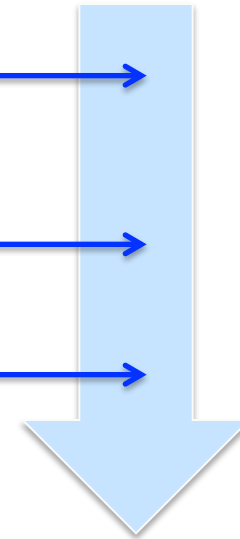


Le fonctionnement des ergospiromètres

Principe général



Début d'Expiration



Fin d'Expiration

Le fonctionnement des ergospiromètres

Double mesure simultanée

Mesure des débits ventilatoires

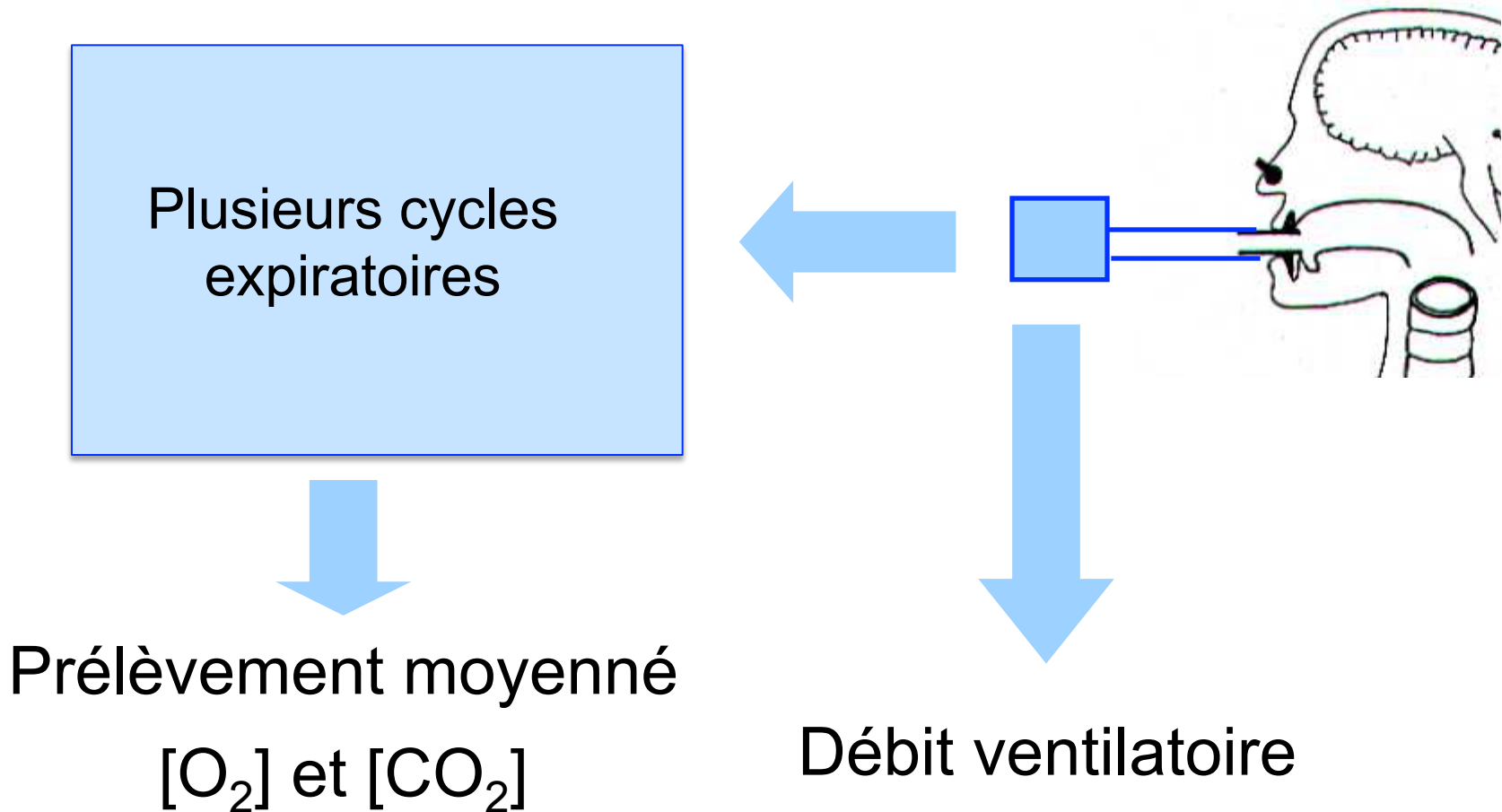
- Mesure d'un débit au travers d'un pneumotachographe
- Mesure d'une fréquence ventilatoire

Mesure de la concentration des gaz (expirés et parfois inspirés)

- Mesure des concentrations des gaz cycle-à-cycle
 - Oxygramme
 - Capnigrame
- **Mesure des concentrations à partir d'une chambre de mélange**

Le fonctionnement des ergospiromètres

Cas particulier des chambres de mélange



Le fonctionnement des ergospiromètres

Cycle-à-cycle versus Chambre de mélange

	Cycle-à-cycle	Chambre de Mélange
Réglages	« Sensibles »	Simple
Risque d'erreur	Important	Négligeable
Données mesurées	VE, VO ₂ , VCO ₂ , PETO ₂ , PETCO ₂ , Calcul des gradients, Calcul de l'espace mort, Détermination précise du/des seuils	VE, VO ₂ , VCO ₂

Le fonctionnement des ergospiromètres

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)

Le fonctionnement des ergospiromètres

La mesure des débits : Pneumotachographe

→ Tube de Pitot

- Mesure une différence de pression
- Sensible
- Un seul point d'étalonnage, un seul débit
- Peut dériver si l'un des tubes est partiellement obstrué (salive, poussière, débris)

Le fonctionnement des ergospiromètres

La mesure des débits : Pneumotachographe

→ Fil chaud

- Deux fils, ne mesure qu'un seul sens de débit
- Quatre fils, bidirectionnel
- Moins sensible que le Pitot
- Moins sensible sur les petits débits
- Très sensible à la salive

Le fonctionnement des ergospiromètres

La mesure des débits : Pneumotachographe

→ Turbine

- Inertie
- Au moins deux points pour la calibration
- Pas sensible à la salive

Le fonctionnement des ergospiromètres

Les paramètres mesurés :

V_E Débit ventilatoire

$\dot{V}O_2$ Consommation d'oxygène (débit)

$\dot{V}CO_2$ Rejet de dioxyde de carbone (débit)

Le fonctionnement des ergospiromètres

Les paramètres mesurés :

VE Débit ventilatoire

Volume d'air ventilé par minute

$$VE = Fr \times Vt$$

$$VE = Fr \times (VA + Vd)$$

Vt : Volume courant

VA : Volume alvéolaire

Vd : Volume de l'espace mort anatomique

VE va varier de :

5 à 10 L/min au repos à

35 à 40 × le VEMS au maximum de l'effort

Le fonctionnement des ergospiromètres

Les paramètres mesurés :

$\dot{V}O_2$ Consommation d'oxygène (débit)

Différence entre les entrées et les sorties.

→ Le débit de consommation d'oxygène $\dot{V}O_2$

→ Le volume d'oxygène consommé V_{O_2}

→ Le V_{O_2}

Exprimé en

$mLO_2/min - mL \cdot min^{-1}$

$mLO_2/min/kg - mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$

1 MET = 3,5 ml/kg/min

Le fonctionnement des ergospiromètres

Les paramètres mesurés :

$\dot{V}O_2$

La mesure de $\dot{V}O_2$ repose sur le principe de conservation de la masse – Principe de Fick

$$\dot{V}O_2 = (F_iO_2 \times V_i) - (F_eO_2 \times V_e)$$

Si $V_i = V_e$ (ce qui est une approximation)

$$\dot{V}O_2 = V_e \times (F_iO_2 - F_eO_2)$$

$$\dot{V}O_2 = Q_c \times D_{av}O_2$$

$$\dot{V}O_2 = (F_c \times V_{ES}) \times D_{av}O_2 \quad (D_{a\bar{v}}O_2)$$

air
air

Spirométrie

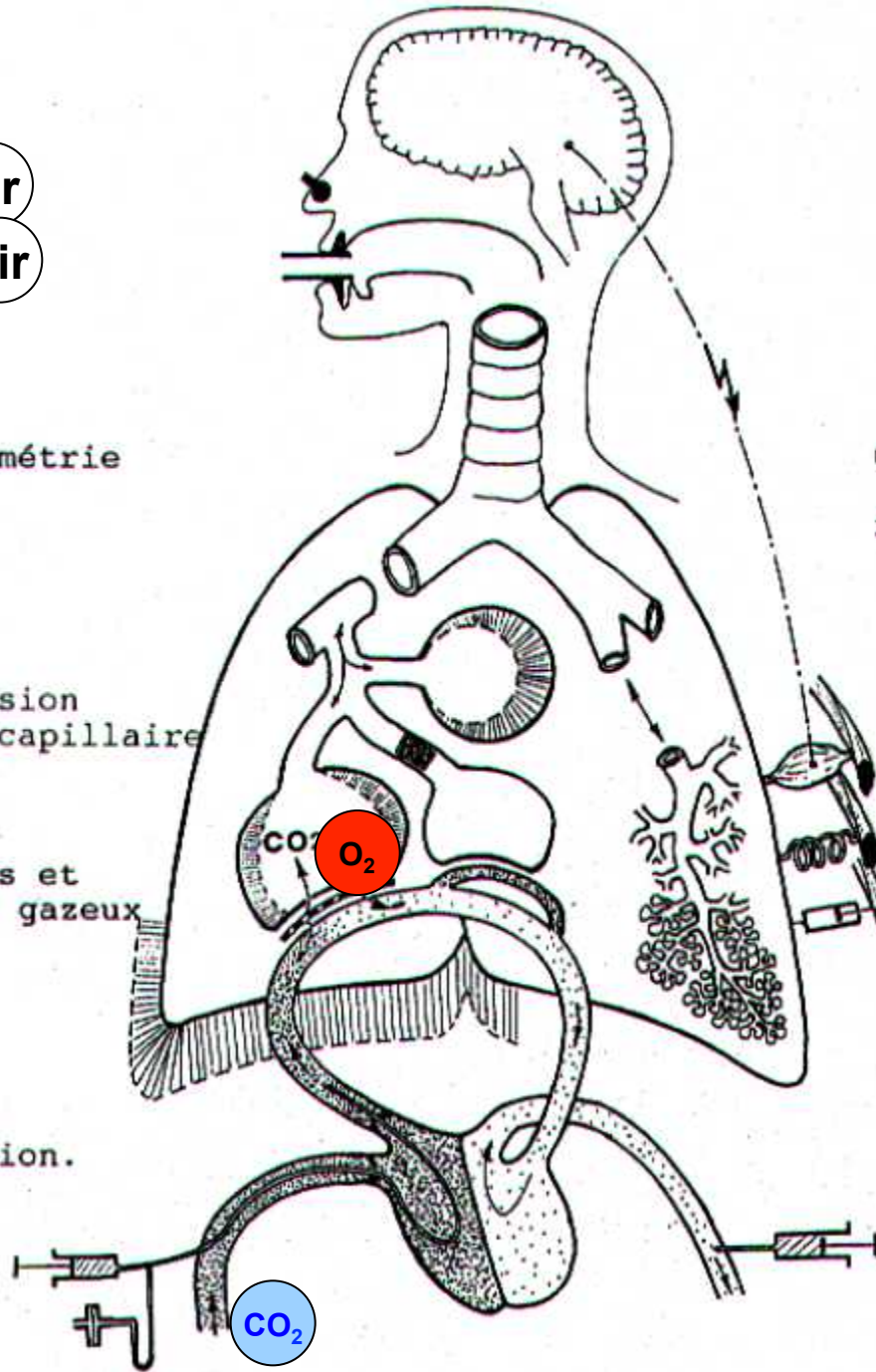
Contrôle
de la
respiration.

Diffusion
alvéolo-capillaire

Volumes et
échanges gazeux

Mécanique
respiratoire.

Circulation.



CO₂

Le fonctionnement des ergospiromètres

Les paramètres mesurés :

$\dot{V}CO_2$ Rejet de dioxyde de carbone (débit)

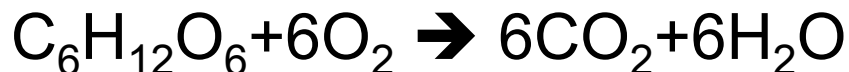
Exprimé en mL/min

Le CO_2 mesuré ne correspond qu'au CO_2 rejeté

On fait l'hypothèse que le taux de CO_2 dans l'air ambiant est négligeable
(attention aux conditions ambiantes dans la salle d'examen)

Le CO_2 a une double origine :

-NUTRITIONNELLE



-METABOLIQUE



PLAN

Principes de fonctionnement des ergospiromètres

Que faut-il faire avant une épreuve

Les contrôles lors de l'épreuve d'effort

Que faut-il faire avant un test

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 : température, degré hygrométrique, pression barométrique
- 3) Calibrer les gaz et les débits (passé les 30 minutes)

Entre les tests

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

Après les tests

- 1) Fermer les bouteilles de gaz ...

PLAN

Principes de fonctionnement des ergospiromètres

Que faut-il faire avant une épreuve

Les contrôles lors de l'épreuve d'effort

Les contrôles lors de l'épreuve d'effort

Au repos, avant de débiter

1) Le VO_2 de repos est-il juste ?

1 MET = 3,5 ml/kg/min

Au repos sur le vélo entre 1 et 1,5 METs

VO_2 compris entre 3,5 et 5 ml/kg/min

2) Le QR est-il acceptable

$\text{QR} = \text{VCO}_2 / \text{VO}_2$

QR mixte de référence = 0,85

A jeun fin de matinée QR < 0,8

Post prandial QR < 0,9-0,95

Que faut-il faire si le QR est élevé ?

3 La ventilation est-elle acceptable

$\text{VE} < 10-15 \text{ l/min}$, $\text{FR} < 15 \text{ cycles/min}$

Les contrôles lors de l'épreuve d'effort

Le QR

Glucides



Lipides



Si mon alimentation est mixte et équilibrée

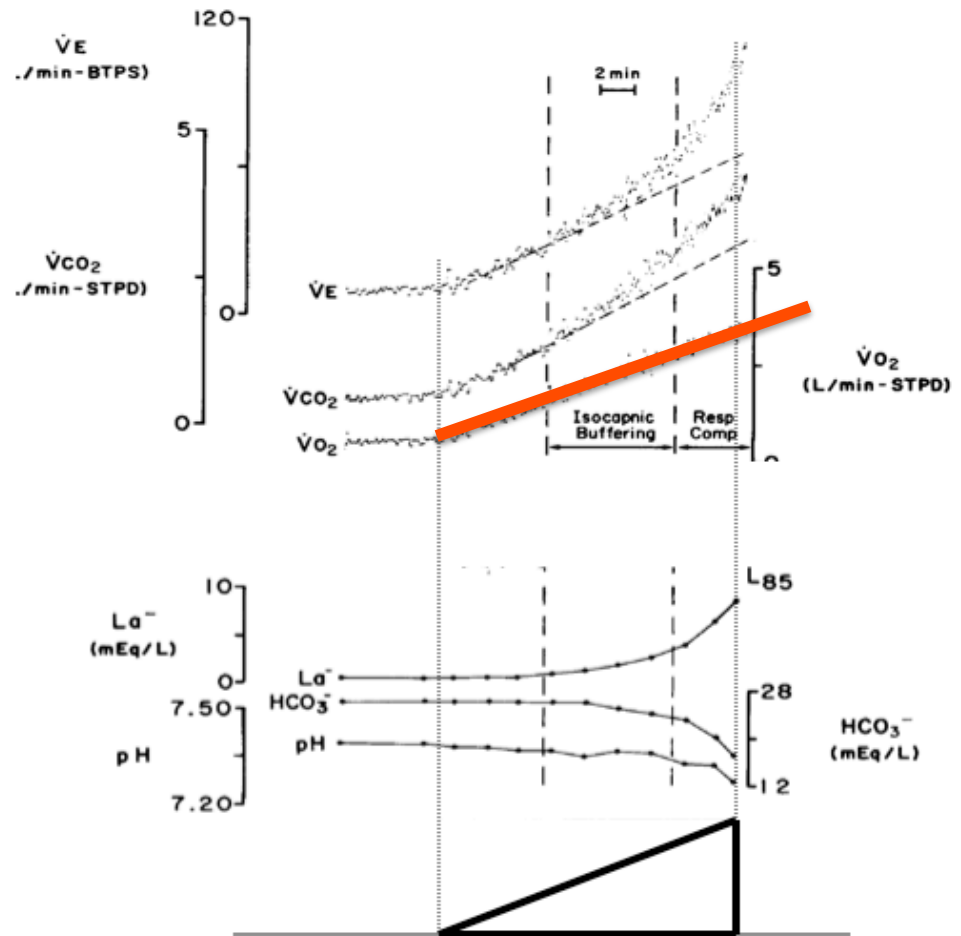
50% Glucide + 50% Lipides

$$\text{QR} = (0,5 \times 1_{\text{Glu}}) + (0,5 \times 0,7_{\text{Lip}}) = 0,5 + 0,35 = 0,85$$

Les contrôles lors de l'épreuve d'effort

Pendant le test

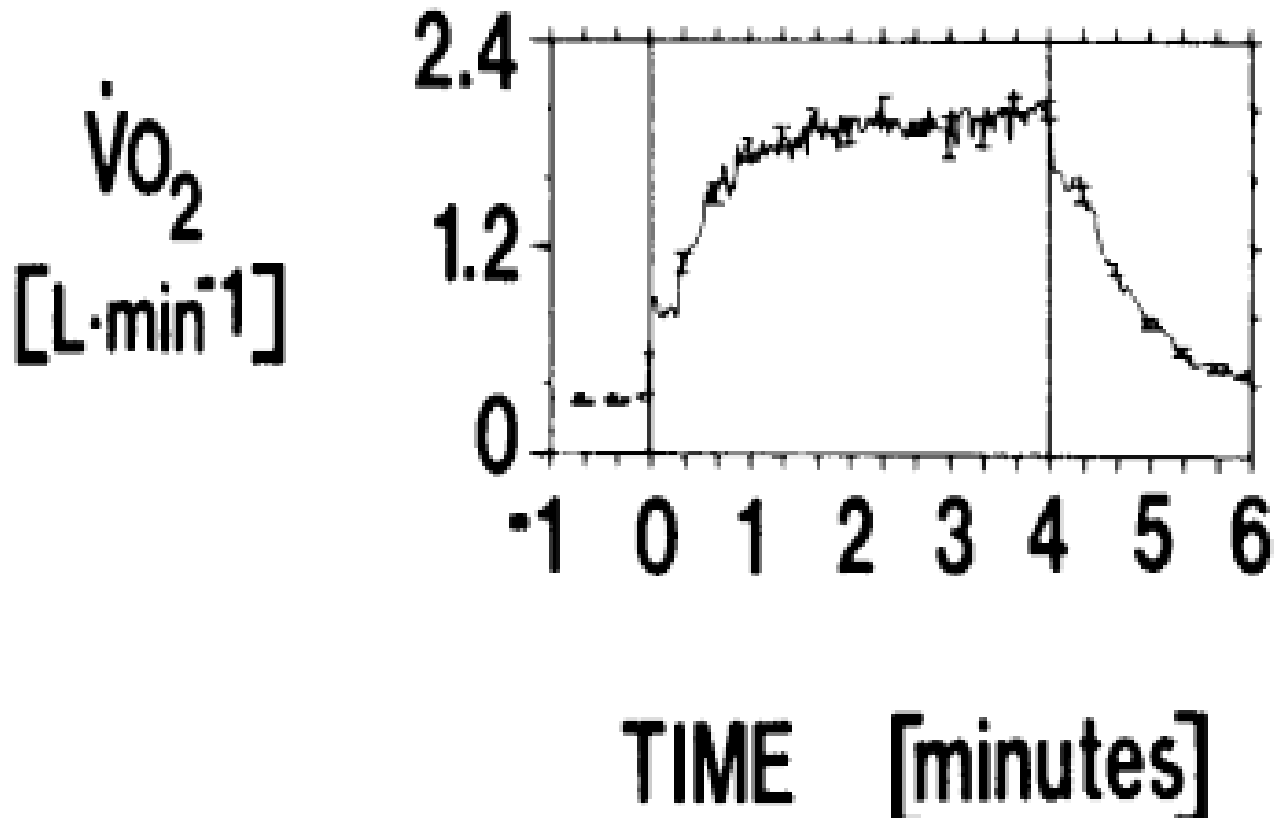
Le $\dot{V}O_2$ mesuré est-il juste



Les contrôles lors de l'épreuve d'effort

Pendant le test

Le $\dot{V}O_2$ mesuré est-il juste



Les contrôles lors de l'épreuve d'effort

Pendant le test

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).

$\Delta\text{VO}_2 / \Delta \text{Watts} \approx 10,3$ lors d'un exercice en rampe

VO_2 basale = (3,5-5) × poids (kg)

1 MET = $3,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

Les contrôles lors de l'épreuve d'effort

Pendant le test

La ventilation mesurée est-elle juste

$$VE = 21.8 \times VO_2 \text{ (l}\cdot\text{min}^{-1}\text{)} + 5$$

A 100 watts, $VO_2 \approx 1,5$ 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

Les contrôles lors de l'épreuve d'effort

Que faut-il faire si les paramètres que je mesure ne sont pas ceux attendus ?

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

Evaluation à l' Effort avec Mesure des Echanges Gazeux

Méthodologie - Métrologie

Dr. Ruddy RICHARD

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Centre de recherche en Nutrition Humaine, Unité d' Evaluation en Nutrition, UMR 1019,
Clermont-Ferrand, France *et*

Service de Médecine du Sport et des Explorations Fonctionnelles

CHU G. Montpied, 58 rue Montalembert,
63003 Clermont-Ferrand Cedex 1

r-richard@chu-clermontferrand.fr

ruddy.richard@udamail.fr