

**TP UE 42 Entraînement**  
***Evaluation de la consommation maximale d'oxygène (VO<sub>2</sub>max)***  
***par une épreuve sous-maximale indirecte en laboratoire : le test***  
***d'Astrand-Ryhming (1954) sur ergocycle***  
***Composition corporelle***

## **I. Le test d'Astrand-Ryhming (1954) avec nomogramme**

**Principe** : cette méthode d'estimation indirecte de VO<sub>2</sub>max en laboratoire est la plus connue de toutes. Elle est fondée sur les hypothèses suivantes :

- Il existe une relation linéaire entre la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène pour les exercices sous-maximaux. Statistiquement, à un pourcentage donné de la consommation maximale d'oxygène correspond, à l'état stable, une fréquence cardiaque :

$$\% \text{VO}_2\text{max} = 0.77 \times \text{FC} - 48.6$$

- pour une même puissance d'exercice, le rendement mécanique est supposé peu différent d'un sujet à l'autre (25-30 %) et, par conséquent, il est possible d'exprimer la puissance d'exercice en équivalent oxygène. Connaissant la puissance d'exercice, la consommation d'oxygène peut être supposée. Par exemple, si le sujet effectue un exercice de 150 W, la valeur la plus probable de sa consommation d'oxygène à l'état stable de cet exercice est de 2.1 l/min.

Les valeurs maximales de fréquence cardiaque et de consommation d'oxygène sont atteintes pour un niveau voisin de puissance appelée Puissance Maximale Aérobie ; de ce fait VO<sub>2</sub>max peut être extrapolé à partir de la fréquence cardiaque maximale (FCmax). FCmax est selon les auteurs, pratiquement la même au sein d'une population homogène de même âge. Elle est de l'ordre de 220 - âge (ans), soit 200 bpm chez un sujet âgé de 20 ans.

### **Caractéristiques de l'épreuve**

- force de freinage : variable selon l'âge, le sexe, le poids et le niveau de capacité de travail aérobie : elle est fixée à 2 watts/kg pour les hommes, et 1.5 watts/kg pour les femmes, et réajustée le cas échéant au début de l'épreuve,
- fréquence de pédalage : au moins 60 ± 10 rpm,
- nombre de paliers: palier unique,
- durée du palier : 4 à 6 minutes.

### **Matériels**

- bicyclette ergométrique à freinage électromagnétique ou mécanique.
- dispositif de recueil de la fréquence cardiaque: cardiofréquencemètre,
- chronomètre,
- mesure de la cadence de pédalage.

**Démarrage (sur ergomètre Technogym Bikerace)** : réglez la hauteur de selle et les cales pieds. Appuyez sur les boutons suivants : entraînement manuel → votre poids → votre âge → 6 (filles) ou 7 (garçons) pour le niveau de difficulté → choisir le temps (touche 2) → taper 06 → le compte à rebours commence. Tous les choix doivent être validés par une pression sur le bouton « entrée ».

NOM :

Prénom :

**Démarrage (sur ergomètre Technogym Spintrainer)** : réglez la hauteur de selle et les cales pieds. Ajustez le braquet à 52\*14 (garçons) ou 52\*15 (filles). Appuyez sur les boutons suivants : entraînement manuel → ATM : 1 → votre âge → votre poids → niveau peloton : 5 → durée : 6 → le compte à rebours commence. Tous les choix doivent être validés par une pression sur le bouton « entrée ». Ensuite la puissance de travail à respecter correspond à 2X poids du corps pour les garçons, et 1.5 X poids du corps pour les filles.

### Protocole

- on recommande au sujet de se concentrer sur la cadence de pédalage et d'éviter de parler au cours de l'épreuve,
- le sujet doit pédaler en position assise, à une cadence voisine de 60 rpm.
- la charge est fixée de façon à ce qu'elle induise une valeur de fréquence cardiaque comprise entre 120 et 170 bpm.
- après ajustement de la charge, la puissance de travail peut être corrigée, le cas échéant, pendant la 2ème minute de l'épreuve, si FC n'est pas comprise dans la fourchette déterminée ci-dessus. Il est recommandé d'imposer une charge qui induise une fréquence cardiaque, autant que possible, proche de 170 bpm, afin d'assurer la meilleure prédiction possible.
- la durée minimale de l'épreuve est de 4 minutes, durée jugée suffisante pour atteindre un état d'équilibre du système cardio-respiratoire. Si cet état stable n'est pas atteint, c-a-d lorsque la différence de la fréquence cardiaque entre la troisième et quatrième, ou quatrième et cinquième minute dépasse cinq battements, la durée de l'épreuve est prolongée d'une minute.

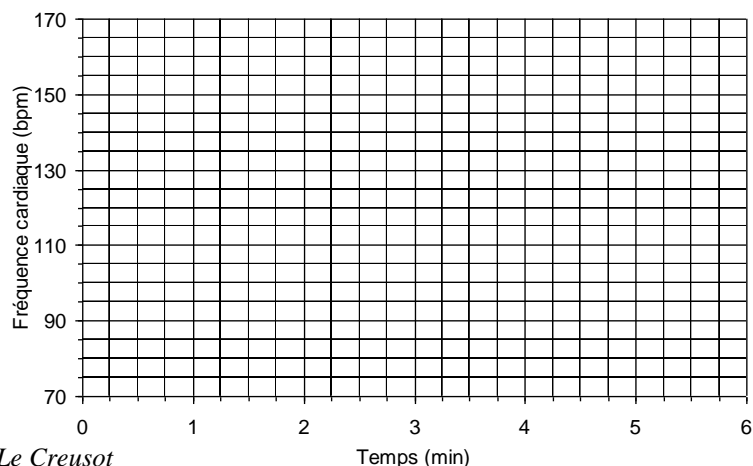
**Contrôle et recueil des données** : pendant toute la durée de l'épreuve, les paramètres suivants sont contrôlés régulièrement :

- la puissance développée en Watts, qui doit être la plus stable possible (hormis les ajustements nécessaires),
- la fréquence cardiaque est relevée toutes les 15 secondes → renseigner le tableau ci-dessous et tracer la relation de la FC en fonction du temps.

Temps	0 s	15 s	30 s	45 s	1 min	1min15	1min30	1min45	2 min	2min15	2min30	2min45	3 min
FC													

3min15	3min30	3min45	4 min	4min15	4min30	4min45	5 min	5min15	5min30	5min45	6 min	



NOM :

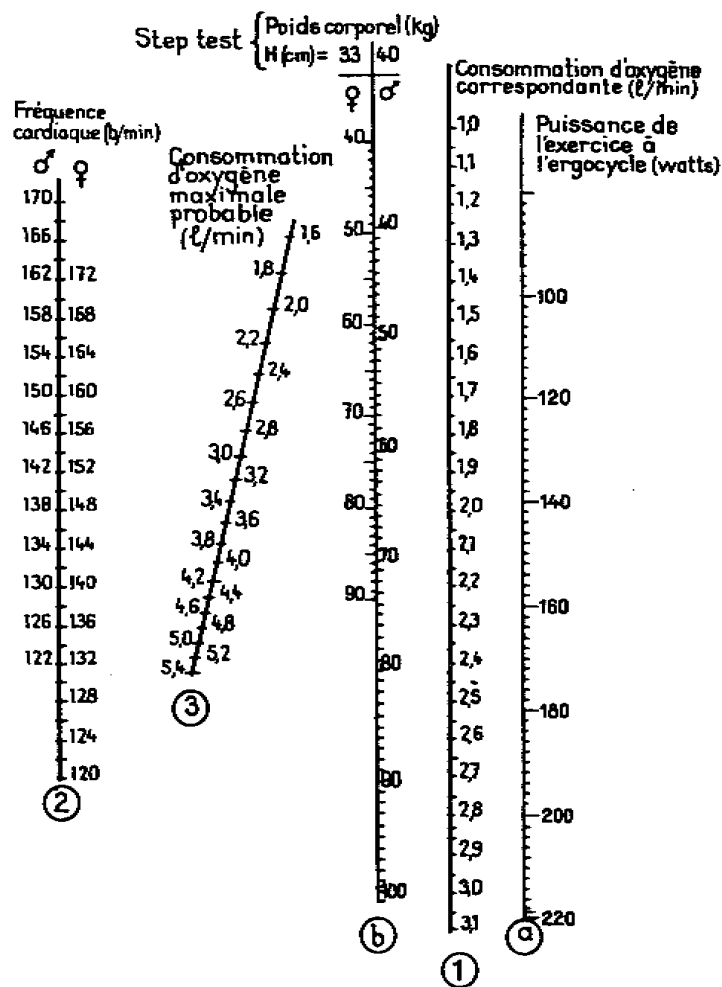
Prénom :

**Résultats** : la consommation maximale d'oxygène peut être estimée à l'aide du nomogramme d'Astrand-Ryhming ci-dessous.

Age	Poids corporel	FC max théorique	Puissance développée	FC en fin d'épreuve	% de VO <sub>2</sub> max théorique correspondante	VO <sub>2</sub> max estimée absolue	VO <sub>2</sub> max estimée relative

## NOMOGRAMME

### Test d'ASTRAND et RYHMING



On procède successivement aux opérations suivantes :

- indiquer la puissance développée en portant un point sur l'échelle a (ergocyclomètre) ou b (step-test ; homme ou femme),
- tirer un trait horizontal partant de ce point sur l'échelle 1 : on a la valeur de la  $\dot{V}O_2$  pour cet exercice,
- indiquer la fréquence cardiaque correspondante et mesurée, en portant un point sur l'échelle 2, homme ou femme,
- tirer une droite entre le point déterminé sur l'échelle 1 et sur l'échelle 2,
- l'intersection avec l'échelle 3 donne la valeur de la  $\dot{V}O_2$  max probable.

NOM :

Prénom :

## II. Le test de mesure indirecte avec équation de droite

**Principe** : cette méthode d'estimation indirecte de  $VO_2\text{max}$  en laboratoire se base aussi sur les relations linéaires qui unissent la fréquence cardiaque, la puissance de l'exercice et la consommation maximale d'oxygène, depuis 50% à 100% de  $VO_2\text{max}$ . En mesurant la fréquence cardiaque pour deux puissances d'exercice différentes, il est possible de tracer une droite, dont l'intersection avec le FC max. théorique ( $220-\text{âge}$ ) donne la valeur de PMA. A partir de cette valeur, il devient possible d'estimer  $VO_2\text{max}$  à partir de l'équation suivante :

$$\text{VO}_2\text{max} = (13,5 \times \text{PMA} + 100) / \text{poids}$$

ml/min/kg                      Watts                      kg

### Caractéristiques de l'épreuve

- force de freinage : elle évolue en trois paliers de 2 min.
- pour les garçons, le 1<sup>er</sup> palier correspond à 120 W, le 2<sup>nd</sup> à 150 W, et le 3<sup>e</sup> à 180 Watts,
- pour les filles, le 1<sup>er</sup> palier correspond à 60 W, le 2<sup>nd</sup> à 80 W, et le 3<sup>e</sup> à 100 Watts,
- fréquence de pédalage : 60 - 80 rpm,
- nombre de paliers: 3,
- durée du palier : 2 minutes.

### Matériels

- bicyclette ergométrique à freinage électromagnétique ou mécanique.
- dispositif de recueil de la fréquence cardiaque: cardiofréquencemètre,
- chronomètre,
- mesure de la cadence de pédalage.

**Démarrage (sur ergomètre Technogym Bikerace)** : réglez la hauteur de selle et les cale-pieds. Appuyez sur les boutons suivants : entraînement manuel → votre poids → votre âge → 6 (garçons) ou 3 (filles) pour le niveau de difficulté → choisir le temps (touche 2) → taper 08 → le compte à rebours commence. Tous les choix sont validés par une pression sur le bouton « entrée ».

**Démarrage (sur ergomètre Technogym Spinrainer)** : → demander à Mr Leca.

### Protocole garçons

- on recommande au sujet de se concentrer sur la puissance développée (120 W, puis 150 W, puis 180 W et éventuellement 210 W) et d'éviter de parler au cours de l'épreuve,
- le sujet doit pédaler en position assise, à une cadence voisine de 60-70 rpm.
- après 2 min., la résistance de l'ergomètre est augmentée pour induire une augmentation de puissance de 30 W (de 6 à 7 puis de 7 à 8 pour le niveau de difficulté).

### Protocole filles

- on recommande au sujet de se concentrer sur la puissance développée (60 W, puis 80 W, puis 100 W et éventuellement 120 W) et d'éviter de parler au cours de l'épreuve,
- le sujet doit pédaler en position assise, à une cadence voisine de 60-70 rpm.
- après 2 min., la résistance de l'ergomètre est augmentée pour induire une augmentation de puissance de 20 W (de 3 à 4 puis de 4 à 5 pour le niveau de difficulté).

NOM :

Prénom :

**Contrôle et recueil des données** : pendant toute la durée de l'épreuve, les paramètres suivants sont contrôlés régulièrement :

- la puissance développée en Watts, qui doit être la plus stable possible : 120, puis 150, puis 180 Watts (éventuellement 210 W) pour les garçons et 60, puis 80, puis 100 Watts (éventuellement 120 W) pour les filles.
- pour les garçons, si pour 120 watts, la fréquence cardiaque est inférieure à 125 bpm, prévoir un quatrième palier à 210 watts.
- pour les filles, si pour 60 watts, la fréquence cardiaque est inférieure à 125 bpm, prévoir un quatrième palier à 140 watts.
- la fréquence cardiaque est relevée toutes les 15 secondes → renseigner le tableau ci-dessous et tracer la relation de la FC en fonction du temps.

G  
A  
R  
Ç  
O  
N  
S  
  
B  
I  
K  
E  
R  
A  
C  
E

	120 Watts difficulté 6								150 Watts difficulté 7				
<b>Temps</b>	15 s	30 s	45 s	1 min	1min15	1min30	1min45	2 min	2min15	2min30	2min45	3 min	
<b>FC</b>													

150 Watts difficulté 7				180 Watts difficulté 8							
3min15	3min30	3min45	4 min	4min15	4min30	4min45	5 min	5min15	5min30	5min45	6 min

210 Watts (éventuellement) difficulté 9							
6min15	6min30	6min45	7 min	7min15	7min30	7min45	8 min

G  
A  
R  
Ç  
O  
N  
S  
  
S  
P  
I  
N  
T  
R  
A  
I  
N  
E  
R

	120 Watts Braquet 52X15 Montée 0%								150 Watts Braquet 52X14 Montée 0%				
<b>Temps</b>	15 s	30 s	45 s	1 min	1min15	1min30	1min45	2 min	2min15	2min30	2min45	3 min	
<b>FC</b>													

150 Watts Braquet 52X14 Montée 0%				180 Watts Braquet 52X15 Montée 1%							
3min15	3min30	3min45	4 min	4min15	4min30	4min45	5 min	5min15	5min30	5min45	6 min

210 Watts (éventuellement) Braquet 52X14 Montée 1%							
6min15	6min30	6min45	7 min	7min15	7min30	7min45	8 min

NOM :

Prénom :

F I L L E S  
B I K E R A C E

	<b>60 Watts difficulté 3</b>								<b>80 Watts difficulté 4</b>			
<b>Temps</b>	15 s	30 s	45 s	1 min	1min15	1min30	1min45	2 min	2min15	2min30	2min45	3 min
<b>FC</b>												
	<b>80 Watts difficulté 4</b>				<b>100 Watts difficulté 5</b>							
	3min15	3min30	3min45	4 min	4min15	4min30	4min45	5 min	5min15	5min30	5min45	6 min
	<b>120 Watts (éventuellement) difficulté 6 (Bikerace)</b>											
	6min15	6min30	6min45	7 min	7min15	7min30	7min45	8 min				

F I L L E S  
S P I N T R A I N E R

	<b>60 Watts Braquet 52X19 Montée 0%</b>								<b>80 Watts Braquet 52X17 Montée 0%</b>			
<b>Temps</b>	15 s	30 s	45 s	1 min	1min15	1min30	1min45	2 min	2min15	2min30	2min45	3 min
<b>FC</b>												
	<b>80 Watts Braquet 52X17 Montée 0%</b>				<b>100 Watts Braquet 52X15 Montée 0%</b>							
	3min15	3min30	3min45	4 min	4min15	4min30	4min45	5 min	5min15	5min30	5min45	6 min
	<b>120 Watts (éventuellement) Braquet 52X14 Montée 0%</b>											
	6min15	6min30	6min45	7 min	7min15	7min30	7min45	8 min				

**Résultats** : la puissance maximale aérobie peut être estimée à partir de la connaissance de la fréquence cardiaque maximale théorique (220 – âge) et à partir de la droite tracée entre les trois points unissant la FC et la puissance. Si les trois points ne sont pas alignés, établir l’alignement à partir des deux dernières puissances.

Sur la base du calcul de l’équation de droite, il est possible d’estimer la PMA en prenant comme référence pour y la fréquence cardiaque maximale théorique.

Age	Poids	FC max théorique	FC palier 1	FC palier 2	FC palier 3	FC palier 4 ?	PMA estimée absolue	PMA estimée relative	VO <sub>2</sub> max estimée absolue	VO <sub>2</sub> max estimée relative







NOM :

Prénom :

### III. Composition corporelle

#### 3.1 Mesure de l'indice de masse corporelle

Indice de masse corporelle (BMI) = poids / taille<sup>2</sup>

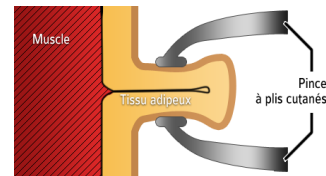
Données anthropométriques et BMI			
Age (années)	Taille (m)	Poids (kg)	BMI

#### 3.2 Mesure des plis cutanés

**Matériel** : une pince à pli Harpenden© (matériel qui a fait l'objet d'études de validation).

**Protocole** : mesurer (en mm) les 4 plis cutanés principaux :

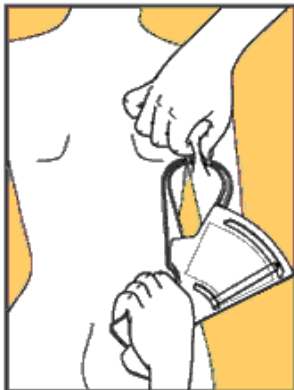
- pli bibipital : mesure verticale et au milieu du muscle,
- pli tricipital : mesure verticale et au milieu du muscle.
- pli sous-scapulaire : oblique sous la pointe de l'omoplate,
- pli supra-iliaque : oblique au-dessus de la crête iliaque à son intersection avec la ligne axillaire antérieure.



**Recommandations** : même côté (hémicorps droit) - pression minimale des doigts (pli entre le pouce et l'index) - maintien de la peau pendant la lecture - mâchoires de la pince parallèles au pli - relaxation complète : pas de contraction du muscle sous-jacent.

## Les 4 plis de la peau à pincer

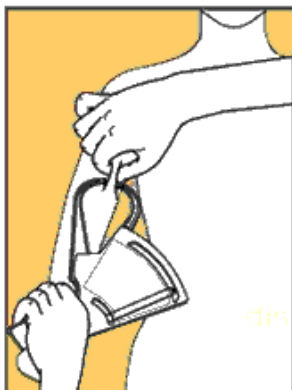
**Triceps**



**Sous-scapulaire**



**Biceps**



**Sus-iliaque**



NOM : Prénom :

**Résultats** : effectuer trois mesures pour chaque pli et noter la valeur moyenne dans le tableau ci-dessous :

Plis cutanés principaux			
Bicipital	Tricipital	Sous-scapulaire	Supra-iliaque

Calculer ensuite la somme des plis principaux (en mm)

$\Sigma$  4 plis = mm

Calculer votre densité corporelle à l'aide de la formule suivante :  $BD = C - [M \times \text{Log}(\Sigma 4\text{plis})]$

Densité<sub>plis</sub> = (conserver 4 chiffres après la virgule)

Equation de Durnin et Womersley					
	17 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	> 50
<b>HOMMES</b>					
C	1.1620	1.1631	1.1422	1.1620	1.1715
M	0.0678	0.0632	0.0544	0.0700	0.0779
<b>FEMMES</b>					
C	1.1549	1.1599	1.1423	1.1333	1.1339
M	0.0678	0.0717	0.0632	0.0612	0.0645

Calculer votre pourcentage de passe grasse par l'équation de Siri :  $\%MG = (495 / \text{Densité}) - 450$ .

MG = %

Calculer votre masse maigre par l'équation :  $MM = P - \left[ P \times \left( \frac{\%MG}{100} \right) \right]$  où P = poids en kg

MM = kg

Récapitulatif			
Somme 4 plis $\Sigma$ 4 plis	Densité corporelle BD	Pourcentage Masse grasse MG	Masse maigre MM