

# COURS CHARGE PHYSIQUE

## PROF. J. MALCHAIRE

### EVALUATION DU METABOLISME

- 1. Mesure VO<sub>2</sub>            cher, encombrant  
                                 perturbation des conditions de travail
- 2. Mesure FC             simple  
                                 FC = f (dynam, isométr, therm, ...  
                                 mesure de contrainte cardio-vasculaire globale  
                                 surestimation de M
- 3. Décomposition mouvements - postures  
                                 micro-ordinateur       -       papier-crayon
- 4. Analogie



### METABOLISME DE TRAVAIL

#### Rappels

- 1 l O<sub>2</sub>/min = 5 kcal/min = 300 kcal/h = 350 Watts
- homme standard (30 ans, 70 kg, bonne santé)  
Capacité Maximale de travail: CMT = 3 lO<sub>2</sub>/min = 1 kW
- femme (30 ans, 55 kg, bonne santé) : CMT = 660W
- travailleur donné  
CMT = f (âge, poids maigre, entraînement, ....)
- En valeurs absolues

100% CMT	5'	5kW			
			lourd	8h	400 W
33% CMT	8h	330 W			
			mi-lourd	8h	290 W
			léger	8h	170 W
	repos	100 W			

- En valeurs relatives

lourd	8h	100 + 30% (CMT - 100)
mi-lourd	8h	100 + 20% (CMT - 100)
léger	8h	100 + 10% (CMT - 100)

## CLASSIFICACIÓN DES MÉTHODES

### ISO 9886

Selon la stratégie **SOBANE**, quatre niveaux:

#### Comparaison des méthodes de détermination du métabolisme

Niveau	Méthode	Précision
<i>Dépistage</i>	A. Classification selon le métier	Information approximative Risque très grand d'erreur
	B. Classes d'activités	
<i>Observation</i>	A. Tables en fonction des postures et efforts	Risque élevé d'erreur Précision: $\pm 20\%$
	B. Tables pour des activités spécifiques	
<i>Analyse</i>	Evaluation à partir d'enregistrement de la fréquence cardiaque dans des conditions définies	Risque moyen d'erreur Précision: $\pm 10\%$
<i>Expertise</i>	Mesurage de consommation d'oxygène	Erreurs dans les limites de la précision de la mesure ou de l'étude de temps Précision: $\pm 5\%$

Les facteurs principaux affectant la précision sont:

- les différences dans l'équipement de travail
- les variations dans la vitesse de travail
- les différences de techniques de travail et de compétences professionnelles
- les différences de genre et de caractéristiques anthropométriques
- les différences culturelles
- les différences entre observateurs et leur niveau de formation
- en utilisant le niveau 3, la précision de la relation entre la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène, et la présence d'autres facteurs influençant la fréquence cardiaque

## Niveau 1, *Dépistage*

- **Evaluation du métabolisme par professions.**

Variations importantes en raison de différences de technologie, de nature exacte du travail, d'organisation du travail...

#### Métabolisme pour différentes professions

	Métier	Métabolisme (watts)
Artisans	Maçon	200 - 290
	Charpentier	200 - 310
	Vitrier	160 - 230
	Peintre	180 - 230
	Boulangier	200 - 250
	Boucher	190 - 250
	Horloger	100 - 130
Mines	Mineur de charbon	200 - 400
	Ouvrier de four à coke	210 - 310
Sidérurgie	Ouvrier de haut fourneau	310 - 400
	Ouvrier de four électrique	220 - 260
	Mouleur manuel	250 - 430
	Mouleur à la machine	190 - 300
Métallurgie	Ouvrier de fonderie	250 - 430
	Forgeron	160 - 360
	Soudeur	130 - 220
	Tourneur	130 - 220

	Foreur	140 - 250
	Mécanicien de précision	130 - 200
Imprimerie	Imprimeur	125 - 170
	Relieur	135 - 200
Agriculture	Jardinier	200 - 340
	Conducteur de tracteur	150 - 200
Transport	Conducteur de voiture	125 - 180
	Chauffeur de bus	135 - 225
	Conducteur de tramway	145 - 210
	Grutier	115 - 260
Divers	Aide de laboratoire	150 - 180
	Enseignant	150 - 180
	Vendeur	180 - 220
	Secrétaire	125 - 150

• **Evaluation du métabolisme par catégories:**

5 classes de métabolismes: repos, léger, moyen, lourd, très lourd.

Qualificatifs utilisés pour un travail **EN CONTINU** de 8 h (en tenant compte des pauses habituelles). Ils n'ont pas de sens pour un travail occasionnel de quelques instants.

*Exemple:* monter un escalier est un travail

- très lourd s'il doit être fait pendant 8 h en continu
- c'est tout à fait acceptable si cela dure 30 secondes.

Ces activités sont censées inclure des pauses de détente courtes.

## CLASSES DE METABOLISME

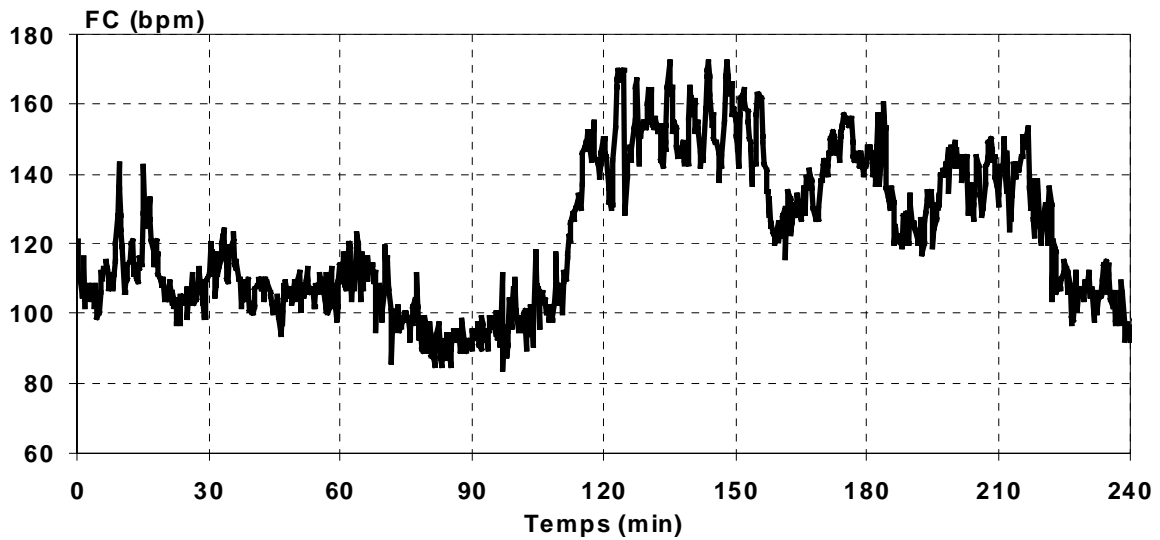
Classe	Métabolisme watts	Exemples
repos assis repos debout	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• travail de secrétariat</li> <li>• travail assis manuel léger (taper sur un clavier, dessiner, coudre,...)</li> <li>• travail assis avec de petits outils, inspection, assemblage léger</li> <li>• conduite de voiture, opération d'une pédale, ...</li> <li>• forage, polissage légers de petites pièces</li> <li>• utilisation de petites machines à main</li> <li>• marche occasionnelle lente</li> <li>• travail soutenu des mains et des bras (clouage, vissage,...)</li> <li>• conduite d'engins, tracteurs, camions, ...</li> <li>• manutention occasionnelle d'objets moyennement lourds</li> <li>• marche plus rapide (3,5 à 5,5 km/h)</li> <li>• travail intense des bras et du tronc</li> <li>• manutention d'objets lourds, de matériaux de construction</li> <li>• pelletage, sciage à main, rabotage</li> <li>• marche rapide (5,5 à 7 km/h)</li> <li>• pousser, tirer chariots, brouettes</li> <li>• travail très intense et rapide</li> <li>• pelletage lourd, creusage</li> <li>• montée d'escaliers ou d'échelles</li> <li>• marche très rapide, course (&gt;7km/h)</li> </ul>
	120	
léger	180	
moyen	300	
lourd	410	
très lourd	520	

## METABOLISME À PARTIR DE LA CHARGE DE TRAVAIL PAR ZONE CORPORELLE

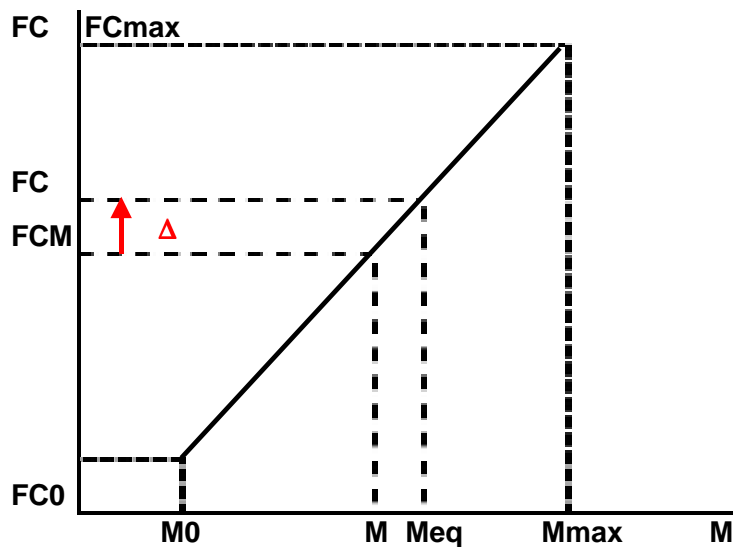
Zones corporelles impliquées	Travail		
	léger	moyen	lourd
les mains	120	150	170
un bras	180	220	250
les deux bras	240	270	300
le corps	340	460	620

## METABOLISME PAR ANALOGIE

Activités	M (watts)
Sommeil	70
Repos assis	100
Repos debout	125
Marche chemin uni, solide, de niveau	
1. sans charge	
à 2 km/h	200
à 3 km/h	250
à 4 km/h	300
à 5 km/h	360
2. avec charge	
10 kg de charge, 4 km/h	330
30 kg de charge, 4 km/h	450
Marche chemin uni, solide, en montée	
1. sans charge	
5° inclinaison, 4 km/h	320
15° inclinaison, 3 km/h	380
25° inclinaison, 3 km/h	540
2. avec charge 20 kg	
15° inclinaison, 4 km/h	490
25° inclinaison, 4 km/h	740
Descente à 5 km/h, sans charge	
5° inclinaison	240
15° inclinaison	250
25° inclinaison	320
Echelle 70° vitesse 11,2 m haut/min	
non chargé	520
20 kg de charge	650
Pousser ou tirer des wagonnets, 3,6 km/h, chemin plat, solide	
force de poussée : 12 kg	520
force de poussée : 16 kg	670
Porter une brouette, chemin uni, 4,5 km/h, bandage en caoutchouc, 100 kg de charge	410
Limer du fer	
42 coups de lime/min	180
60 coups de lime/min	340
Travail au marteau, 2 mains, poids du marteau, 4,4 kg, 15 coups/min	
Menuiserie. sciage à la main	520
sciage à la machine	400
rabotage à la main	180
	540
Maçonnerie, 5 briques/min	
Vissage	310
	180



### INTERPRETATION



$$FC = FC_0 + dFC_M + dFC_{isom} + dFC_{th} + dFC_n + \epsilon$$

$$= FCM + \Delta$$

$M_{eq} = M$  qui sur bicyclette ergométrique donne la même FC

surestimation = protection

- **FC et métabolisme au repos:**
  - Métabolisme de repos assis  $M_0 = 100$  W (hommes et femmes).

- FC de repos assis  $FC_0 = 75$  bpm ou  $FC_{99}$  dépassé pendant 99% du temps d'observation
- **FC maximale et CMT**
  - $FC_{max} = 205 - 0.62 \text{ âge}$  (220 – âge)
  - $CMT = (18 - 0.1 * \hat{\text{Age}})$  Poids (hommes)
  - $(14.5 - 0.1 * \hat{\text{Age}})$  Poids (femmes)
  - Poids "normal"
    - $P = 0.75 \text{ Taille} + 0.31 \hat{\text{Age}} - 65$  (hommes)
    - $P = 0.64 \text{ Taille} + 0.31 \hat{\text{Age}} - 55$  (femmes)
  - Et poids idéal (nutritionnistes):
    - $P = (3 \text{ Taille} - 250)/4$  (hommes y Femmes)
- $FC = a M + b$   
Où  $a = (FC_{max} - FC_0)/(CMT - M_0)$   
 $b = FC_0 - a \cdot M_0$
- Validité
  - CMT,  $FC_{max}$ ,  $FC_0$  et  $M_0$  approximatifs
  - Relation FC-M valable strictement pour des valeurs de FC supérieures à 110-120 bpm.
    - En dessous: effets émotionnels ou autres
  - Relation dépendante du groupe musculaire utilisé
  - Toujours influence:
    - des conditions thermiques  $\Delta FCT$
    - des efforts statiques  $\Delta FCS$
    - Des autres composants  $\Delta FCN$  y  $\Delta FCe$
- **Métabolisme équivalent:** métabolisme qui, sur *bicyclette ergométrique*, lors d'une épreuve d'effort, aurait donné lieu à la même valeur de FC que celle observée au poste de travail

**Relation Métabolisme (en watts) – Fréquence cardiaque,  
Prédite en fonction de l'âge et du poids du travailleur (femmes et hommes)**

Age (ans)	Poids				
	50 kg	60 kg	70 kg	80 kg	90 kg
<b>Femmes</b>					
<b>20</b>	5.2 FC-270	6.1 FC-324	6.8 FC-378	7.6 FC-427	8.1 FC-473
<b>30</b>	5.0 FC-257	6.0 FC-311	6.7 FC-361	7.2 FC-410	7.9 FC-457
<b>40</b>	4.9 FC-244	5.6 FC-165	6.3 FC-346	7.0 FC-392	7.7 FC-439
<b>50</b>	4.7 FC-229	5.4 FC-279	6.1 FC-328	6.7 FC-373	7.4 FC-418
<b>Hommes</b>					
<b>20</b>	6.7 FC-361	7.6 FC-428	8.5 FC-491	9.4 FC-553	10.1 FC-610
<b>30</b>	6.5 FC-355	7.4 FC-419	8.3 FC-482	9.2 FC-542	9.9 FC-600
<b>40</b>	6.3 FC-346	7.2 FC-410	8.1 FC-472	9.0 FC-531	9.7 FC-587
<b>50</b>	6.1 FC-335	7.2 FC-400	7.9 FC-461	8.8 FC-518	9.5 FC-574

## MESURAGE DE LA CONSOMMATION D'OXYGÈNE

Cher et difficile  
Perturbe les conditions de travail