

Manutention

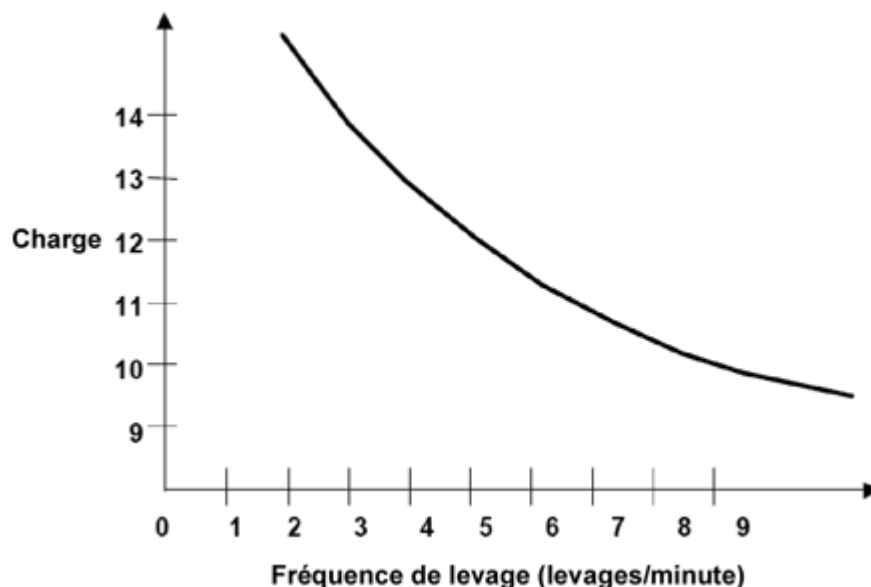
en milieu de travail

Qu'est-ce que l'approche physiologique

André Plamondon, IRSST

L'approche physiologique vise à établir une tâche de travail qui demeure à l'intérieur d'une réponse physiologique acceptable. Pour ce faire, elle évalue le niveau de fatigue physique généralisée et, dans une moindre mesure, de fatigue musculaire locale. Cette approche est particulièrement valide lorsque la tâche de manutention implique plus de trois levages/minute. Plus la fréquence augmente, plus la charge doit diminuer de façon à ne pas excéder un seuil physiologique acceptable, tel qu'illustré ci-dessous.

Relation entre la charge recommandée (en kg) et la fréquence de levage



Source : <http://fr.slideshare.net/Lecano/manual-materials-handling-osha-oregon>

Les deux critères les plus fréquemment utilisés pour évaluer l'effort fourni (la dépense énergétique) et la fatigue sont :

1. le taux d'oxygène consommé (VO_2) en pourcentage de la consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}) ;
2. la fréquence cardiaque absolue ou en fonction de la fréquence cardiaque au repos.

Qu'est-ce que l'approche physiologique

La capacité aérobie maximale ($VO_2\text{max}$) se mesure sur vélo d'exercice, sur tapis roulant ou encore, au cours d'une activité de manutention. La $VO_2\text{max}$ est généralement supérieure sur tapis roulant, moins élevée sur vélo et au plus bas pendant les activités de manutention. Les valeurs estimées de $VO_2\text{max}$ et de VO_2 selon différentes études sont présentées dans le tableau ci-dessous, suivi d'une interprétation.

Tableau de différentes valeurs de $VO_2\text{max}$ et de VO_2 évaluées à la course sur tapis roulant, sur vélo stationnaire ou lors d'activités de manutention

Auteurs	Valeurs de $VO_2\text{max}$ ou VO_2	Commentaires
Khalil et coll. (1985)	$VO_2\text{ max}^1 = 3,48 \text{ L/min}$ $VO_2\text{max}^3 = 91 \%$ vélo à 11 levages/min $VO_2\text{ max}^3 = 57 \%$ vélo à 11 levages/min	Comparaison entre les valeurs de $VO_2\text{max}$ sur vélo avec différentes fréquences de manutention
Petrofsky et Lind (1978)	$VO_2\text{ max}^1 = 3,7 \text{ L/min}$ $VO_2\text{ max}^3 = 81 \%$, 1 charge lourde $VO_2\text{ max}^3 = 53 \%$, 1 charge légère	Fréquence des boîtes vides = 64-72 levages/min Fréquence des boîtes de 36 kg = 20-24 levages/min
Garg et Saxena (1979)	$VO_2\text{ libre}^4 = 0,66 \text{ L/min}$ à 3 levages/min Charge = 22,8 kg $VO_2\text{ libre} = 1,11 \text{ L/min}$ à 12 levages/min Charge = 13,6 kg	La technique « squat » (accroupi) engendre la plus grande dépense énergétique ; le travailleur ne réduit pas le poids de la charge en proportion de l'augmentation de la fréquence de levages. Poids moyen = 16 kg, technique libre
Garg et Saxena (1985)	$VO_2\text{ libre} = 1,16 \text{ L/min}$ $VO_2\text{ « squat »} = 1,50 \text{ L/min}$	Étude sur le terrain ; le « squat » se révèle plus lent et plus exigeant qu'une technique libre.
Hagen et coll. (1993)	$VO_2\text{ max}^1 = 4,25 \text{ L/min}$ $VO_2\text{ max}^3$ « squat » = 3,01 L/min $VO_2\text{ max}^3$ « stoop » = 2,58 L/min	La perception de fatigue au dos était supérieure avec la technique « stoop » (penché).
Kell et Bhambhani (2003)	$VO_2\text{ max}^3$ « squat » ♂ = 2,91 L/min $VO_2\text{ max}^3$ « squat » ♀ = 2,21 L/min	Importance de la masse maigre...

Qu'est-ce que l'approche physiologique

Kumar (1984)	VO_2 libre = 0,80 L/min (mâle) VO_2 « squat » = 1,06 L/min VO_2 « stoop » = 0,68 L/min	Le « stoop » < libre
Nindl et coll. (1998)	VO_2 max ³ « squat » ♂ = 3,43 L/min VO_2 max ³ « squat » ♀ = 2,32 L/min	
Fernandez et coll. (1991)	VO_2^3 = 0,6 L/min à 2 levages/min VO_2^3 = 1,1 L/min à 8 levages/min	Durée : 25 min vs 8 h
Genaidy et coll. (1990)	VO_2^3 = 0,88 L/min ; charge = 5 kg x 4 levages/min VO_2 = 2,46 L/min ; 20 kg x 10 levages/min	« Squat » : endurance sur une période de temps maximale recommandée de 8 heures de travail = 23 % VO_2 max (course) ; 0,883 L/min ; 99 batt./min
De Looze et coll. (1992)	VO_2^3 = 1,34 L/min ; charge = 6 kg VO_2^3 = 1,51 L/min ; charge = 11 kg VO_2^3 = 1,63 L/min ; charge = 16 kg	L'efficience ⁵ est de l'ordre de 12 % à 16 %.
Nicholson et Legg (1986)	VO_2 = 0,75 L/min ; charge = 26,4 kg	4 actions/min = lever et descente L'efficience est de l'ordre de 7 % à 8 %.
Sharp et coll. (1988)	VO_2 max ¹ = 3,63 L/min VO_2 max ² = 4,12 L/min VO_2 max ³ = 3,20 L/min	L'efficience est de l'ordre de 17 %.
Dempsey et coll. (2008)	VO_2^3 = 0,89 L/min ♂ VO_2^3 = 0,97 L/min ♀	Équation de régression « low lift » (levage bas) : ♂ Masse = 92,3 kg ; grande boîte ; fréquence = 4 lev/min ; charge = 15 kg ♀ Masse = 72,4 kg ; grande boîte ; fréquence = 4 lev/min ; charge = 15 kg

1 Sur vélo stationnaire

2 Course sur tapis roulant

3 Manutention : VO_2 max course > VO_2 max vélo > VO_2 max manutention (Mital et coll., 1997 ; Sharp et coll., 1988)

4 La technique libre est classée comme une technique mitoyenne nécessitant moins de flexion des genoux que le « squat » (accroupi) et moins de flexion au dos que le « stoop » (penché).

5 Efficience : énergie dépensée (travail mécanique externe) par rapport à l'énergie consommée (coût métabolique) ou encore, rapport de ce qui est produit sur ce qui en coûte pour le produire. 1 litre d'oxygène correspond à une dépense énergétique de 5 kcal.

Interprétation du tableau

On constate que la VO_2 max sur vélo peut atteindre 4,25 L/min (Hagen et coll., 1995). Les meilleurs athlètes d'endurance (course, vélo) peuvent atteindre jusqu'à 6 L/min. La VO_2 max estimée lors d'activités de manutention est toujours inférieure aux valeurs obtenues à la marche ou à la course. C'est probablement parce que la manutention à très haute intensité requiert un apport d'énergie aérobie (avec oxygène), mais également anaérobie (sans apport d'oxygène). Il y a aussi le fait que les sujets sont généralement plus habitués à fournir des efforts maximaux lors d'activités de course et de vélo. On constate enfin que dans des activités normales de manutention, la VO_2 s'approche du 1 L/min, selon le poids de la charge, la fréquence de manutention et la distance de transfert, trois variables importantes dans la dépense énergétique en manutention.

Il existe une autre manière de comparer le travail de manutention avec d'autres types d'activité physique en estimant la valeur en MET. Le MET est l'équivalent métabolique qui correspond à une consommation d'oxygène au repos (VO_2) de l'ordre de 3,5 ml O_2 /kg/min, c'est-à-dire pour une personne de 70 kg, de 0,25 L/min ($70 \times 3,5/1000$). Dans le tableau qui suit, les activités physiques sont classées en multiples de l'activité « repos » en MET et varient de 0,9 (dormir) à un maximum de 18 MET (courir à une vitesse de 17,5 km/h). Il importe de souligner qu'il ne s'agit ici que de valeurs approximatives, car la dépense énergétique dépend de nombreux facteurs.

Illustration de trois techniques de manutention couramment citées en recherche



« Squat » (accroupie)

Technique libre

« Stoop » (penchée)

Tableau comparatif de l'activité de levage et d'autres types d'activité physique (en MET)

Activité physique	MET ₁	Remarques
Travail assis	1,5	Travail de bureau assis, lecture
Manutention : levage	4,0	Levage continu d'une charge de 4,5 kg à 9,1 kg
Marcher au travail	3,3	Marche à vitesse modérée à 4,8 km/h
Marcher au travail avec transport	4,0	Marche à vitesse modérée à 4,8 km/h avec transport d'un objet de moins de 11,5 kg
Transport de charge dans des escaliers	8,0	Transport de charge de 7,3 kg à 18,1 kg en montant des escaliers
Pelleter lentement	6,0	Pelleter moins de 4,5 kg/min
Pelleter modérément	7,0	Pelleter de 4,5 kg/min à 6,8 kg/min
Pelleter rapidement	9,0	Pelleter plus de 7,3 kg/min
Courir à 8 km/h	8,0	
Courir à 12,1 km/h	12,5	
Courir à 17,5 km/h	18,0	
Vélo à vitesse modérée	8,0	Vitesse variant de 19,3 km/h à 22,4 km/h
Vélo à vitesse rapide	12,0	Vitesse variant de 25,8 km/h à 30,6 km/h
Vélo à vitesse très élevée	16,0	Vitesse au-delà de 32,2 km/h

₁ MET correspond à la consommation d'oxygène au repos, soit 3,5 ml O₂/kg/min.

Source : [Ainsworth et coll., 2000](#)

Critère par rapport au % de VO₂max

La dépense énergétique dépend entre autres du nombre de muscles sollicités par l'activité, du type d'effort exercé (dynamique ou statique), de l'intensité et de la durée de l'effort. Le problème de fixer un critère sur la base de la VO₂max est que la capacité varie énormément selon la charge, la fréquence et la hauteur d'élévation de la charge. D'après une étude de Khalil et coll. (1985), elle varie de 57 % à 91 % de la VO₂max sur vélo d'exercice. Pour cette raison, certains auteurs préfèrent fixer le critère physiologique sur la base de la VO₂max sur tapis roulant ou sur vélo.

Par le passé, un critère limite de 1 litre d'O₂/min (ou 5 kcal/min) a été suggéré. Cette limite correspond approximativement à 35 % de la VO₂max sur tapis roulant. Le comité qui s'est penché sur l'équation révisée du NIOSH (Waters et coll., 1993) recommanda un critère physiologique inférieur, autour de 0,6 L/min (ou 3 kcal/min) pour 8 heures de travail, soit 33 % de la VO₂max fixée à 2 L/min.

<i>Critères physiologiques du NIOSH</i>				
Durée du travail de manutention	Hauteur de plus de 75 cm		Hauteur de moins de 75 cm	
	% de VO ₂ max*	kcal/min	% de VO ₂ max*	kcal/min
1 heure	35 %	3,3	50 %	4,7
De 1 à 2 heures	28 %	2,7	40 %	3,7
De 2 à 8 heures	23 %	2,2	33 %	3,1

* VO₂max = 9,5 kcal/min. 1 litre d'oxygène correspond à une dépense énergétique de 5 kcal.

Il semble cependant que ce niveau soit trop élevé pour du travail de manutention journalier. Les études de Legg et Myles (1985), de Legg et Pateman (1985), de Mital (1984) et de Mital et coll. (1997) suggèrent que le critère limite pour une journée de 8 heures de travail se situe autour de 21 % à 23 % de la VO₂max sur tapis roulant et de 28 % à 29 % de celle-ci sur vélo. Si une part importante du travail de manutention s'accomplit au moyen d'efforts dynamiques, des efforts statiques entrent aussi en jeu et ont un effet sur le niveau de fatigue musculaire local. Même en respectant ces limites, le travail de manutention peut donc causer des états de fatigue importants.

Critère de la fréquence cardiaque

Les valeurs absolues de fréquence cardiaque pour les hommes et les femmes se situent entre 90 et 112 battements/minute pour un travail de manutention continu. L'augmentation de la fréquence cardiaque au-dessus des valeurs au repos ne devrait pas dépasser de 30 à 35 battements/minute. Toutefois, les données relatives à la fréquence cardiaque devraient être analysées avec précaution, car elles peuvent varier en fonction d'autres facteurs que le travail musculaire, par exemple le stress au travail. Malgré tout, la fréquence cardiaque demeure un excellent moyen d'évaluer la charge physiologique de travail. Il existe également des méthodes pour évaluer la $VO_2\text{max}$ à partir de la fréquence cardiaque.