

# Consommation maximale d'oxygène, endurance et performance en course à pied

Autor(en): **Péronnet, François / Thibault, Guy**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Macolin : revue mensuelle de l'École fédérale de sport de Macolin  
et Jeunesse + Sport**

Band (Jahr): **41 (1984)**

Heft 7

PDF erstellt am: **10.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-997917>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



## Consommation maximale d'oxygène, endurance et performance en course à pied

François Péronnet/Guy Thibault

*Guy Péronnet, du Département d'éducation physique de l'Université de Montréal, est bien connu de nos lecteurs. Avec MM. Thibault, Ledoux, Brisson et Hermann, il est l'auteur de «Le Marathon», un livre que j'ai eu le plaisir de présenter dans le numéro 11/83 de MACOLIN, et que j'ai également attribué comme «Prix du mois». A la suite de l'article de Manuel Bueno: «Conceptions actuelles sur l'endurance du coureur de fond et de demi-fond», paru dans le no 12/83, Monsieur Péronnet m'écrit ce qui suit: «Je trouve cette étude tout à fait bonne pour ce qui est du fond et de la forme: il est toujours difficile de vulgariser et il y est très bien parvenu. Cependant, vous savez peut-être que l'on tend actuellement à bien distinguer la capacité aérobie (consommation maximale d'oxygène), de l'endurance, contrairement à Monsieur Bueno qui en fait des synonymes: «l'endurance est définie comme la capacité aérobie» (p. 7). Cette distinction a été, par exemple, très clairement faite dans les «recommandations aux auteurs» du Comité organisateur du 5e Symposium international de biochimie de l'exercice, présidé par le Dr H. Knuttgen (Boston 1982). Je pense qu'il y a là plus qu'une querelle de mots (que je ne souhaite pas faire à Monsieur Bueno), puisque VO<sub>2</sub>max et endurance sont indépendants et déterminent indépendamment et à des degrés divers la performance en course, comme cela est illustré dans la note que je vous transmets.»*

*C'est avec plaisir que je la publie. Son contenu est hautement intéressant et j'en remercie très sincèrement François Péronnet et Guy Thibault, son collaborateur.*

### Note sur les auteurs

- François Péronnet, professeur d'éducation physique, est docteur en physiologie et «fellow» de l'American College of Sports Medicine. Il est professeur agrégé et directeur du Département d'éducation physique de l'Université de Montréal.
- Guy Thibault, professeur d'éducation physique, est étudiant au Doctorat. Il travaille comme agent de recherche à la Régie de la sécurité dans les sports du Gouvernement de Québec. C'est aussi un coureur (2 h 30' au marathon) et c'est un des conseillers techniques de Jacqueline Gareau (marathonienne de talent). (Y. J)

Dans un article récent de la revue MACOLIN (11/83, p. 6 à 11) Manuel Bueno a fait une intéressante analyse de la capacité aérobie, de ses déterminants, de son importance pour l'athlète et des méthodes d'entraînement destinées à l'améliorer. Dans son exposé, il a employé de façon équivalente les termes de «capacité aérobie» et «d'endurance»: «L'endurance est définie comme la capacité aérobie.» C'est une assimilation qui est souvent faite. Cepen-

dant, au sens strict des termes, elle devrait être évitée, comme le recommandait le Comité organisateur du 5e Symposium International de Biochimie de l'exercice, tenu à Boston en 1982.

La capacité aérobie (que nous préférons appeler la puissance aérobie ou PAM, car c'est effectivement une puissance) et l'endurance sont, en effet, deux choses bien différentes, comme nous allons le voir.

### La PAM

La PAM d'un coureur est la puissance de travail (elle peut s'exprimer en watt) qu'il développe en courant, lorsque sa consommation maximale d'oxygène est exactement égale à son VO<sub>2</sub>max. C'est pourquoi la PAM peut s'exprimer tout simplement par le VO<sub>2</sub>max.

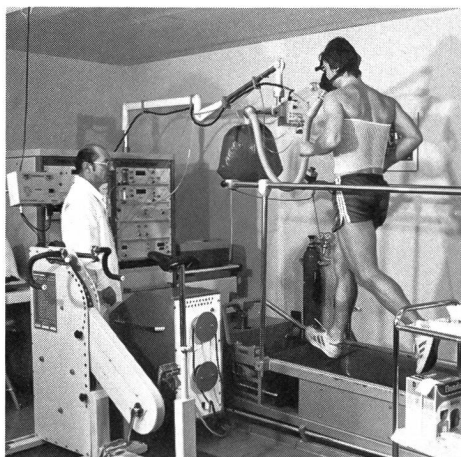
La PAM d'un coureur détermine de façon quasiment absolue (moins de 5 pour cent d'erreurs) sa performance sur 3000 m. Inversement, si vous connaissez votre performance sur 3000 m, vous pouvez déterminer votre VO<sub>2</sub>max (c'est-à-dire votre PAM) en ml d'O<sub>2</sub>/kg/min, avec une marge d'erreur inférieure à 2 ml (tableau 1). Vous pouvez comparer cette PAM à celle observée dans la population en général (tableau 2), chez des athlètes de très haut niveau de diverses disciplines (tableau 3) et chez quelques champions et championnes de course à pied (tableau 4).



Coureurs d'orientation: PAM élevée, attention soutenue.

**Tableau 1:** Relation entre la PAM (ml/kg/min) et la performance au 3000 m

PAM	Performance	PAM	Performance
84	7'27"	60	11'02"
82	7'41"	58	11'28"
80	7'54"	56	11'55"
78	8'09"	54	12'24"
76	8'24"	52	12'56"
74	8'40"	50	13'30"
72	8'57"	48	14'06"
70	9'15"	46	14'46"
68	9'34"	44	15'29"
66	9'54"	42	16'15"
64	10'15"	40	17'06"
62	10'38"	38	18'01"



Mesure de la PAM en laboratoire.

**Tableau 2:** Valeurs de la PAM dans la population adulte (ml d'O<sub>2</sub>/kg/min)

Hommes				Femmes			
Age	Valeur moyenne	60% ont entre	20% ont plus de	Age	Valeur moyenne	60% ont entre	20% ont plus de
-20	48	42 et 54	54	-20	38	34 et 42	42
20-29	46	41 et 51	51	20-29	36	31 et 41	41
30-39	44	36 et 50	50	30-39	34	29 et 39	39
40-49	40	34 et 46	46	40-49	31	25 et 37	37
50-59	34	28 et 40	40	50-59	25	16 et 34	34
60-69	30	25 et 35	35	60-69	21	13 et 29	29
+69	25	20 et 30	30	+69	16	8 et 24	24

**Tableau 3:** PAM d'athlètes de haut niveau de diverses disciplines (ml d'O<sub>2</sub>/kg/min)

Disciplines	Hommes	Femmes
Course de demi-fond	85	75
Ski nordique	85	75
Course sur route	80	70
Course d'orientation	80	70
Cyclisme sur route	75	65
Marche athlétique	70	-
Natation	65	55
Ski alpin	65	55
Hockey sur glace	60	-
Patinage artistique	-	55
Tennis	60	-
Gymnastique	50	45

**Tableau 4:** PAM et endurance de quelques champions et championnes de course

Noms	PAM (ml/kg/min)	Endurance
Joan Benoit	73,2	4,94
Robert de Castella	80,2	4,80
Mary Decker	75,3	7,94
Jacqueline Gareau	67,7	3,49
Greg Meyer	81,5	5,81
Steve Préfontaine	81,8	5,99
Bill Rodgers	79,4	4,44
Henry Rono	83,3	6,65
Alberto Salazar	82,2	5,66
Grete Waitz	75,1	6,06

## L'endurance... cela existe

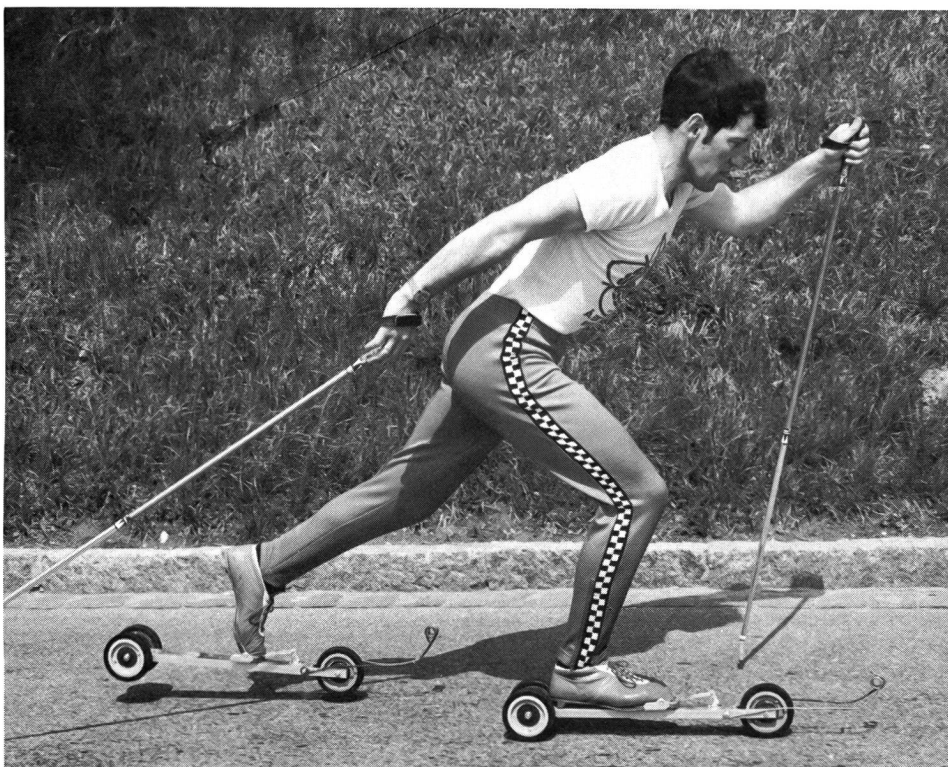
Comme vous le savez il y a, en course à pied, des spécialistes de courte distance et des spécialistes de longue distance. Les premiers battent régulièrement les seconds sur les courtes distances (3000 à

5000 m); mais les seconds prennent leur revanche au-delà (10000 m, demi-marathon, marathon), et l'écart se creuse d'autant que la distance s'allonge. Le tableau 5 montre les performances de deux coureurs sur route, messieurs Dupont et Durand, dont l'un est spécialiste de courte distance et l'autre de longue distance. Les performances des deux coureurs sur 3000 m indiquent, d'après le tableau 1, que monsieur Dupont possède un VO<sub>2</sub>max de 70 ml/kg/min et que monsieur Durand possède un VO<sub>2</sub>max de 68 ml/kg/min: monsieur Dupont possède une PAM supérieure à celle de Monsieur Durand. Question: quel est le plus endurant des deux coureurs? Vous avez répondu monsieur Durand, bien entendu. Bravo! vous avez découvert ce que c'est que l'endurance.

## Définition de l'endurance

Nous savons qu'il existe des coureurs endurants, d'autres moyennement endurants et d'autres encore moins endurants. Pour comparer de façon adéquate ces athlètes, il faut pouvoir définir correctement l'endurance et la mesurer, comme on mesure la PAM. Ceci est possible.

Pour comprendre comment on définit et on peut mesurer l'endurance, il faut se rappeler ce que tous les coureurs savent bien: on court plus vite un 3000 m qu'un 5000 m, un 5000 m qu'un 10000 m, un 10000 m qu'un demi-marathon, etc. Ce phénomène peut se décrire ainsi: le pourcentage de la PAM que peut maintenir un coureur décroît avec la distance de course (tableau 5 et figure 1). Nous arrivons donc à une première définition de l'endurance.



Endurance et puissance, deux qualités fondamentales du fondeur à exercer en été aussi.

«L'endurance est la capacité de maintenir longtemps un pourcentage élevé de sa PAM.»

Le tableau 5 montre que monsieur Durand, qui est plus endurant que monsieur Dupont maintient, en effet, pendant une heure 84,5 pour cent de sa PAM (contre 81,0 pour cent à monsieur Dupont). Notez que c'est à cette définition de l'endurance que faisait implicitement allusion Manuel Bueno lorsqu'il parlait (page 7) du «pourcentage d'utilisation de ce  $VO_2\max$  lors d'un effort d'endurance...» Ceci confirme que le  $VO_2\max$  et l'endurance, qui est la capacité d'utiliser un pourcentage élevé du  $VO_2\max$ , sont bel et bien deux choses différentes. Manuel Bueno écrivait d'ailleurs «toutefois, la seule détermination du  $VO_2\max$  comme critère d'endurance n'est pas suffisante». En effet, le meilleur critère de l'endurance... c'est l'endurance!



Champions de cross en action: 293 Lopes (Portugal), 123 Debele (Ethiopie), 428 Salazar (USA).

Tableau 5: PAM, endurance et performances de trois coureurs, MM. Dupont, Durant et Duval. (Entre parenthèses, le pourcentage de la PAM maintenu sur les diverses distances par chaque coureur.)

	Dupont	Durant	Duval
PAM (ml/kg/min)	70	68	60
Endurance	7,94	5,79	5,83
3 000 m	9'15" (95,9)	9'34" (95,3)	11'02" (92,8)
5 000 m	16'07" (91,5)	16'27" (92,2)	18'59" (89,6)
10 000 m	34'21" (85,5)	34'25" (87,9)	39'46" (85,3)
20 000 m	1 h 13'36" (79,5)	1 h 12'07" (83,6)	1 h 23'28" (81,0)
21 100 m	1 h 18'05" (78,9)	1 h 16'22" (83,3)	1 h 28'23" (80,6)
25 000 m	1 h 34'10" (77,5)	1 h 31'34" (82,2)	1 h 46'01" (79,6)
30 000 m	1 h 55'13" (75,9)	1 h 51'19" (81,1)	2 h 08'55" (78,4)
42 195 m	2 h 48'15" (72,9)	2 h 40'28" (79,0)	3 h 06'00" (76,3)
Heure	16 km 600 (81,0)	16 km 800 (84,5)	14 km 700 (83,0)

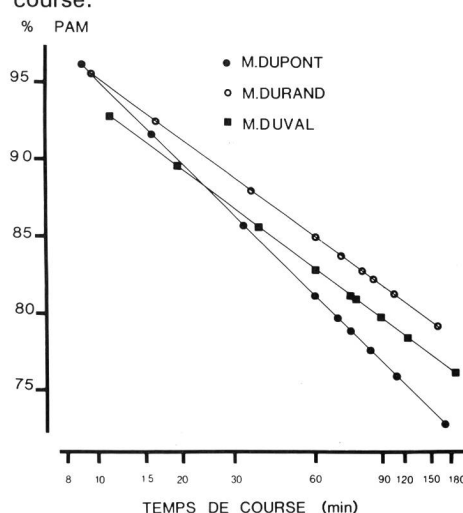
Cette définition de l'endurance, que l'on donne en général, est assez bonne! Elle permet de comparer l'endurance de coureurs dont les PAM sont bien différentes. Par exemple, le tableau 5 montre qu'un «coureur du dimanche», monsieur Duval, qui fait des performances nettement moins bonnes que monsieur Dupont est cependant plus endurant que lui: il maintient 83 pour cent de sa PAM pendant une heure. Cependant, comme sa PAM n'est que de 60 ml/kg/min (contre 70 ml/kg/min à monsieur Dupont), il ne parcourt que 14,7 km en une heure (contre 16,6 km à monsieur Dupont). Pour être un bon coureur, il faut une bonne PAM et une bonne endurance! On peut cependant donner une meilleure définition encore de l'endurance, qui permet de la mesurer. Elle est toutefois un peu plus compliquée. Pour la comprendre, il faut observer que le pourcentage de la PAM qui est maintenu par un coureur, dimi-

nue avec le temps de course (figure 1) et ceci de façon régulière (linéairement) si le temps est porté en abscisse sur une échelle non linéaire, mais logarithmique. L'endurance peut alors se définir comme la pente de la droite ainsi tracée. Ce qui nous donne cette «magnifique» définition... qu'il ne faut surtout pas essayer de retenir:

«L'endurance est la diminution du pourcentage de la PAM lorsque le temps de course est multiplié par 2,71828.»

Ainsi définie, l'endurance est un chiffre sans unité (nombre pur) comme, par exemple, le pH qui est une mesure de l'acidité d'un liquide. Il devrait toujours être accompagné du signe moins, bien entendu, puisque le pourcentage de la PAM diminue

Figure 1: Diminution du pourcentage de la PAM maintenue par les trois coureurs du tableau 5, en fonction de la durée de la course.



avec le temps de course (pente négative) mais, dans la pratique, on ne s'encombre pas de ce signe. Par conséquent, lorsqu'on écrit «le coureur a une endurance de 5», il faut se souvenir qu'il s'agit d'une endurance de «-5».

## L'endurance des coureurs

L'endurance la plus élevée que l'on puisse imaginer est de 0. Ce serait celle d'un coureur qui pourrait accomplir un marathon à la même vitesse qu'un 3000 m. A moins d'une mutation dans l'espèce Homo Sapiens, on ne la verra jamais! Les endurances les plus élevées s'observent, comme on peut s'y attendre, chez les meilleurs coureurs et coureuses de marathon. Celles des coureurs et coureuses de plus courtes distances sont moins bonnes (tableau 4). Les coureurs dont la PAM est très élevée tendent en général à avoir une meilleure endu-

rance que les coureurs dont la PAM est plus basse (tableau 6) mais ce n'est qu'une tendance moyenne! On trouve des coureurs dont la PAM est de 60 ml d'O<sub>2</sub>/kg/min et dont l'endurance est de 5, d'autres dont l'endurance est de 12.

**Tableau 6:** Endurance moyenne des coureurs selon la PAM (ml/kg/min)

PAM	40	50	60	70	80
Endurance	10,0	8,6	7,5	6,8	6,2

## La PAM, l'endurance et la performance

La PAM et l'endurance du coureur sont de loin les deux facteurs les plus importants qui déterminent sa performance. Lorsque l'on connaît la PAM d'un coureur et son endurance, on peut déterminer ses performances entre 3000 m et le marathon avec une précision de l'ordre de 90 à 96 pour cent (tableau 7). Comme le montre le tableau 7, la PAM reste toujours le facteur déterminant le plus important. Pour les

**Tableau 7:** Importance relative des deux déterminants de la performance en course (PAM et endurance) selon la distance de course

Distance	Importance de la PAM (sur 100)	Importance de l'endurance (sur 100)	Autres (sur 100)
3 000 m	96	0	4
5 000 m	95	1	4
10 000 m	92	3	5
15 000 m	89	5	6
20 000 m	86	7	7
21 100 m	85	8	7
25 000 m	83	10	7
30 000 m	80	12	8
42 195 m	72	17	11

courtes distances (moins de 10 km), elle détermine la performance dans une proportion de 90 à 95 pour cent. Ceci veut dire, comme le soulignait très bien Manuel Bueno, (page 7) que si vous n'avez pas une PAM élevée, vous ne réussirez pas de bonnes performances sur ces distances, que vous soyez endurant ou non. Pour les



PAM difficile à évaluer, en raison de l'eau, élément porteur.

plus longues distances, la PAM demeure encore le facteur déterminant. Par exemple, au marathon, elle détermine la performance dans une proportion de plus de 70 pour cent (tableau 6). L'endurance intervient cependant, mais dans une proportion moindre (de l'ordre de 15 à 20 pour cent). Ceci veut dire que si vous n'avez pas une bonne PAM, vous ne pourrez certainement pas réaliser des performances éclatantes sur de longues distances (c'est encore et toujours le facteur primordial). Cependant, si votre PAM est bonne, sans être extrêmement bonne, vous pouvez «compenser» par une très bonne endurance, pour réaliser de bonnes performances, voire être un champion. Deux cas typiques extrêmes sont à signaler: celui de Bill Rodgers dont la PAM n'est «que» de 79 ml/kg/min et qui fait cependant pratiquement aussi bien au marathon que Salazar, dont la PAM est de 82 ml/kg/min, mais dont l'endurance est plus faible (5,66 contre 4,44); celui de Jacqueline Gareau, dont la PAM est très «faible» (67,7 ml/kg/min) pour une coureuse de niveau international, mais qui réussit à être parmi les 10 meilleures marathoniennes du monde grâce à une endurance exceptionnelle (3,49).

## Conclusion

En conclusion, il est très clair aujourd'hui que la puissance aérobie (c'est-à-dire la capacité aérobie, le VO<sub>2</sub>max, etc.) et l'endurance sont deux choses différentes. Ce sont deux qualités physiques qui ne dépendent sans doute pas des mêmes systèmes, ni des mêmes structures cellulaires. Il est d'ailleurs possible de les entraîner spécifiquement indépendamment l'une de l'autre. Elles déterminent, dans des proportions variables, la performance dans les activités de type aérobie, et ceci selon leur durée. ■



Cyclisme: le sport d'endurance par excellence.