



Aptitude aérobie

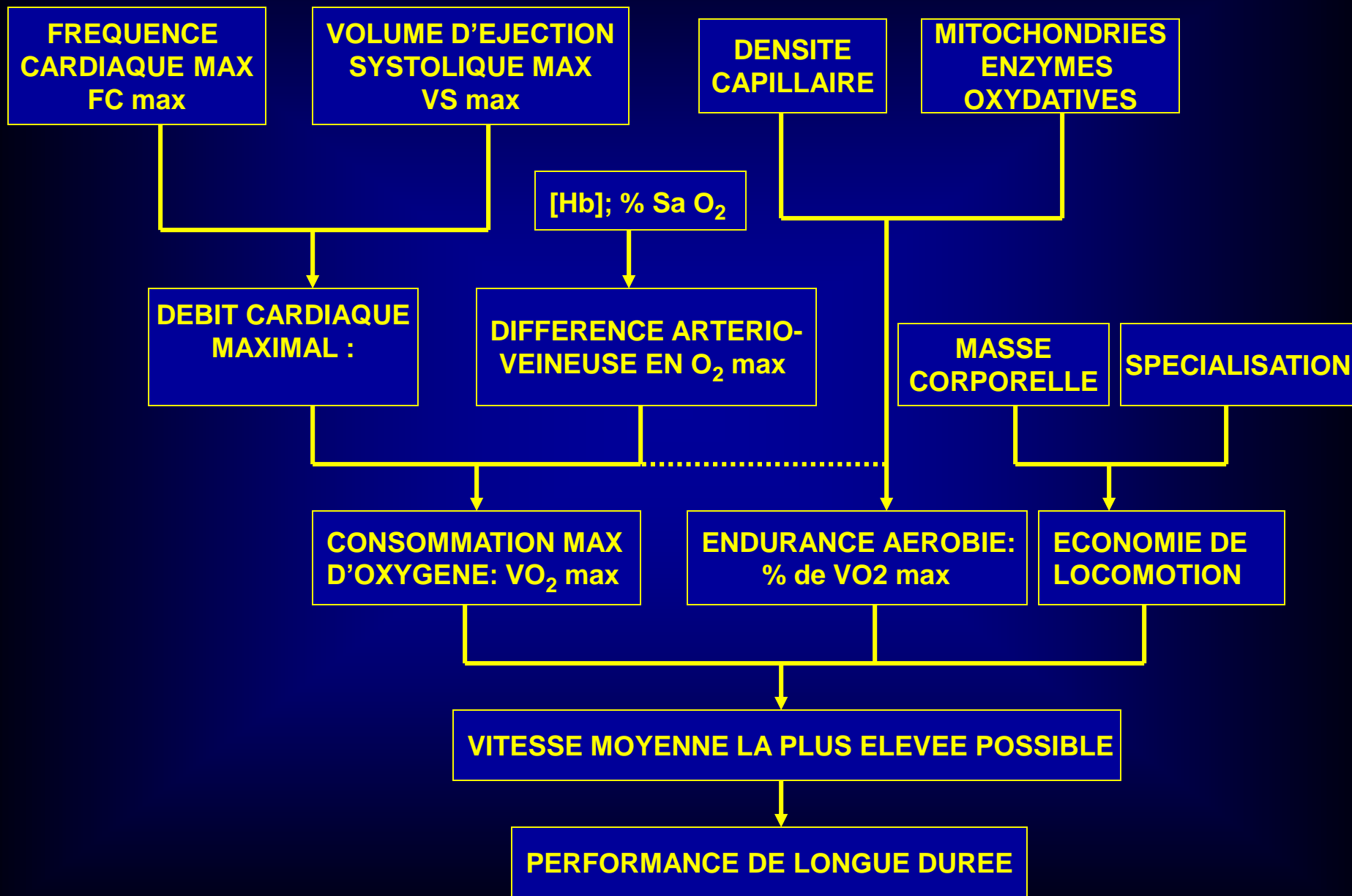
Concepts et Évaluation

Ben Ezzeddine Lamia /Cazorla Georges

Conférenciers (HDR)

**Les facteurs
de la capacité aérobie et de
performance de longue durée**

FACTEURS PHYSIOLOGIQUES DE LA CAPACITE AEROBIE ET DE LA PERFORMANCE DE LONGUE DUREE



**PERFORMANCE OBTENUE DANS UNE
COURSE DE LONGUE DUREE**

**CAPACITE DE MAINTENIR LA VITESSE
MOYENNE DE COURSE LA PLUS ELEEVE**

**FACTEURS
PHYSIOLOGIQUES**

**FACTEURS
BIOMECANIQUES**

**FACTEURS
PSYCHOLOGIQUES**

**ENDURANCE
AEROBIE**

VO₂ max

**ECONOMIE
DE COURSE**

**MORPHOLOGIE
TECHNIQUE
SPECIALITE**

**ENDURANCE AU
STRESS
MOTIVATION**

ENTRAINEMENT

VITESSE AEROBIE MAXIMALE

**QUELQUES DEFINITIONS SUR LES
CONCEPTS ACCOMPAGNANT
LA CAPACITE AEROBIE**

1. Quelques définitions préalables...

- **La capacité aérobie est la quantité totale d'énergie disponible susceptible d'être libérée par voie oxydative.**

Comme la capacité aérobie dépend des réserves totales en substrats oxydables (surtout glucides et lipides ou «carburants») de l'organisme et de l'apport en oxygène ou «comburant», il est impossible de *l'évaluer directement* .

Quelques définitions préalables...

- **La puissance aérobie maximale est le débit maximal de production d'énergie par voie oxydative .**
- **Elle correspond au VO_2 max** ou quantité maximale d'oxygène qu'un organisme peut utiliser par **unité de temps** au cours d'un exercice intense et de durée prolongée.

Quelques définitions préalables...

- La vitesse aérobie maximale (vam) est la vitesse limite de locomotion à laquelle est atteint VO_2 max.

Elle résulte de l'interaction :

- de VO_2 max
- et de l'économie de course

Quelques définitions préalables...

- L'endurance aérobie (AE) est la fraction ou le pourcentage de VO_2 max , de la puissance aérobie maximale (PAM) ou de la vitesse aérobie maximale (VAM) susceptible d'être maintenu pendant une DUREE DONNEE.

Exemple : être capable de courir 30 minutes à 83 % de sa VAM

L'endurance aérobie est aussi la **durée**
d'une activité susceptible d'être
maintenue à un **POURCENTAGE**
DONNE de VO_2 max, de PAM ou de VAM.

Exemple : Fixer une vitesse de course
correspondant à 90 % de la VAM et
chronométrer la durée tenue à cette
vitesse.

**L'évaluation de
l'endurance aérobie
nécessite donc aussi
de connaître préalablement
la vitesse aérobie maximale.**

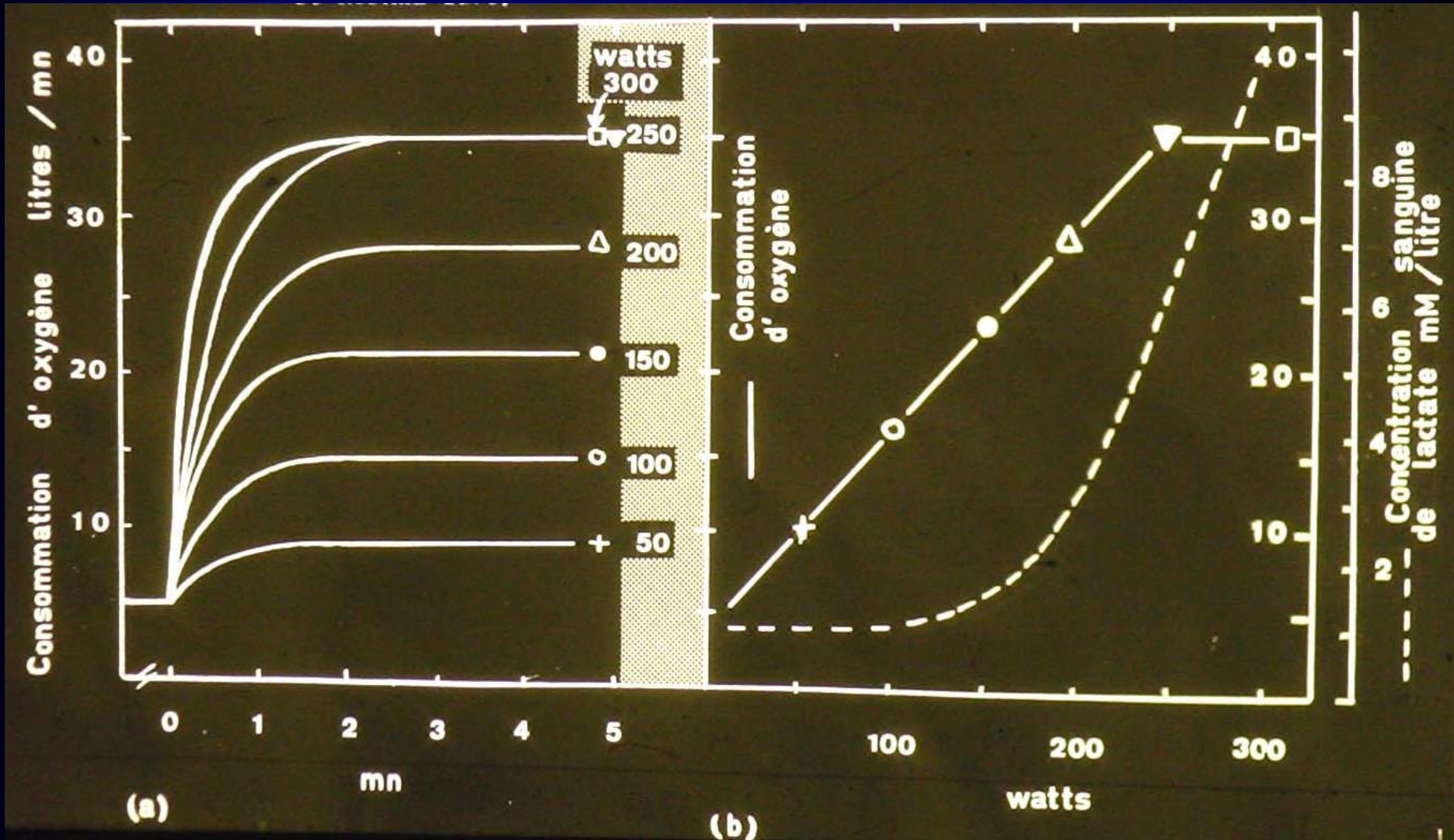
- L'économie de locomotion est le plus faible coût énergétique requis pour se déplacer sur une distance donnée (généralement un mètre) à une vitesse donnée ou mieux ,à un pourcentage donné de sa vitesse aérobie maximale.

Unité : ml d'oxygène (cal ou j) par kg de masse corporelle et par mètre parcouru .

EVALUATION DES FACTEURS DE LA CAPACITÉ AÉROBIE :

- 1) - La puissance aérobie maximale,
- 2) - L'endurance aérobie

Protocole triangulaire utilisé en laboratoire pour obtenir la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2\text{max}$) d'une personne.
(Astrand et Rodahl 1980)



TYPES DE TESTS AEROBIES

- SOUS-MAX
- MAX
- SUPRA-MAX

- DIRECT
- PREDIT
 - VO₂REQUIS STABLE
 - REGRESSION STATIST

- RECTANGULAIRE

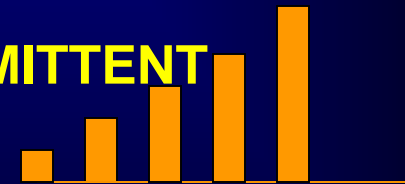


- TRIANGULAIRE ESCALIER

CONTINU

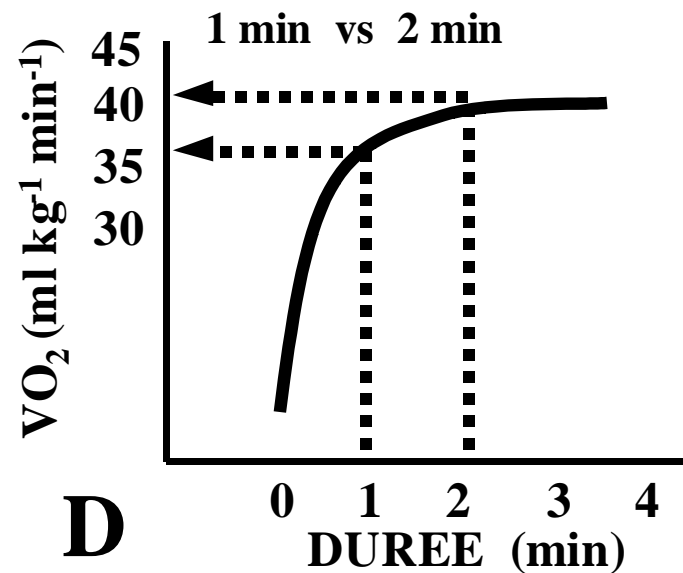
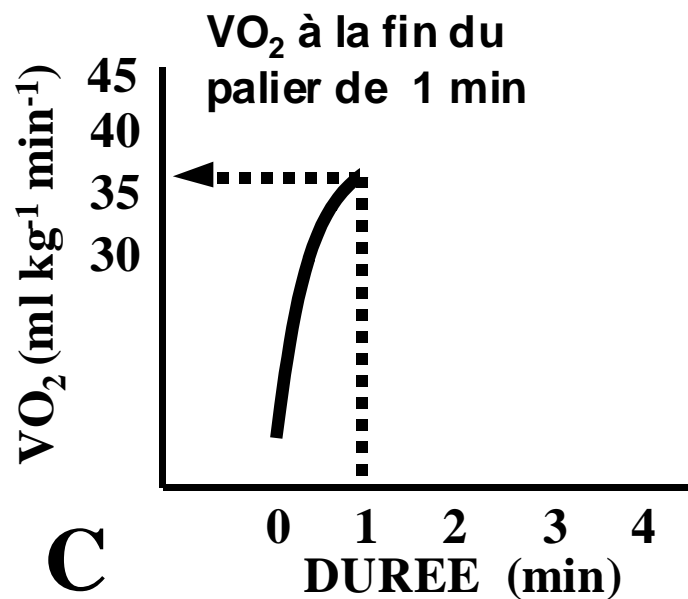
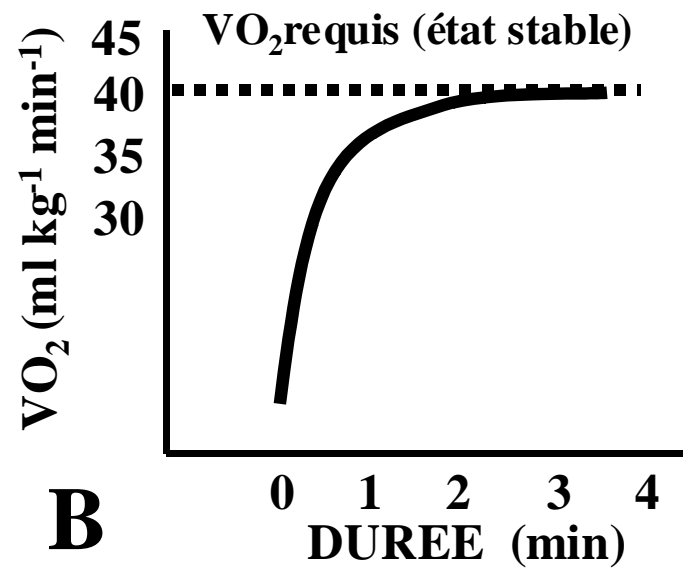
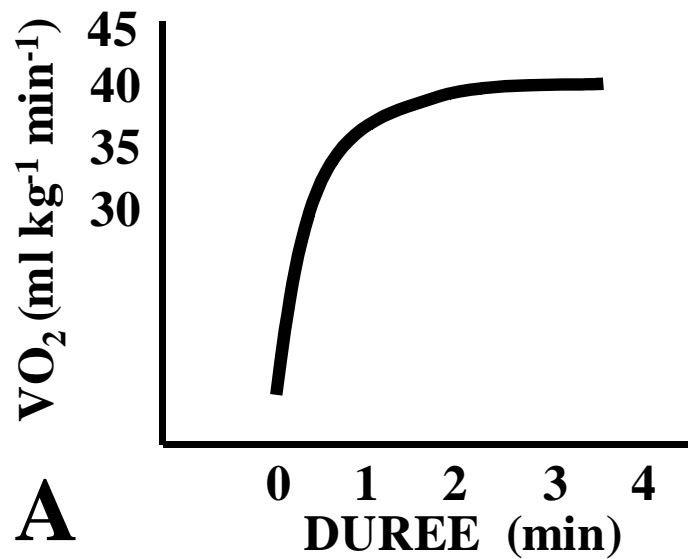


INTERMITTENT



RAMPE

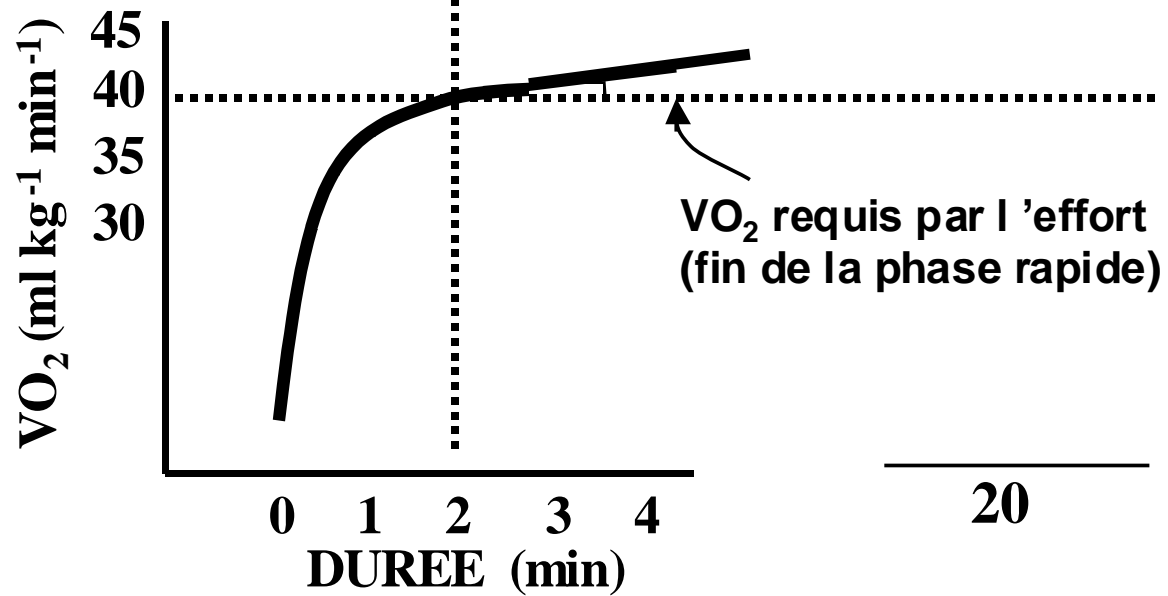




DERIVE METABOLIQUE

Phase 1: Ajustements
cardio-respiratoires

Phase 2: Ajustements
thermo-régulateurs



THERMODYNAMIQUE ET ENERGETIQUE

Les transformations biologiques de l'énergie suivent les principes de la thermodynamiques dont les deux principes fondamentaux énoncés au XIX siècle sont :

Premier principe : le premier principe repose sur la conservation de l'énergie.

Lors de toute modification physique ou chimique, la quantité totale d'énergie dans l'univers demeure constante, même si la forme de l'énergie peut être modifiée !

Second principe : dit que l'univers tend toujours vers le plus en plus de désordre. Lors de tous les phénomènes naturels, l'entropie de l'univers augmente.

Les cellules et les organismes dépendent d'un apport constant d'énergie qui s'oppose à la tendance inexorable de la nature à aller vers l'état énergétique le plus faible (entropie du système)

Quelques définitions...

***Enthalpie « H »* : Energie totale contenue dans un composé. Elle reflète le nombre et la quantité de liaisons chimiques dans les réactifs et les produits.**

***Energie libre « G »* : Quantité maximale d'énergie utilisable pour le travail. L'énergie libre est bien sûr plus faible que l'enthalpie d'un composé.**

***Entropie « S »* : Processus continu de transformation de l'énergie. L'entropie d'un système isolé est d'autant plus élevée que le système est désordonné.**

ETAT INITIAL

ETAT INTERMEDIAIRE

ETAT FINAL

Glucose,
Glycogène,
Triglycérides
A. Aminés



CATABOLISME



CO₂ + H₂O

**RESERVES
ENERGETIQUES**
Enthalpie "H"



ENERGIE UTILISABLE
Energie libre "G"



**ENERGIE FAIBLE
ou NULLE : Entropie "S"**

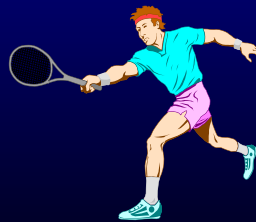
Muscles, foie
tissus adipeux

TRAVAIL CHALEUR

= désordre maximum

**ENERGIE POTENTIELLE
ORDONNEE**

ENERGIE INUTILISABLE



La différence entre l'enthalpie (H) ou énergie totale et l'énergie libre « G » varie avec la température « T » et est également fonction de l'entropie « S ».

La variation d'énergie libre qui se produit au cours d'une réaction $A \rightarrow B$ est donnée par la relation : $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$

ΔG : Variation d'énergie libre (Kcal);

ΔH : Variation d'enthalpie, (énergie totale) (Kcal);

T : température absolue;

ΔS : variation d'entropie (Kcal . degré⁻¹)

Si ΔG est négatif, l'énergie de B est plus faible que celle de A :
la réaction est EXERGONIQUE,

Si ΔG est positif l'énergie de B est plus élevée que celle de A :
La réaction est ENDERGONIQUE

ΔG° : variation d'énergie libre standard : [] : 1 mole.l⁻¹ à une température de 25°
et à pH 7

MESURE DE L'ENERGIE

La calorie : est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C (C = celsius) un gramme d'eau (ou 1 ml) de 14.5 à 15.5° C.

Système international de mesure : le Joule (J)

$$1 \text{ J} = 0.239 \text{ cal}$$

$$1 \text{ cal} = 4.185 \text{ J}$$

OPERATIONS MATHÉMATIQUES POUR CALCULER LA CONSOMMATION D'OXYGÈNE MESURÉE EN CIRCUIT OUVERT

Standardisation des volumes des gaz ATPS, BTPS, STPD

Les volumes des gaz en physiologie sont habituellement exprimés en valeur ATPS, BTPS ou STPD

ATPS : « Ambient temperature pression saturated » en vapeur d'eau : correspond au volume d'air inspiré V_i

- **Température** : le volume d'un gaz varie proportionnellement à la température (loi de Charles). L'augmentation de la température accélère le mouvement des molécules et le volume augmente et vice versa lorsque la température diminue.
- **Pression** : Le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression (loi de Boyle). L'augmentation de la pression rapproche les molécules et le volume diminue et vice versa lorsque la pression diminue.
- **Vapeur d'eau** : Le volume d'un gaz dépend également de son contenu en vapeur d'eau. Le gaz occupe un volume de plus en plus important à mesure qu'il est plus saturé en vapeur d'eau.

BTPS : Body Temperature Pression Satured (saturé en vapeur d'eau) = volume d'air expiré : V_E

En français BTPS signifie : température corporelle ($273^\circ \text{ K} + 37^\circ \text{ C} = 310^\circ \text{ K}$) et Pression ambiante d'un volume de gaz saturé en vapeur d'eau dont la pression partielle est de 6.28 kPa (47mmHg)

$$V (\text{BTPS}) = V (\text{ATPS}) \left(\frac{P_b - P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_b - 6.28 \text{ kPa}} \right) \left(\frac{310}{273 + t^\circ (\text{c})} \right) \quad (1)$$

P_b = Pression barométrique (kPa : kilopascal)

$P_{\text{H}_2\text{O}}$ = Pression de la vapeur d'eau (Tableau de conversion)

6.28 kPa = Pression de la vapeur d'eau à la température corporelle : 37° C)

310 = $273^\circ \text{ Kelvin} + 37^\circ \text{ Celsius (c)}$

273 = $273^\circ \text{ K} = 0^\circ \text{ C}$;

$t^\circ (\text{c})$ = température ambiante

STPD signifie : Standard Temperature (273° K ou 0°C) Pression (101.3 kPa ou 760 mmHg) Dry (volume de gaz déshumidifié)

Quand le volume d'un gaz est exprimé en valeur STPD on peut comparer les volumes d'air expiré quelles que soient l'humidité, la température et la pression du lieu où les mesures ont été réalisées.

Pour toutes les mesures métaboliques, il faut exprimer les volumes de gaz en valeur STPD

$$V_{STPD} = V_{ATPS} \left(\frac{273}{273 + t^{\circ} C} \right) \left(\frac{P_b - P_{H_2O}}{101.3} \right) \quad (2)$$

P_b = Pression barométrique (kPa : kilopascal)

$t^{\circ} (c)$ = température ambiante

COMPOSITION DES GAZ AMBIANTS ET EXPIRES

Air ambient

$\text{CO}_2 = 0.03 \%$

$\text{O}_2 = 20.93 \%$

$\text{N}_2 = 79.04 \%$

Air expiré :

$\text{CO}_2 = 2.5 \text{ à } 5 \%$

$\text{O}_2 = 18.5 \text{ à } 15 \%$

$\text{N}_2 = 79.04 \text{ à } 79.6 \%$

d'où V_E STPD \neq V_I STPD

Quand on détermine la consommation d'oxygène par spirométrie en circuit ouvert, on évalue la quantité d'oxygène puisée dans *l'air inspiré*. Comme la composition de l'air inspiré demeure relativement constante ($\text{CO}_2 = 0.03\%$, $\text{O}_2 = 20.93\%$ et $\text{N}_2 = 79.04\%$),

il est possible de savoir combien l'organisme a retenu d'oxygène de l'air inspiré en analysant l'air expiré.

L'air expiré contient relativement plus de CO_2 (2.5 à 5%), moins d' O_2 (15 à 18.5%) et plus de N_2 (79.04 à 79.6%) que l'air inspiré.

Notons cependant que l'azote n'exerce aucune activité métabolique; la modification de sa concentration dans l'air expiré signifie que les molécules d' O_2 extraites de l'air inspiré n'ont pas été remplacées par un nombre équivalent de molécules de CO_2 , produit du métabolisme.

Le volume d'air expiré (V_E STPD) n'est donc pas égal au volume d'air inspiré (V_I STPD).

Ainsi, si le quotient respiratoire est < 1 , il y aura moins de 3 L d'air expiré s'il y a eu 3 L d'air inspiré.

C'est pourquoi la concentration d'azote est plus importante dans l'air expiré.

Ce n'est pas que l'organisme a produit de l'azote mais plutôt que les molécules d'azote représentent un plus fort pourcentage du V_E que du V_I .

La différence entre V_E et V_I est directement proportionnelle à la variation de concentration d'azote d'un volume à l'autre.

On peut donc déterminer le V_I d'après V_E en utilisant la variation relative de la [] de N_2 .

C'est l'équation de transformation d'Haldane

TRANSFORMATION DE HALDANE

$$\% N_{2I} = 79.04 \% ; \% N_{2E} = (100 - \% CO_{2E} - \% O_{2E})$$

$$V_I, \text{ STPD} = V_E, \text{ STPD} \times \frac{\% N_{2E}}{\% N_{2I}} \quad (3)$$

$$VO_2 = V_I \times \% O_{2I} = V_E \times \frac{\% N_{2E}}{79.04 \%} \times \% O_{2I} \quad (4)$$

$$VO_{2E} = V_E \times \% O_{2E} \quad (5)$$

$\% O_{2E}$: concentration en O_2 mesurée par analyseur de gaz

$$\text{Débit extrait en } O_2 : \dot{V}O_2 = (\dot{V}_I \times \% O_{2I}) - (\dot{V}_E \times \% O_{2E}) \quad (6)$$

$$\text{D'où } \dot{V}O_2 = \left[\left(\dot{V}_E \times \frac{\% N_{2E}}{79.04 \%} \right) \times 20.93 \% \right] - (\dot{V}_E \times \% O_{2E}) \quad (7)$$

L'équation (7) simplifiée devient :

$$\dot{V}O_2 = \dot{V}_E \left[\left(\frac{\%}{79.04 \%} \times 20.93 \% \right) - (\% O_{2E}) \right] \quad (8)$$

Et sa forme finale :

$$\dot{V}O_2 = \dot{V}_E \left[\left(\frac{\%}{N_{2E}} \times 0.265 \right) - (\% O_{2E}) \right] \quad (9)$$

La valeur obtenue par les opérations entre crochets aux équations (8) et (9) représente ce que l'on appelle « l'O₂ vrai » qui est l'oxygène extrait ou plus précisément le pourcentage d'oxygène consommé dans tout volume d'air expiré

Possibilité de calcul avec V_I et V_E

$$\dot{V}O_2 = (\dot{V}_I \times 20.93 \%) - (\dot{V}_E \times \% O_{2E}) \quad (10)$$

Où :

$$V_{E, \text{ STPD}} = V_{I, \text{ STPD}} \times \frac{\% N_{2E}}{\% N_{2I}}$$

L'équation (10) devient alors :

$$\dot{V}O_2 = \dot{V}_I \left[\% O_{2I} - \left(\frac{\% N_{2I}}{\% N_{2E}} \times \% O_{2E} \right) \right] \quad (11)$$

Calcul de $\dot{V}CO_2$

$$\dot{V}CO_2 = \dot{V}E (\% CO_{2E} - \% CO_{2I}) \quad (12)$$

où : $\% CO_{2E}$ est le pourcentage de CO_2 de l'air expiré (mesuré par l'analyseur) et CO_{2I} est le pourcentage de CO_2 de l'air inspiré, soit 0.03 %

$$\text{Donc : } \dot{V}CO_2 = \dot{V}E (\% CO_{2E} - 0,03 \%) \quad (13)$$

Calcul du Q.R.

$$\text{Première façon : } \quad \text{Q.R.} = \frac{\dot{V}CO_2}{\dot{V}O_2}$$

$$\text{Deuxième façon : } \quad \text{Q.R.} = \frac{\% CO_{2E} - 0.03\%}{O_2 \text{ vrai}}$$

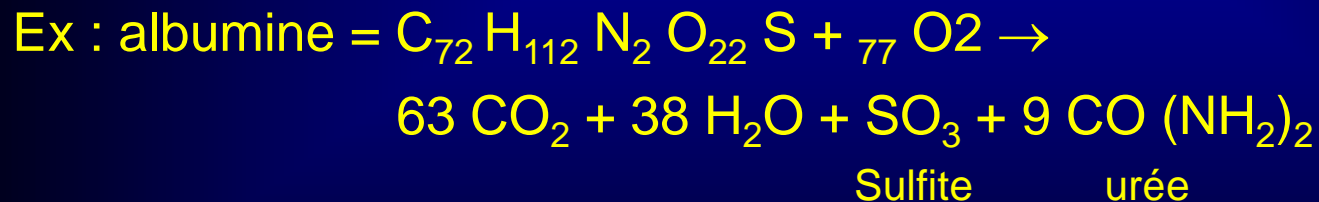
$$\text{- Q.R. des glucides} = \frac{6 \text{ CO}_2}{6 \text{ O}_2} = 1$$

- Q.R. des lipides :



$$\text{Q.R.} = \frac{16 \text{ CO}_2}{23 \text{ O}_2} = 0.696 \approx 0.70$$

- Q.R. des protides :



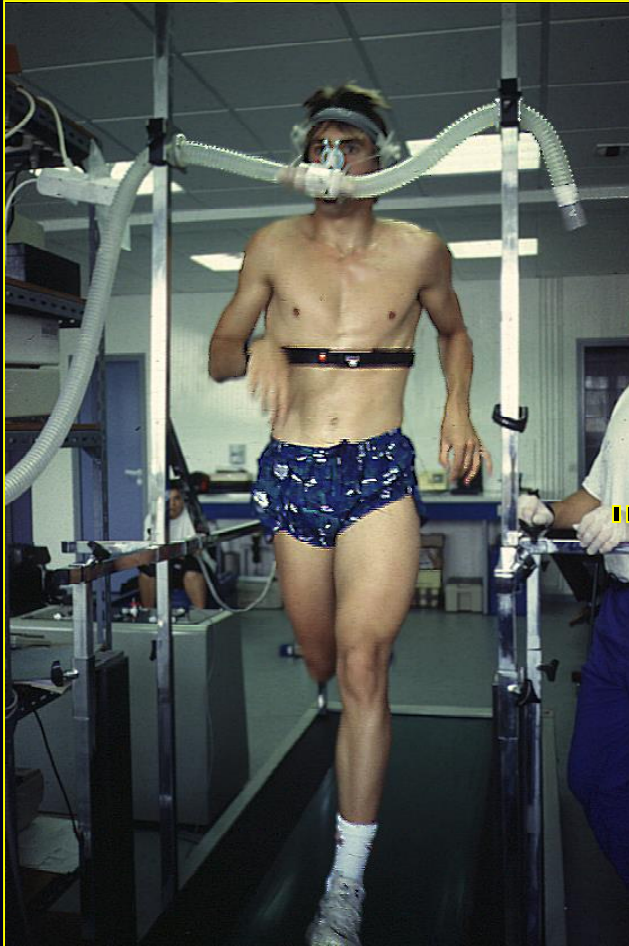
$$\text{Q.R.} = \frac{63 \text{ CO}_2}{77 \text{ O}_2} = 0.818 \approx 0.82$$

Evolution de VO_2 , du quotient respiratoire (QR) et de la glycémie chez un homme réalisant une course d'intensité constante sur tapis roulant (10.2 km.h^{-1}).

Temps (min)	Glycémie (mmoles.l⁻¹)	VO_2 (moles.50 min⁻¹)	Q.R.	Energie dérivant des lipides (en %)
Repos	5.6	absent	absent	absent
50	4.9	2.34	0.96	12
100	4.4	2.31	0.88	38
150	4.5	2.40	0.82	60
200	4.3	2.44	0.79	70
250	4.1	2.49	0.79	70
300	3.2	2.48	0.77	77

**DE LA MESURE DIRECTE... AUX TESTS
DE TERRAIN UTISABLES PAR LE PLUS
GRAND NOMBRE**

DU LABORATOIRE...AU TERRAIN



**MESURE DIRECTE DU VO₂
AU COURS DE LA COURSE
SUR TAPIS ROULANT**



**MESURE DE LA VITESSE
AEROBIE DE COURSE
DIRECTEMENT SUR LE
TERRAIN**

**LA VITESSE AEROBIE MAXIMALE RESULTE DE
L'INTERACTION DE VO₂ max, DE L'ECONOMIE DE COURSE, DE LA
MOTIVATION... MAIS AUSSI :**

**... DU PROTOCOLE DU TEST D'OU
ELLE EST ISSUE.**

PROTOCOLE COURT.

**capacité anaérobie:
vam surestimée**

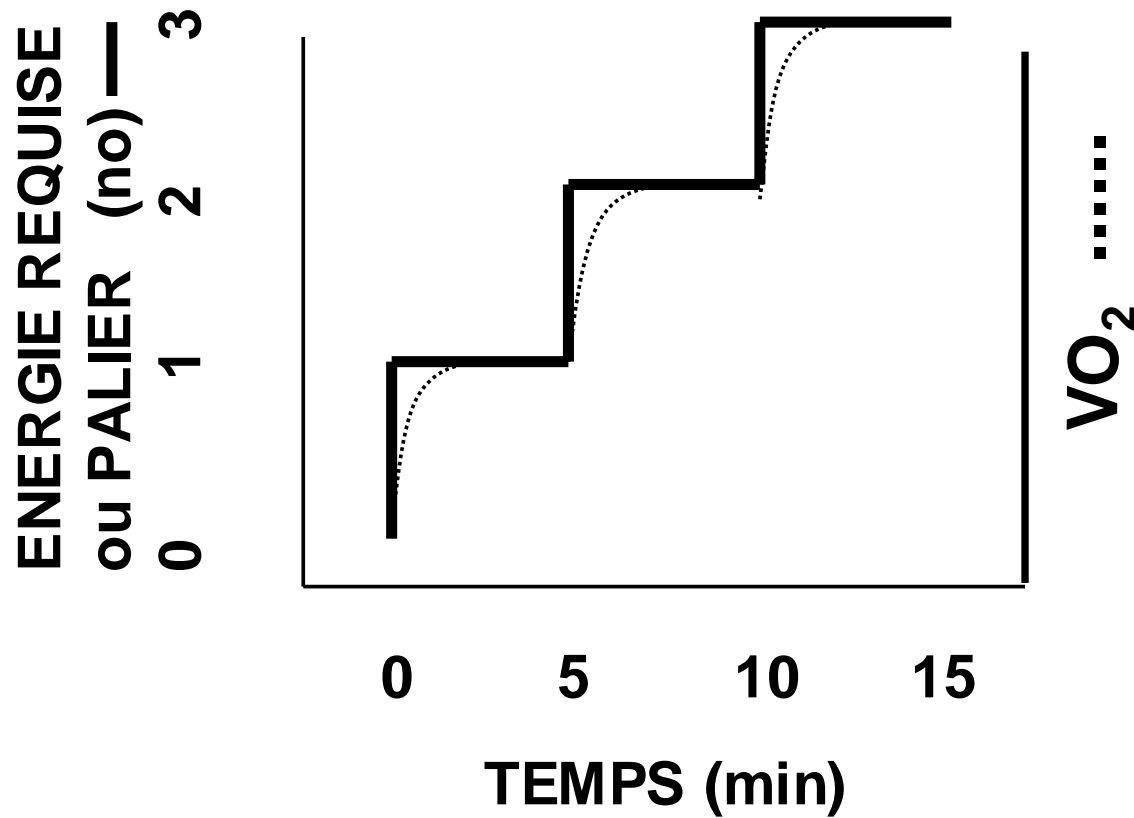
**PROTOCOLE AVEC
OU SANS ARRET...**

**Les arrêts ne
modifient t-ils pas la
valeur de la vam ?**

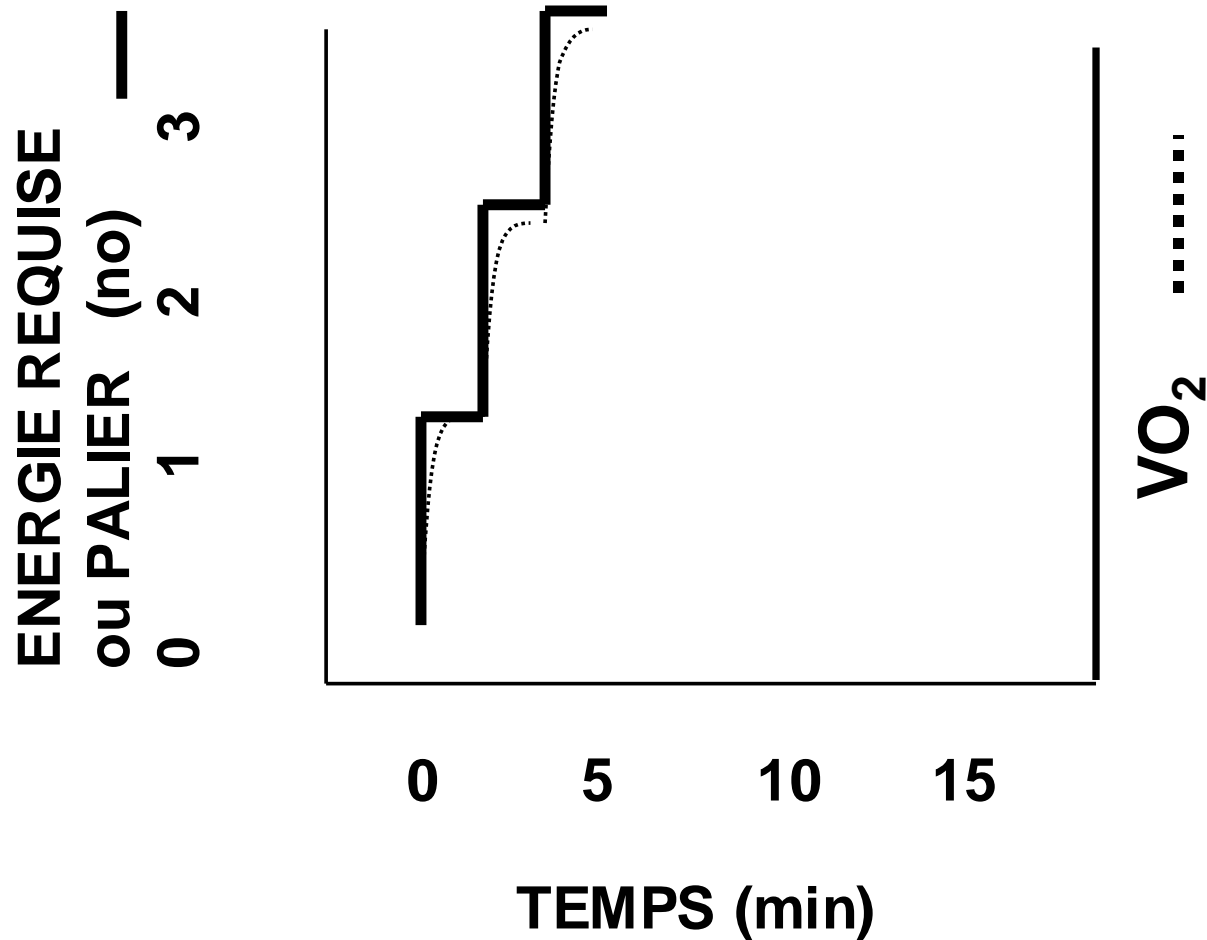
PROTOCOLE LONG

**fatigue :
vam sousestimée**

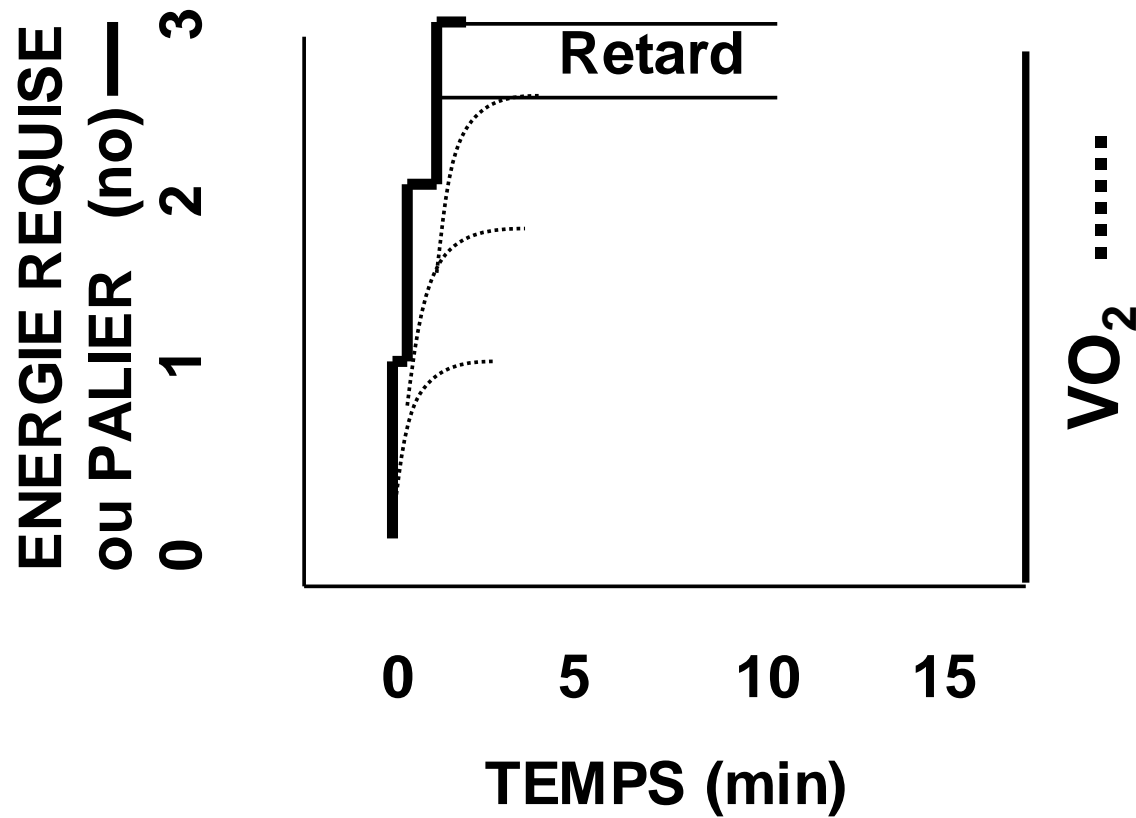
PALIERS de 5 min: état stable avec plateau



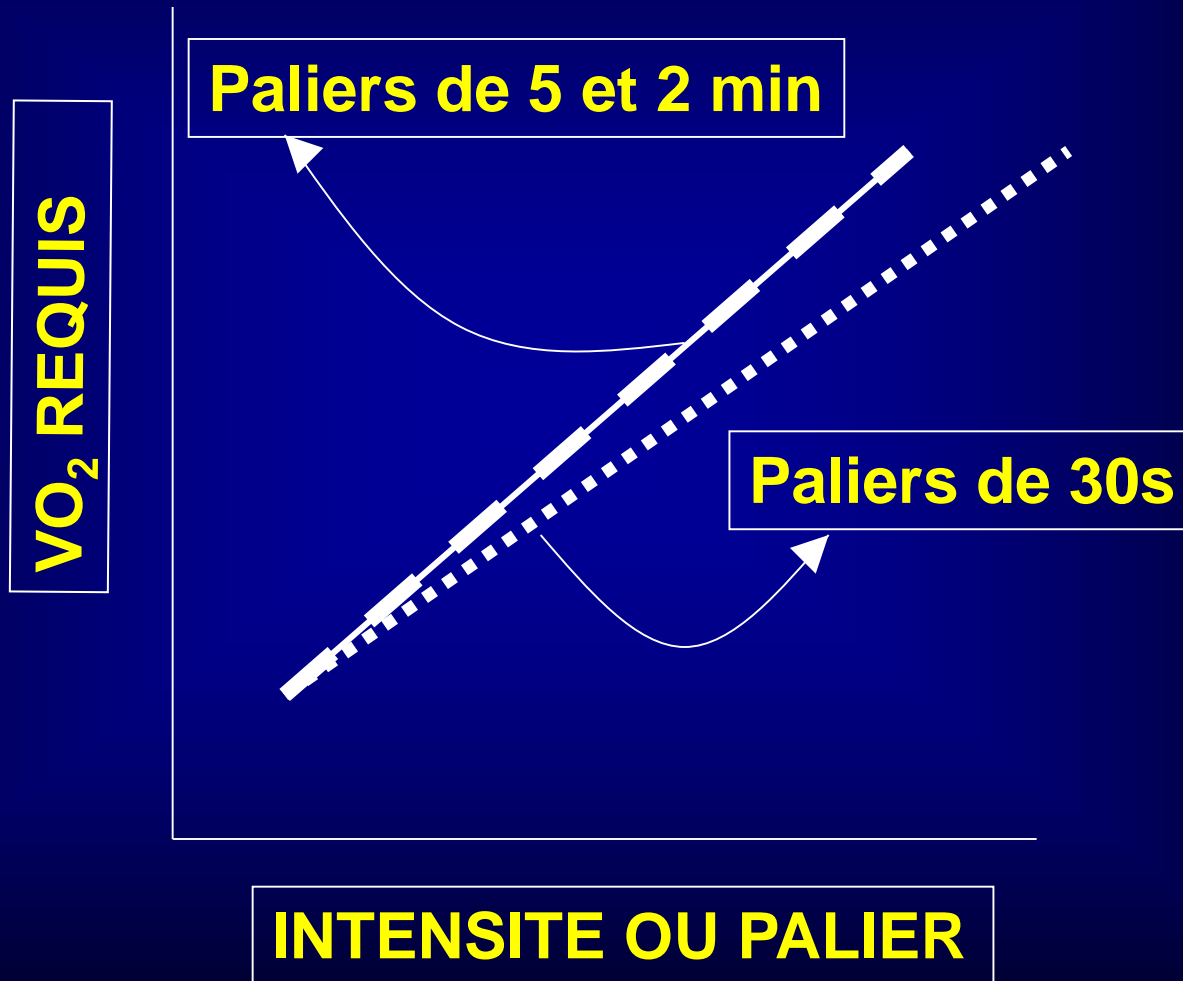
Paliers 2 min: état stable sans plateau



**PALIER DE 30 s:
PAS D' ETAT STABLE NI PLATEAU**



DELAI AVEC PALIERS TROP COURTS

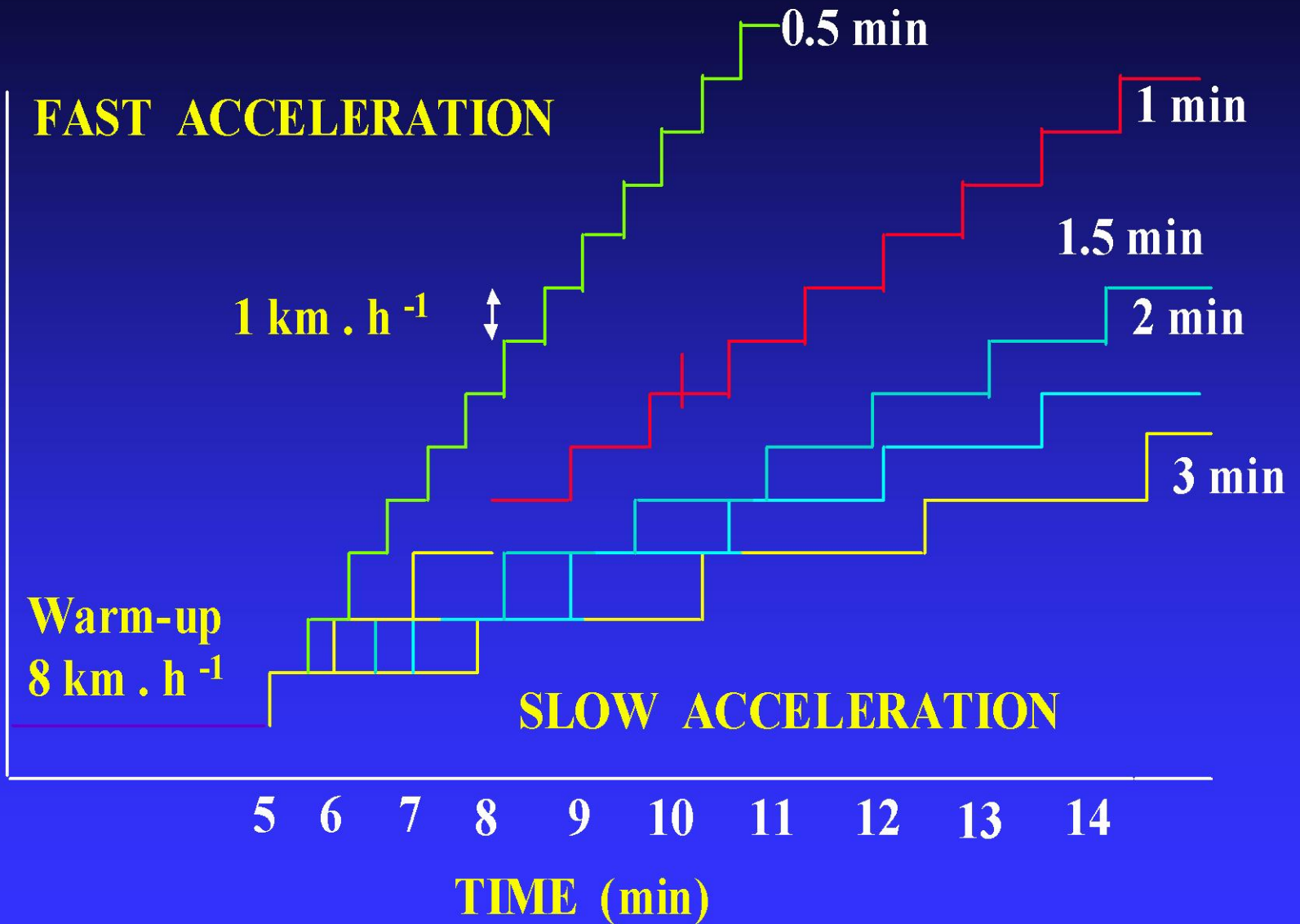


PROTOCOLE 5 MIN/ 5 MIN

Vitesse (km . h⁻¹)



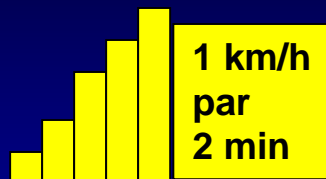
SPEED



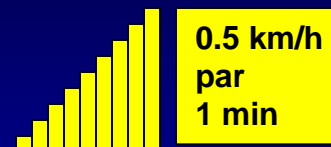
TESTS TRIANGULAIRES CONTINUS



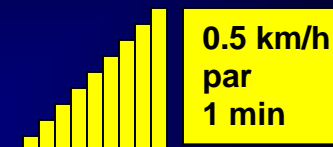
1. Astrand
(Référence 1)



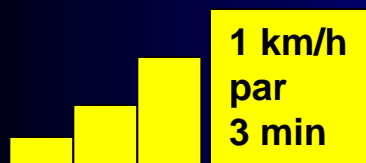
2. Léger et Boucher
(Référence 2)



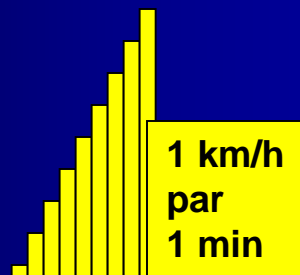
3. Navette
Léger et coll.



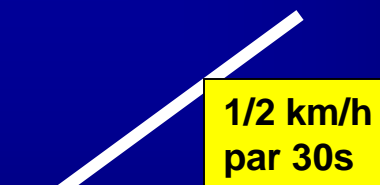
4. VAM-EVAL:
Cazorla et Léger



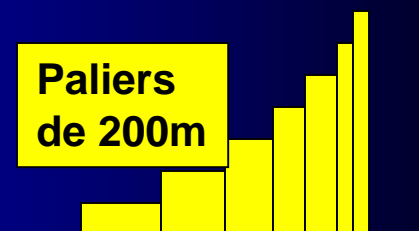
5. Accélération
Lente



6. Accélération
Rapide

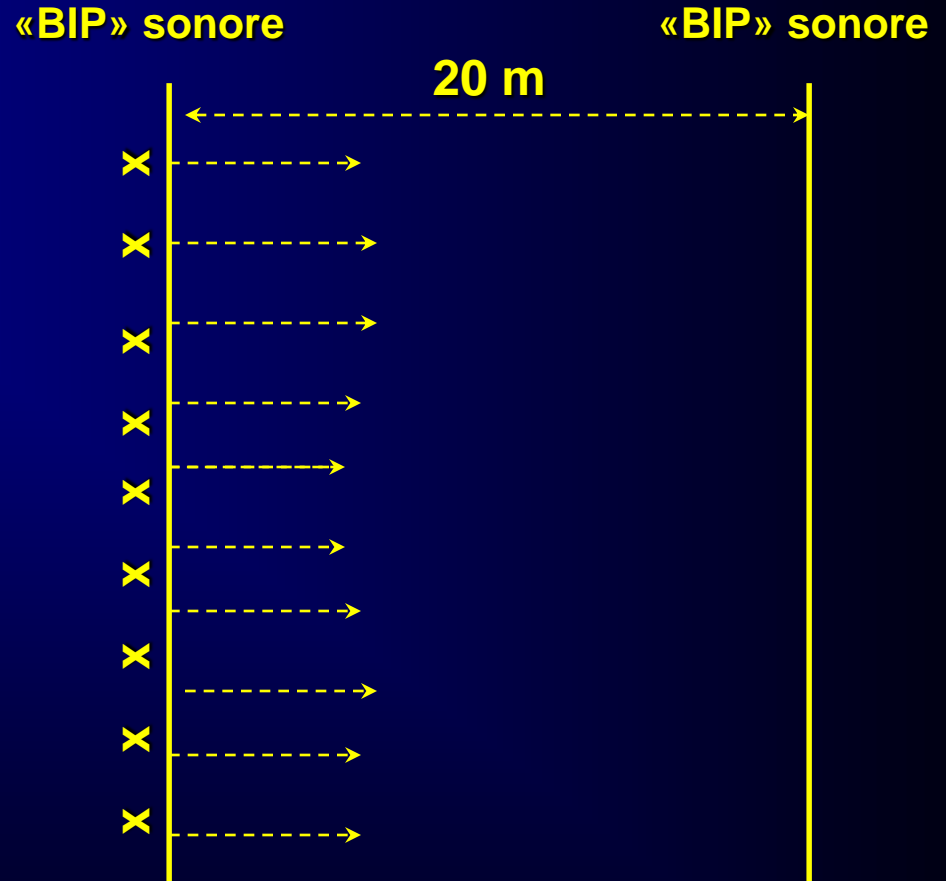


7. Rampe :
Brue



8. Accélérations
et durées
irrégulières
Conconi

Epreuve de course navette de 20 m à paliers de 1 min. Léger et al.1982



Augmentation de la vitesse de course : un demi km/h à chaque minute au moyen d'une cassette audio préalablement enregistrée.

Test aérobic de course navette.(Léger et al. 1982)

Epreuve progressive de course-navette à paliers de 1 min

- Aire de course plane, non glissante et de 30 m minimum
- Tracer deux lignes parallèles à 20 m l'une de l'autre
- Augmentation de la vitesse d'un demi km/h toutes les minutes
- Intervalle des signaux sonores à chaque extrémité (20 m)
- Validité directe pour enfants , adolescents et adultes (Léger et al. 1982)
- Bonne fidélité
- Excellente accessibilité

En fonction du palier atteint et de l'âge de l'évalué une équation et / ou un tableau de correspondance permettent d'extrapoler $VO_2\text{max}$.

Equation : $VO_2\text{max} = 31.025 + 3.238 \text{ vitesse}(\text{km/h}) - 3.248 \text{ âge}(\text{an}) + 0.1536 \times \text{âge}(\text{an})$ (d'après Léger et al. 1983 et 84)

Tableau : Exemple d'une partie du tableau de correspondance

Palier	$VO_2\text{max}$ (ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹) prédit en fonction de l'âge (an)												
(min)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18 +
...													
10	65.5	64.4	63	62	60.6	59.5	58.1	56.7	55.7	54.3	53.2	51.8	50.8
11	67.6	66.5	65.5	64.1	63	62	60.6	59.5	58.5	57.1	56	54.6	53.6
12	69.7	68.6	67.6	66.5	65.5	64.4	63.4	62	60.9	59.9	58.8	57.8	56.7
...													

Mais le test navette de Léger et al. ne donne pas directement la vitesse aérobie maximale de course normale.

Prédiction de la vitesse aérobique maximale de course «normale» à partir de la connaissance de la vitesse aérobique maximale de course navette

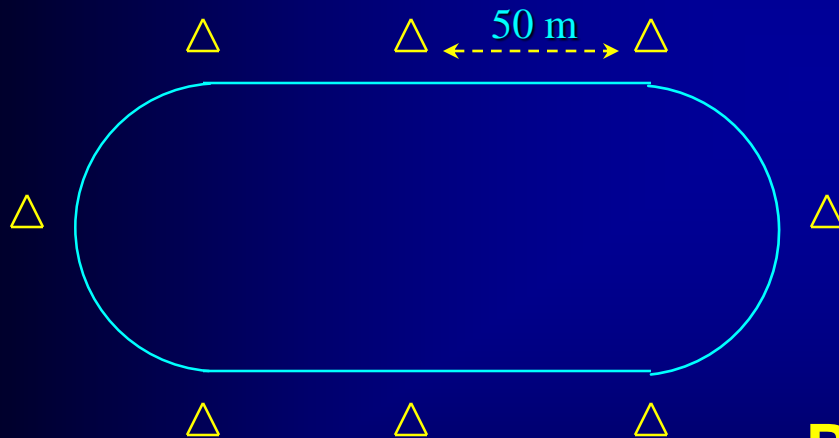
Course navette (km/h)	Course normale (km/h)	Course navette (km/h)	Course normale (km/h)
8.5	8.8	13.5	16.3
9.0	9.5	14.0	17.0
9.5	10.3	14.5	17.8
10.0	11.0	15.0	18.5
10.5	11.8	15.5	19.3
11.0	12.3	16.0	20.0
11.5	13.3	16.5	20.8
12.0	14.0	17.0	21.5
12.5	14.8	17.5	22.3
13.0	15.5	18.0	23.0

Cazorla , Léger ,1993.

***Comment évaluer
la vitesse aérobie maximale ?***

TEST DE L'UNIVERSITE DE MONTREAL

Principe : «*Passer au niveau d'une borne à chaque signal sonore*»



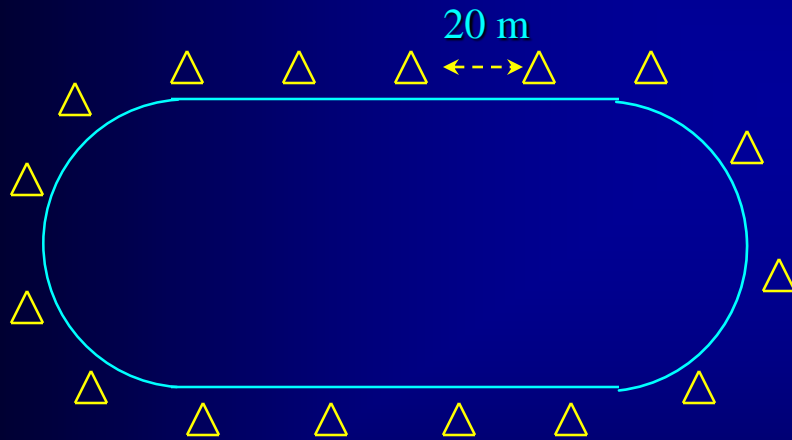
- Piste multiple de 50 m
- Bornes placées tous les 50 m
- 1 cassette enregistrée

Test de course sur piste de l'Université de Montréal (Léger et Boucher, 1980)

TEST PROGRESSIF DE COURSE SUR PISTE AVEC PALIERS DE 2 MIN

- Piste multiple de 50 m (minimum 200 m) :
- Augmentation de la vitesse = 1 km.h^{-1} toutes les 2 min.
- Intervalles des signaux sonores tous les 50 m
- Validité directe (Léger et Boucher 1980 ; Lacour et al.1991)
- Pécision et accessibilité moyennes

1-TEST VAMEVAL



- Piste multiple de 20 m
- Bornes placées tous les 20 m
- 1 cassette enregistrée

Test VAM-EVAL (Cazorla et Léger ,1993)

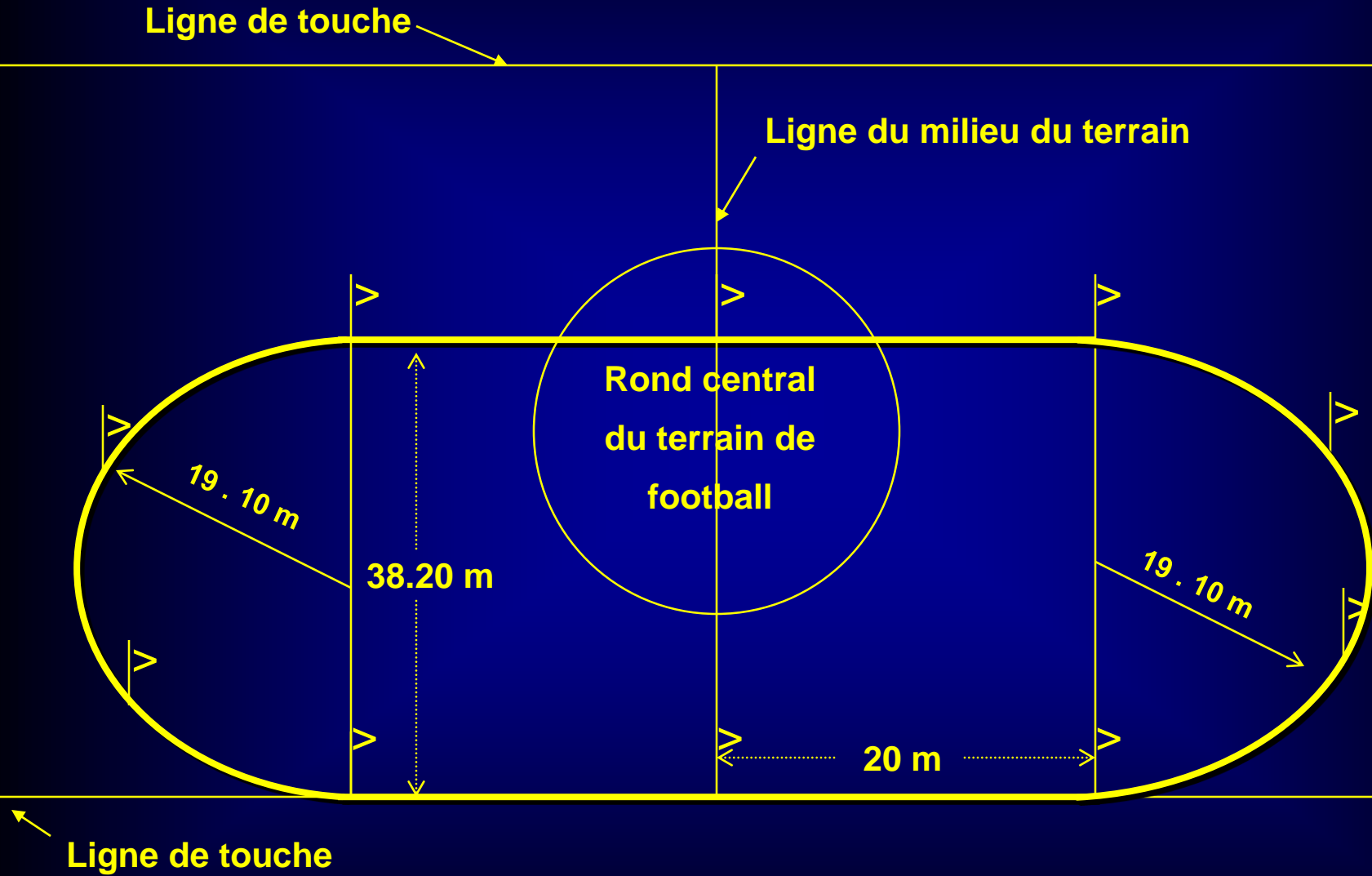
- TEST PROGRESSIF DE COURSE SUR PISTE VAMEVAL

- Piste multiple de 20 m (minimum 200 m)
- Augmentation de la vitesse = $1/2 \text{ km.h}^{-1}$ à chaque min.
- Validation indirecte (même pente et mêmes principes que ceux du Test de l'Université de Montréal: Léger et Boucher ,1980)



- Mais... meilleure précision (augmentation de la vitesse plus fine)
- et meilleure accessibilité (intervalles des signaux sonores tous les 20 m)

Comment tracer une piste de 200 m sur un terrain de football





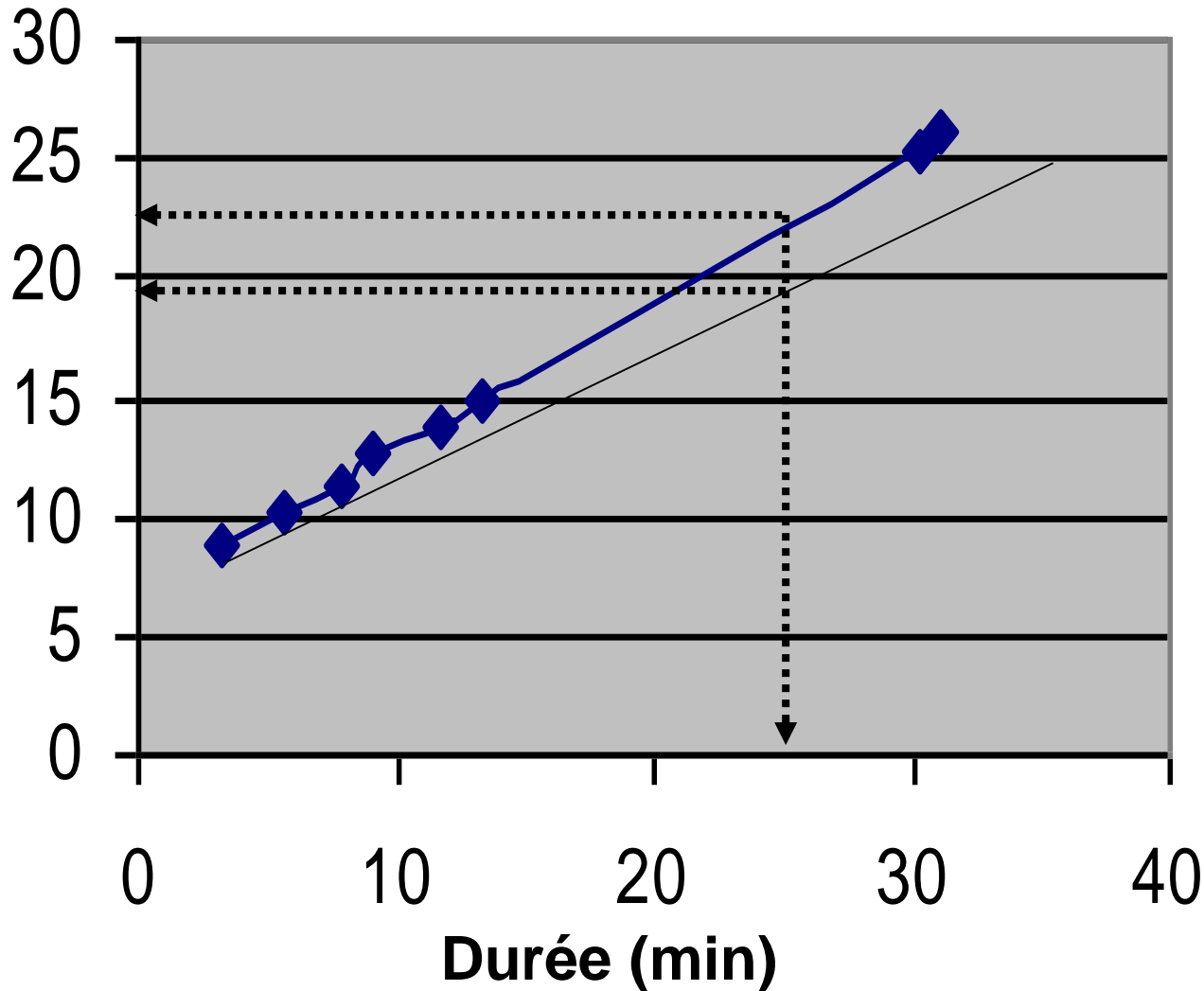
TEST DE BRUE (1985)

Test de Brue, 1985.

- **TEST DE COURSE DERRIERE CYCLISTE**
 - Piste ou route sans pente et sans vent
 - Augmentation de la vitesse = $1/2 \text{ km/h}^{-1}$ toutes les 30 s.
 - Test validé
 - Bonne précision
 - Accessibilité difficile (Cycliste expérimenté, peu d'évalués à la fois)

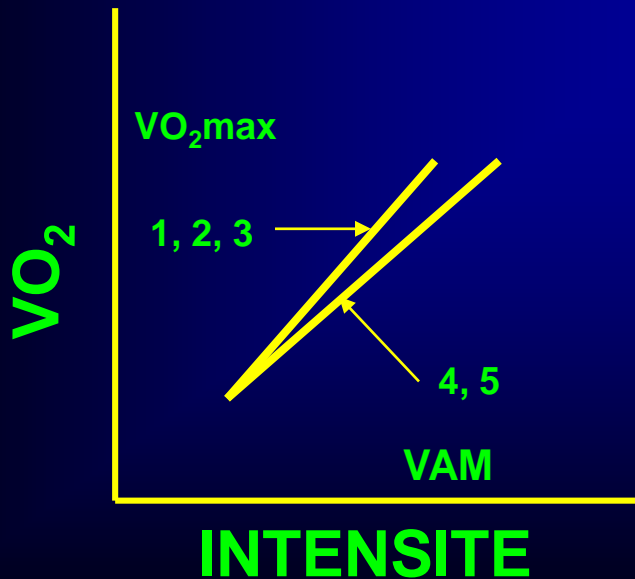
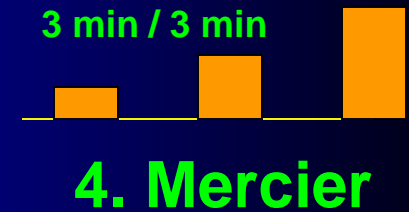
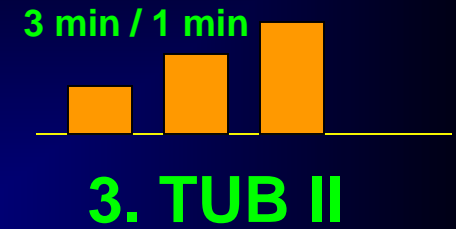
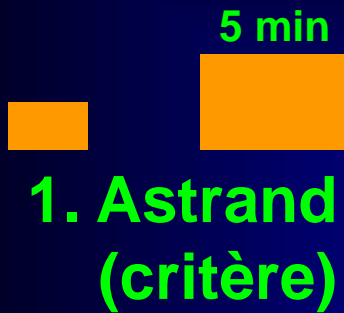
Comparaison des pentes vitesse-durée des tests de Brue et de Léger et Boucher

Vitesse (km/h)

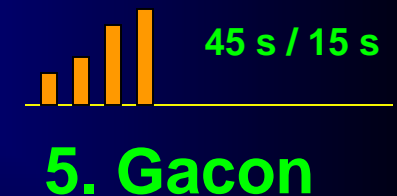


—◆— Série1

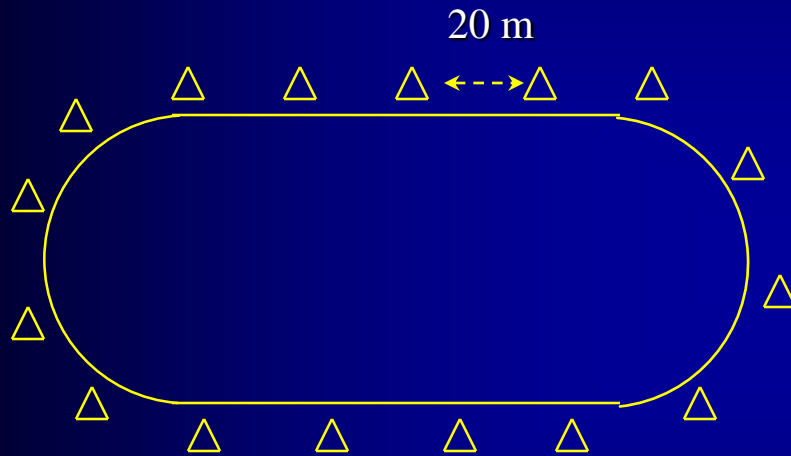
TESTS TRIANGULAIRES DISCONTINUS



VAM:
1,2,3 < 4,5
ECONOMIE:
4,5 < 1,2,3
 VO_{2max} :
1=2=3=4, 5?



2-TEST DE L'UNIVERSITE DE BORDEAUX 2 (TUBII)



- Piste multiple de 20 m
- Bornes placées tous les 20 m
- 1 cassette enregistrée

POSSIBILITES SUPPLEMENTAIRES DU TEST VAMEVAL

Peut être réalisé **AVEC OU SANS** cardiofréquence-mètre

SANS = Seule la Vitesse Aérobie Maximale (VAM) est obtenue,

AVEC = On obtient non seulement la VAM mais aussi les relations F.C.-Vitesse de course +... la récupération cardiaque post-test.

Test de l'Université de Bordeaux II :

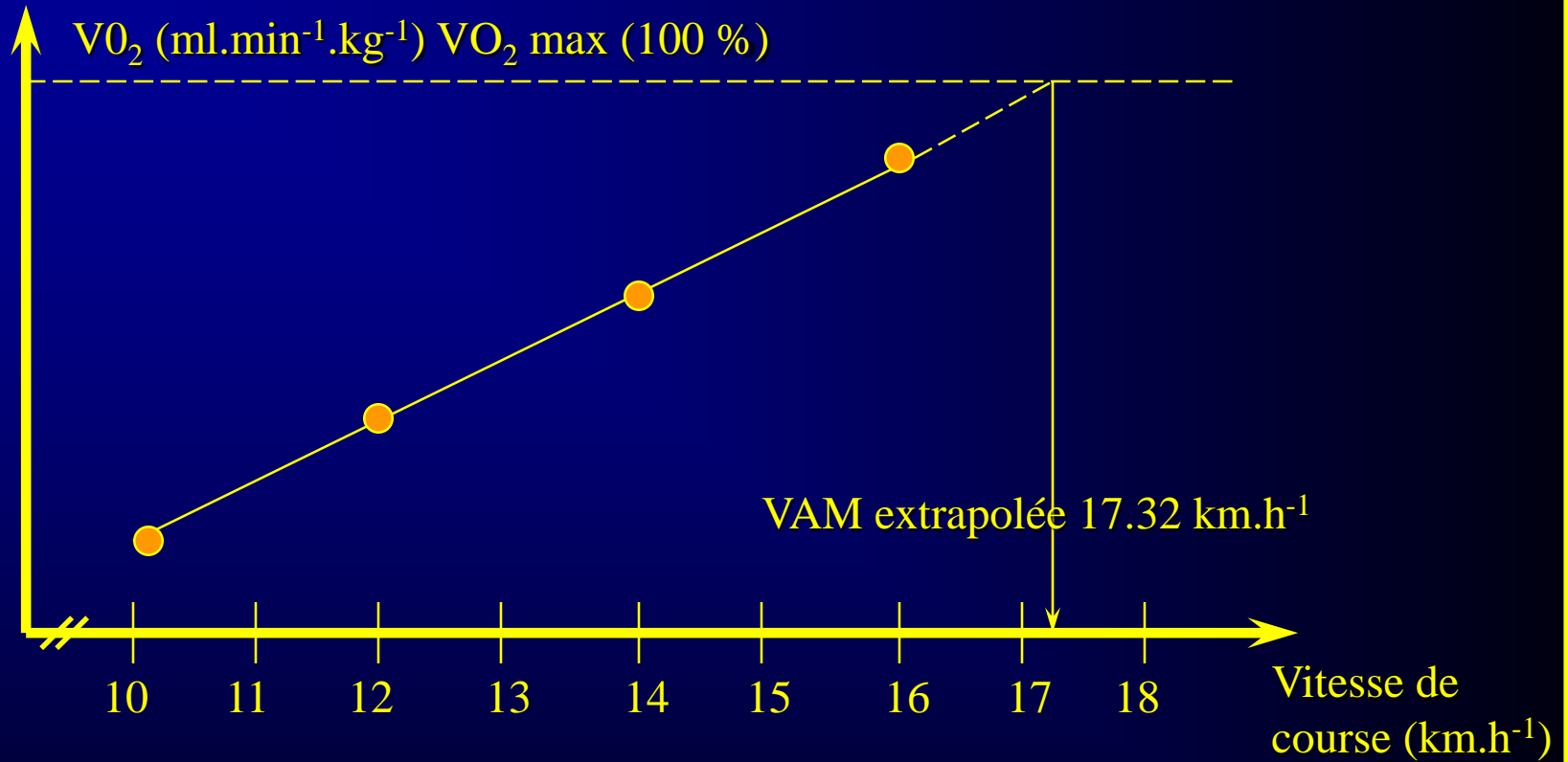
T.U.B.2 (Cazorla, 1990)

- **TEST PROGRESSIF DE COURSE SUR PISTE AVEC ARRÊTS**

- Piste multiple de 20 m (minimum 200 m) Idem VAM-EVAL
- Augmentation de la vitesse à chaque palier de 3 min. = 8, 10, 12, 13, 14, 15,ou : 12,14,16, 17, 18, 19... km/h (Coureurs de demi-fond et de fond)
- Arrêt d'1 minute entre chaque palier
- Validation indirecte avec le VAM-EVAL (pas de différence significative entre les vam et les FC max obtenues avec les deux tests: Hourcade 1997)
- Bonne précision
- Ne se justifie qu'avec un recueil de la FC et éventuellement l'étude de la lactatémie



VALIDITE DES TESTS POUR OBTENIR LA VAM

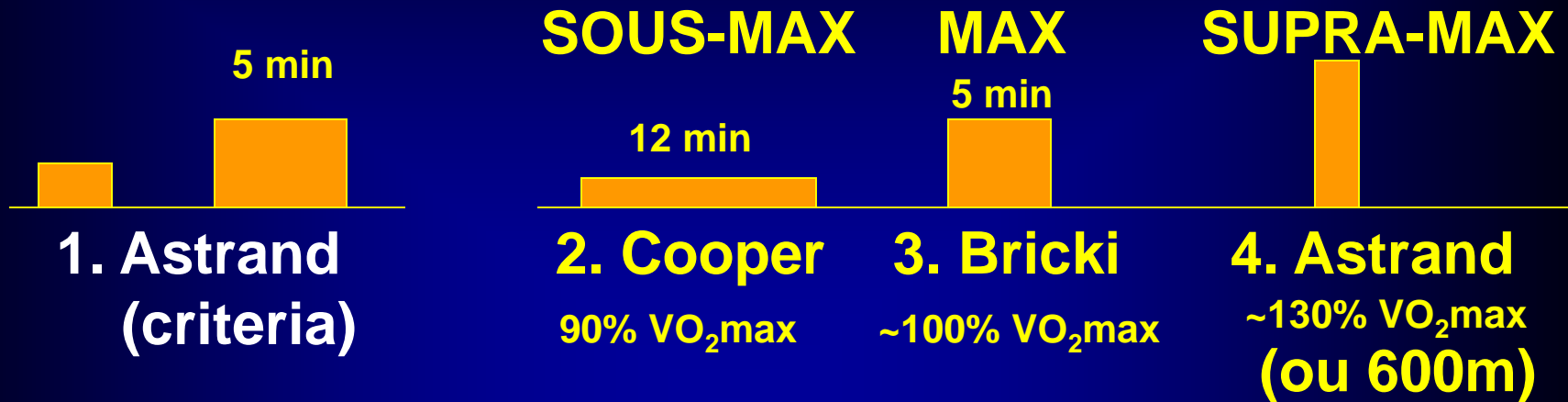


1.1 VALIDITE DES QUATRE TESTS POUR OBTENIR LA VAM_s

	LEGER BOUCHER	VAMEVAL	VAM Extrapolée	TUB2	BRUE
VAMs (km.h ⁻¹)	17.24 ±1.12	17.30 ±1.14	17.32 ±0.96	17.39 ±1.04	17.76 ±0.92

VAMs obtenues par les mêmes sujets (n=17) aux quatre tests (Cazorla et Léger 1997)

TESTS RECTANGULAIRES



VAM: impossible

ECONOMIE: impossible

VO₂max direct: 2 < 1,3,4

VO₂max prédit: par régression seulement

***Pourquoi évaluer
la vitesse aérobie maximale ?***

Dans l'entraînement ou dans la pratique de l'éducation physique ou des activités physiques quotidiennes, plus que la connaissance de vo_2max , c'est la vitesse limite à laquelle vo_2max est atteint (ou Vitesse Aérobie Maximale) qu'il est très utile de connaître afin de mieux doser les vitesses de course les plus favorables au développement des capacités physiologiques.

1.3 CLASSEMENT FINAL

Epreuves	Validité	Fidélité	Accessibilité	Point = Classement
VAMEVAL	2	1	1	4 = 1 ^{er} ex.
LEGER BOUCHER	1 (*)	1	2	4 = 1 ^{er} ex.
TUB2	2	1	2	5 = 3 ^{ème}
BRUE	2	1	3	6 = 4 ^{ème}

(*) Seule épreuve ayant bénéficié d'une validité par rapport au VO₂ max directement mesuré

1.2 ACCESSIBILITE DES QUATRE TESTS

Tests	Matériel nécessaire	Compréhension et réalisation du protocole	Modalité
1. VAMEVAL	1 Piste multiple de 20m 1 cassette enregistrée 1 magnétophone 1 ampli	Facile, bien expliqué	Collectif (max 100)
2 LEGER et BOUCHER	Idem	Facile, bien expliqué Vitesse parfois difficile à ajuster	Collectif (max 50)
3. TUB2	Idem + cardio + prélèvements	Facile, bien expliqué	Collectif max : au prorata du nombre de cardio fréquencesmètres
4 BRUE	Idem + parcours plat + bicyclette adaptée + cycliste habitué	Facile, bien expliqué	Collectif (max 10)

LA VAM PERMET

```
graph TD; A[LA VAM PERMET] --> B[1 d'extrapoler VO2 max]; A --> C[2 de calculer l'endurance]; A --> D[3 de prédire la performance]; A --> E[4 d'orienter les contenus d'entraînement];
```

1

d'extrapoler
VO₂ max

2

de calculer
l'endurance

3

de prédire la
performance

4

d'orienter les
contenus
d'entraînement

2.1 EXTRAPOLER LE VO_2 MAX

LEGER ET MERCIER + équation de PUGH ,1970 (Résistance de l'air) :

- $VO_2 \text{ max} = 2.209 + (3.163 \times VAM) + (0.000525542 \times VAM^3)$

Par exemple avec une VAM de 16 km.h^{-1} , $VO_2 \text{ max} =$

$$2.209 + (3.163 \times 16) + (0.000525542 \times 4096) = \boxed{55 \text{ ml.min}^{-1}.\text{kg}^{-1}}$$

LEGER ET MERCIER (1983) : Courbe moyenne de 14 études

- $VO_2 \text{ max (ml.min}^{-1}.\text{kg}^{-1}) = VAM (\text{km.h}^{-1}) \times 3.5$

Par exemple, toujours avec la même VAM de 16 km.h^{-1} ,

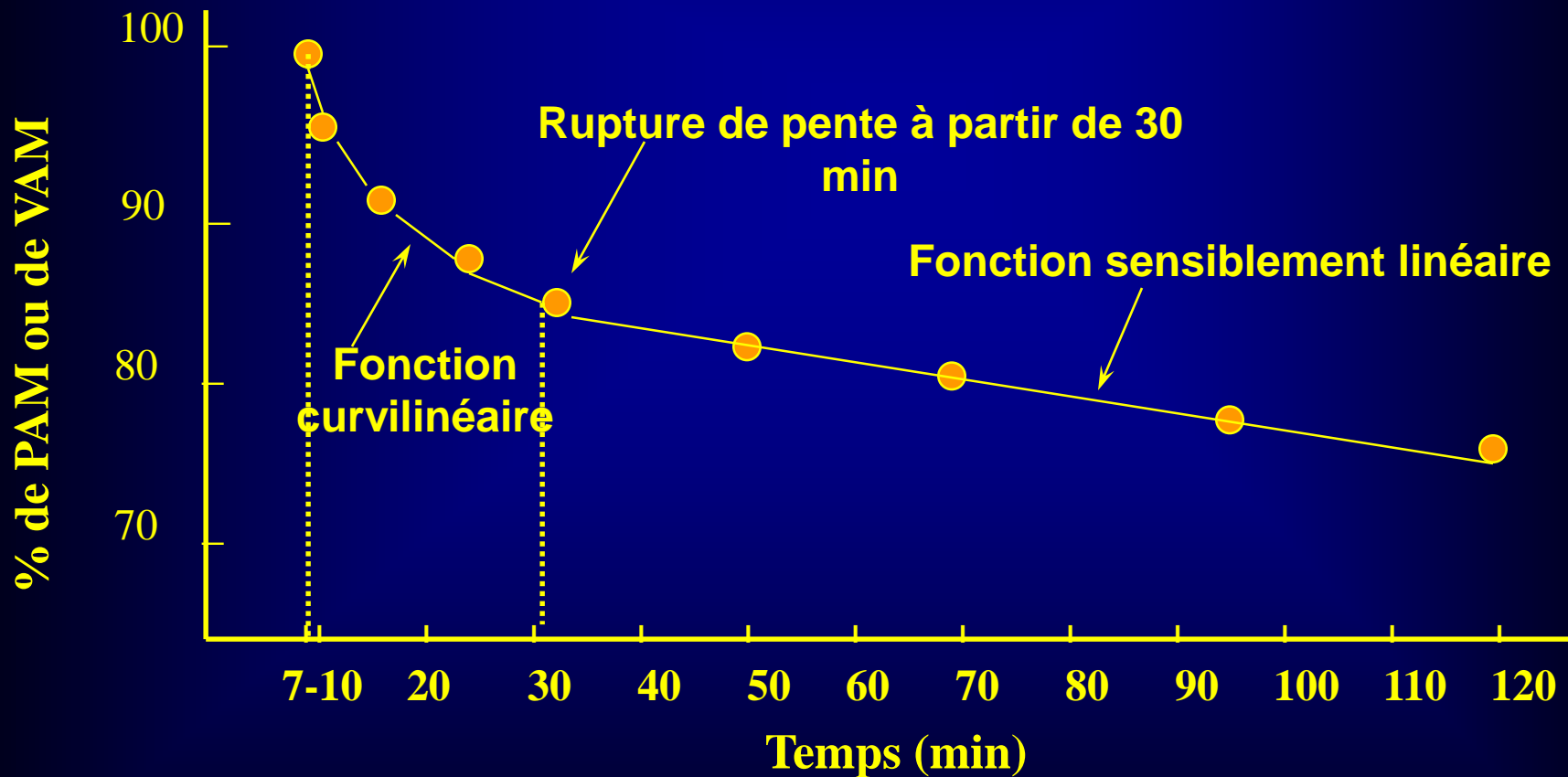
$$VO_2 \text{ max} = 16 \times 3.5 = \boxed{56 \text{ ml.min}^{-1}.\text{kg}^{-1}}$$

2.2 Evaluer l'endurance aérobie

Les différentes techniques...

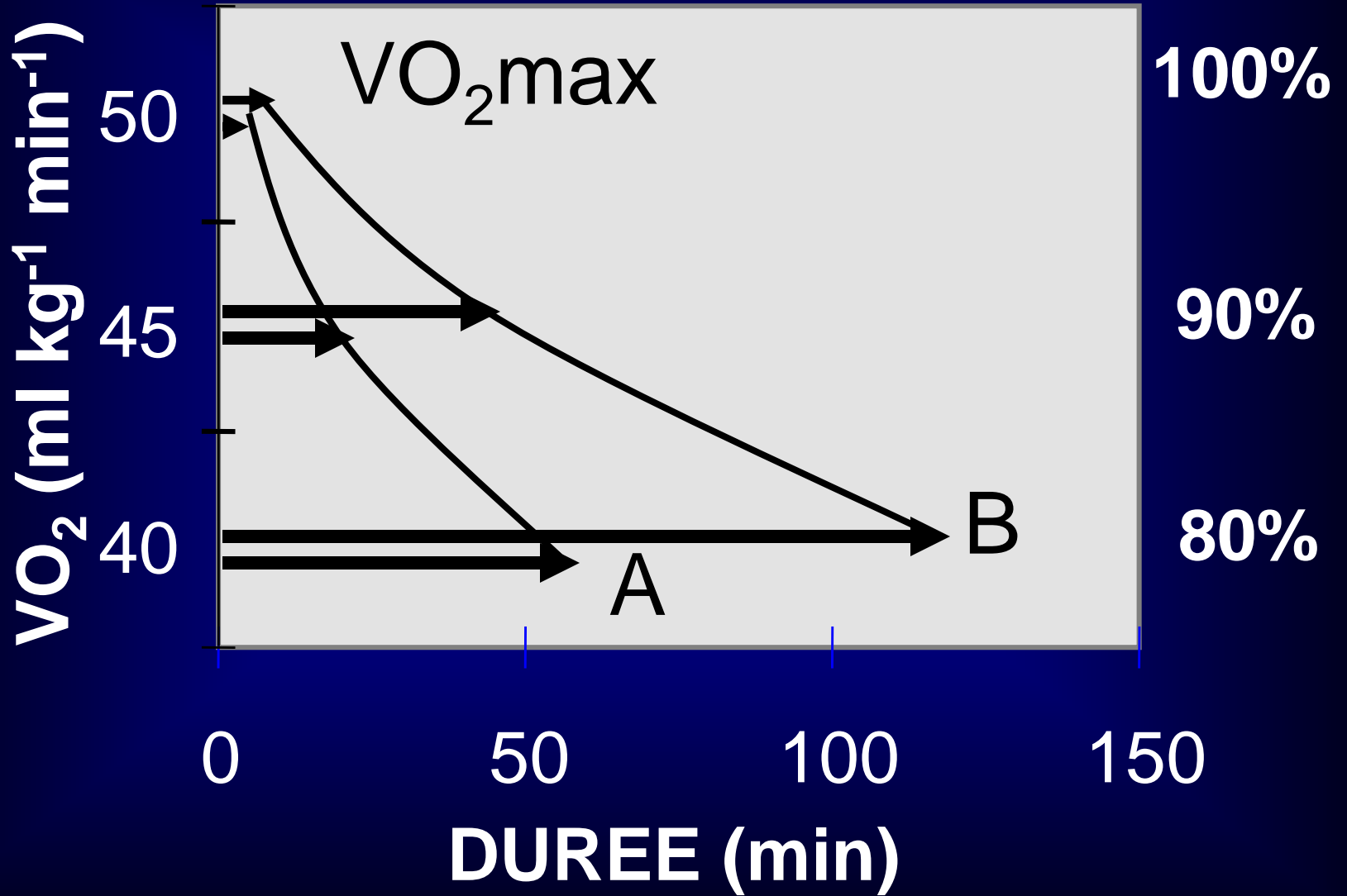
- **Le temps limite maintenu à un pourcentage donné de VO_2 max ou de VAM : Saltin (1973)**
 - Davies et Thompson (1979)**
 - Volkov et al. (1975)**
 - Briggs (1977)**
 -**
 - Péronnet et al. (1987)**
 - Ramsbottom et al. (1992)**
 - Billat et al. (1993)**
- **L'Index d'Endurance (I.E.) de Péronnet et Thibault (1984)**
- **L'Indice d'Endurance Aérobie :I.E.A.(Cazorla 1990)**

Décroissance de la durée limite maintenue en fonction du % de VO₂ max ou de V.A.M. utilisé



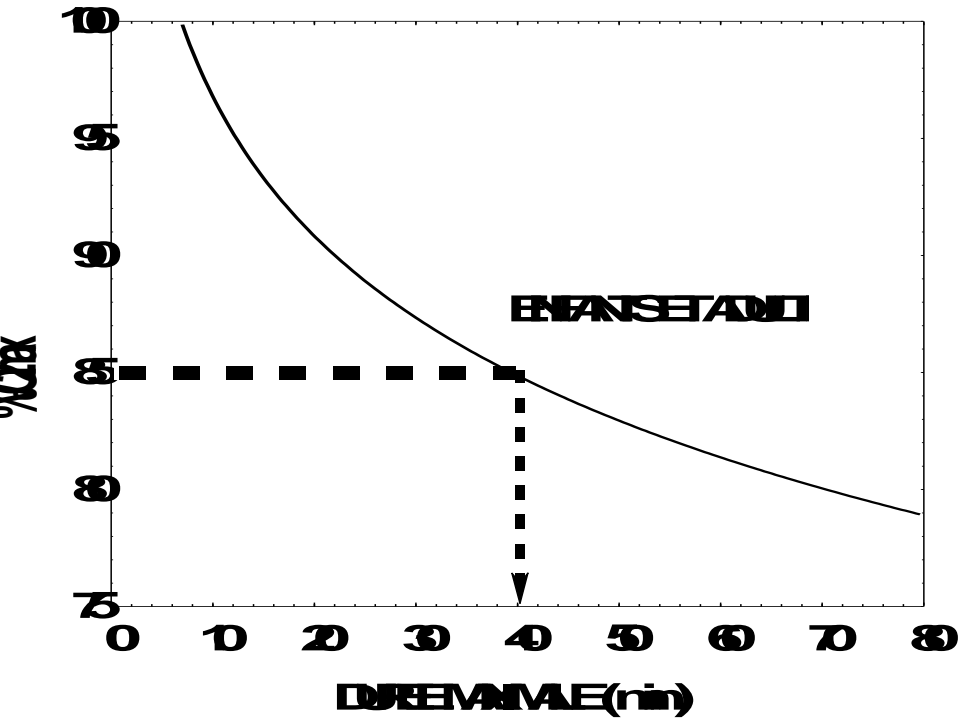
Le % de PAM ou de VAM qui est maintenu diminue avec le temps de course de façon curvilinéaire jusqu'à environ 30 min et sensiblement linéaire après.

TEMPS LIMITE



TEMPS LIMITE : %VO2MAX vs %VMA LORS DE LA CROISSANCE

%VO2MAX



%VMA

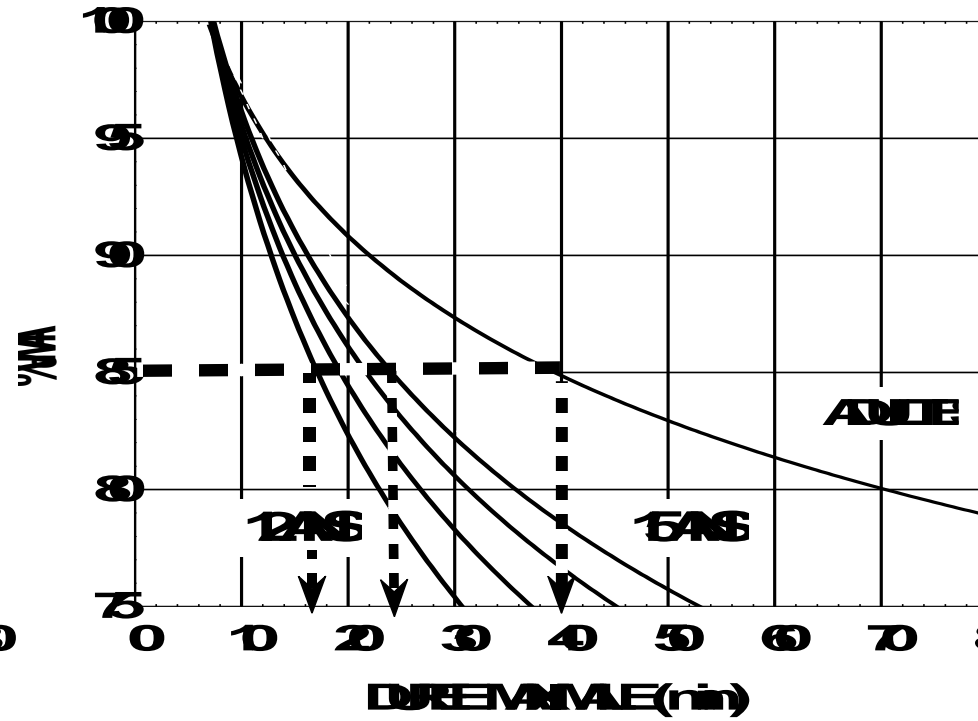


FIGURE 12

Equation proposée par Saltin (1973)

- Equation permettant de prédire la diminution de la fraction d'utilisation de $\dot{V}O_2 \max$, *uniquement pour une durée (t) comprise entre 30 et 300 min :*

$$\% \dot{V} O_2 \max = 0.94 - 0.001 t$$

Par exemple pour une épreuve de deux heures trente (150 min), un coureur est théoriquement capable de maintenir 79% de son $\dot{V}O_2 \max$

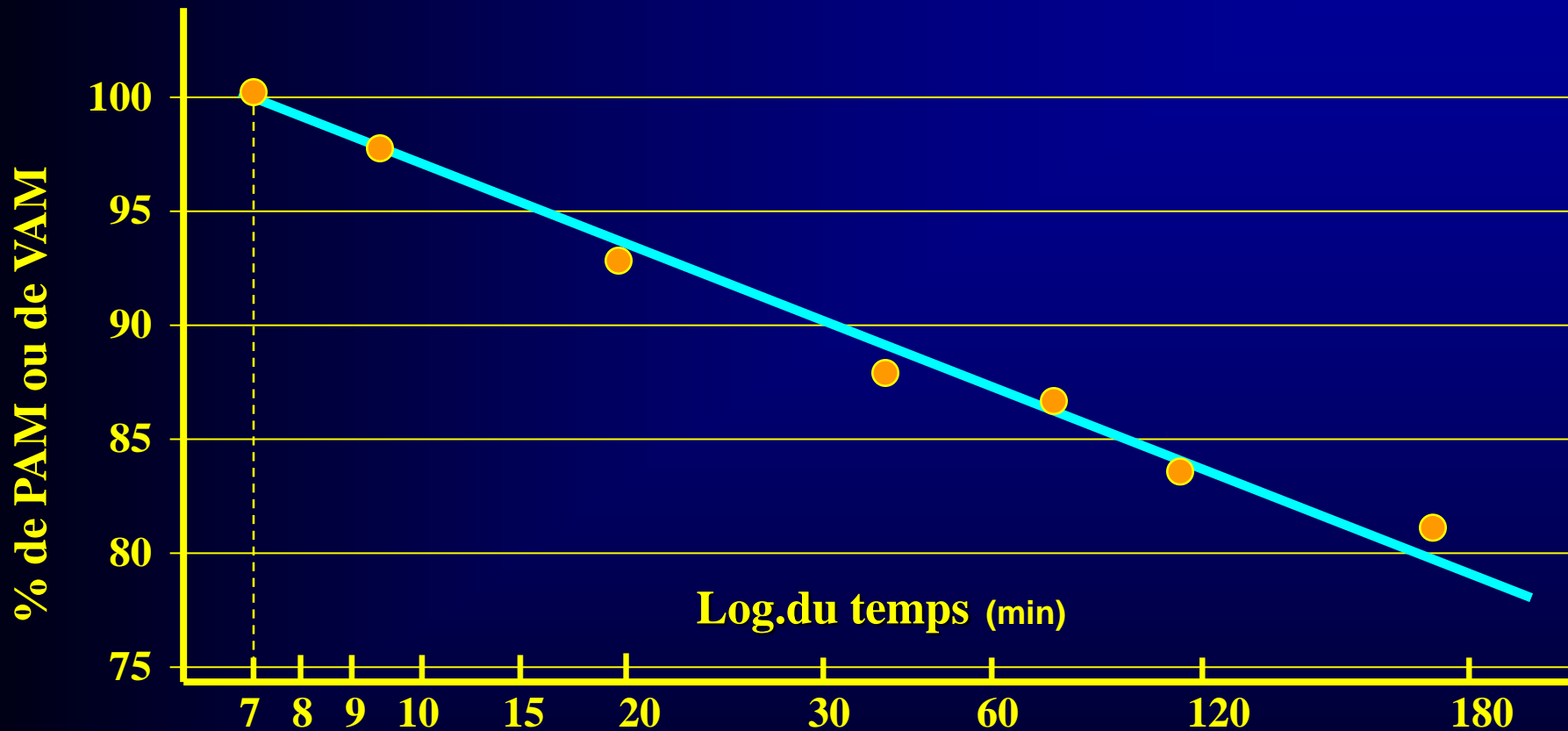
Equation proposée par Davies et Thompson (1979)

- Equation surtout valable pour les ultra-marathonniens dans laquelle le temps (t) est exprimé en heures:

$$\% \text{ VO}_2 \text{ max} = 91.24 - 3.79 t + 0.08 t^2$$

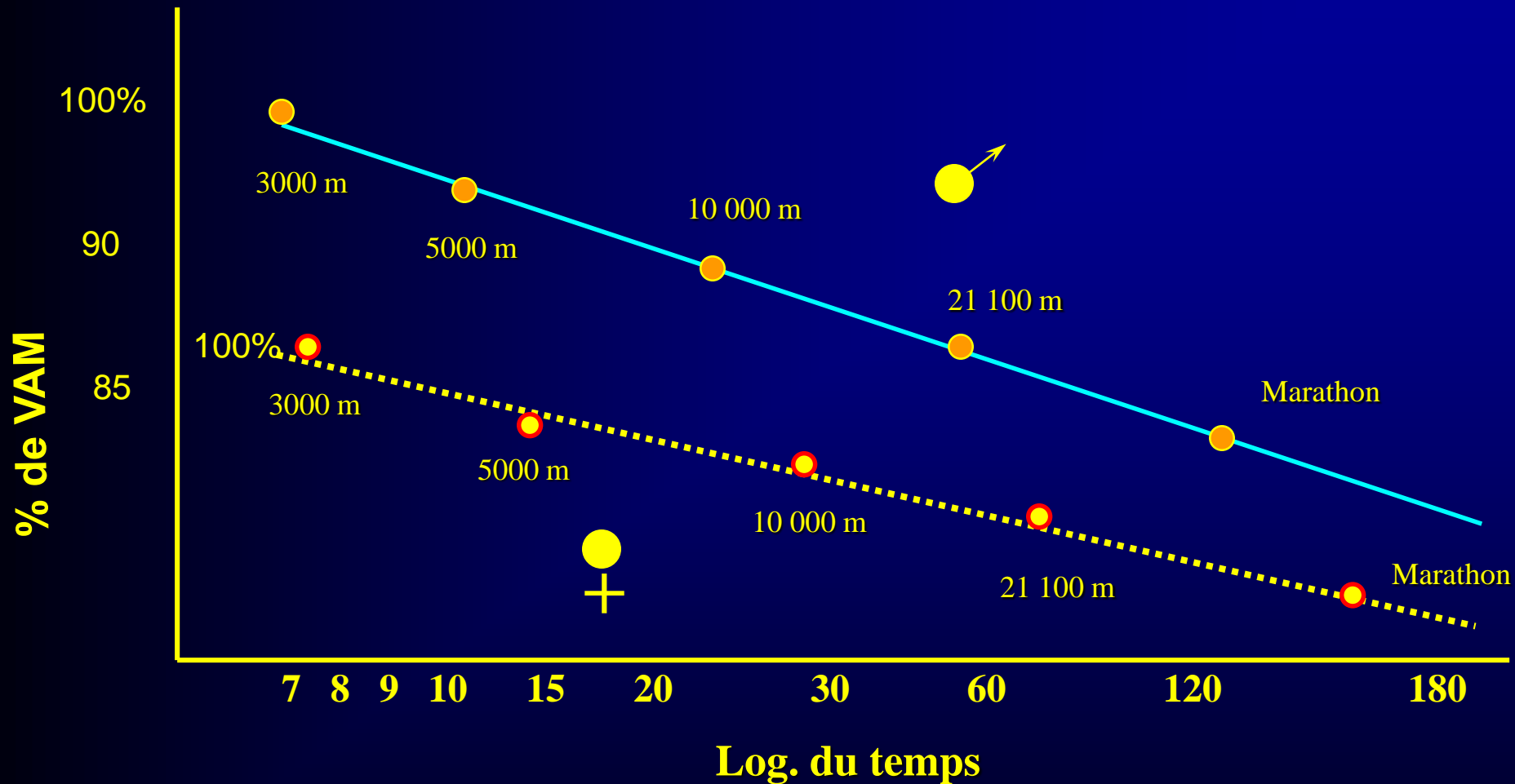
Ainsi, pour une épreuve de dix heures , un coureur serait capable de maintenir 61.34% de VO_2 max

L'approche de Péronnet et Thibault (1984)



Le % de PAM ou de VAM qui est maintenu par un coureur diminue avec le temps de course de façon linéaire si le temps est porté en abscisse sur une échelle logarithmique

Son application aux coureurs de longues distances



La valeur de la pente de l'équation linéaire est un indicateur pertinent de l'endurance aérobie du coureur. Plus cette valeur est faible meilleure est son endurance

Appréciation de l'endurance selon la technique de Péronnet et Thibault (1984)

Endurance :	très élevée	élevée	moyenne	faible	très faible
Indice d'endurance :	- 4	- 6	- 8	-10	- 12

2.2 Durée limite à partir d'une épreuve unique

A PLUSIEURS POURCENTAGES DE VAM : (80 ; 90 ; 95 ; 100 %)

Selon le modèle de Péronnet et Thibault (1987) :

1- Athlètes de haut niveau hommes :

$$E.A.(min) = 1277.3 - 634.3 \text{ Log } (\%VAM)$$

2- Athlètes de haut niveau femmes:

$$E.A.(min) = 1466.5 - 728.9 \text{ Log } (\%VAM)$$

3- Garçons 12-15 ans : $E.A.(min) = 431.1 - 213.9 \text{ Log } (\%VAM)$

4- Filles 12-13 ans : $E.A.(min) = 268.2 - 132.1 \text{ Log } (\%VAM)$

2.2 Durée limite à partir d'une épreuve unique

DUREE LIMITE à 100 % de VAM

ENDURANCE AEROBIE				
TRES ELEVÉE	ELEVÉE	MOYENNE	FAIBLE	TRES FAIBLE
> 15 min.	9 - 11 min.	6 - 8 min.	5 min.	< 4 min.

VAM déterminée avec l'épreuve de course sur piste de Léger et Boucher (1980)

L'Indice d'endurance aérobie (I.E.A.)

1-Commencer par évaluer la VAM , par exemple : 18,3 km/h

2-Calculer ensuite la vitesse moyenne (Vm) maintenue sur une distance ou une durée donnée , par exemple : 17.4 km/h au test de 12 min de course de Cooper.

3-Votre I.E.A. est : $Vm: \frac{17.4 \times 100}{18.3} = 97.5 \%$

Ou ce qui est identique I.E.A. =

Distance réellement parcourue en 12 min X 100

Distance théorique que vous auriez parcourue en 12 min à votre VAM

2.3 Prédire la performance

Equation proposée par Léger, Mercier et Gauvin, (1986)

- Si $t < 4.6$ min..... $\ln Y = 4.93 - 0.186 \ln X$
- Si $4.6 < t < 70.4$ min..... $\ln Y = 4.79 - 0.096 \ln X$
- Si $70.4 < t < 173.7$ min..... $\ln Y = 4.90 - 0.121 \ln X$
- Si $t > 173.7$ min..... $\ln Y = 5.08 - 0.156 \ln X$

Y est le % VO_2 max et **X** est le temps (compris entre 0.33 et 300 min)

2.2.1 VAM ET PREDICTION DE PERFORMANCE

PERFORMANCES POTENTIELLES (h : min : s) selon différentes distances de courses d'après les équations de Mercier et Léger ,1985et de Péronnet et al.,1992.

VAM (km.h⁻¹)	VO₂ MAX (ml.min⁻¹.kg⁻¹)	10 000	20 000	Semi marathon	Marathon
14	49.0	56:15	1:59:22	2:05:20	4:54:07
15	52.5	50:47	1:47:29	1:52:58	4:17:48
16	56.0	46:17	1:37:45	1:42:45	3:49:28
17	59.5	42:30	1:29:38	1:34:12	3:26:44
18	63.0	39:18	1:22:46	1:27:00	3:08:06
19	66.5	36:33	1:16:52	1:20:48	2:52:34
20	70.0	34:10	1:11:45	1:15:26	2:39:23
21	73.5	32:04	1:07:17	1:10:44	2:28:05
22	77.0	30:12	1:03:20	1:06:36	2:18:16
23	80.5	28:33	59:30	1:02:34	2:09:41
24	84.0	27:04	56:41	59:25	2:02:06

2.2.2 PERFORMANCES ET POURCENTAGES DE VAM

**(Thibaut et Mercier, 1981 ; Leger et al.,1985 ; Villaret,1988 ;
Montmayeur et Villaret,1990)**

DISTANCES DE COMPETITION	% DE VAM COURSE SUR PISTE
800 m	120 à 125
1000 m	105 à 115
1500 m	101 à 111
2000 m	98 à 102
3000 m	95 à 100
5000 m	90 à 95
10000 m	85 à 90
20000 m	80 à 88
Semi marathon	80 à 88
Marathon	75 à 84

2.4 Orienter les contenus d'entraînement

Quelles sont les intensités qui correspondent au travail aérobie?

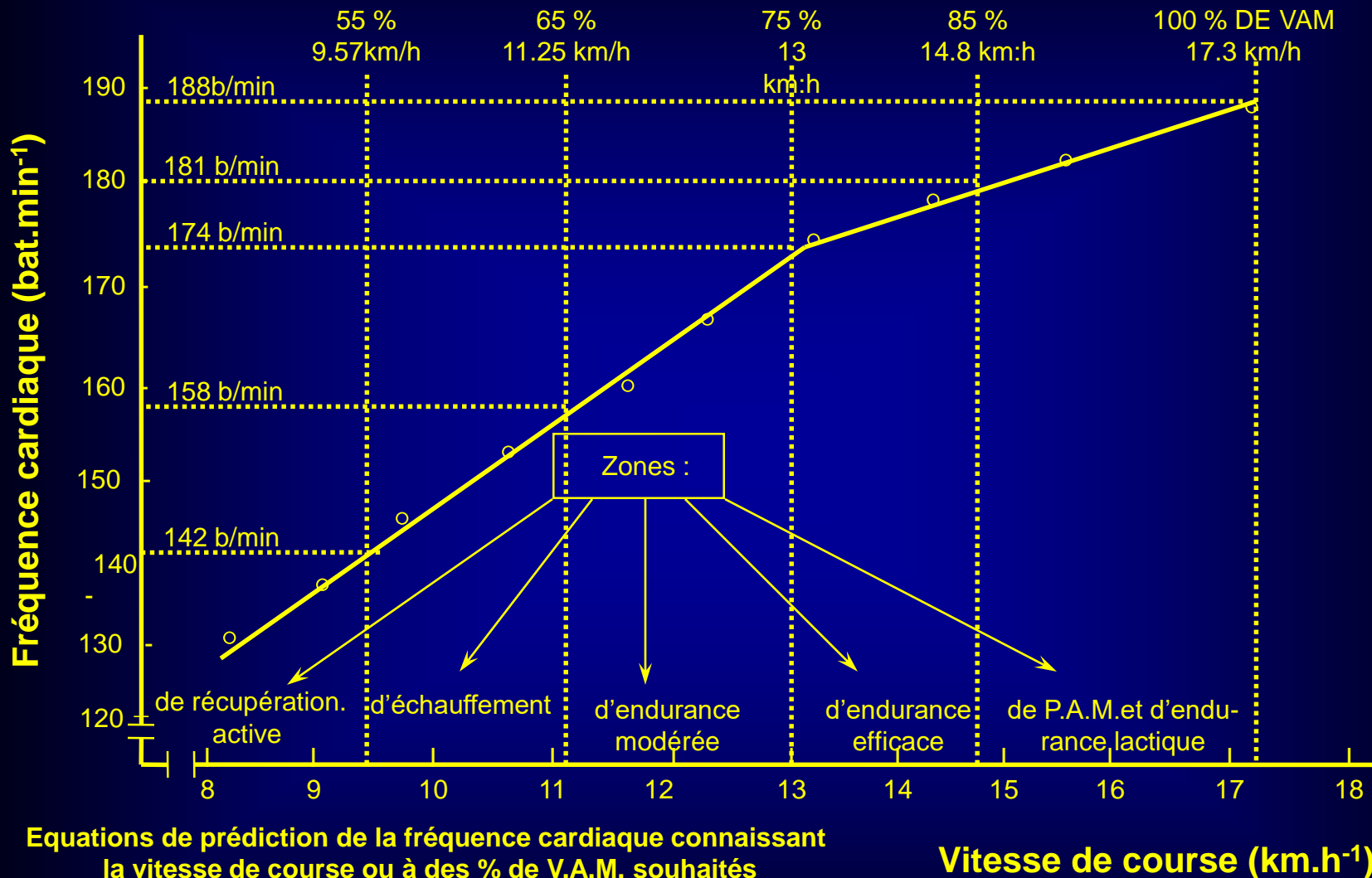
- **Au plan métabolique: Entre 65 et 80 % de VO_2 max**
- **Au plan des capacités motrices : entre 65 et 85 % de la puissance aérobie maximale ou de la vitesse aérobie maximale.**
- **Au plan cardiaque : entre 80 et 90 % de la fréquence cardiaque maximale**

2.4 VAM ET ORIENTATION DE L'ENTRAINEMENT

- **AVEC LA SIMPLE CONNAISSANCE DE LA VAM**
 - **AVEC LA CONNAISSANCE DE LA RELATION
VITESSE-FREQUENCE CARDIAQUE**
- EXEMPLE DU BIOLOGICIEL**



COURBE FREQUENCE CARDIAQUE-VITESSE DE COURSE DE M.: AB...Y



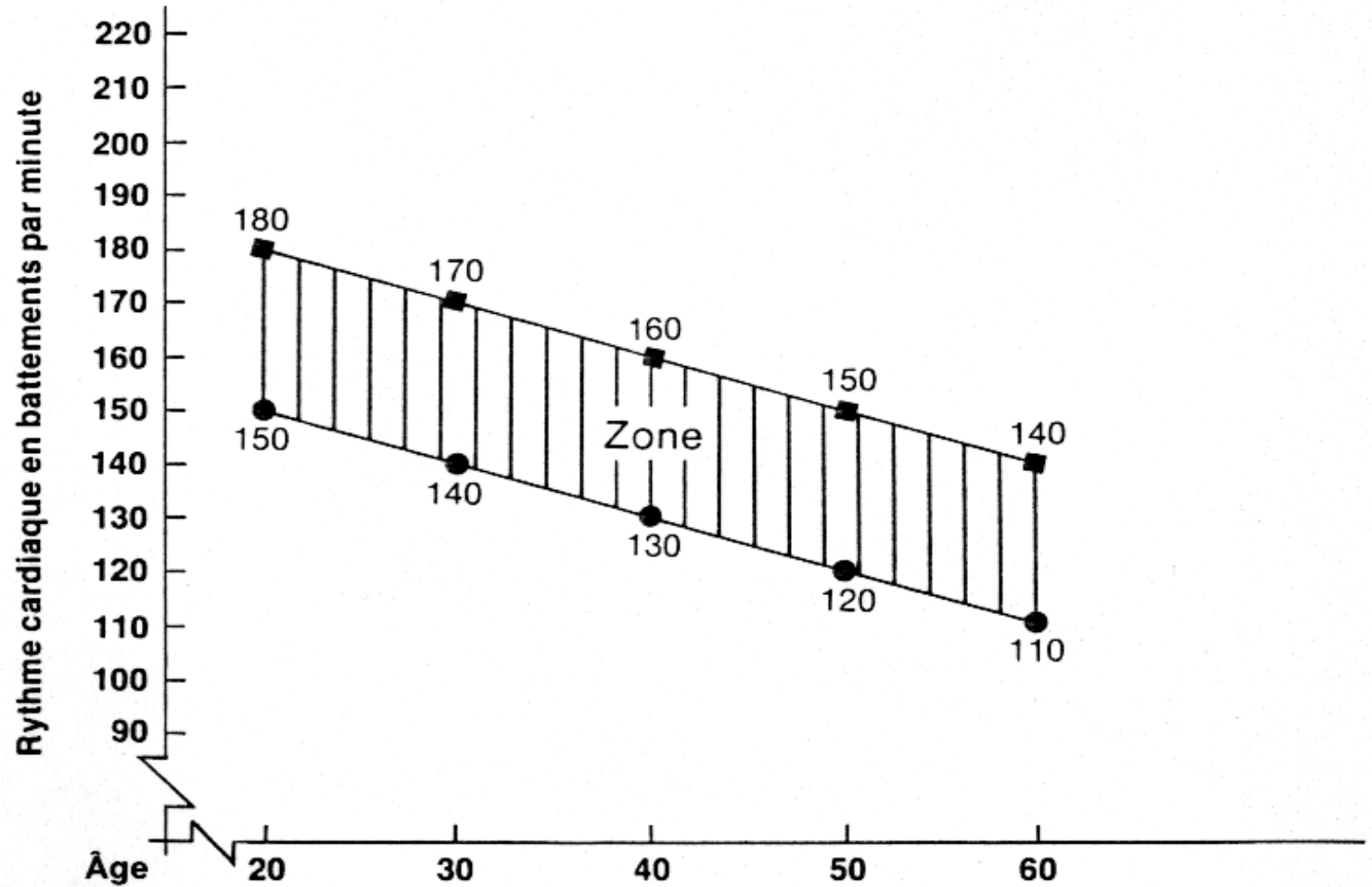
$$FC1 = 9.021 \cdot vit + 56.363 ; r = 0.998$$

$$FC2 = 3.122 \cdot vit + 134.77 ; r = 0.994$$

$$FC1 = 1.552 \cdot \% VAM + 56.364 ; r = 0.998$$

$$FC2 = 0.537 \cdot \% VAM + 134.77 ; r = 0.994$$

Zone cible du rythme cardiaque



- limite supérieure (200 moins votre âge)
- limite inférieure (170 moins votre âge)

Aptitude aérobie

Concepts, Évaluation et Entraînement

- **Concepts, Composantes, Importance, Terminologie, Unités**
- **Évaluation (Mesure)**
 - **Puissance aérobie (VO_2max)**
 - **Principes, Types de tests et protocoles**
 - **Tests de Labo et de Terrain**
 - **Endurance aérobie**

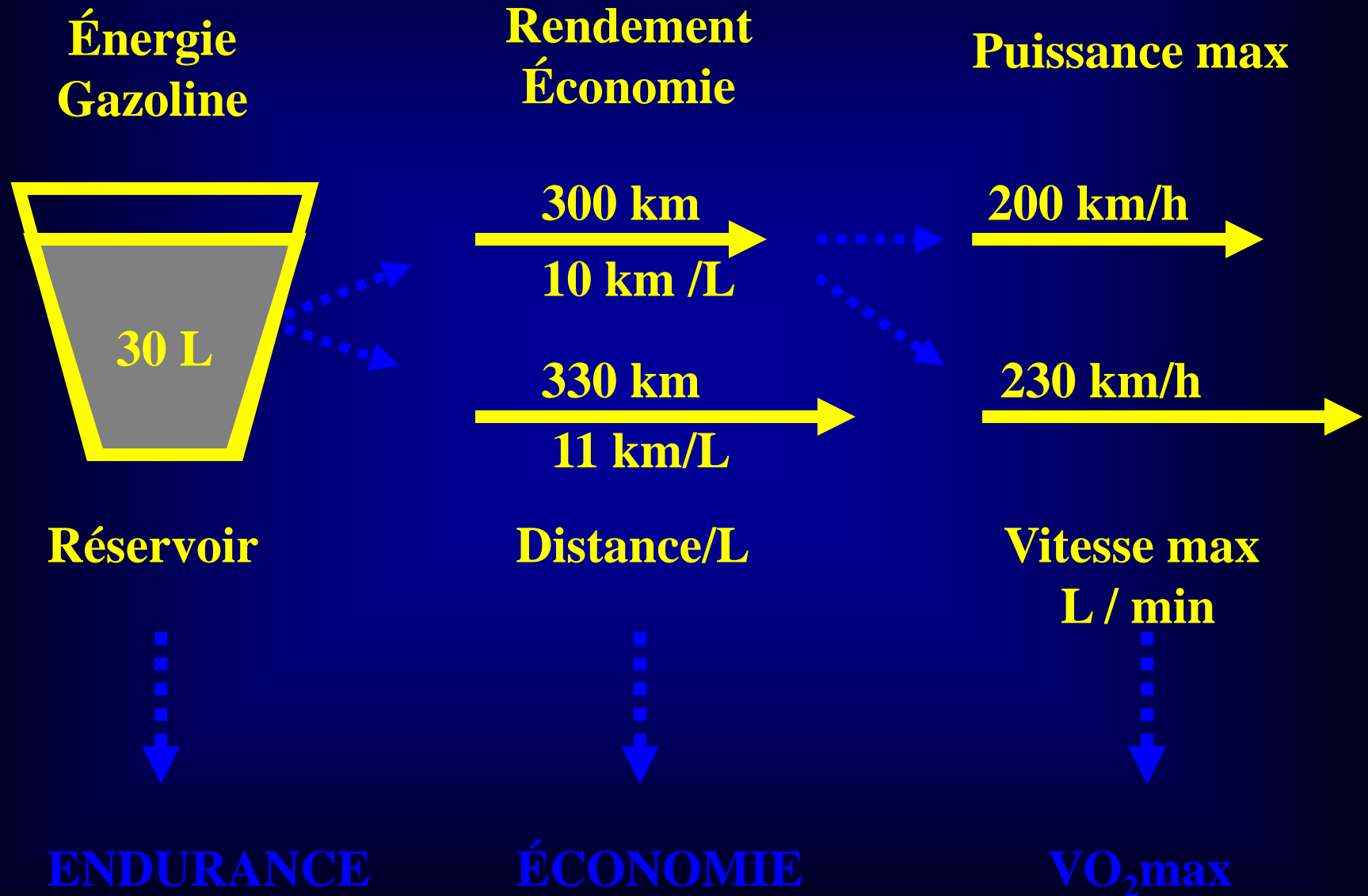
L'APTITUDE AÉROBIE est l'aptitude à réaliser des performances qui sont principalement limitées par le métabolisme aérobie. Les épreuves de demi-fond et de fond en sont des exemples types.

APTITUDE AEROBIE COMPOSANTES

- VO_2max
- ECONOMIE DE LOCOMOTION
- ENDURANCE AEROBIE

LES COMPOSANTES

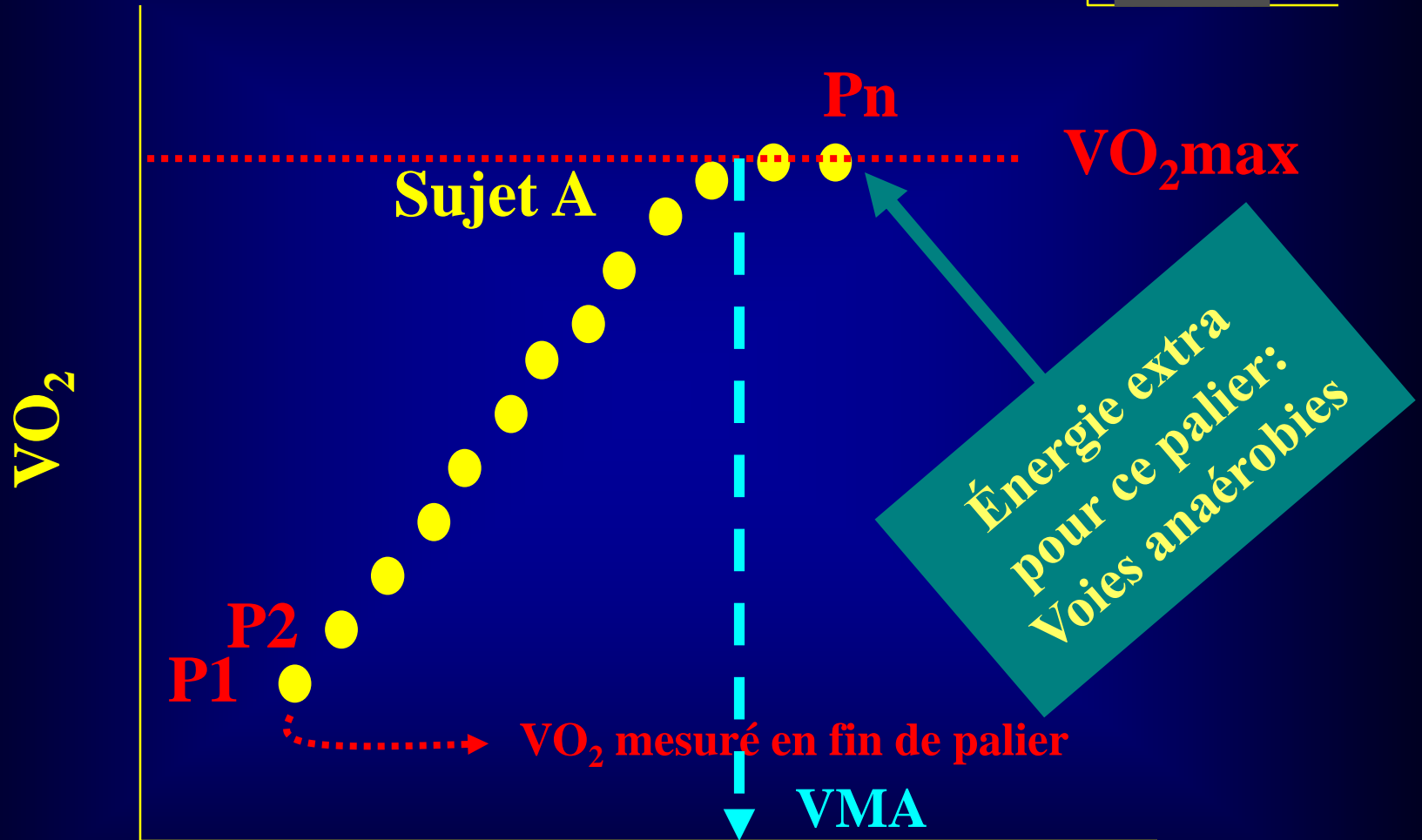
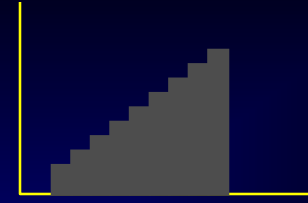
Analogie avec la Formule 1



VO_2 & $VO_2\text{max}$

- VO_2 est le reflet de l'énergie produite pour réaliser un effort en "aérobiose"
- Pour chaque molécule ou litre d' O_2 utilisé pour oxyder les lipides et glucides stockés dans le corps, une quantité connue d'énergie (Joules ou kcal) est libérée pour le travail musculaire.
- Si l'intensité augmente, VO_2 augmente proportionnellement,
- ... mais chaque individu a une limite bien à lui: c'est son $VO_2\text{max}$
- On peut augmenter l'intensité encore un peu au-delà de cette limite, en faisant appel à l'énergie anaérobie

PROTOCOLE EN PALIER



PALIER ou VITESSE

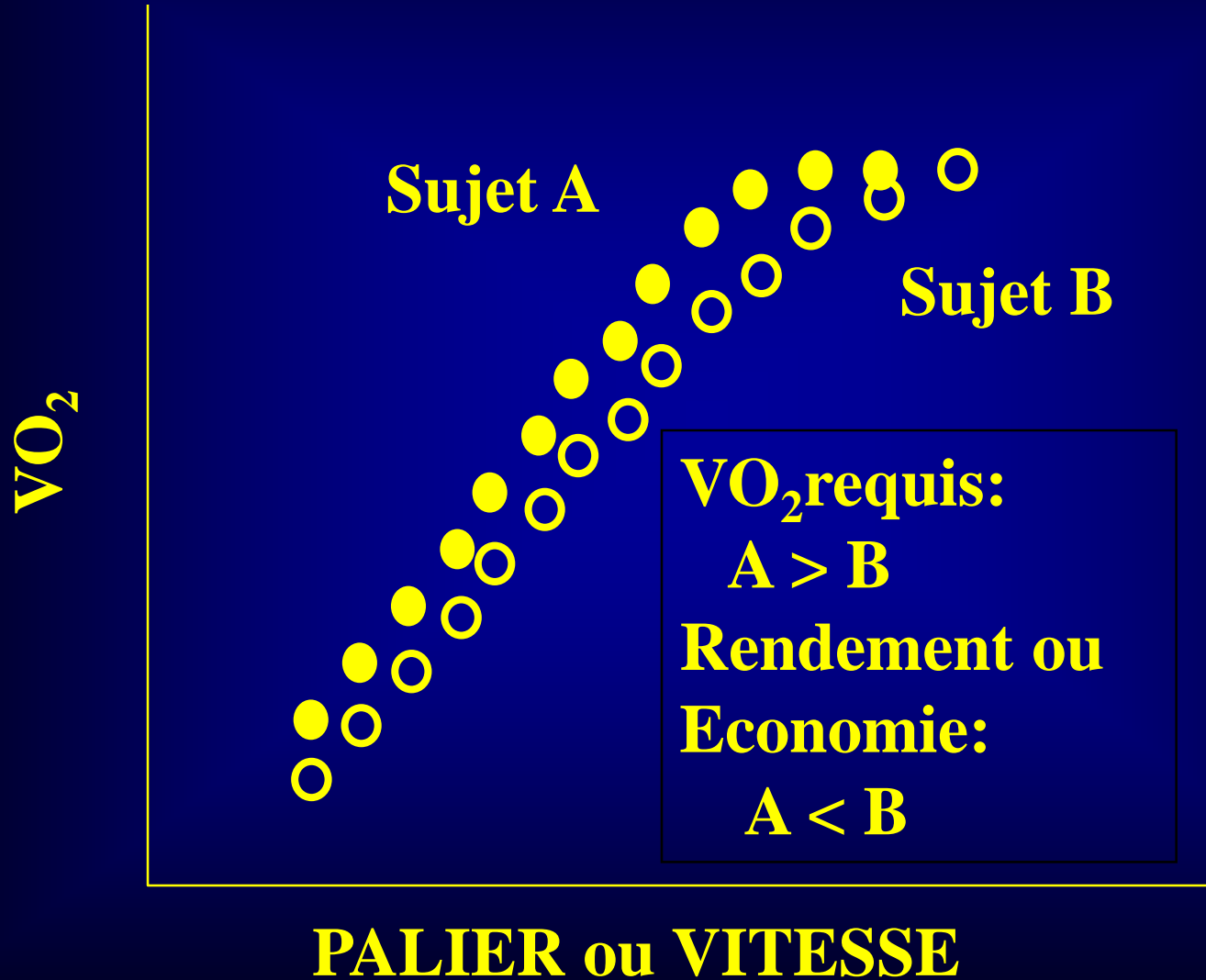
APTITUDE AEROBIE COMPOSANTES

- VO_2max

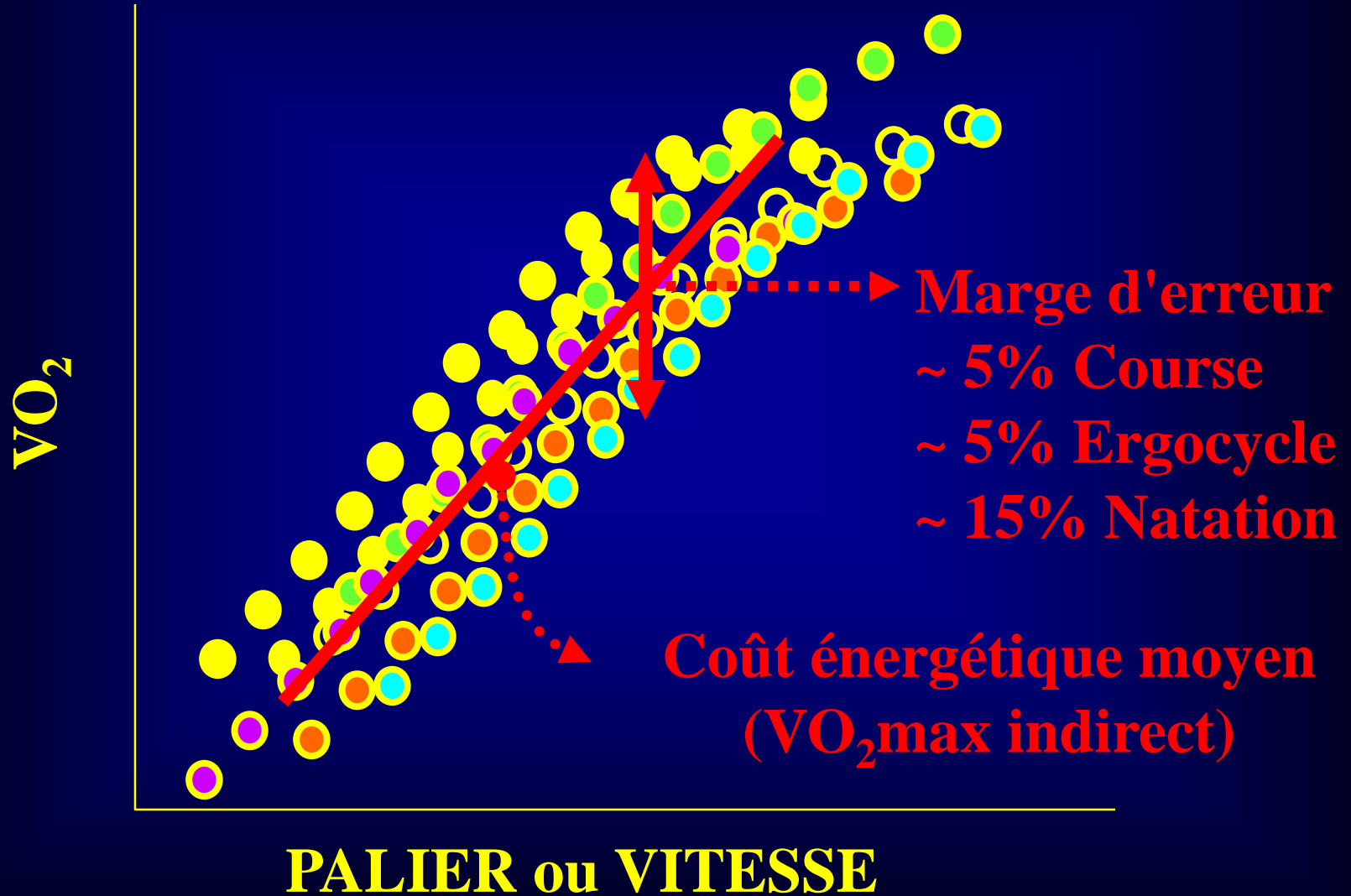
- ECONOMIE DE LOCOMOTION

- ENDURANCE AEROBIE

PROTOCOLE EN PALIER

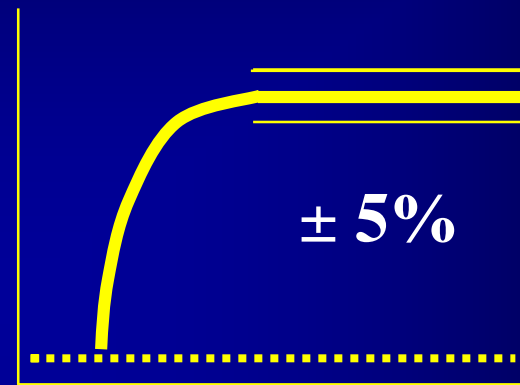
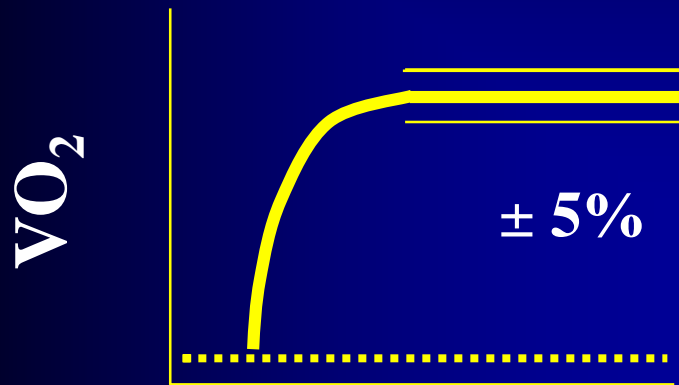


PROTOCOLE EN PALIER

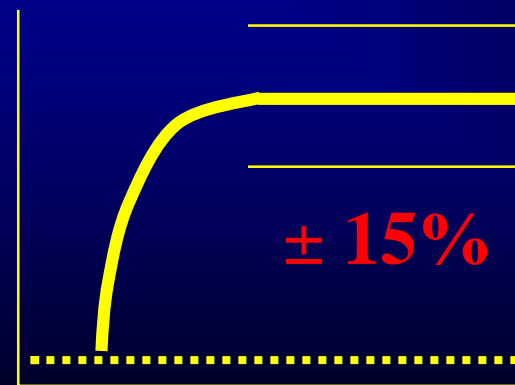
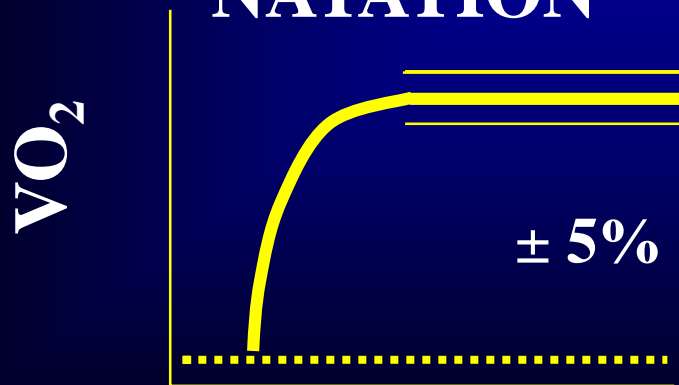


VARIATIONS DU COÛT ÉNERGÉTIQUE INTRA-INDIVIDU INTER-INDIVIDU

MARCHE, CYCLISME



NATATION



TEMPS (min)

FACTEURS AFFECTANT L'ÉCONOMIE DE COURSE

	Intra-Individu		Inter-individu	
	Aigue	Chronique	Aigue	Chronique
Age		X (Croissance)	X	X
Poids		X (Croissance)	X	X
Taille		X (Croissance)	X	X
Genre			X	X
VO ₂ max		X	X	X
Fibres musculaires		X	X	X
Résistance air	X		X	
Température	X		X	
Humidité	X		X	

FACTEURS AFFECTANT L'ÉCONOMIE DE COURSE

Un bon coureur de fond est caractérisé par:

- **peu d'oscillation verticale¹**
- **des foulées plus longues²**
- **une diminution moindre de vitesse lors du contact au sol³**
- **un premier pic de force vertical moindre en début de contact au sol⁴**

¹GREGOR, R. J., and D. KIRKENDALL. Performance efficiency of world class female marathon runners. In: *Biomechanics VI-B*, E. Asmussen and K. Jörgensen (Eds.). Baltimore: University Park Press, 1978, pp. 40–45

²CAVANAGH, P. R., and K. R. WILLIAMS. The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14:30–35, 1982

³KANEKO, M., A. ITO, T. FUCHIMOTO, Y. SHISHIKURA, and J. TOYOOKA. Influence of running speed of the mechanical efficiency of sprinters and distance runners. In: *Biomechanics IX-B*, D. A. Winter, R. W. Norman, R. P. Wells, K. C. Heyes, and A. E. Patla (Eds.). Champaign. IL: Human Kinetics, 1985, pp. 307–312

⁴WILLIAMS, K. R., and P. R. CAVANAGH. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *J. Appl. Physiol.* 63:1236–1245, 1987

Biomechanical factors affecting running economy

HEIKKI KYRÖLÄINEN, ALAIN BELLI, and PAAVO V. KOMI

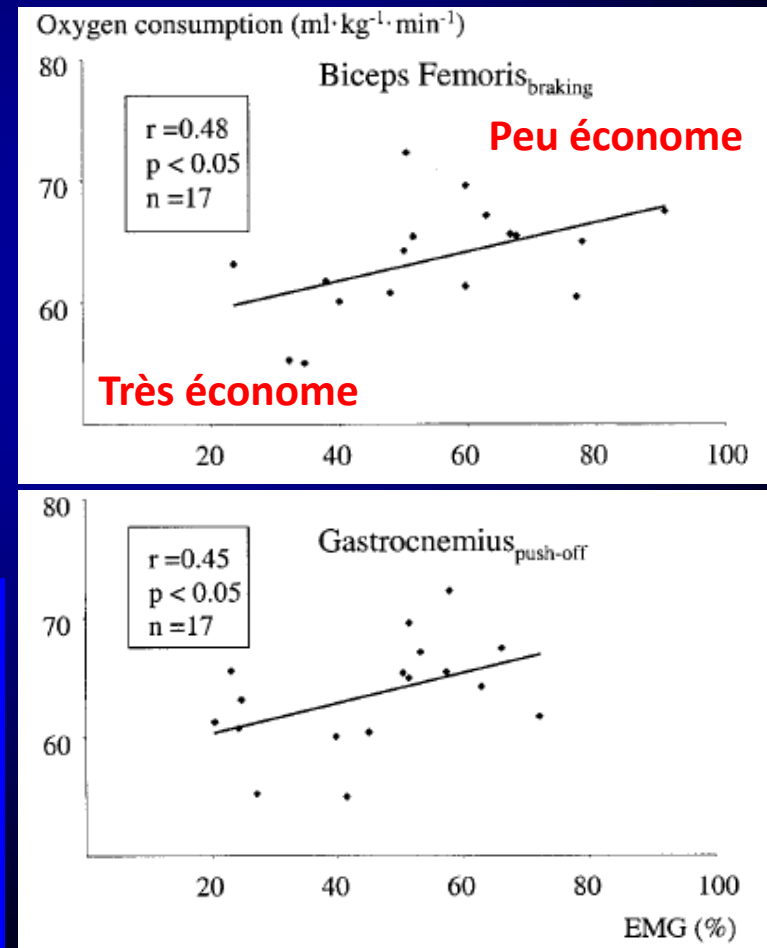
Med. Sci. Sports Exerc. 33 (8) 1330–1337, 2001

MÉTHODES: 17 coureurs , 13 vitesses:

RÉSULTATS:

- Différences d'économie ~ Vitesse
- À $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, seulement quelques variables biomécaniques sont corrélées à l'économie de course:
 - . Freinage horizontal
 - . Activité EMG

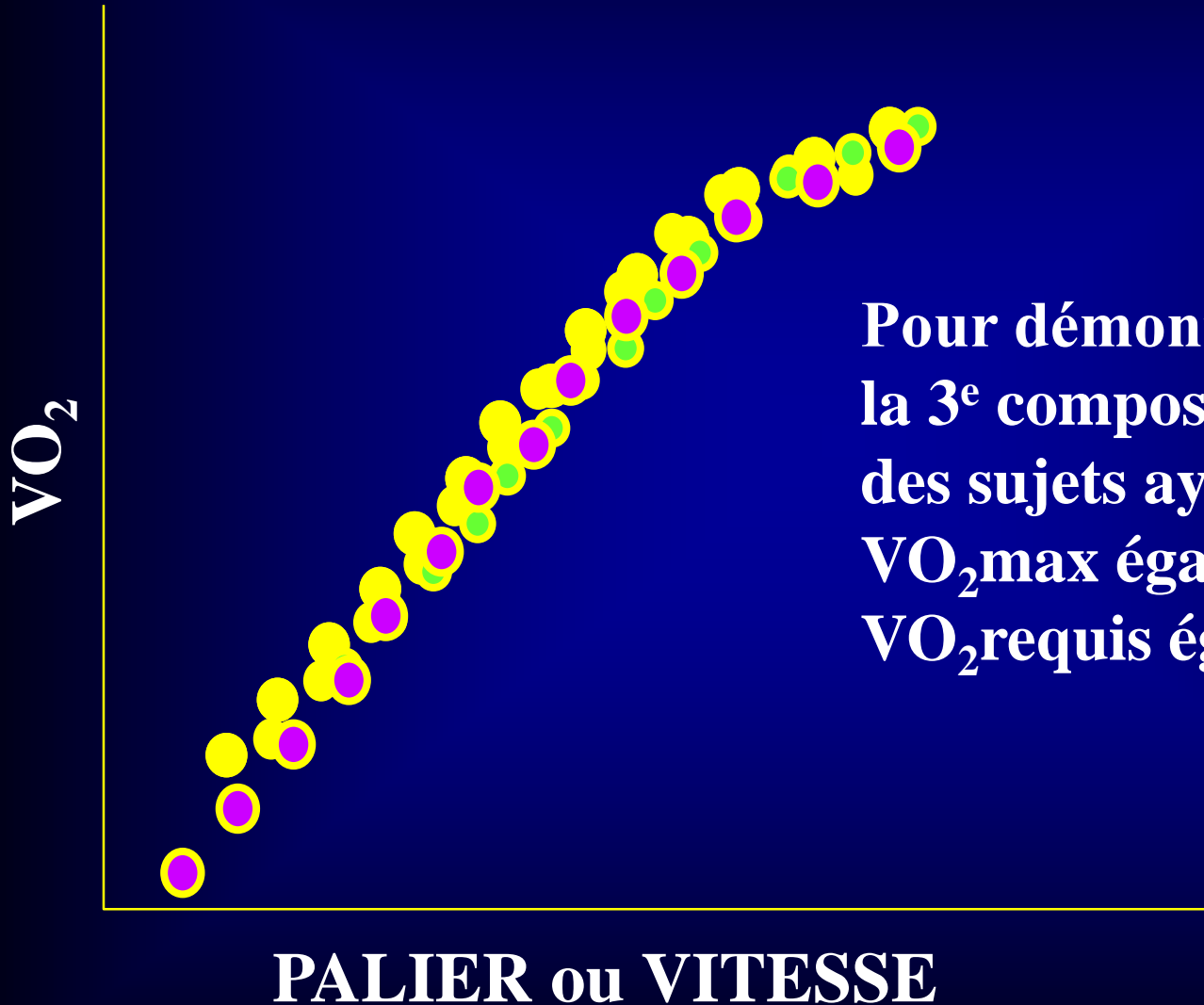
FIGURE 6—Relationships between the individual changes of the relative EMG values (EMG values are 100% at the maximal speed) of the biceps femoris and gastrocnemius muscles either in the braking or push-off phase of contact and the oxygen consumption at the submaximal running speed of $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



APTITUDE AEROBIE COMPOSANTES

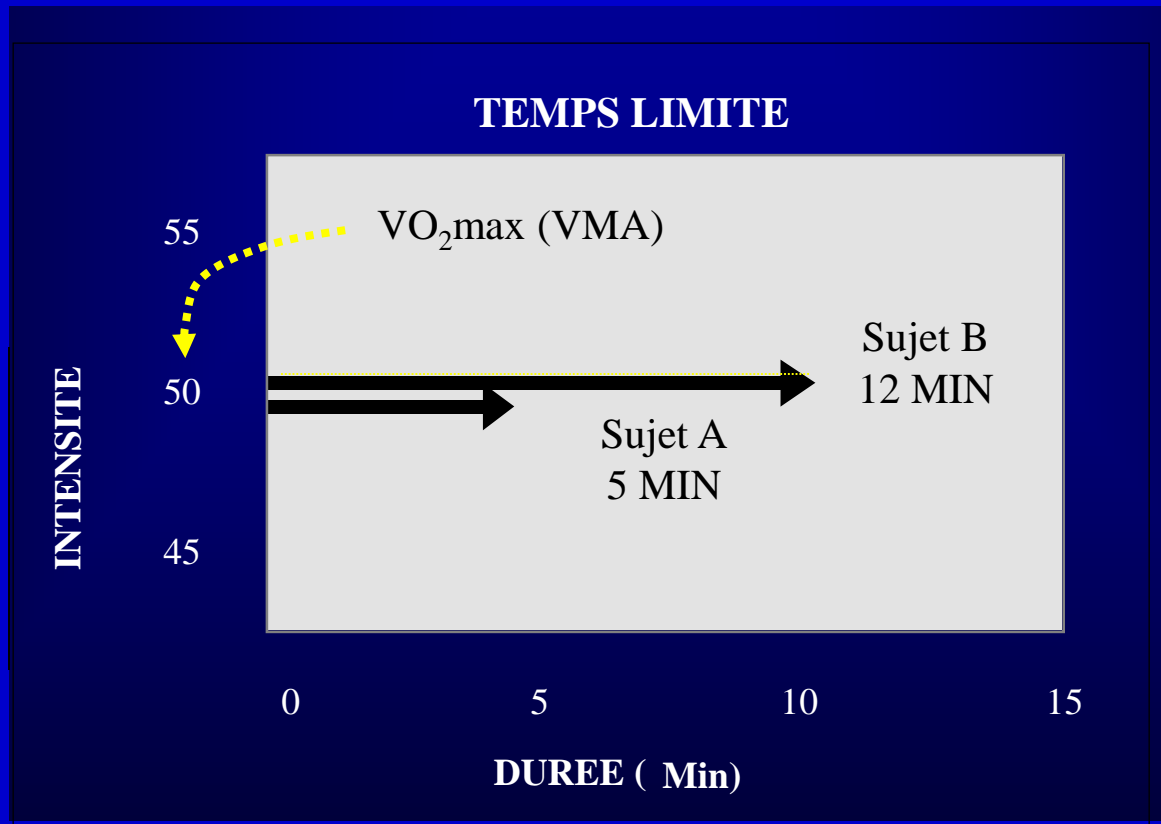
- VO_2max
- ECONOMIE DE LOCOMOTION
- ENDURANCE AEROBIE

PROTOCOLE EN PALIER



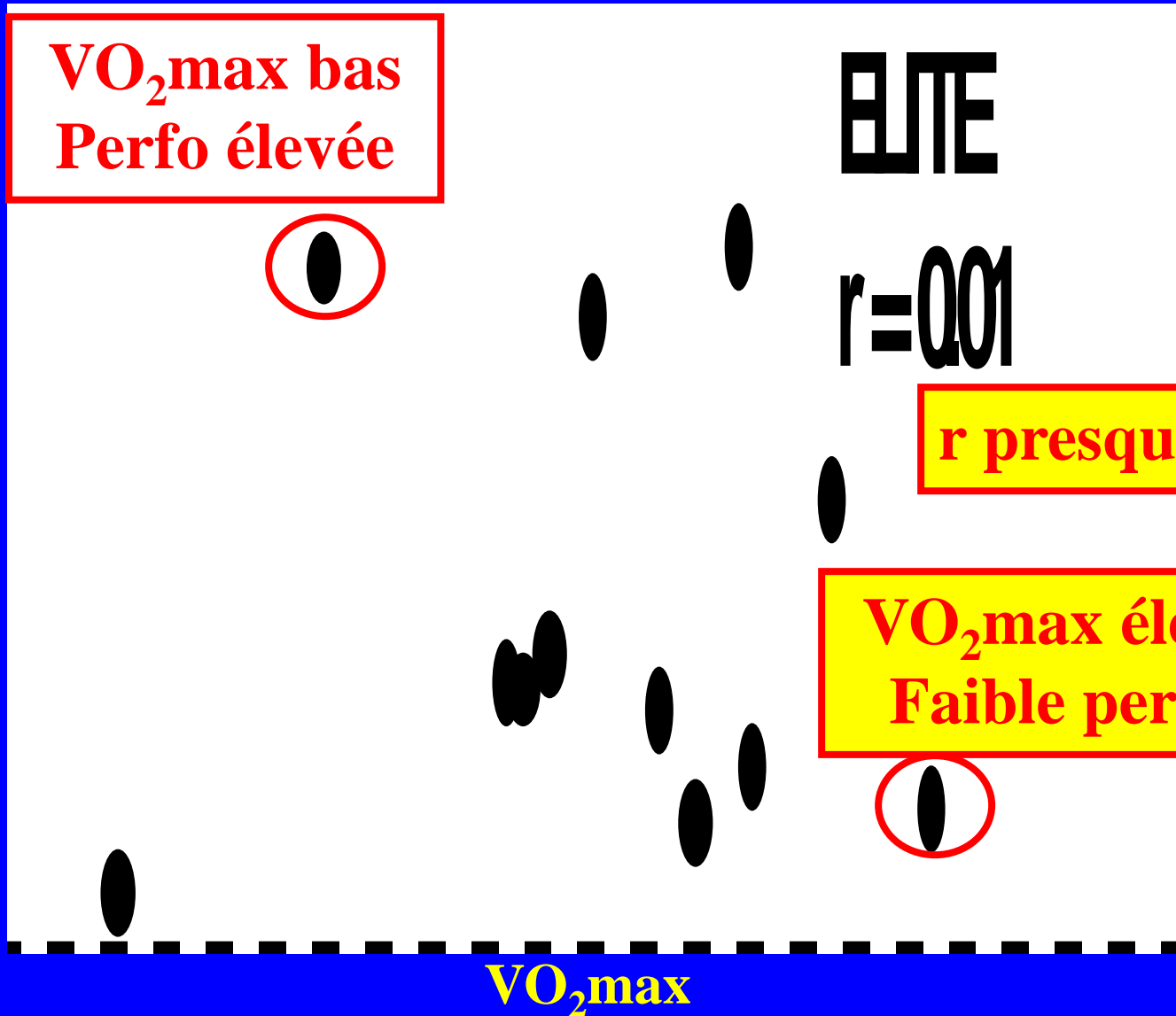
Pour démontrer l'existence de la 3^e composante, recrutons des sujets ayant $VO_2\text{max}$ égal $VO_2\text{requis}$ égal

CONCEPT DE L'ENDURANCE



IMPORTANCE du $VO_2\text{max}$

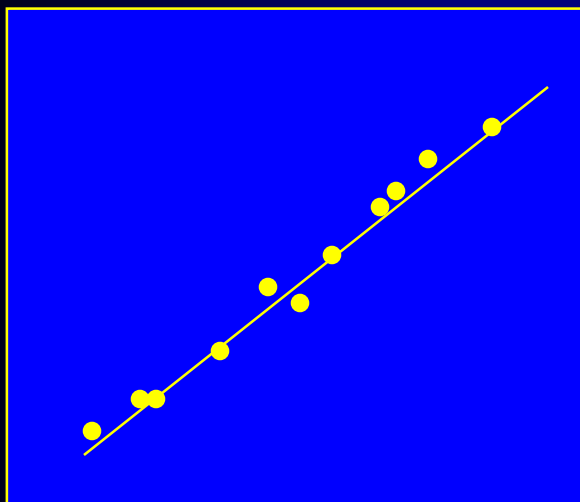
VITESSE au 42,2 km



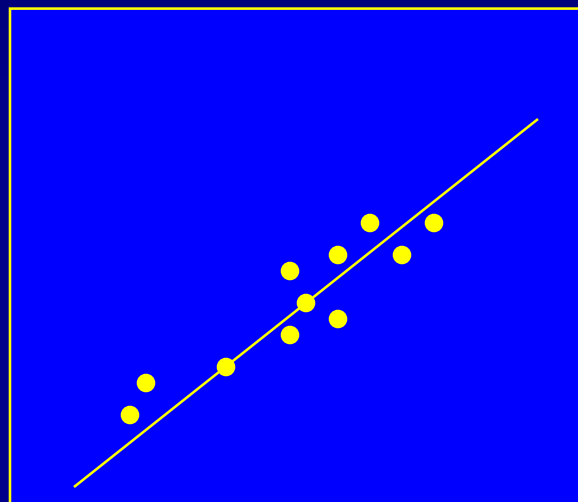
On conclut que $VO_2\text{max}$ n'est pas important

Signification de la corrélation

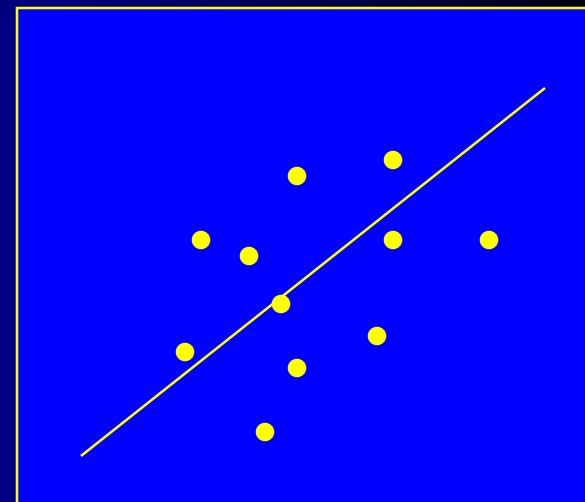
$r > 0.9$



$r > 0.8$



$r < 0.6$

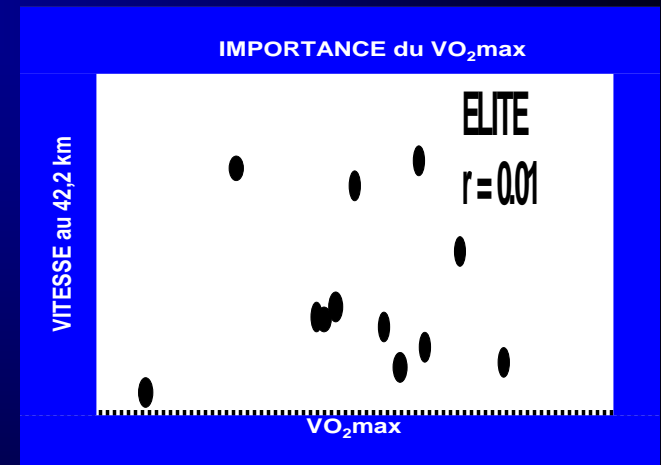


INTERPRÉTATION

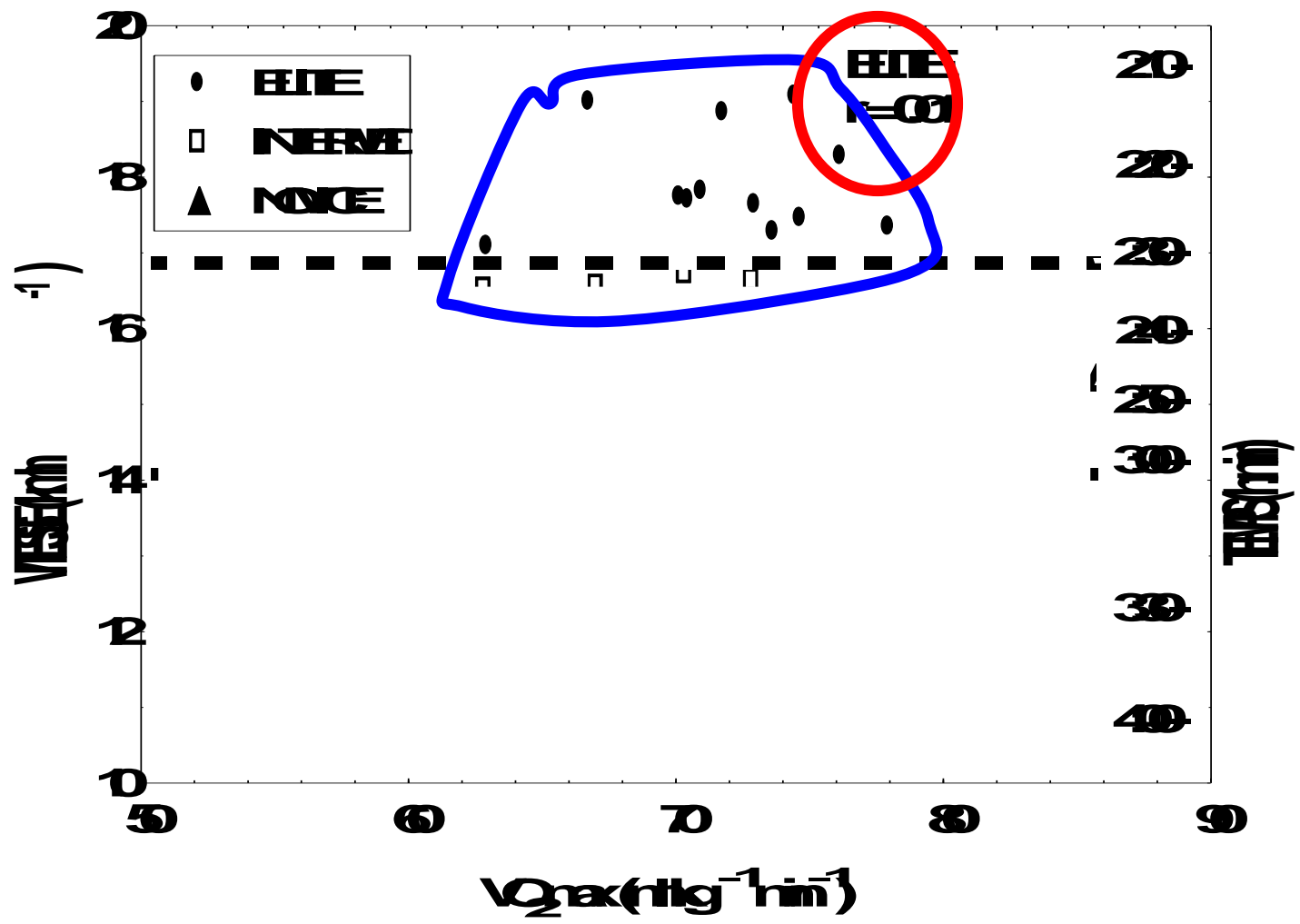
- De ce genre de résultats, on conclut souvent que VO_2max n'est pas important pour les fondeurs
- A tort cependant, tout ce que ça veut dire, c'est que VO_2max ne permet pas de discriminer les bons coureurs de fond entre eux
- **C.-à-d. que même si la corrélation ("r") entre performance et VO_2max est faible**
- VO_2max reste quand même très important (Diapos suivantes)

INTERPRÉTATION

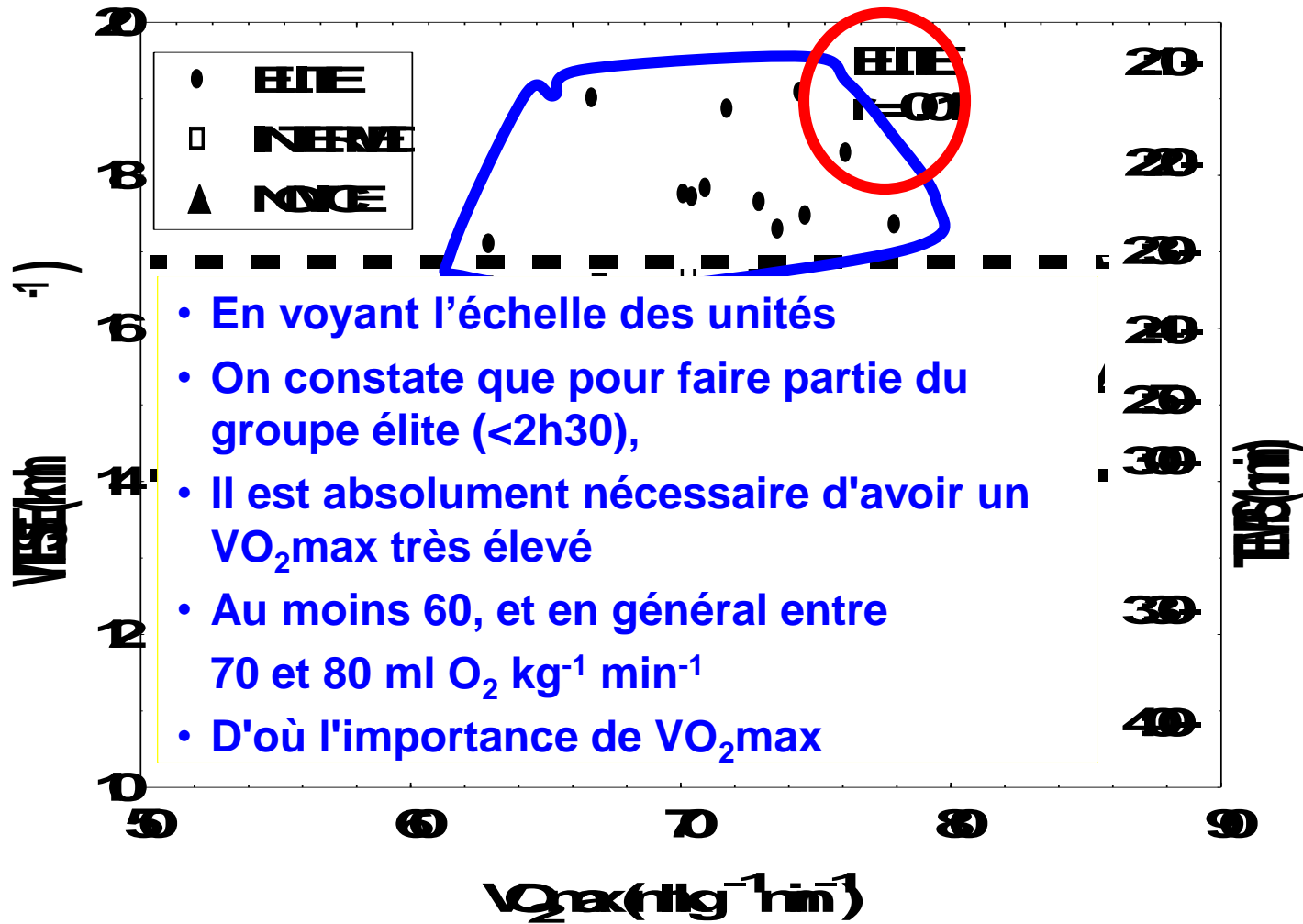
La figure précédente était tirée de la figure suivante (Partie supérieure), à laquelle on peut maintenant voir l'échelle des unités



Spitzer & Seligman Spots No. 289, 155



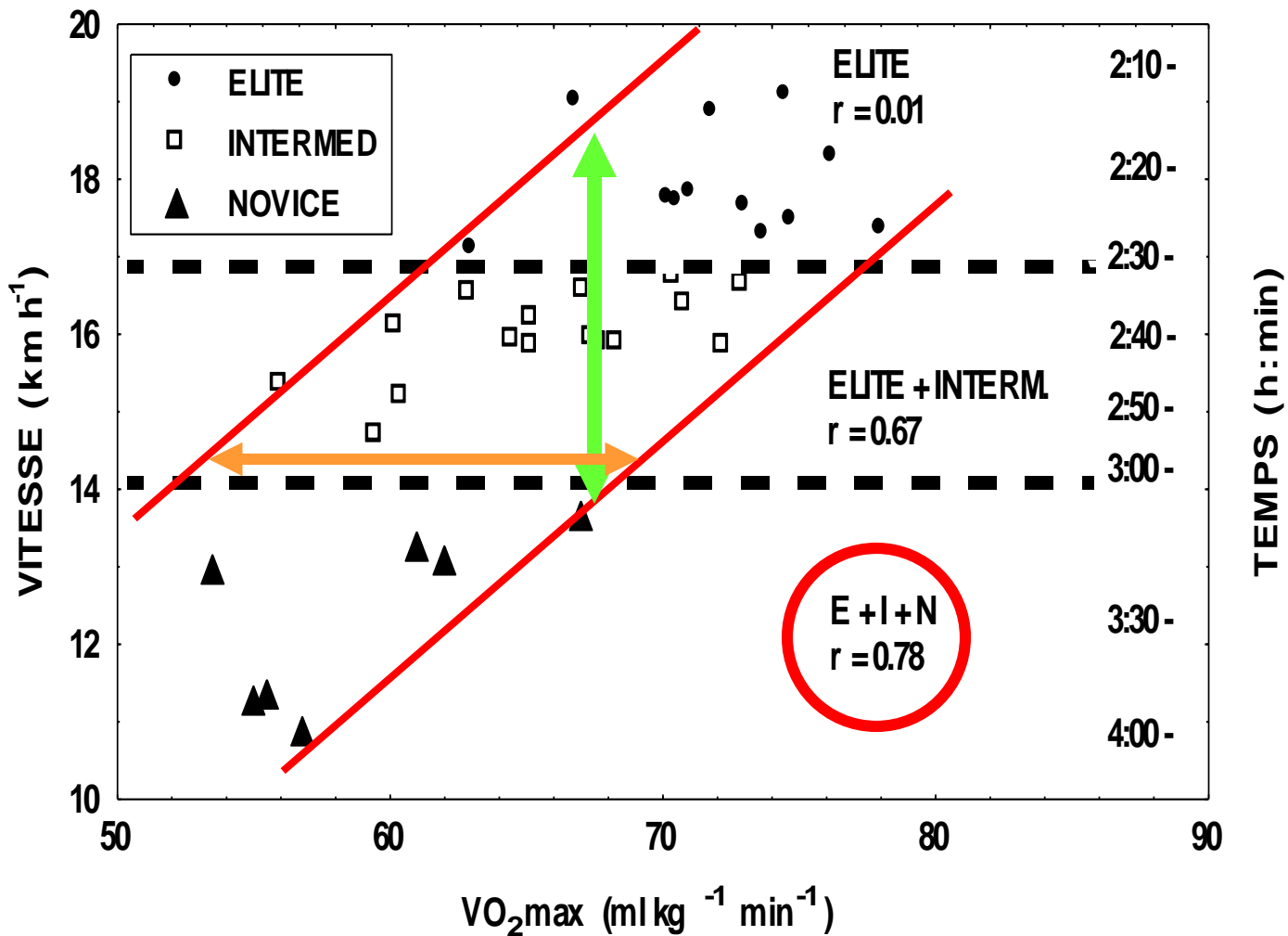
Spah & Sestier, Sports Med 23:9, 1995



- En voyant l'échelle des unités
- On constate que pour faire partie du groupe élite (<2h30),
- Il est absolument nécessaire d'avoir un VO_{2max} très élevé
- Au moins 60, et en général entre 70 et 80 $ml\ O_2\ kg^{-1}\ min^{-1}$
- D'où l'importance de VO_{2max}

IMPORTANCE DU VO₂MAX

Sjodin & Svederhag, Sports Med 2: 83-99, 1985



INTERPRÉTATION

En ce qui concerne le pouvoir de discrimination du VO_2max

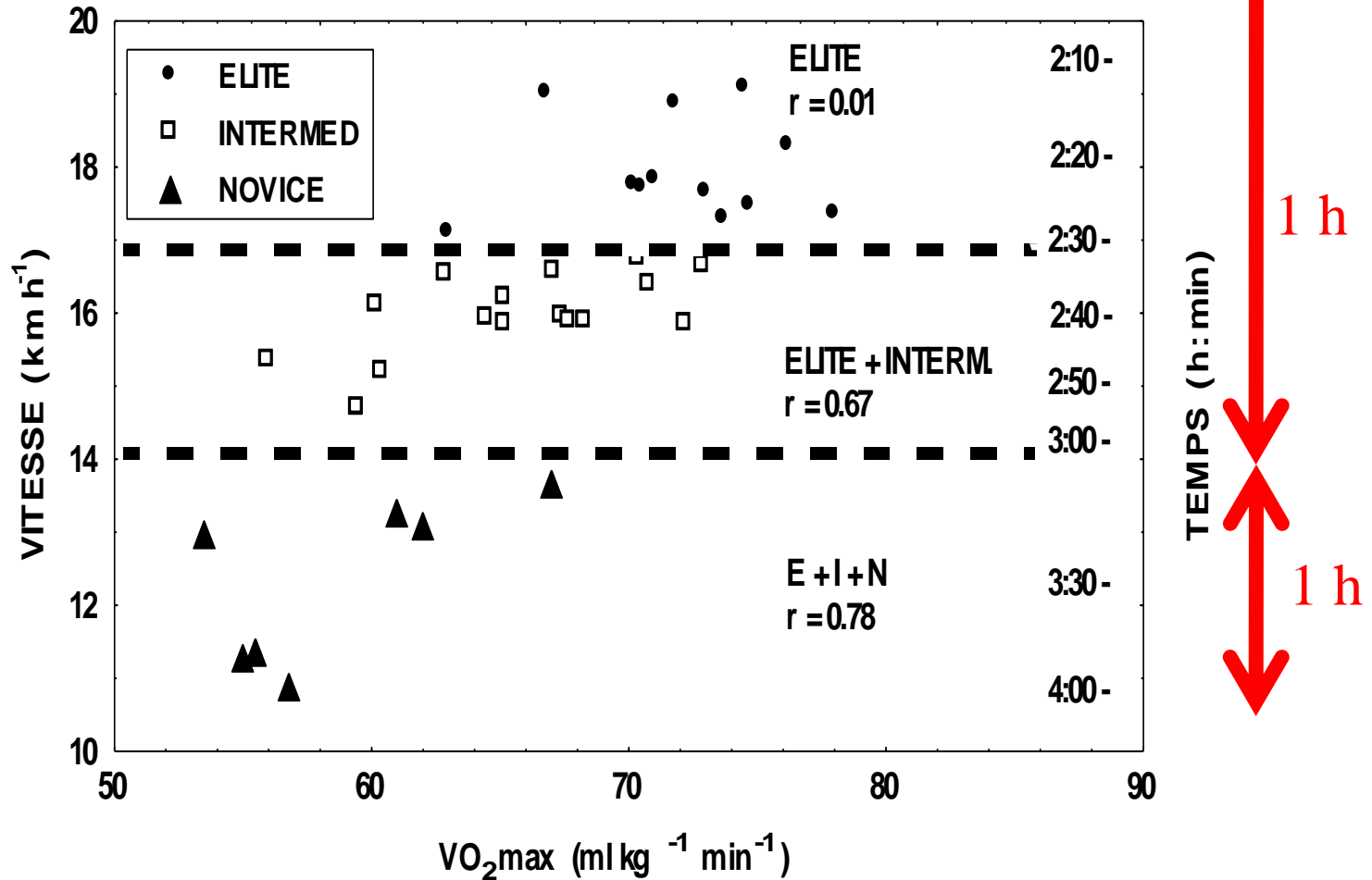
- On constate qu'il dépend du degré d'**Homogénéité** ou d'**Hétérogénéité** du groupe de sujets (étendue des valeurs de VO_2max ou de performance)
- Plus le groupe est hétérogène, plus on a de chances que VO_2max discrimine les bons des mauvais coureurs et vice-versa (voir corrélations des 3 sous-groupes de la figure).
- Et si un test discrimine les individus d'un groupe homogène, c'est un test exceptionnel (ou une question de chance: tout peut arriver avec petit groupe de sujets). En général, il faut une batterie de tests pour ça (Ex.: mesures séparées du VO_2max , de l'endurance aérobie et de l'économie de course)
- Note. Parce que VO_2max ne discrimine pas nécessairement un groupe homogène de coureurs élites, on s'est à tort, appuyé sur la mesure des seuils anaérobies, qui ne discrimine pas mieux que VO_2max (à suivre)

INTERPRÉTATION

Quoi d'autre retenir de cette figure

- Même si PERFO et VO_2 max augmente proportionnellement
- Il y a beaucoup de variabilité entre ces deux variables
 - pour VO_2 max de 68, PERFO entre 2h20 et 3h00
 - pour même PERFO de 3:00, VO_2 max entre 54 et 68
- C'est que VO_2 max n'est pas la seule variable qui influence la PERFO, et uniquement sur le plan aérobie, il y a aussi
 - l'endurance aérobie et
 - l'économie de course

Sjodin & Svedenhag, Sports Med 2: 83-99, 1985



CORRELATIONS: $VO_2\text{MAX}$ vs PERFO

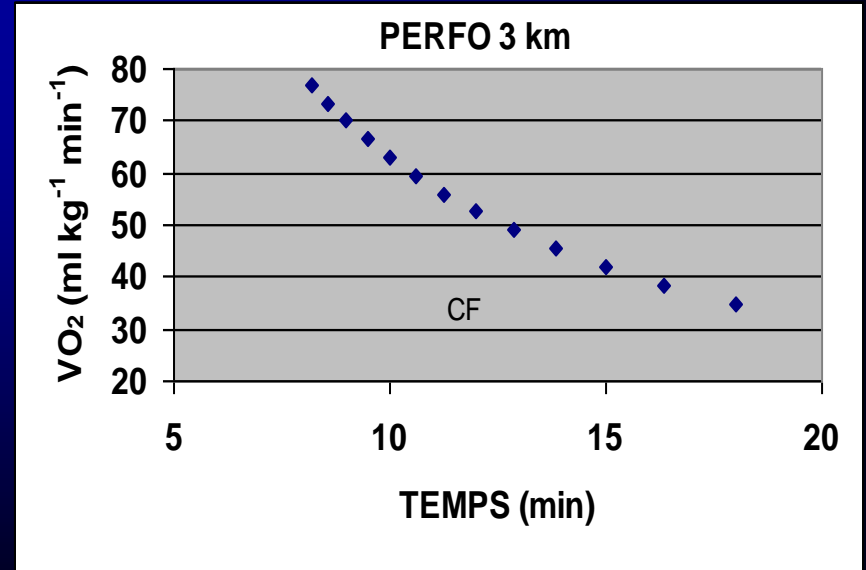
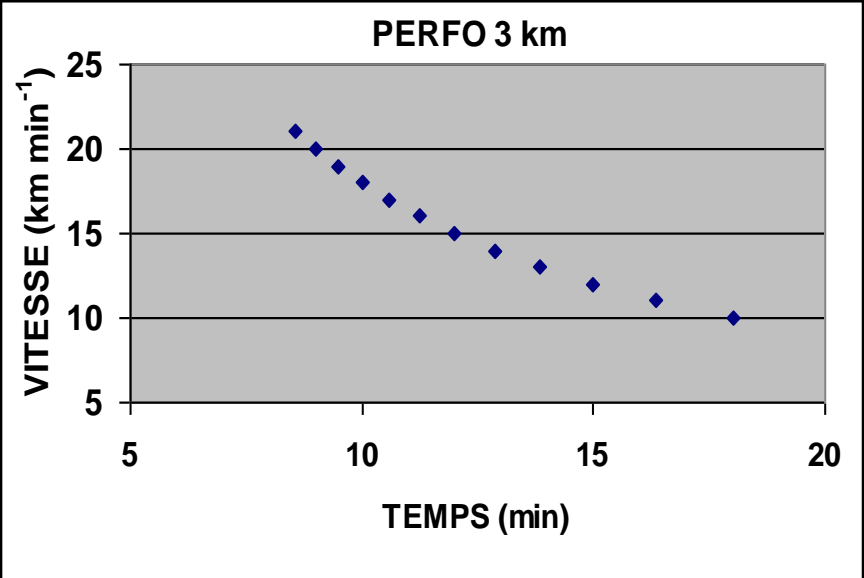
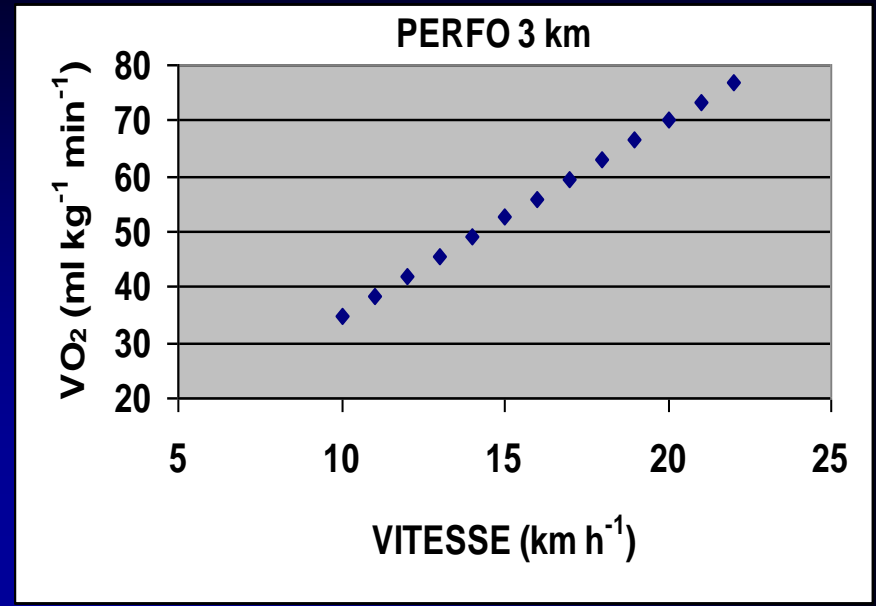
PERFO en kmh ou min ???

PERFO 3000 M: UNITÉS

kmh	ml O2	min / 3k
10	35	18
11	39	16
12	42	15
13	46	14
14	49	13
15	53	12
16	56	11
17	60	11
18	63	10
19	67	9
20	70	9
21	74	9
22	77	8

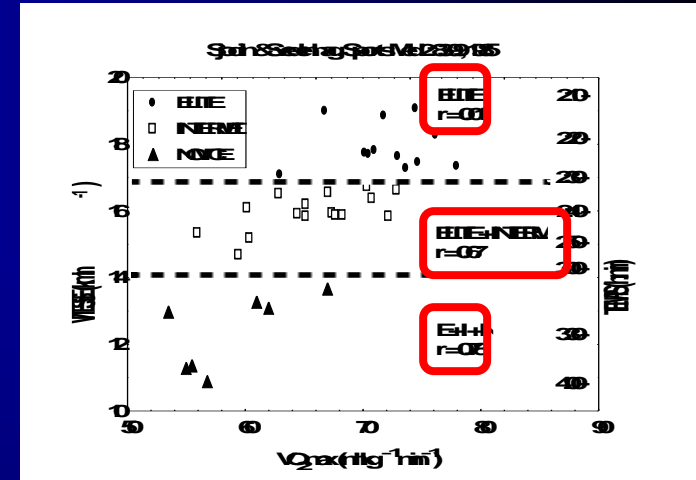
Valeurs moyennes littérature

Loi physique $V = e/t$



NOTE

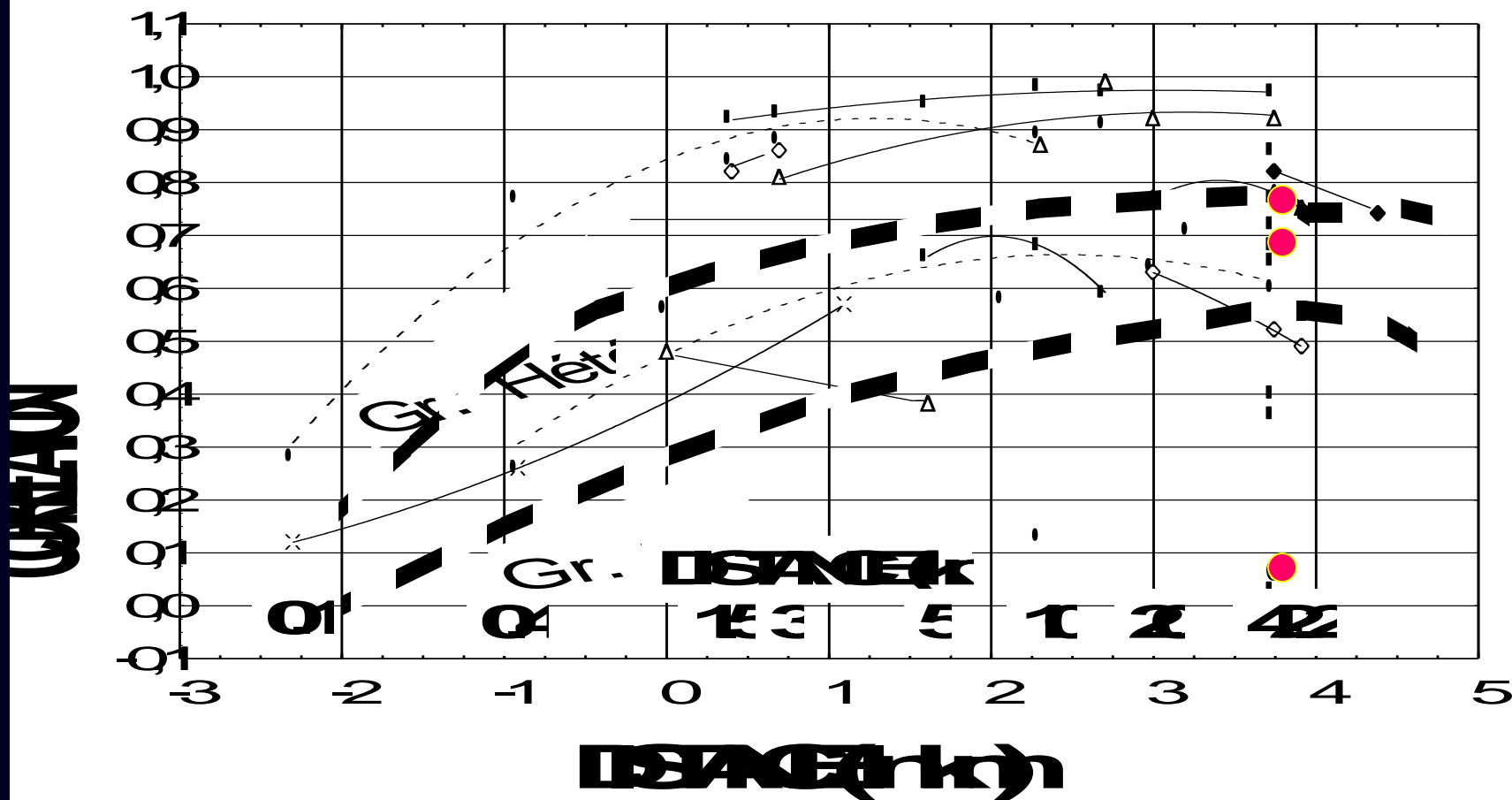
La figure précédente décrivait la relation entre PERFO au Marathon et $VO_2\text{max}$ en donnant les corrélations pour 3 sous-groupes de performance



- La figure suivante donne aussi "r" entre PERFO et $VO_2\text{max}$ (AXE Y),
- mais seulement "r" (pas de valeurs individuelles)
 - pour différentes distances de course (AXE X)
 - pour différents degrés d'homogénéité
- De plus, les points reliés par une même courbe proviennent
 - de la même étude
 - et donc de la même méthodologie,
 - et parfois les mêmes sujets performant sur différentes distances

Classification des données par 2EUS

Léger & Mita, 1983



● Figure précédente

CONSTATS

- **Pouvoir de discrimination ("r") de VO_2max plus faible pour groupes homogènes**
- **VO_2max discrimine mieux et son importance est donc plus grande pour distances de course entre 800 m et 42.2 km**
 - en bas de 800 m, les aptitudes anaérobies prennent plus d'importance
 - en haut de 42.2 km, l'endurance aérobie, l'aptitude à métaboliser les graisses, et la capacité à thermo-réguler prennent plus d'importance

IMPORTANCE DE L'APTITUDE AEROBIE SPORTS COLLECTIFS

- **Meilleur jeu de position**
 - Anticipation vs réaction
 - Mieux préparé à réagir au besoin
 - Pressing défensif
- **Meilleur volume d'entraînement**
 - Physique, Technique et Tactique

IMPORTANCE DE L'APTITUDE AEROBIE SPORTS COLLECTIFS (suite)

- **Effets sur autres sources d'énergie**
 - **Élimination du lactate**
 - **Resynthèse de PC**
- **Diminution des blessures**

Aerobic endurance training improves soccer performance

JAN HELGERUD, LARS CHRISTIAN ENGEN, ULRIK WISLØFF, and JAN HOFF

Norwegian University of Science and Technology, Department of Sport Sciences, N-7491 Trondheim, NORWAY

MSSE 33 11 1925–1931 2001

Sujets: 19 footballeurs élités 18.1±0.8 ans

Groupes: Entraîné (n=9) & Témoin (n=10)

Entraînement intermittent, 2 séances / sem, 4x 4 min à 90-95 %FCmax séparés 3-min repos à 50-60 %FCmax pendant 8 sem

Tests de VO₂max en Labo sur tapis roulant

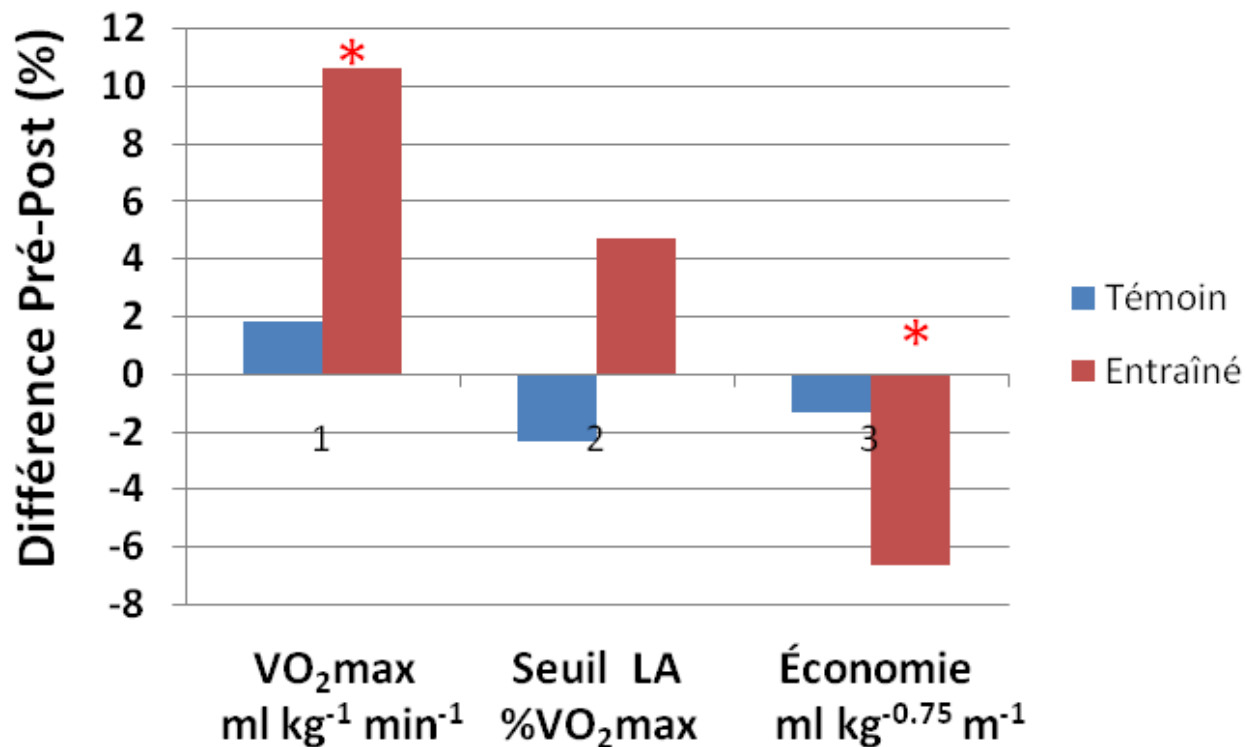
Analyse video de 2 parties de foot pour fréquences et succès des actions et distance totale parcourue.

Aerobic endurance training improves soccer performance

JAN HELGERUD, LARS CHRISTIAN ENGEN, ULRIK WISLØFF, and JAN HOFF

Norwegian University of Science and Technology, Department of Sport Sciences, N-7491 Trondheim, NORWAY

MSSE 33 11 1925–1931 2001

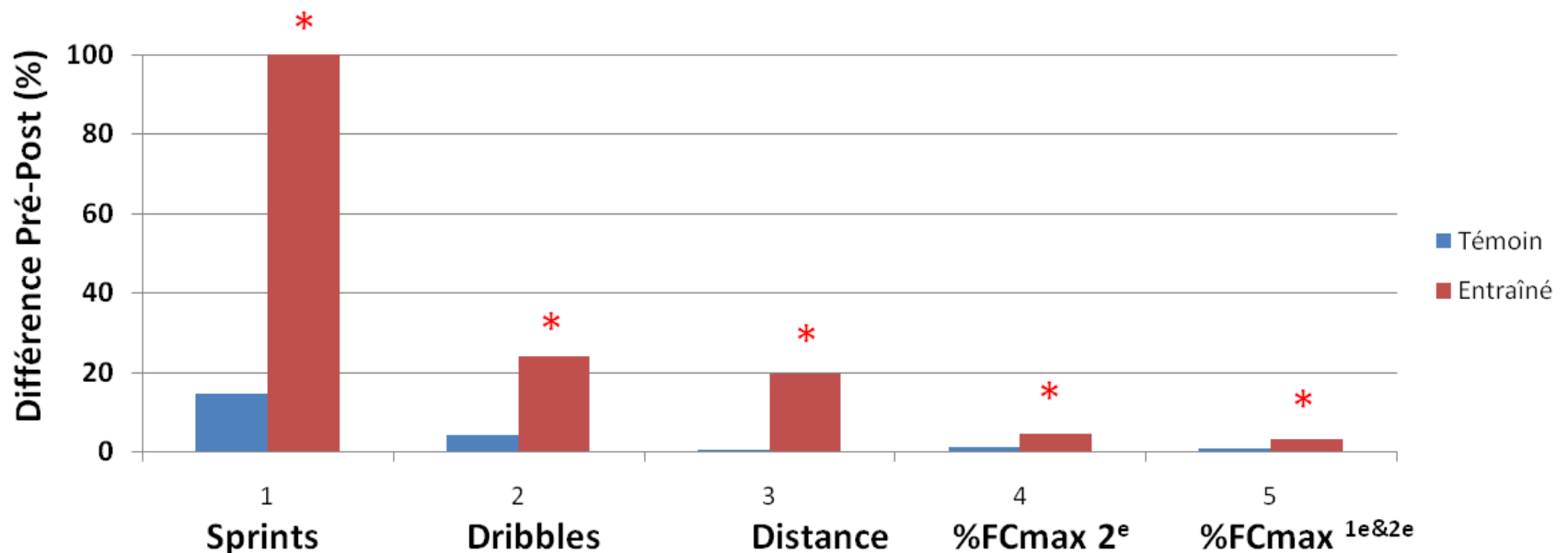


Aerobic endurance training improves soccer performance

JAN HELGERUD, LARS CHRISTIAN ENGEN, ULRIK WISLØFF, and JAN HOFF

Norwegian University of Science and Technology, Department of Sport Sciences, N-7491 Trondheim, NORWAY

MSSE 33 11 1925–1931 2001



Aerobic endurance training improves soccer performance

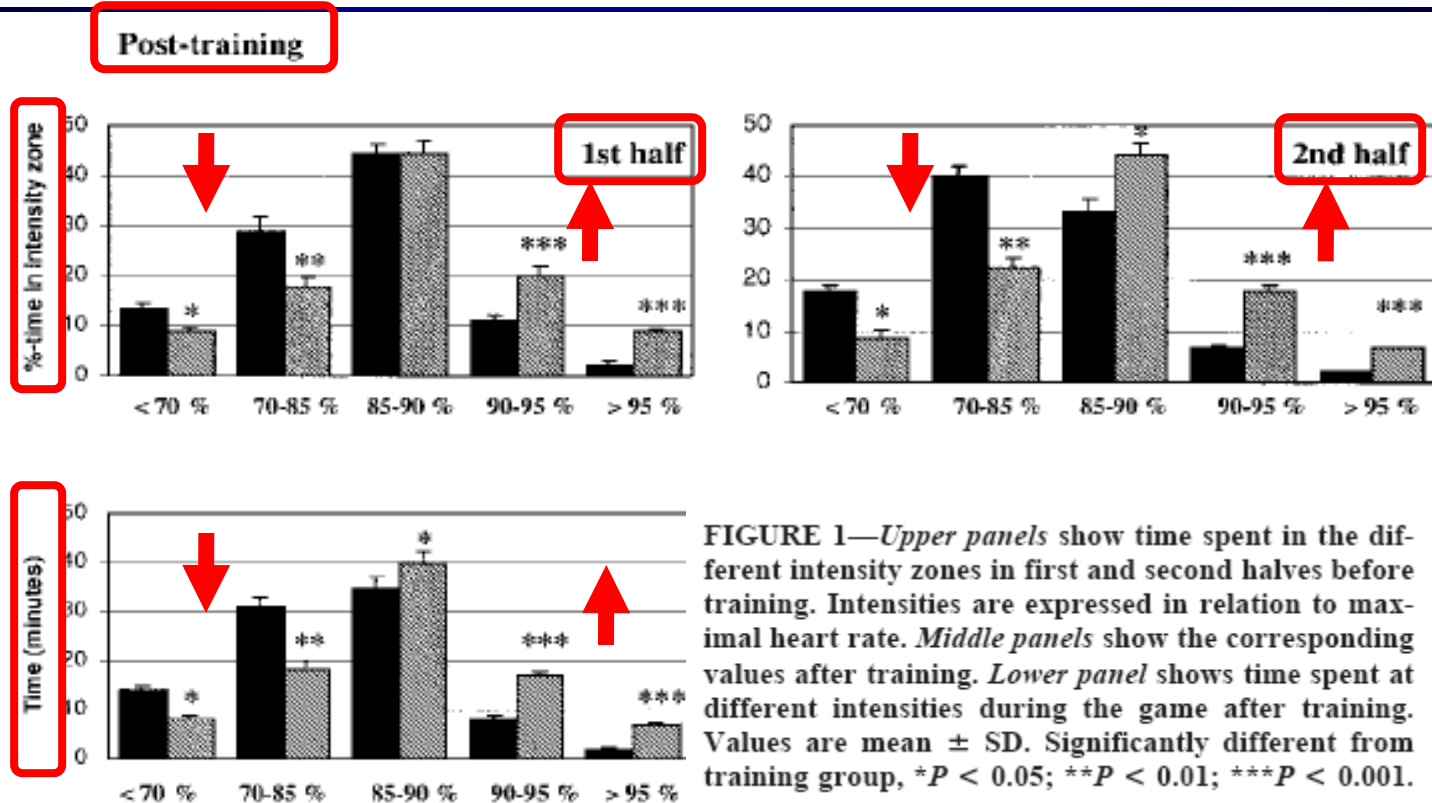
JAN HELGERUD, LARS CHRISTIAN ENGEN, ULRIK WISLØFF, and JAN HOFF

Norwegian University of Science and Technology, Department of Sport Sciences, N-7491 Trondheim, NORWAY

MSSE 33 11 1925–1931 2001

Pre-training: C vs. T: n.s.

Control group (N=8) Training group (N=8)



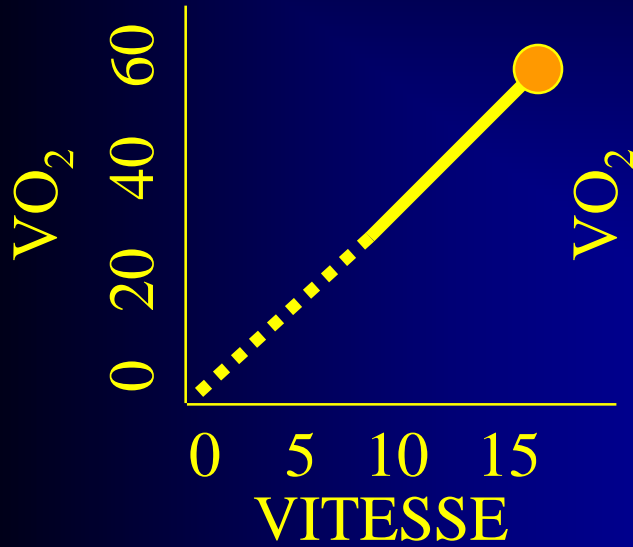
IMPORTANCE DES COMPOSANTES DE L'APTITUDE AÉROBIE

- **PERFORMANCE**
 - **Non modifiable par l'entraînement**
Ex. #1: Taille au BASKET...
Ex. #2: Économie de course
 - **Modifiable par l'entraînement** **Ex.:**
VO2max & Endurance
- **SANTÉ**

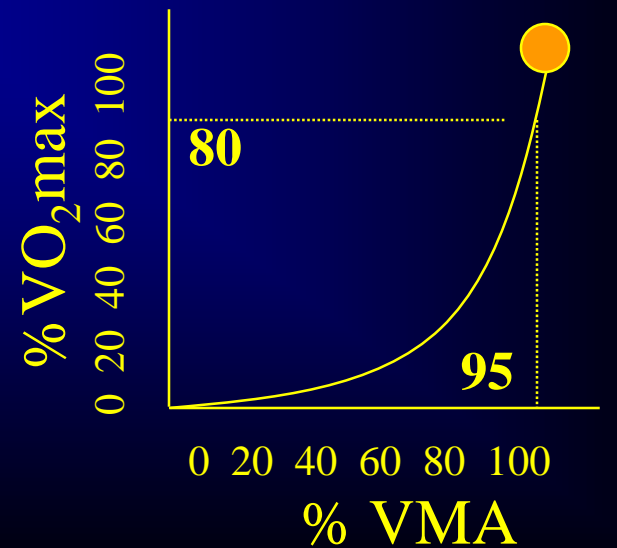
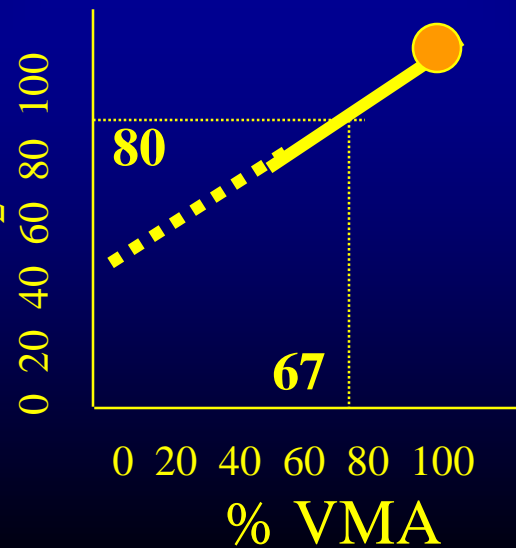
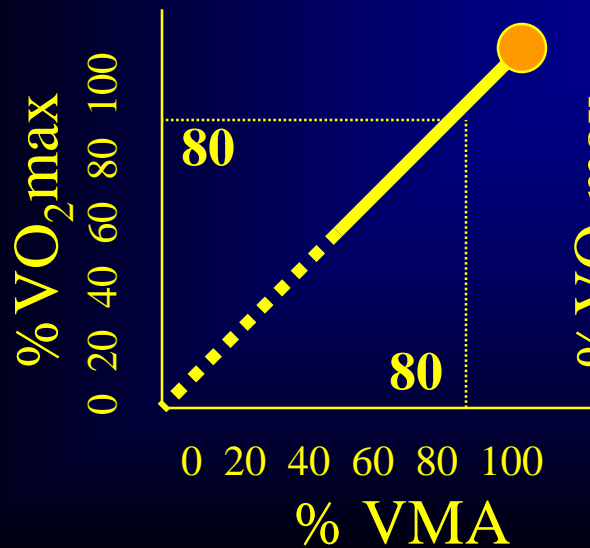
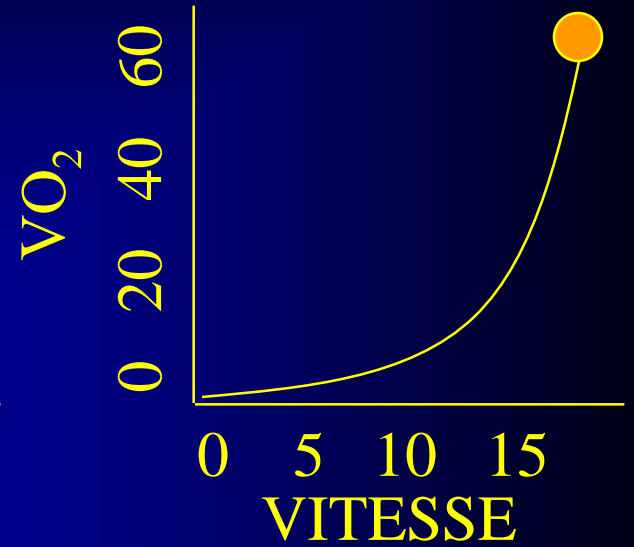
EQUIVALENCES ENTRE %VO₂max et %VMA

%VO₂max = %VMA ???

Course



Vélo



NOTE:

COURSE: %VMA = %VO₂max

car quasi linéaire

jusqu 'à 20 km h⁻¹

mais après (en Demi Fond)

%VO₂max seulement

APTITUDE AEROBIE COMPOSANTES

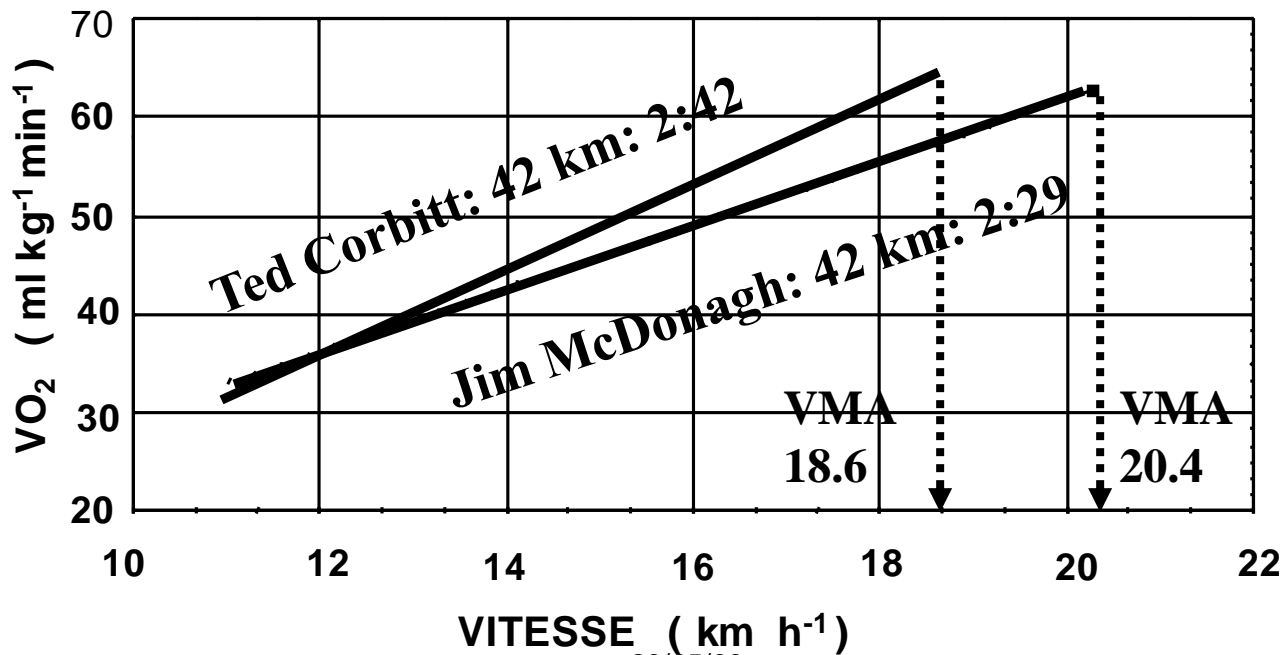
- VO_2max
- ECONOMIE DE LOCOMOTION
- ENDURANCE AEROBIE



IMPORTANCE DE L'ECONOMIE DE COURSE

VO₂max égal & EC différente

Noakes, Med Sci Sports Exerc 20 (4): 319-330, 1988

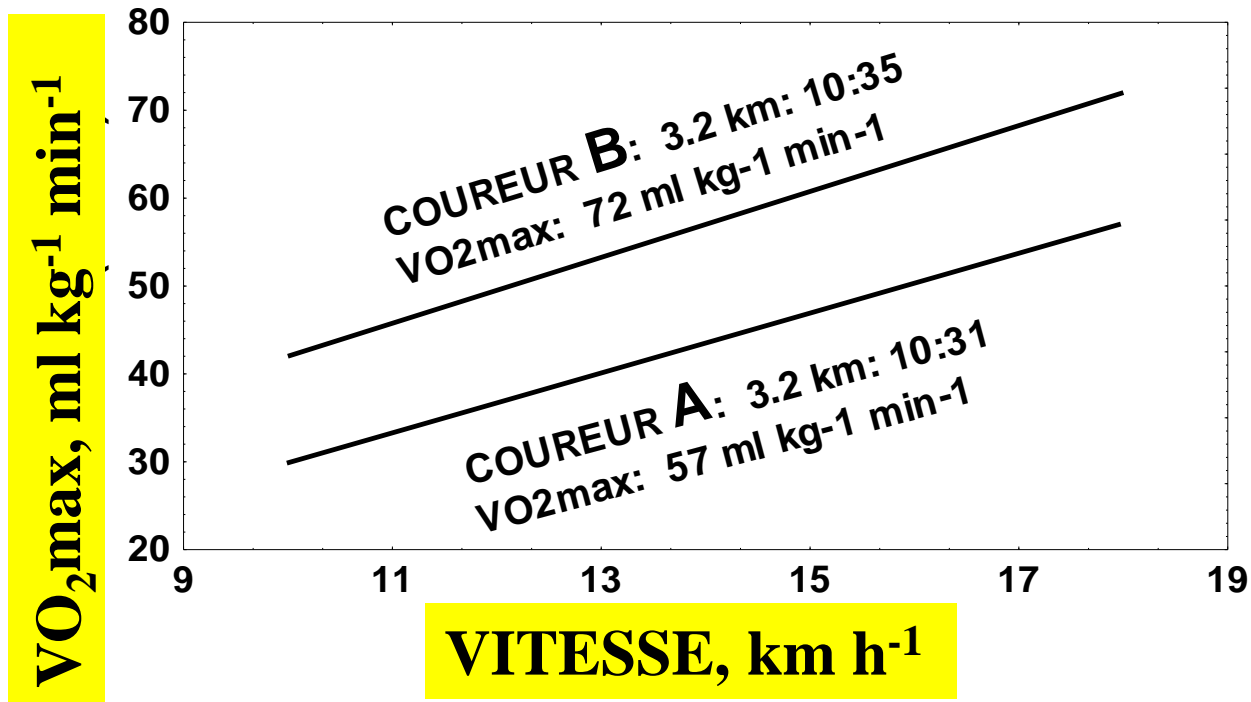


20/05/99

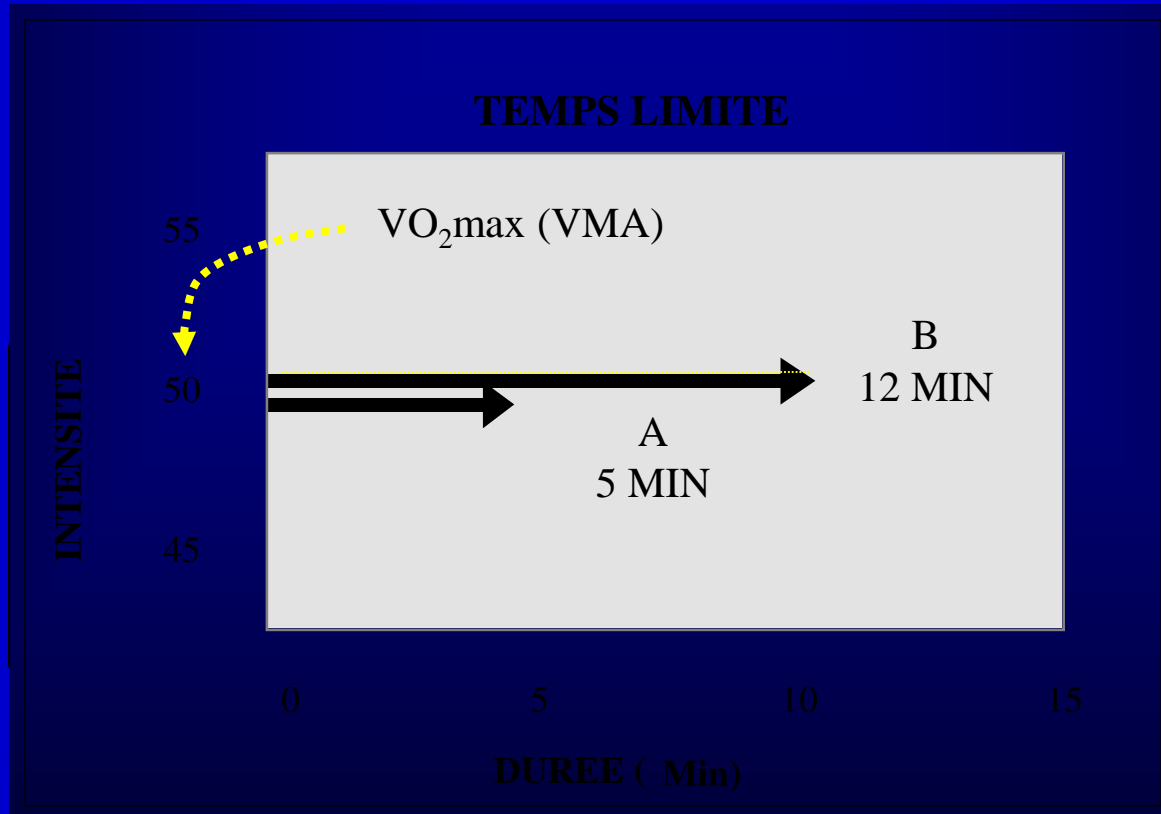
IMPORTANCE DE L'ECONOMIE DE COURSE

Une bonne EC peut compenser pour un VO_2 max faible

Daniels, 74 selon Noakes, MSSE 88



CONCEPT DE L'ENDURANCE



Running economy of African and Caucasian distance runners

Weston A Mbambo Z Myburgh KH MSSE 32 (6) 1130-34, 2000

