

**Guillaume Millet**

# *Fatigue et ultra-marathon*

Mise à jour le 11 /07/2010



11<sup>e</sup> EDITION  
**CONGRÈS CŒUR ET SPORT**  
Organisé par le Club des Cardiologues du Sport

**SAINT-ETIENNE**  
CENTRE DE CONGRÈS  
**3-5 JUIN 2010**



# Ultra-marathon ?

## 3 grands types :

- « roulants », sur route ou sur circuits :  
100 km, 24h, Comrades, Milkil,  
Spartathlon, 6 jours, ...
- Ultra-trails : 100 miles, UMTB, GRR, ...
- Course par étapes : marathon des  
sables, Himal-Race, Transgaule,...

# Serge Girard



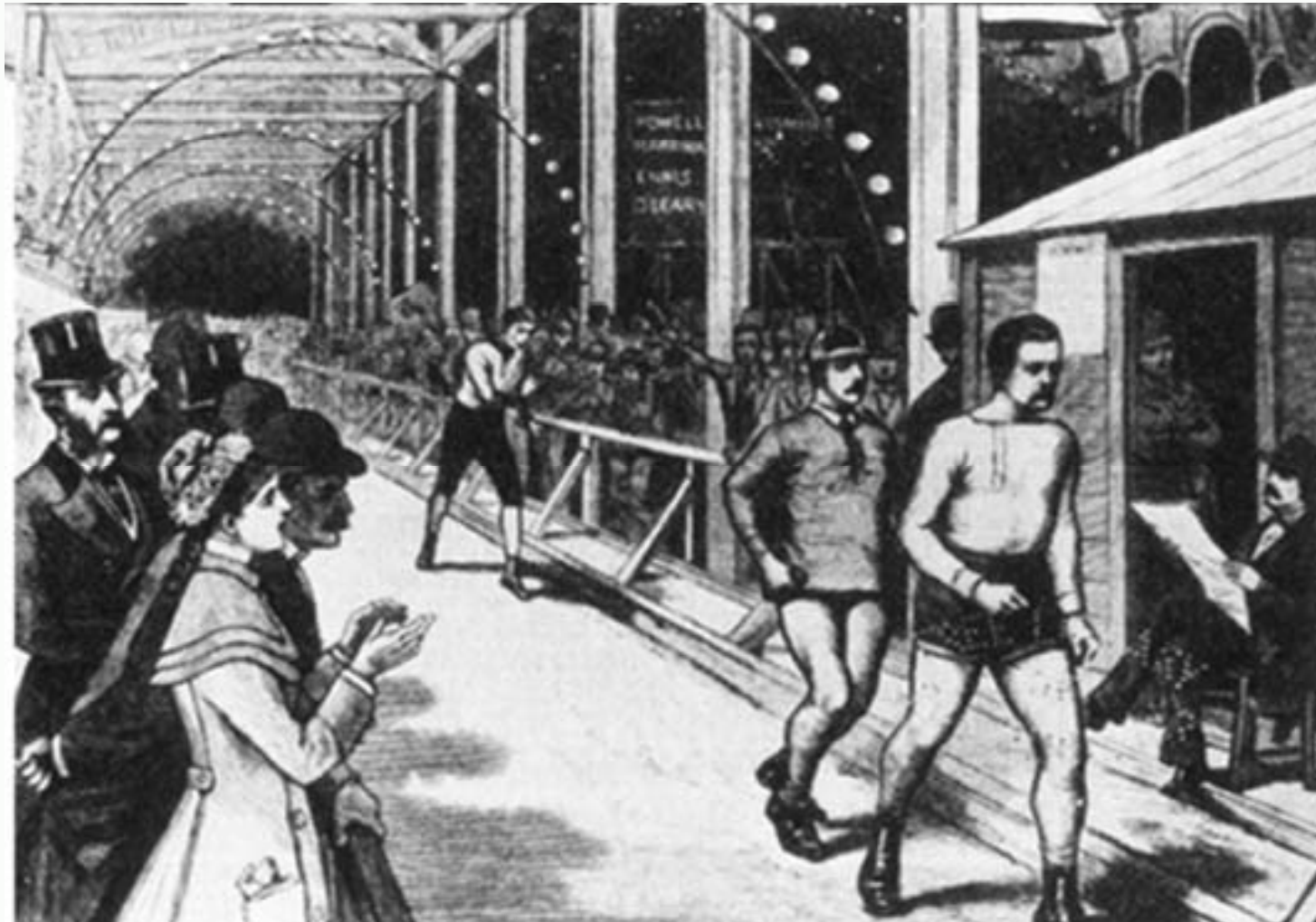
19 000 km  
260 j



# Philippe Fuchs

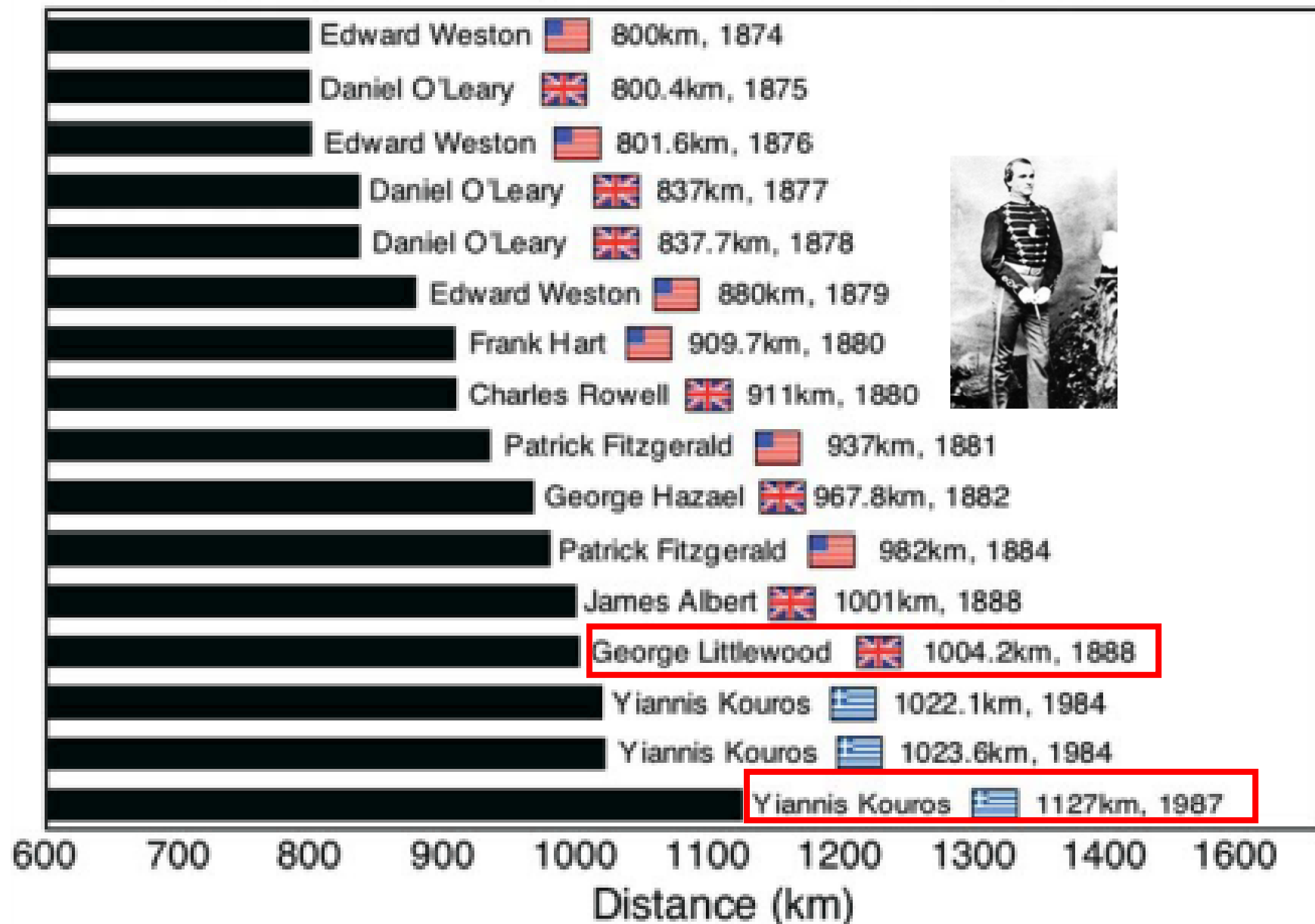


8 500 km  
161 j



**6 jours indoor, piste parfois < 100 m  
dès fin du XIX<sup>ème</sup> siècle**

# Progression of record distances in Pedestrian Six Day Races from 1881 to 1994



⇒ Comrades née en 1921, Afrique du Sud  
12000 coureurs aujourd'hui, 10h de direct à la TV



⇒ London to Brighton (84 km), née en 1932

⇒ En France : 100 km de Millau (1972)

⇒ L'ultra se popularise en France récemment (plus de **30000 ultrafondus** dans l'hexagone en 2008), notamment grâce à l'ultra-trail.

↳ rôle majeur de l'UTMB®



## *L'être humain est-il fait pour courir des ultra-marathons ?*

✓ notre capacité d'endurance est supérieure à la plupart des autres espèces

✓ ceci est dû essentiellement à :

- capacité à dissiper la chaleur
- morphologie adaptée à la course

*Autres atouts de l'espèce humaine :*

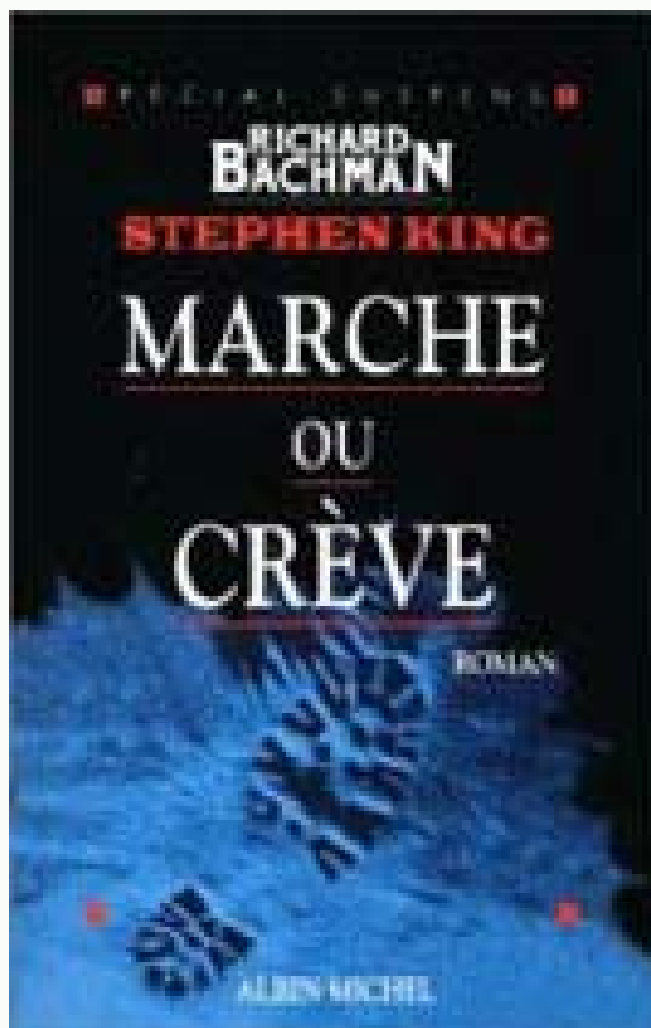
- réserves énergétiques sous forme de graisse, bien placée
- adaptation de la fourniture énergétique



Article à  
propos de



?



# *Qu'est-ce que ce qui fait la difficulté d'un ultra-trail ?*

✓ Règlement (*p.e.* ravitaillement, barrières horaires)

✓ Altitude : froid, hypoxie, météo

✓ **Facteurs limitants personnels**

✓ **Distance**

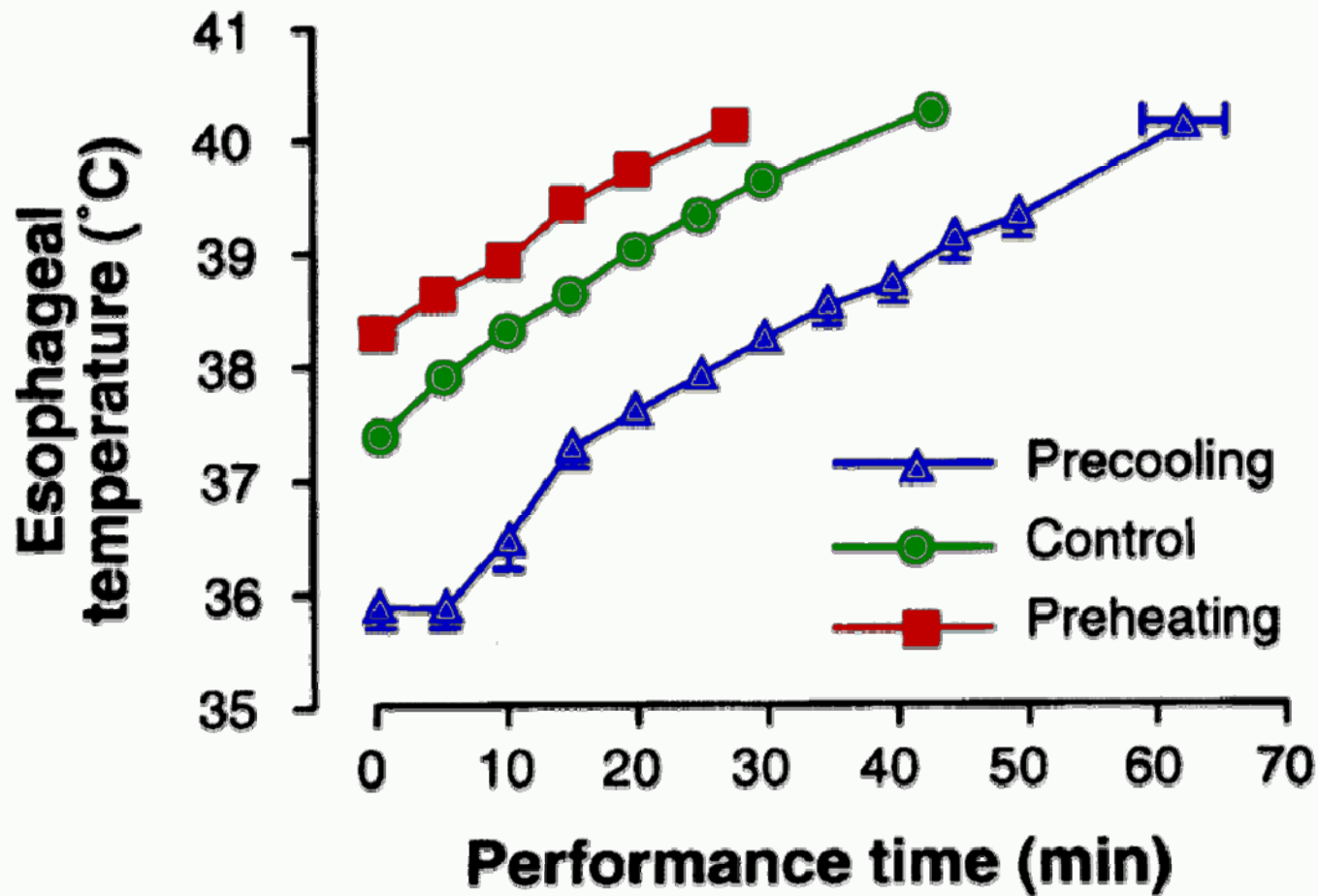
✓ Type de terrains

✓ Environnement

✓ Dénivelé



# Température corporelle et performance



## *Courir un ultra-marathon : quelles conséquences ?*

*- à court terme ?  $\Rightarrow$  la fatigue*

*- à long terme ?  $\Rightarrow$  la santé*





**Phase 1 : « Expérimentale »**  
**Février à Avril 2007**



**Phase 2 : « Terrain »**  
**Avril à Août 2009**



- 24 Heures
- en laboratoire
- 14 sujets

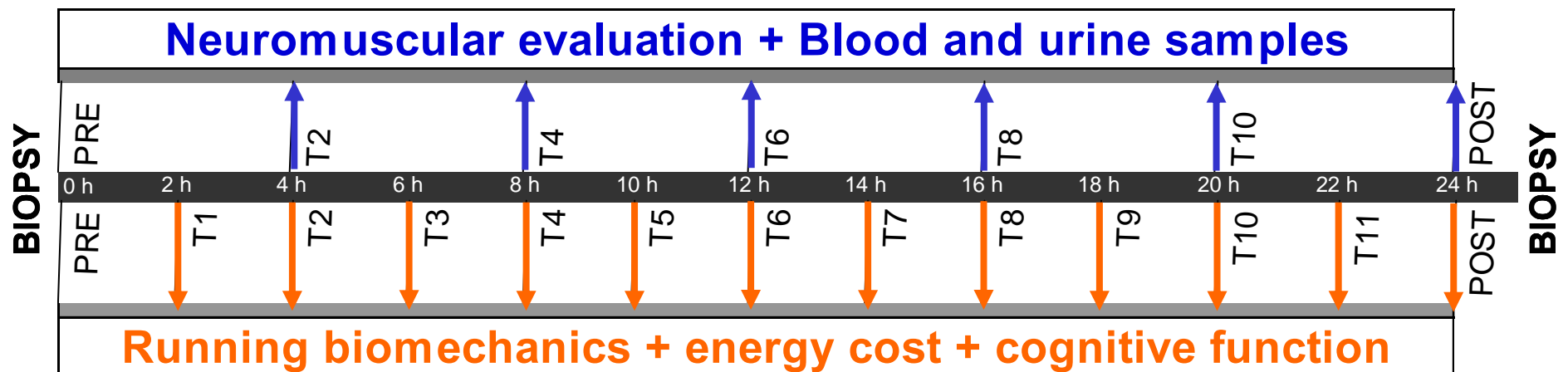
- Ultra-trail en compétition
- UTMB
- 35 sujets





Phase 1 : « Labo »  
Février à Avril 2007

- 24 Heures
- en laboratoire
- 14 sujets



## PHASE 2 : DEROULEMENT DE L'ETUDE TERRAIN DE AVRIL A AOUT 2009

DETAIL  
DU PROTOCOLE

AVRIL : Sélection  
des sujets de l'étude

DEBUT JUILLET : Test d'évaluation physiologique au  
CHU de St-Etienne

J+2, J+5, J+9, J+16 :  
Evaluation de la  
récupération

JOUR J : Evaluation  
en situation de  
fatigue

J-8 A J-2 :  
Evaluation au repos

35 sujets

AVRIL

MAI

JUIN

JUILLET

AOUT

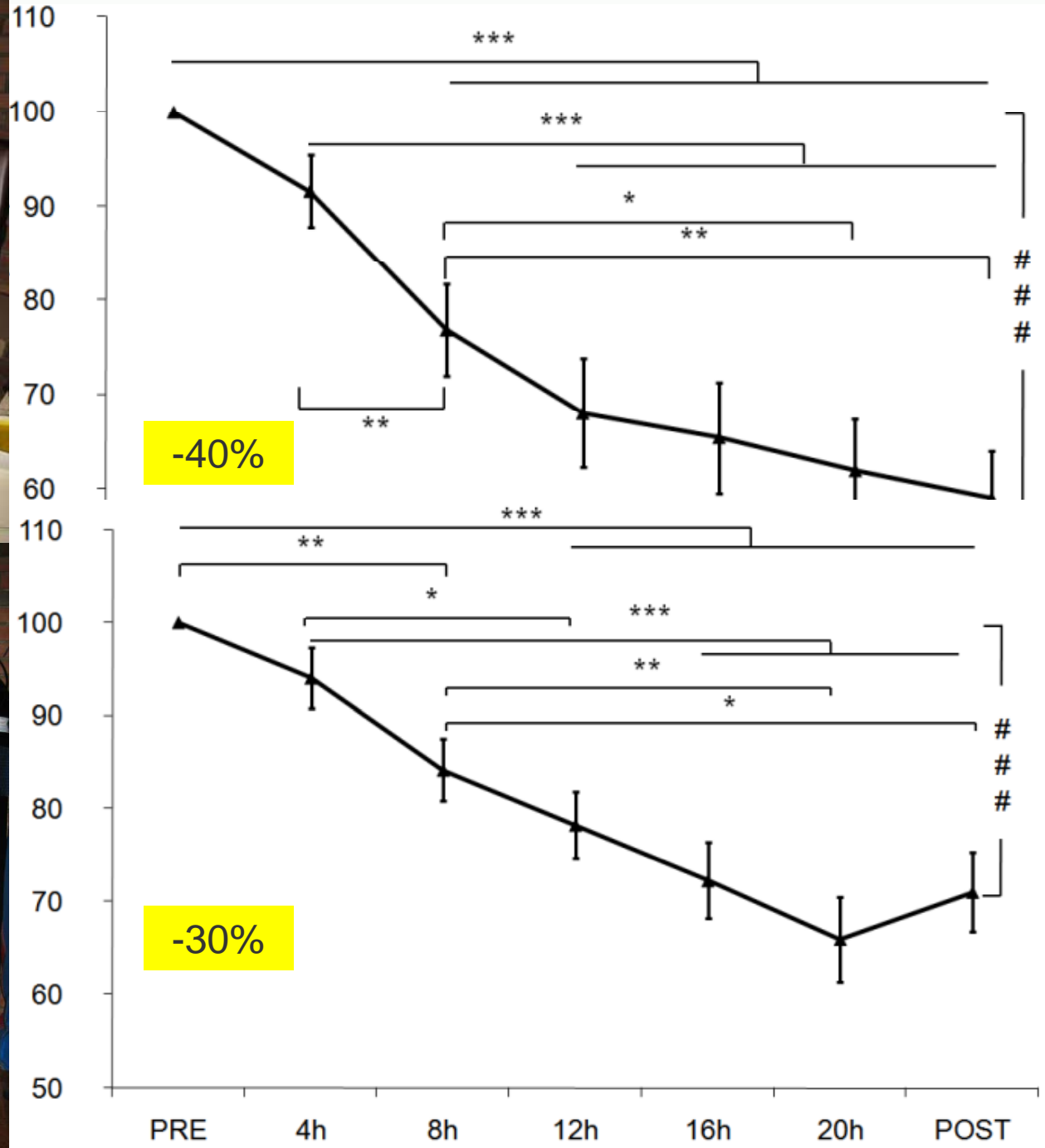
SEPT

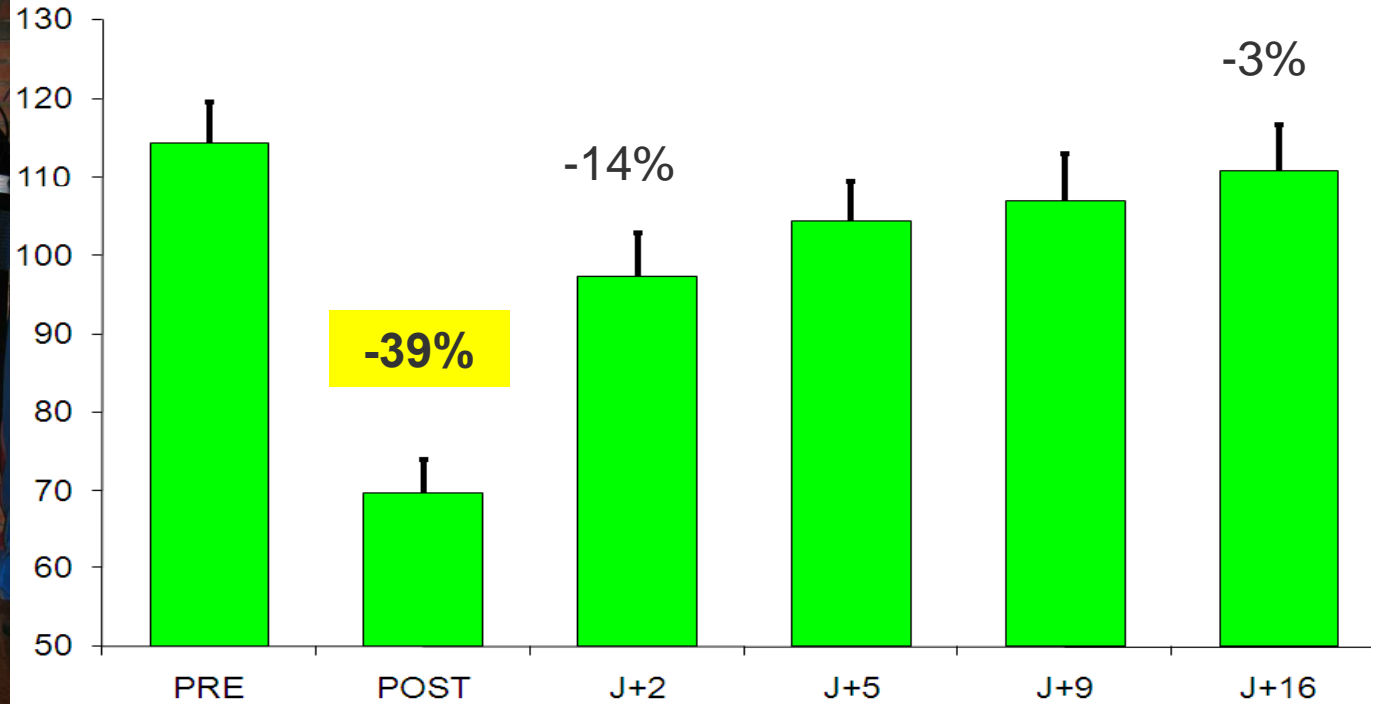


Ecole Nationale de Ski et d'Alpinisme

University of Ljubljana



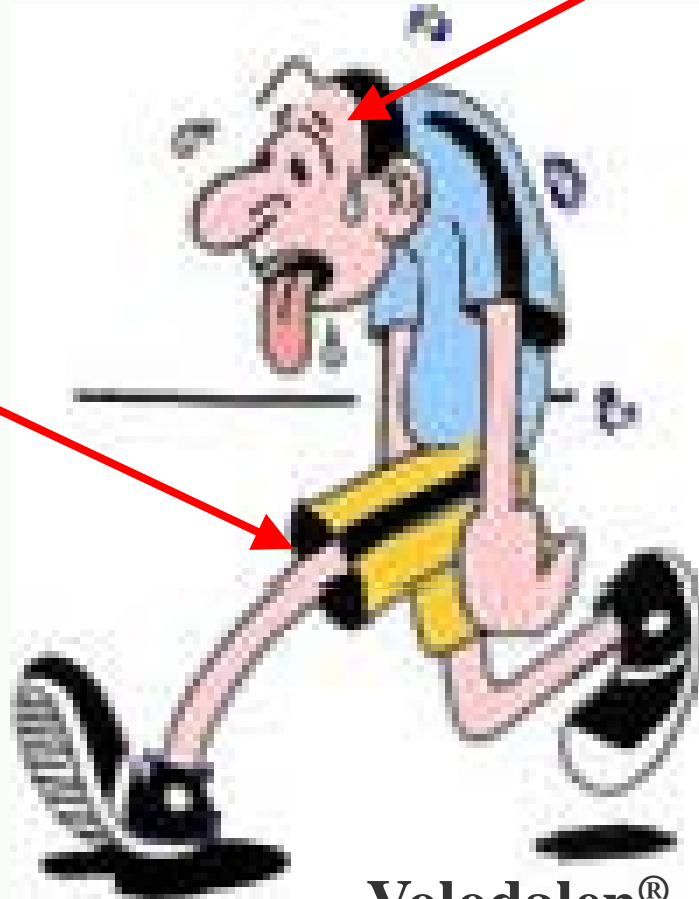




# Origine de la fatigue ?

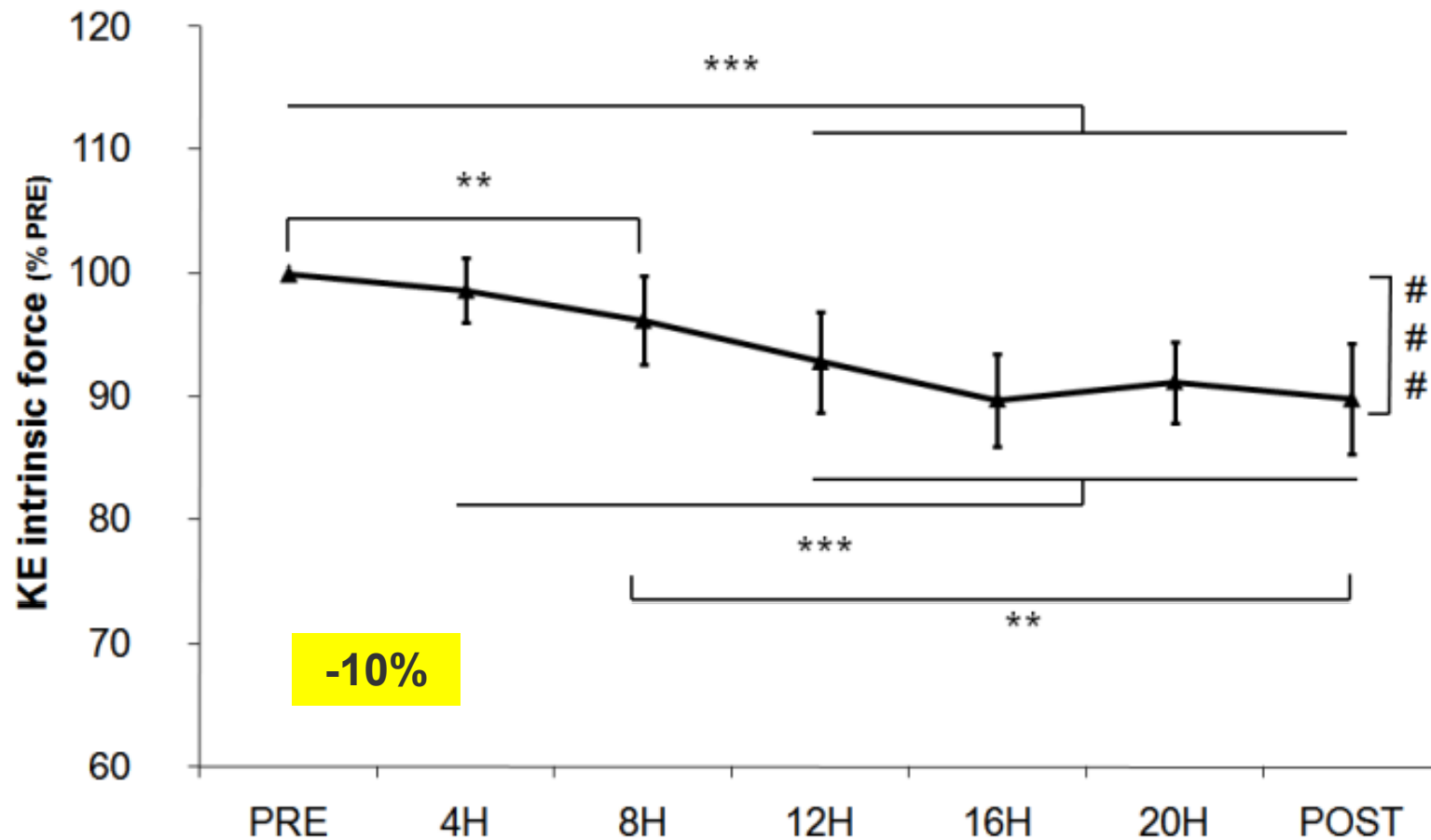
fatigue  
périphérique  
(musculaire)

fatigue  
centrale  
(nerveuse)



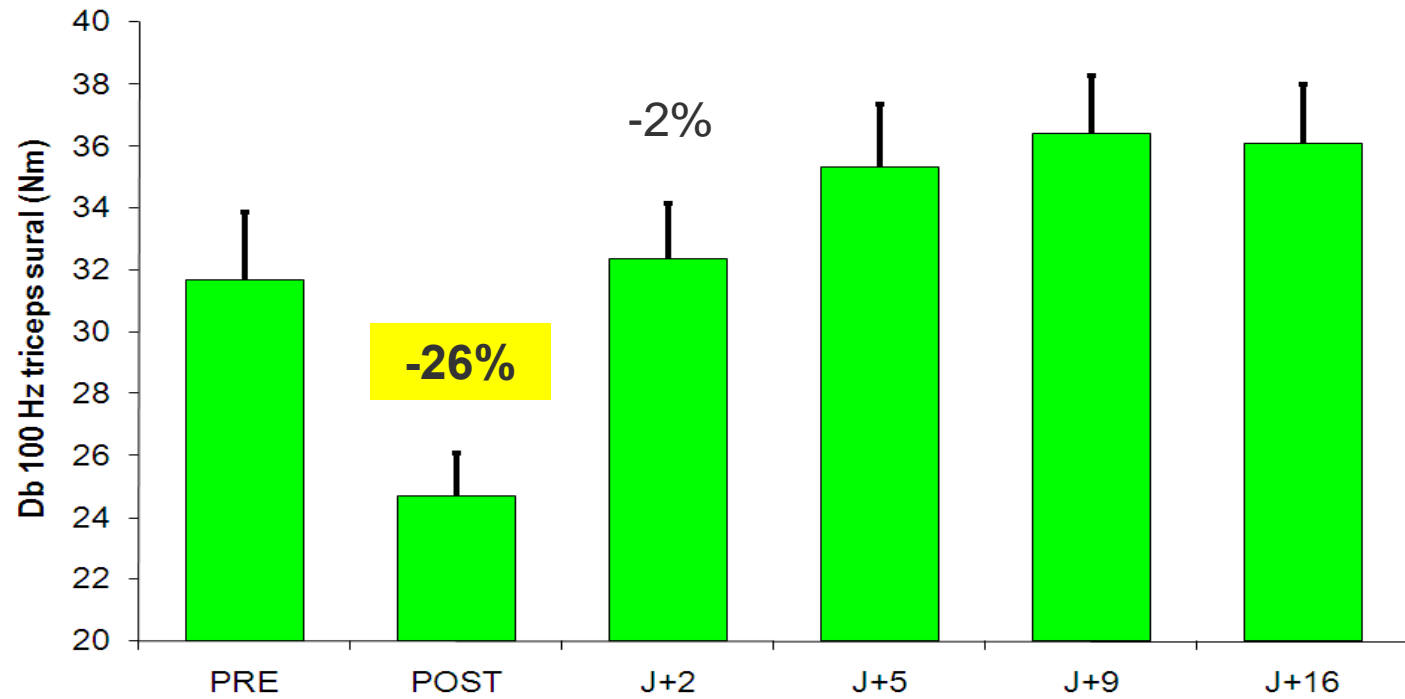
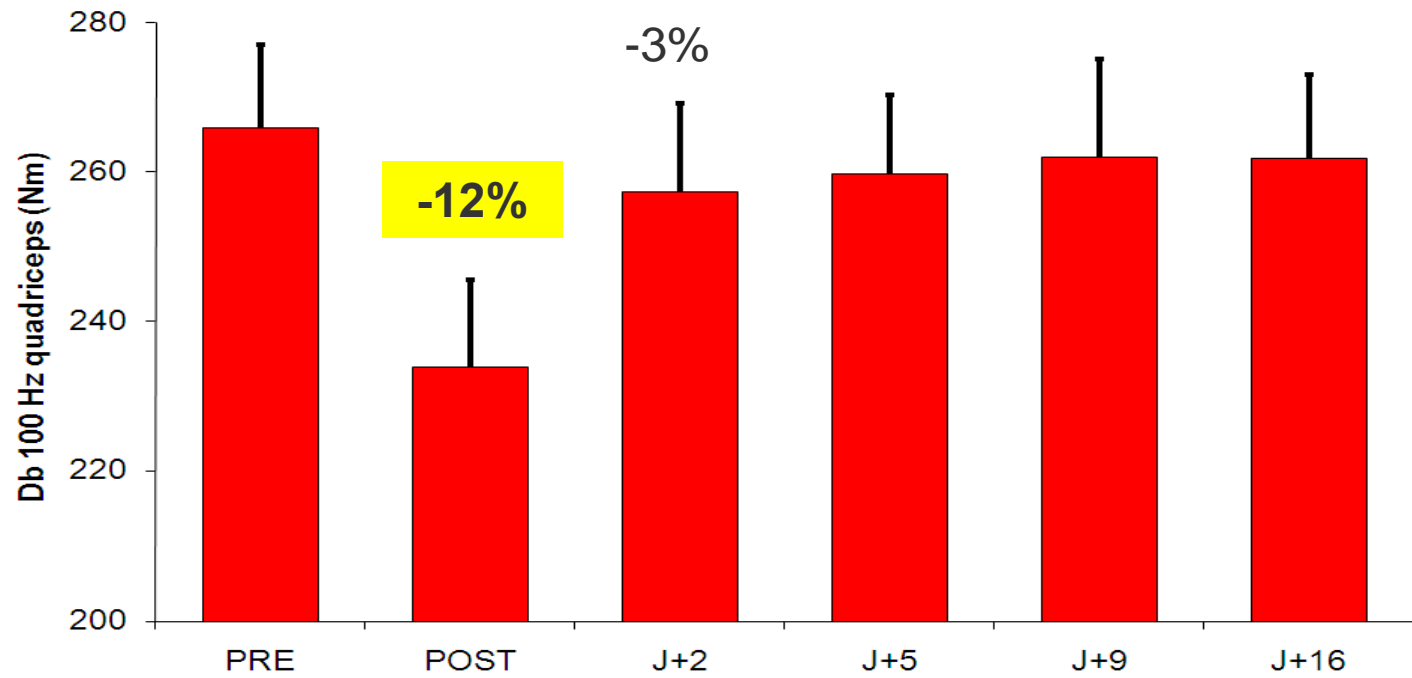
Volodalen®

24 H



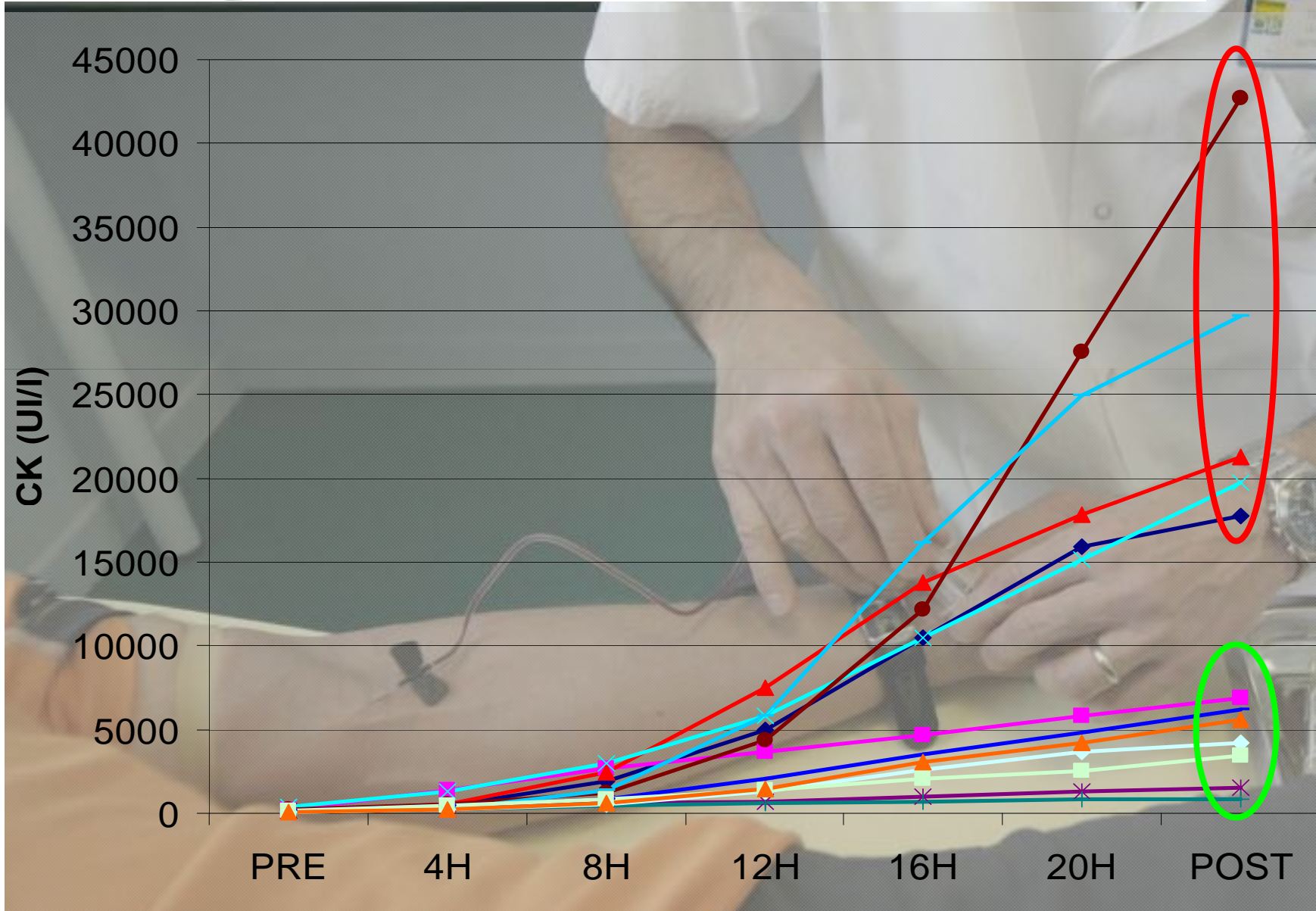
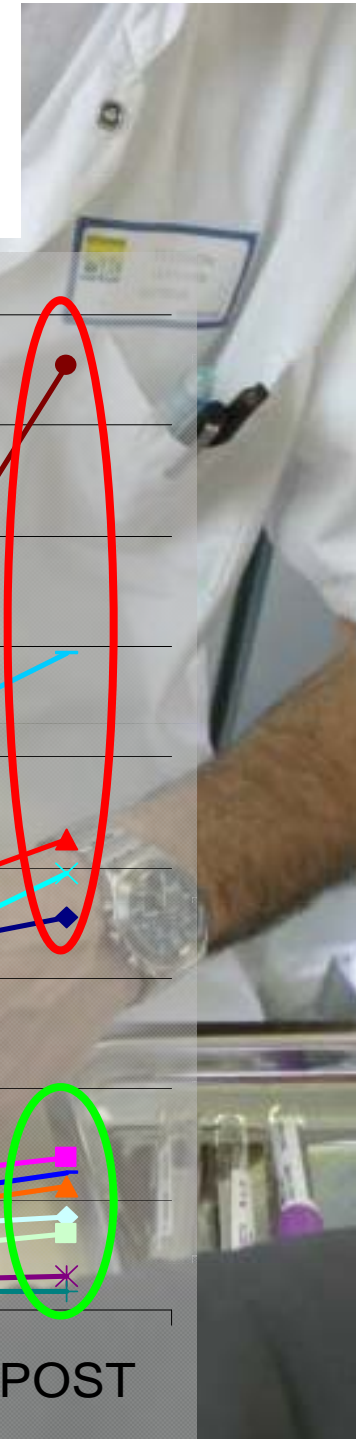
Central and peripheral contributions to neuromuscular fatigue induced by a 24-h treadmill run *J Appl Physiol* 108: 1224–1233, 2010.

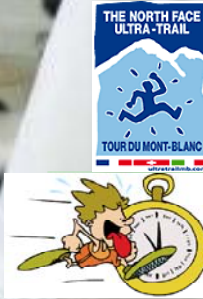
Vincent Martin,<sup>1</sup> Hugo Kerhervé,<sup>2</sup> Laurent A. Messonnier,<sup>3</sup> Jean-Claude Banfi,<sup>2</sup> André Geysant,<sup>2,4</sup> Régis Bonnefoy,<sup>2</sup> Léonard Féasson,<sup>2,4</sup> and Guillaume Y. Millet<sup>2</sup>





# Grande variabilité dans les dommages musculaires



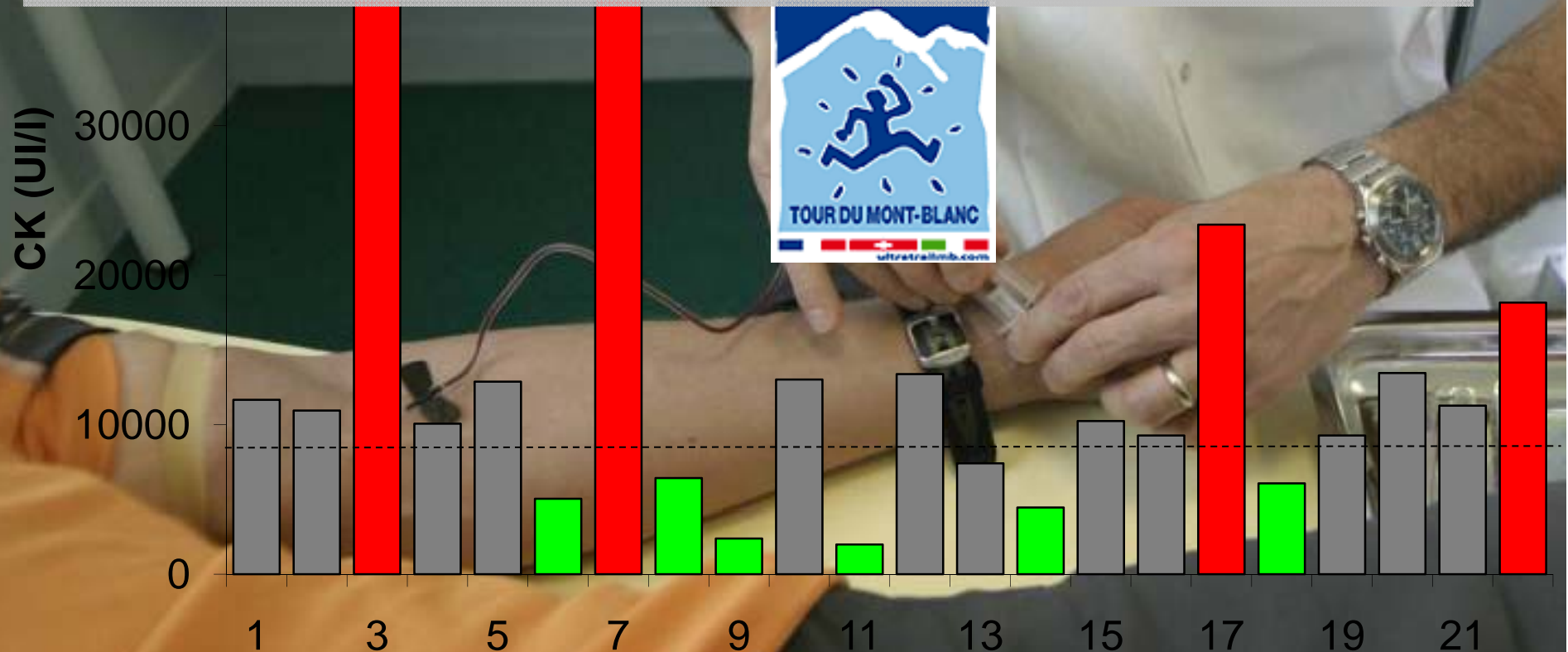


*UTMB : 13600 ± 12600 UI/l*

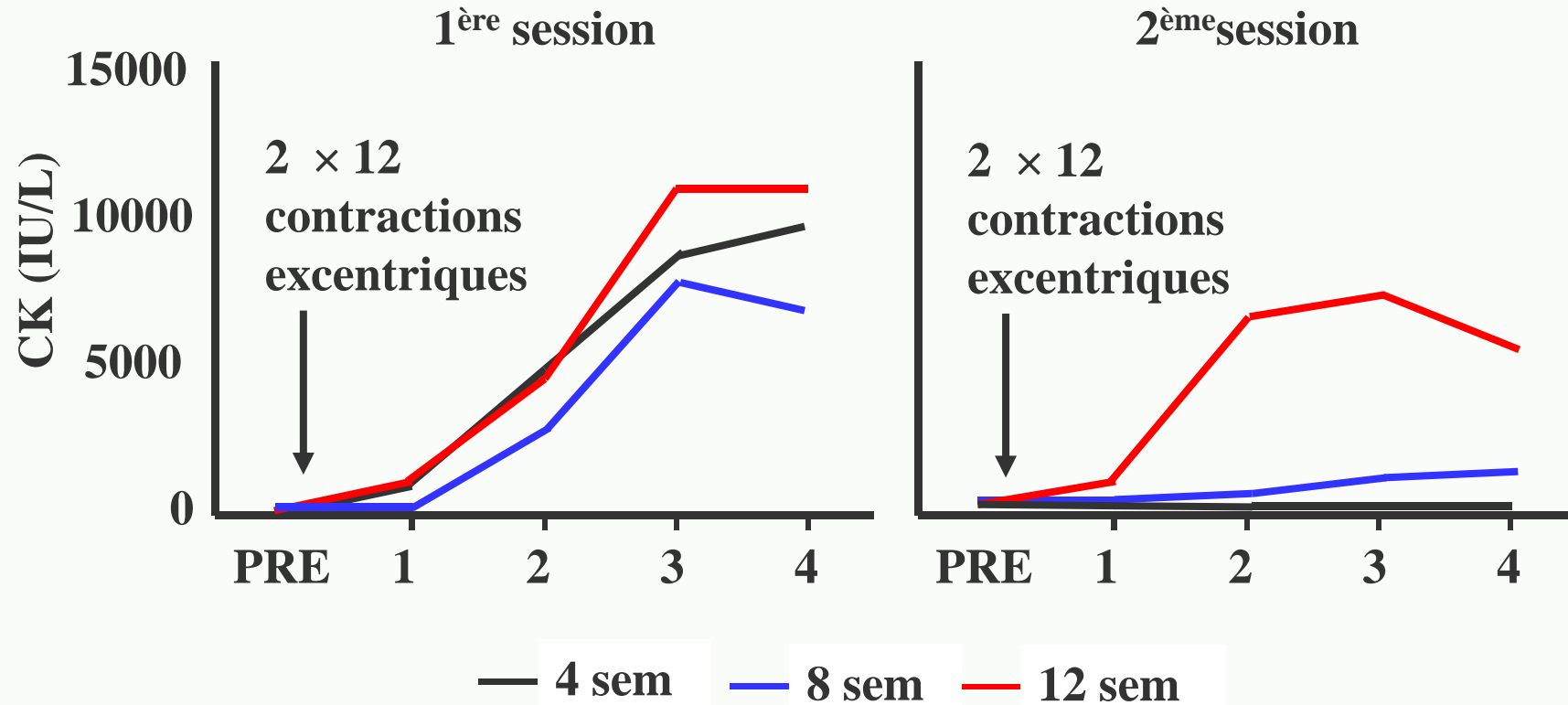
*24h : 13300 ± 13500 UI/l*

**Résistance sans doute en partie innée...**

**...mais peut être améliorée par l'entraînement**



# Effet protecteur



Ici exercice très  $\neq$  d'un ultra-marathon mais principe demeure



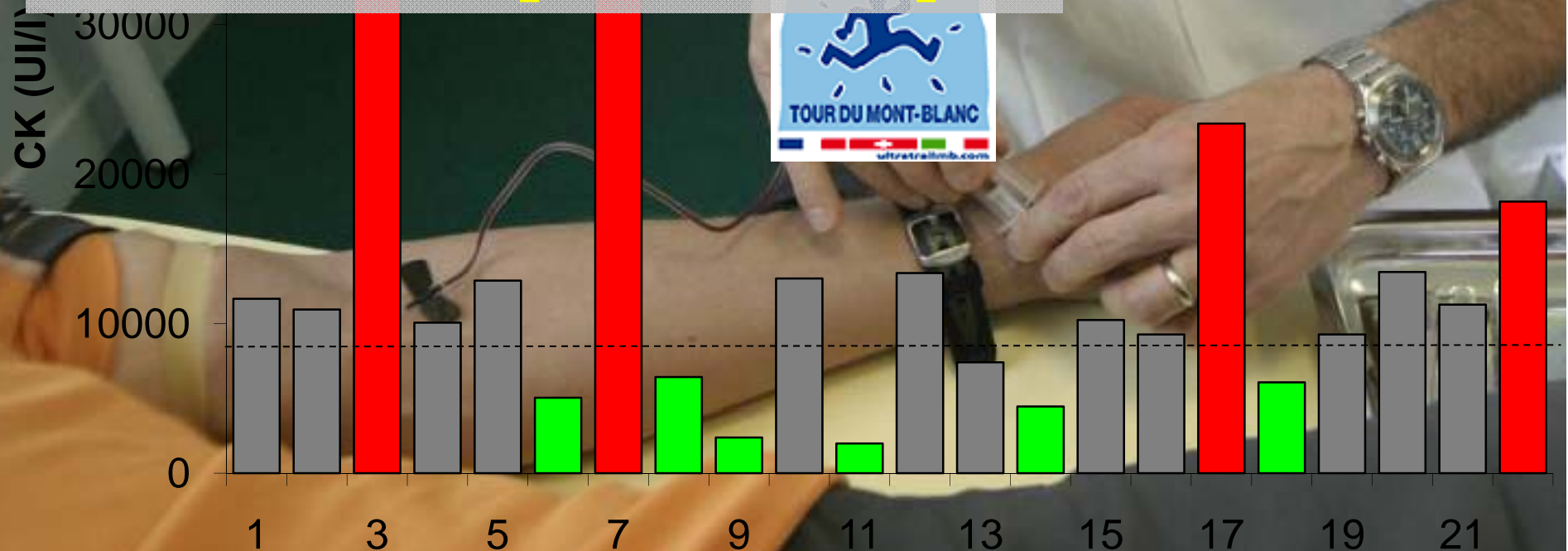
*UTMB : 13600 ± 12600 UI/l*

*24h : 13300 ± 13500 UI/l*

Résistance sans doute en partie innée...

...mais peut être améliorée par l'entraînement

...et sans doute par la technique



## Running from Paris to Beijing: biomechanical and physiological consequences

Guillaume Y. Millet · Jean-Benoît Morin ·  
Francis Degache · Pascal Edouard · Léonard Feasson ·  
Julien Verney · Roger Oullion



Philippe Fuchs



8 500 km  
161 j



# Origine de la fatigue ?

**fatigue  
périphérique  
(musculaire)**

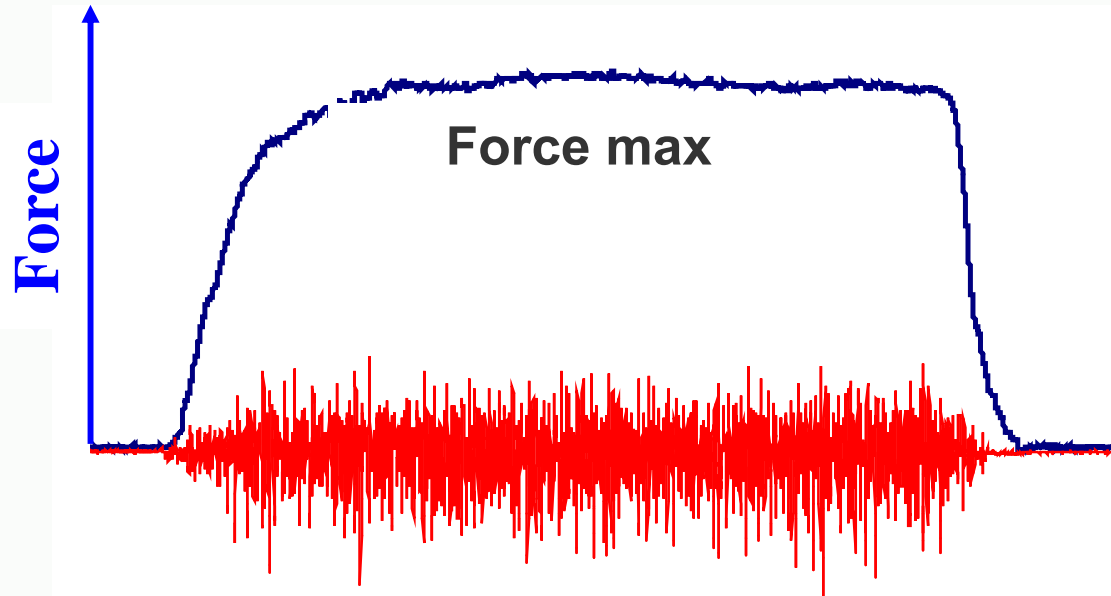


**fatigue  
centrale  
(nerveuse)**



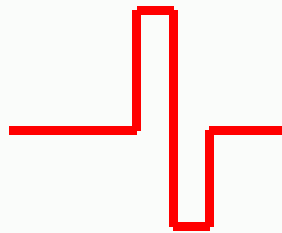
THE NORTH FACE  
ULTRA  
TOUR DU M  
Fr  
Jean  
CARRON  
999  
WORLD'S BEST  
PARTNER



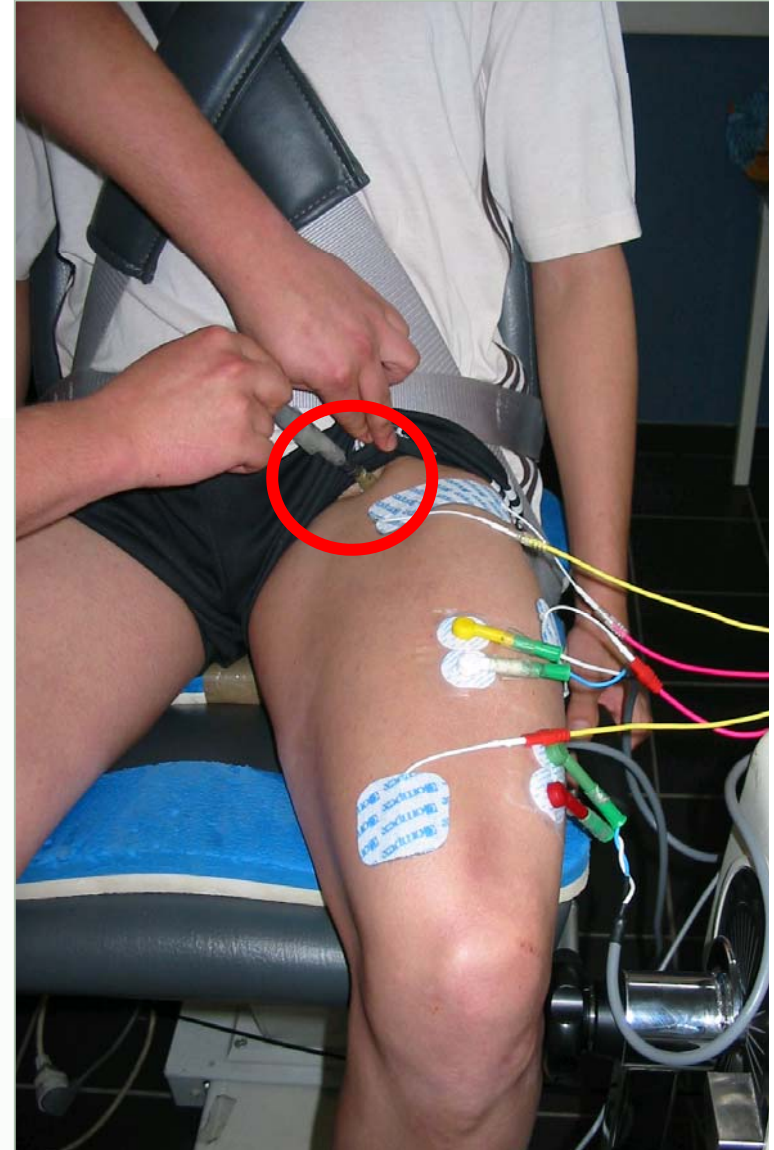


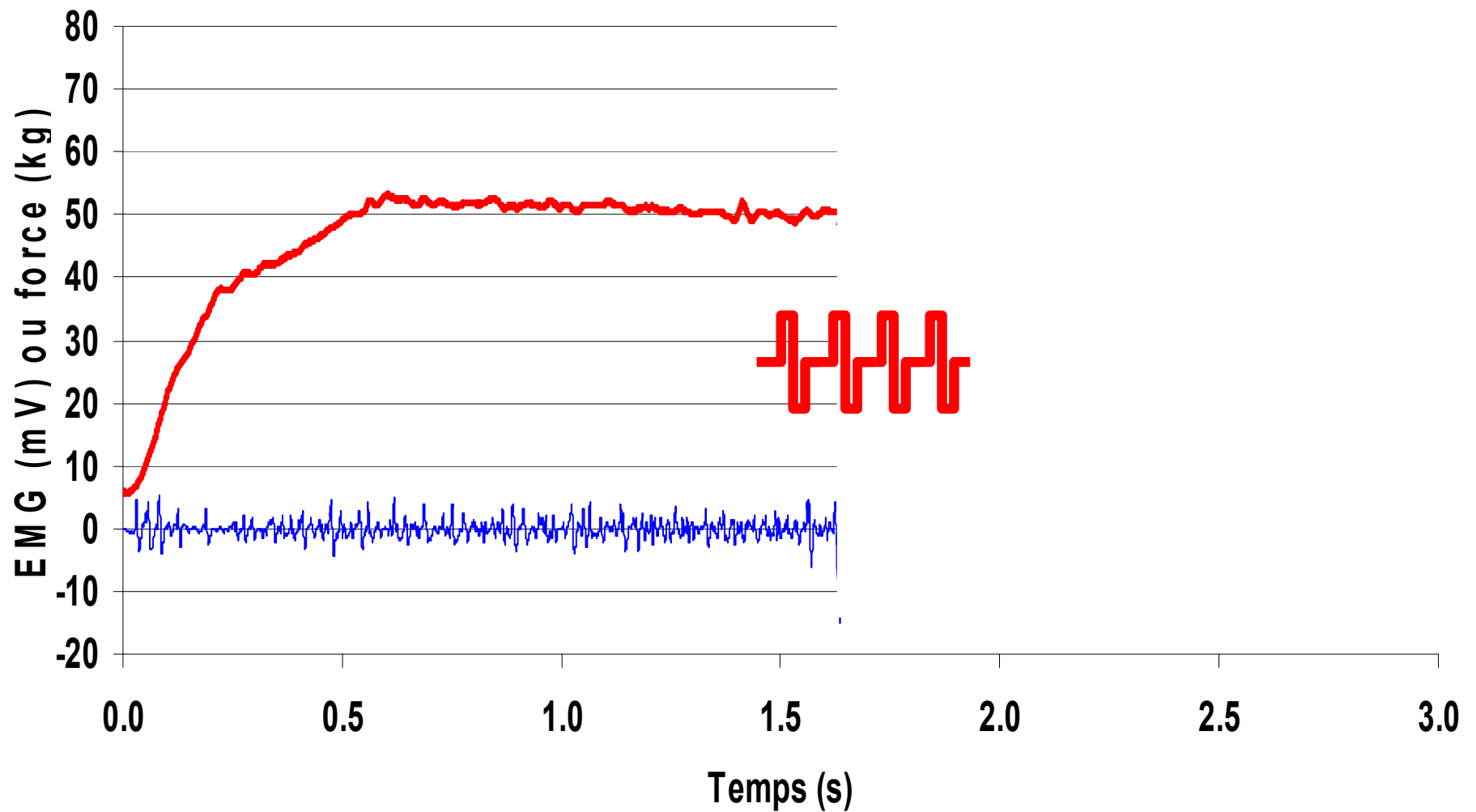
Muscle actif

**Que se passe-t-il si on surimpose une stimulation électrique ?**



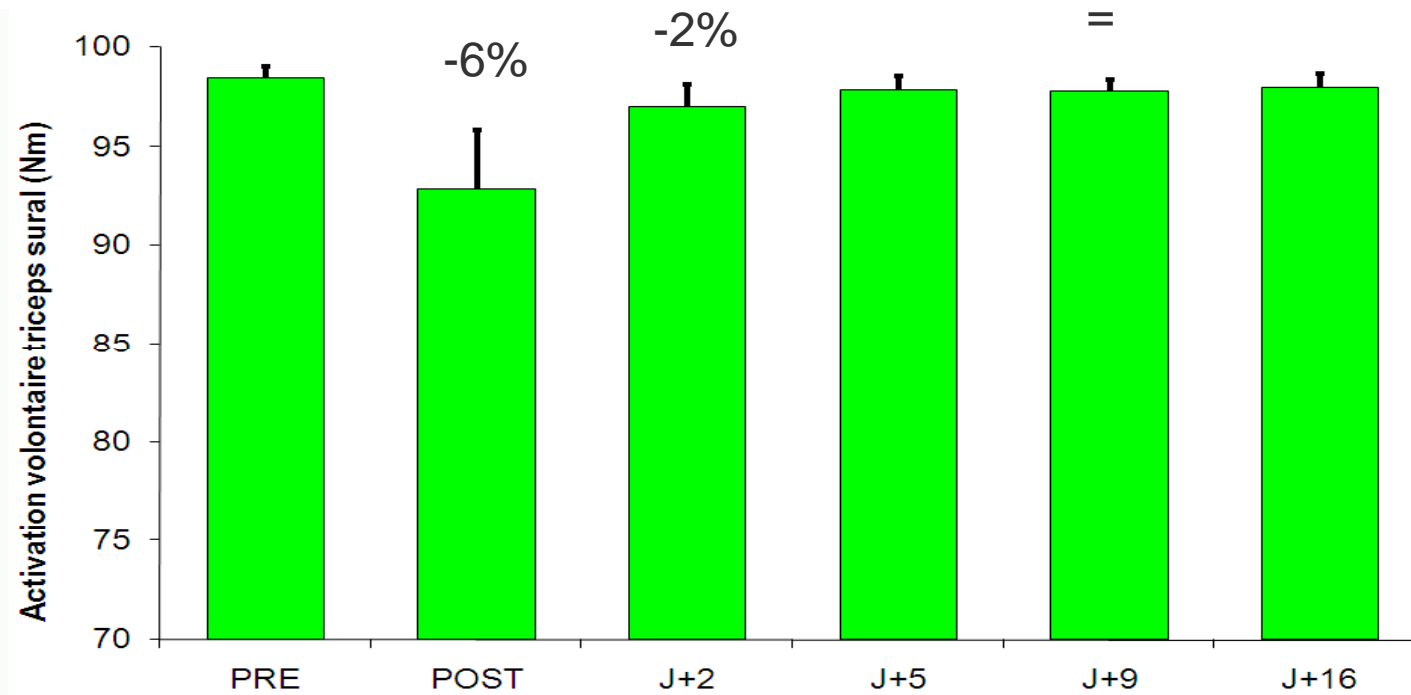
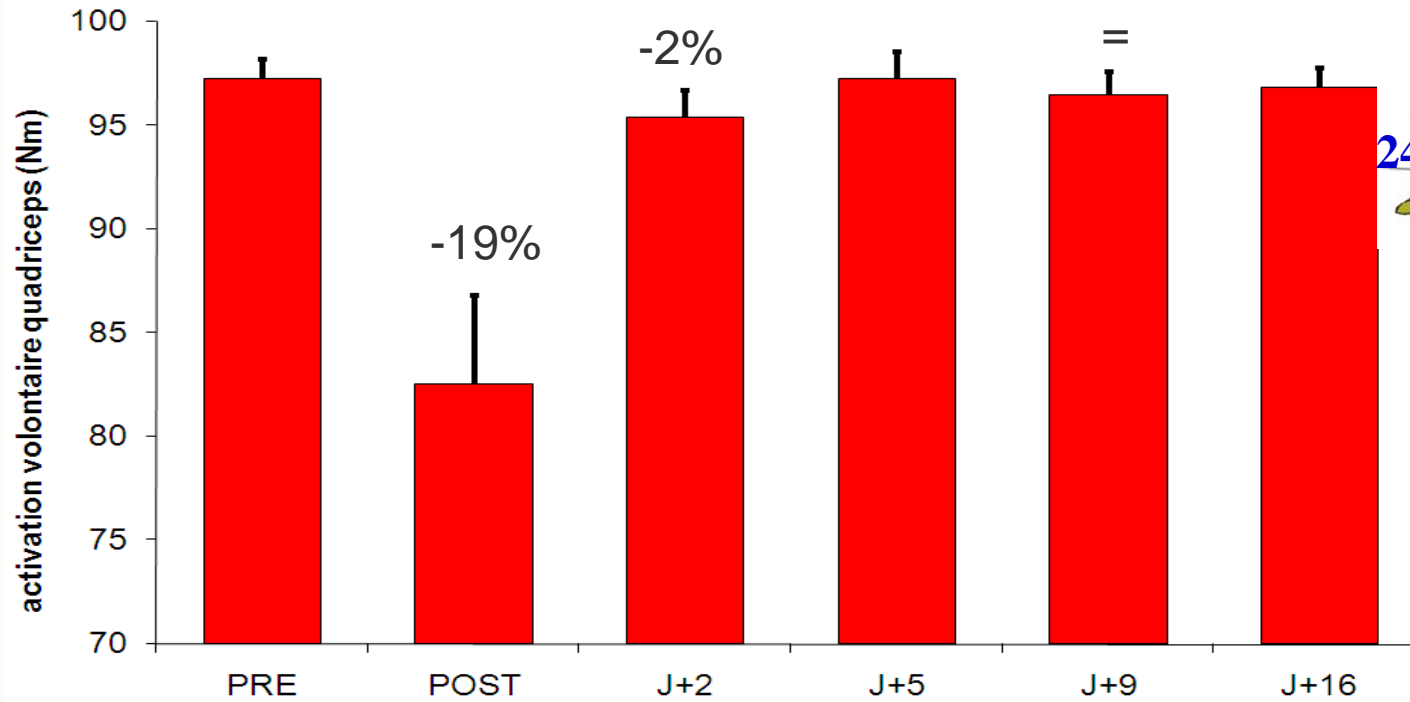
**Stimulation externe  
(nerf, muscle)**





**↗ « réserve de force » = fatigue centrale**



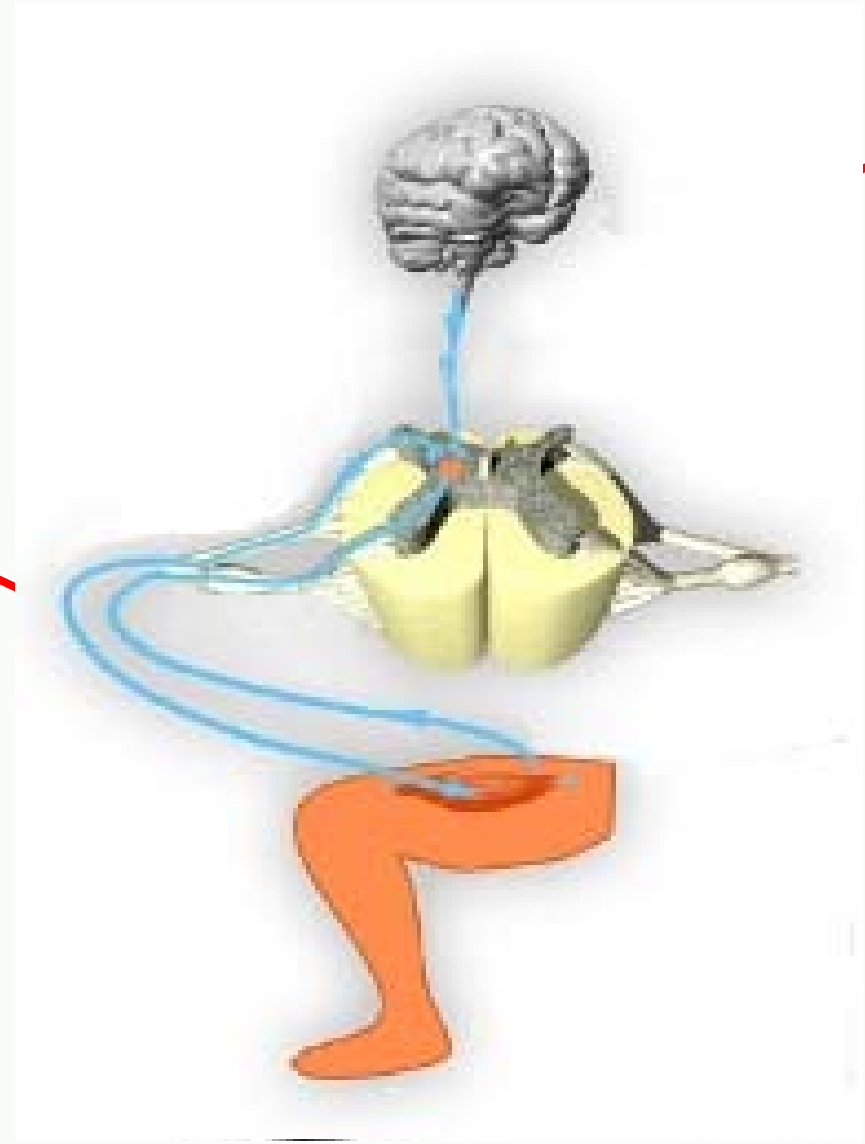


-30%

-15%

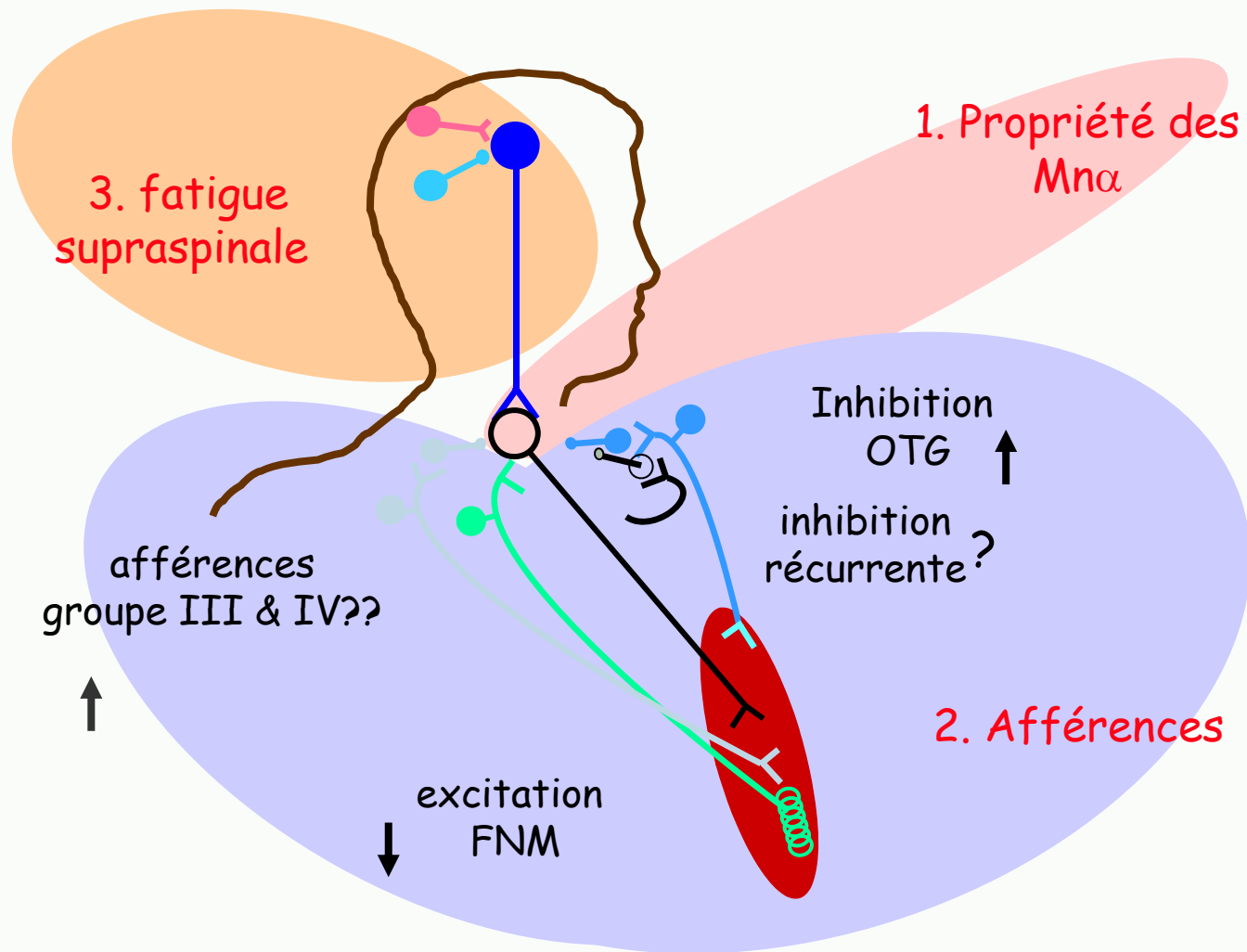
# Origine de la fatigue ?

**fatigue  
périphérique  
(musculaire)**



**fatigue  
centrale  
(nerveuse)**

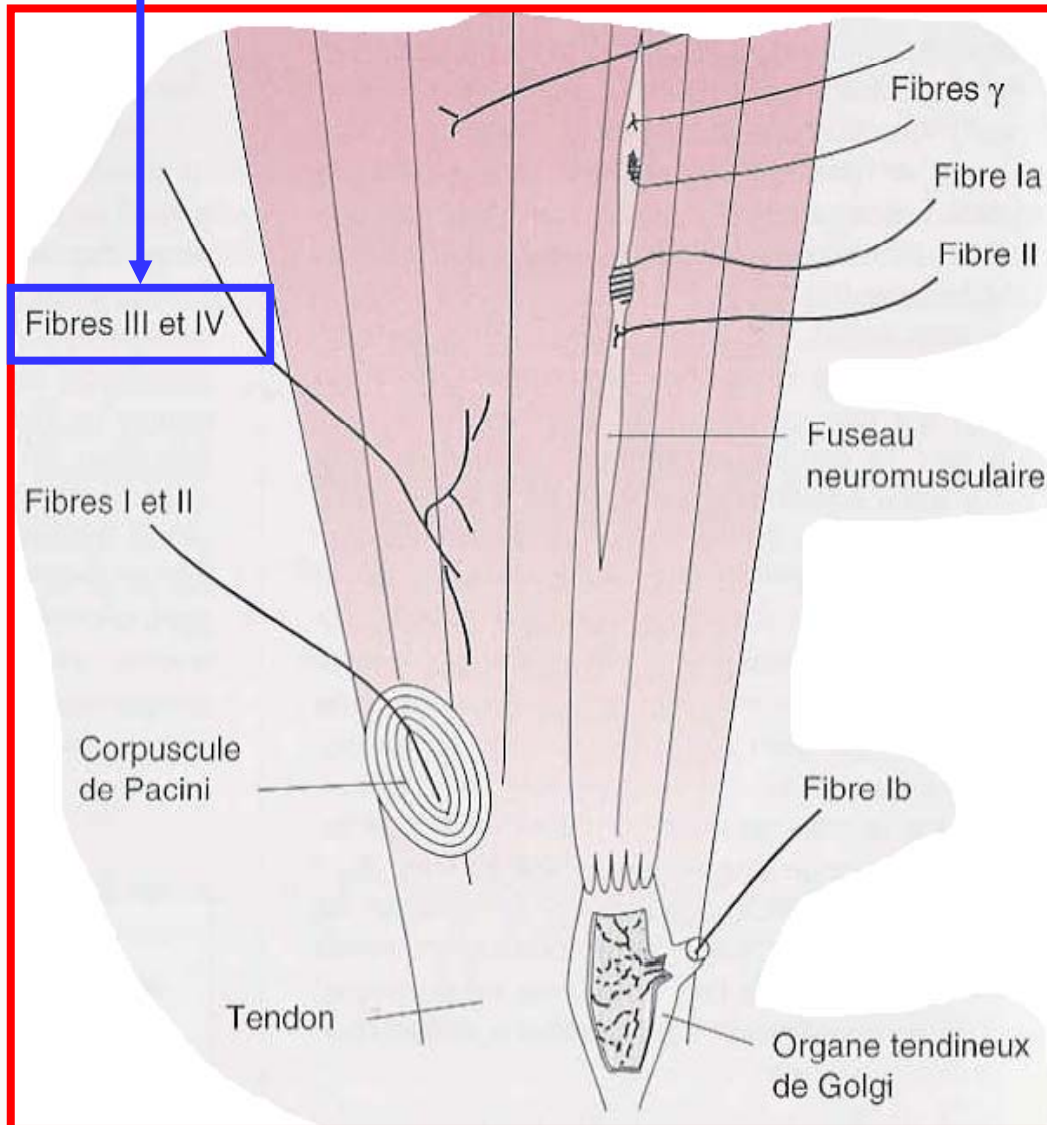
# Pas seulement le cerveau : système nerveux dans son ensemble



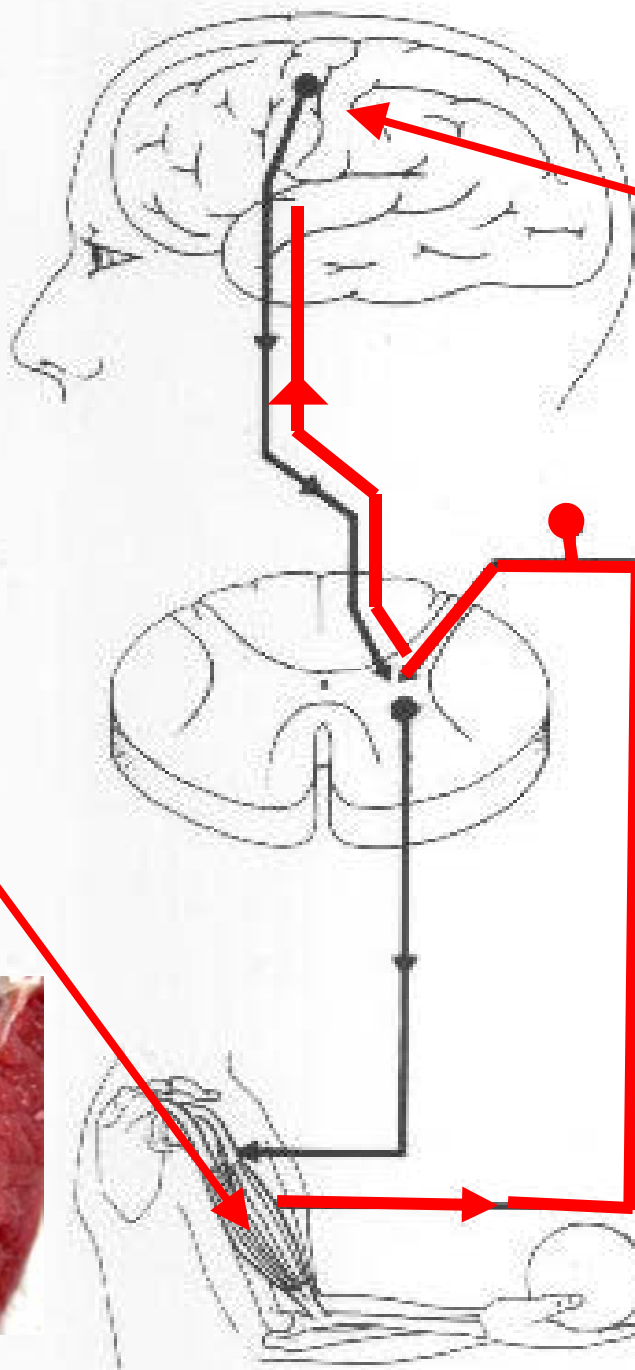
*Adapté de Janet Taylor, Prince of Wales Medical Research Institute, Sydney*

# En ultra-marathon : processus inflammatoires

## Sensations de douleur & inhibition/défacilitation

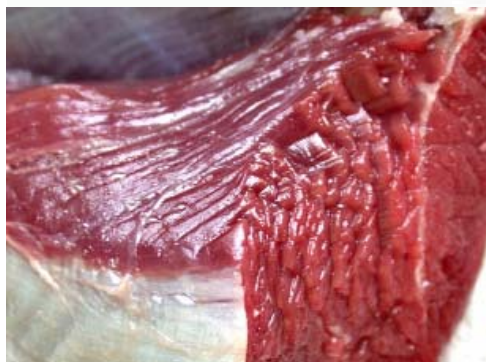
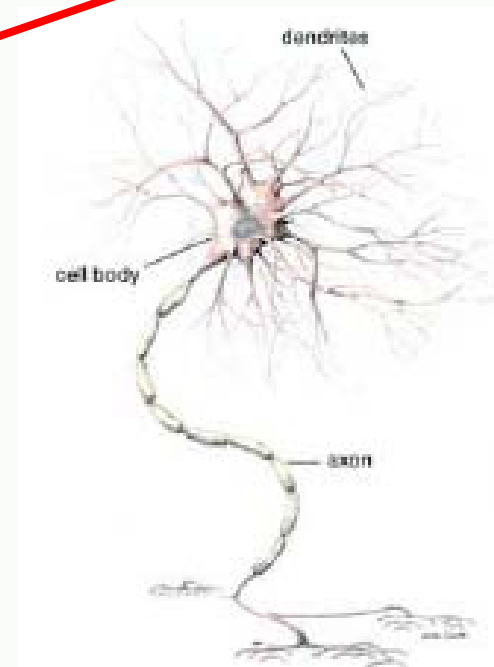


# Origine de la fatigue ?



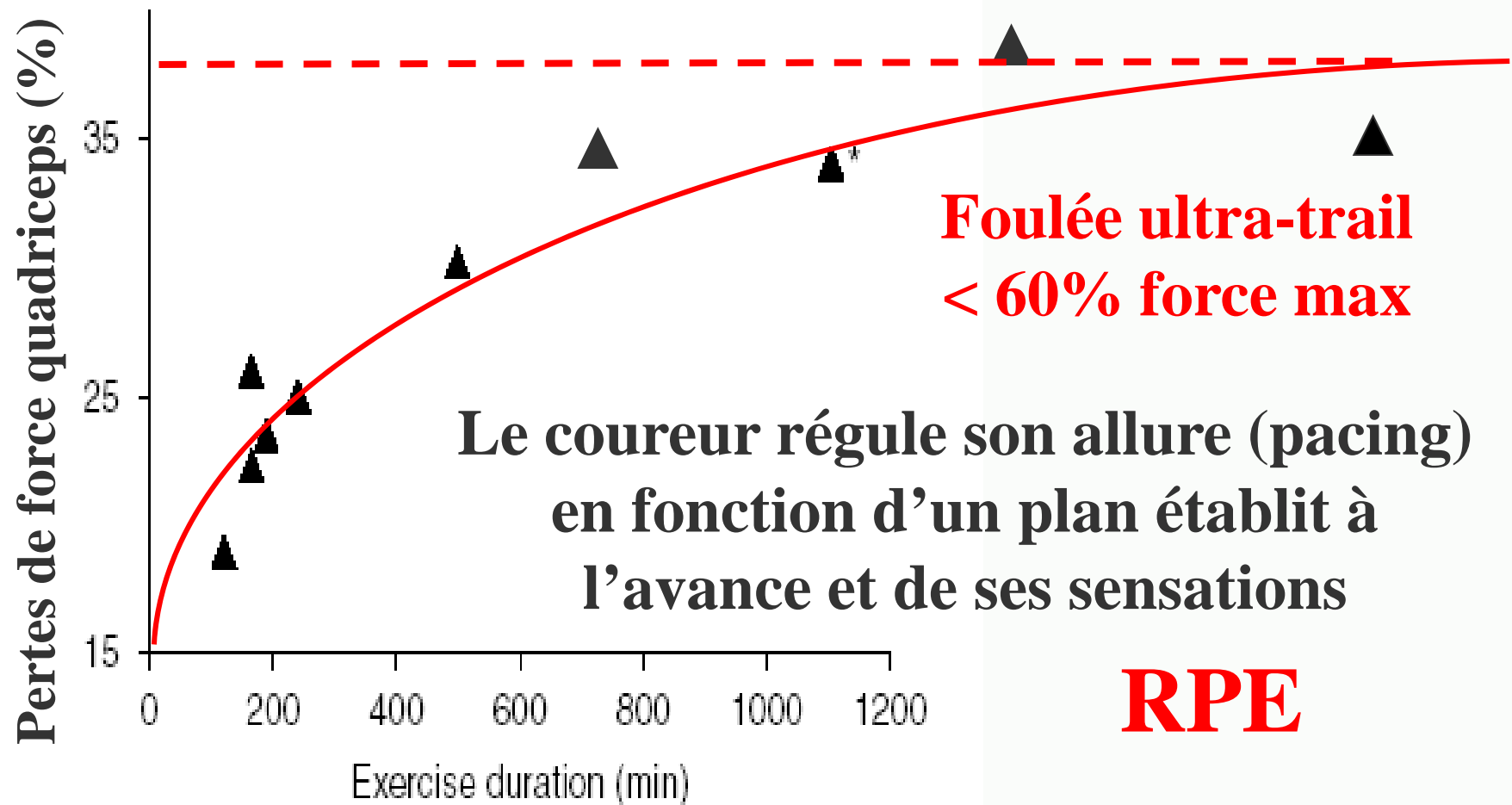
**fatigue centrale**

**fatigue périphérique**

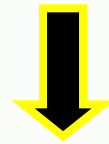


# Ces altérations neuromusculaires expliquent-elles la baisse de vitesse en course ?

Fatigue centrale + musculaire = perte force totale



**Régulation centrale de l'exercice**



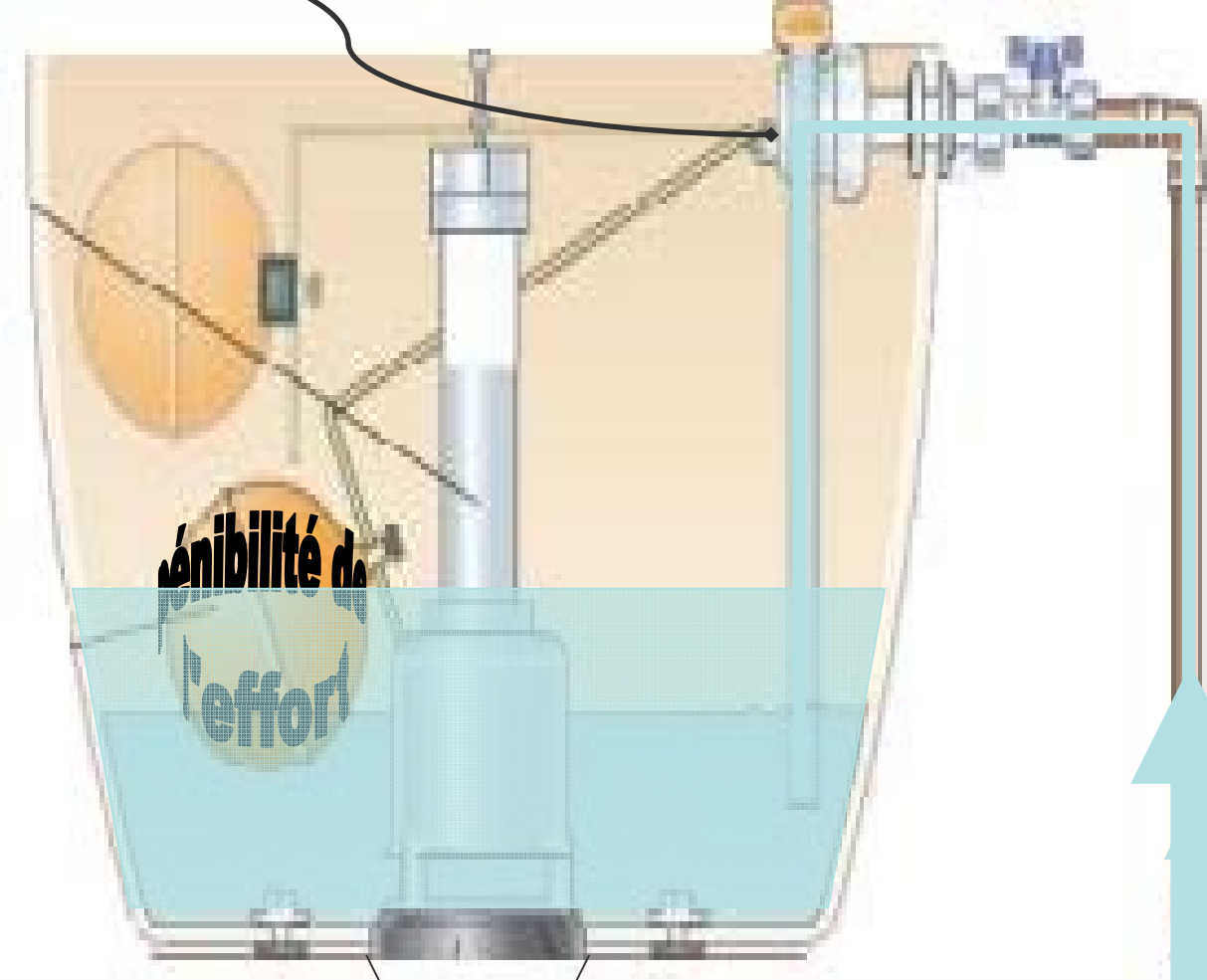
**Modèle de Millet<sup>1</sup> et Chasdow<sup>2</sup>**

**1. Université de St-Etienne, France**

**2. Université de Latrines, Turquie**

# Modèle de Millet & Chasdow

Danger  
Arrêt de l'exercice  
I feel good (±)



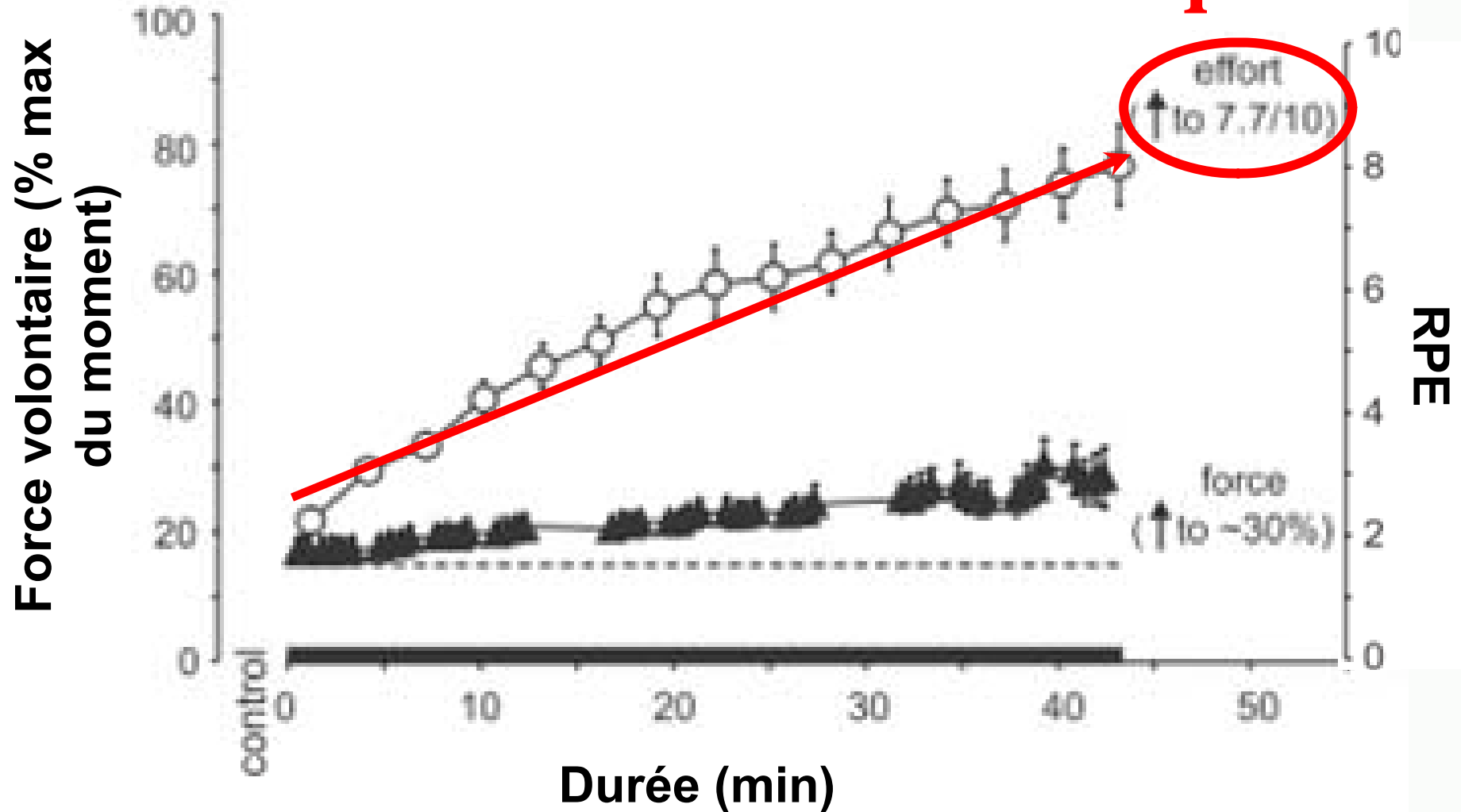
Exercice ?

Valve de vidange

Débit de remplissage

Si l'effort est imposé

Pourquoi?

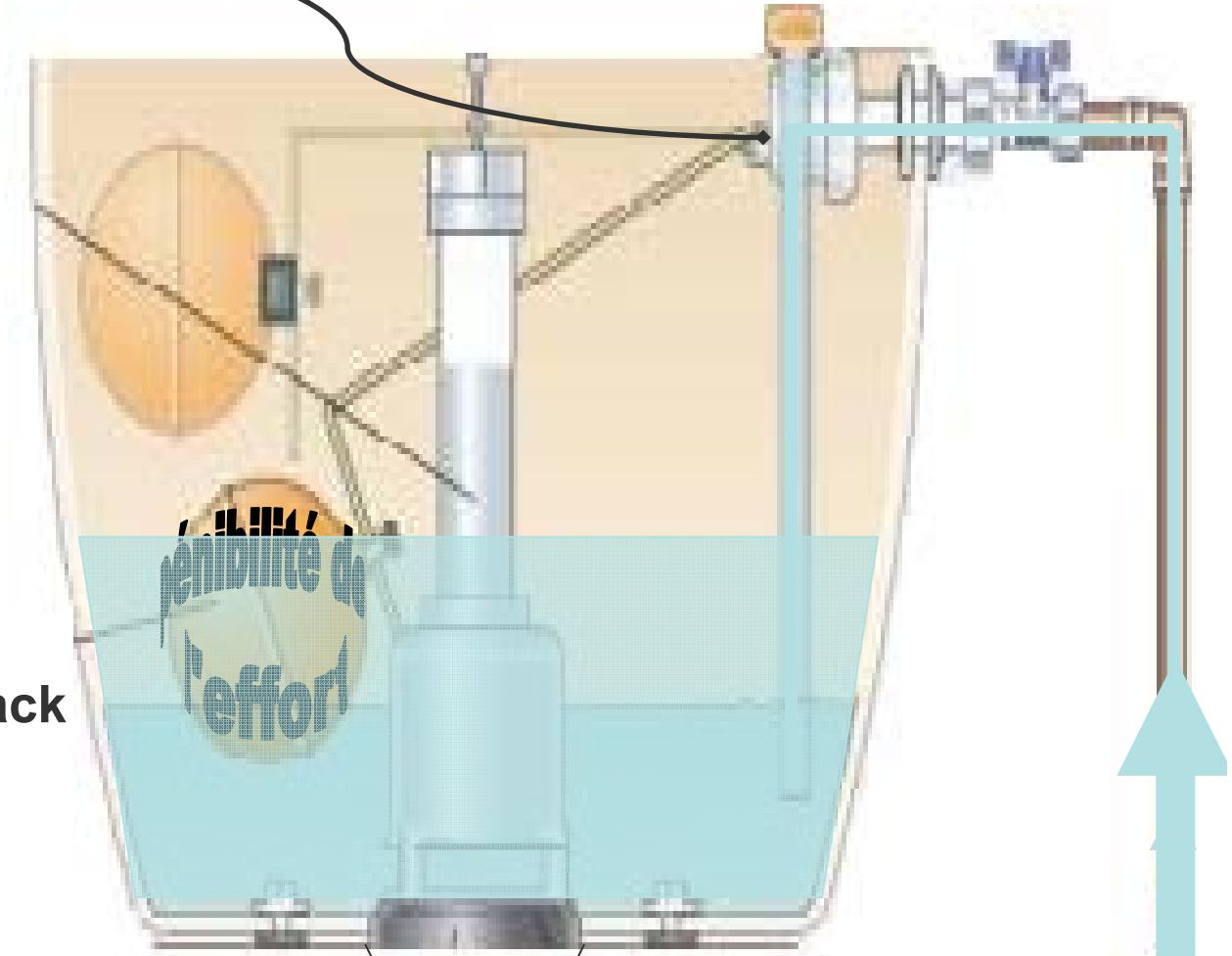


○ Pénibilité de l'effort (RPE)

▲ Force relative

# Modèle de Millet & Chasdow

Danger  
Arrêt de l'exercice  
I feel good (±)



➤ jusqu'où ?

➤ feedforward    ➤ feedback

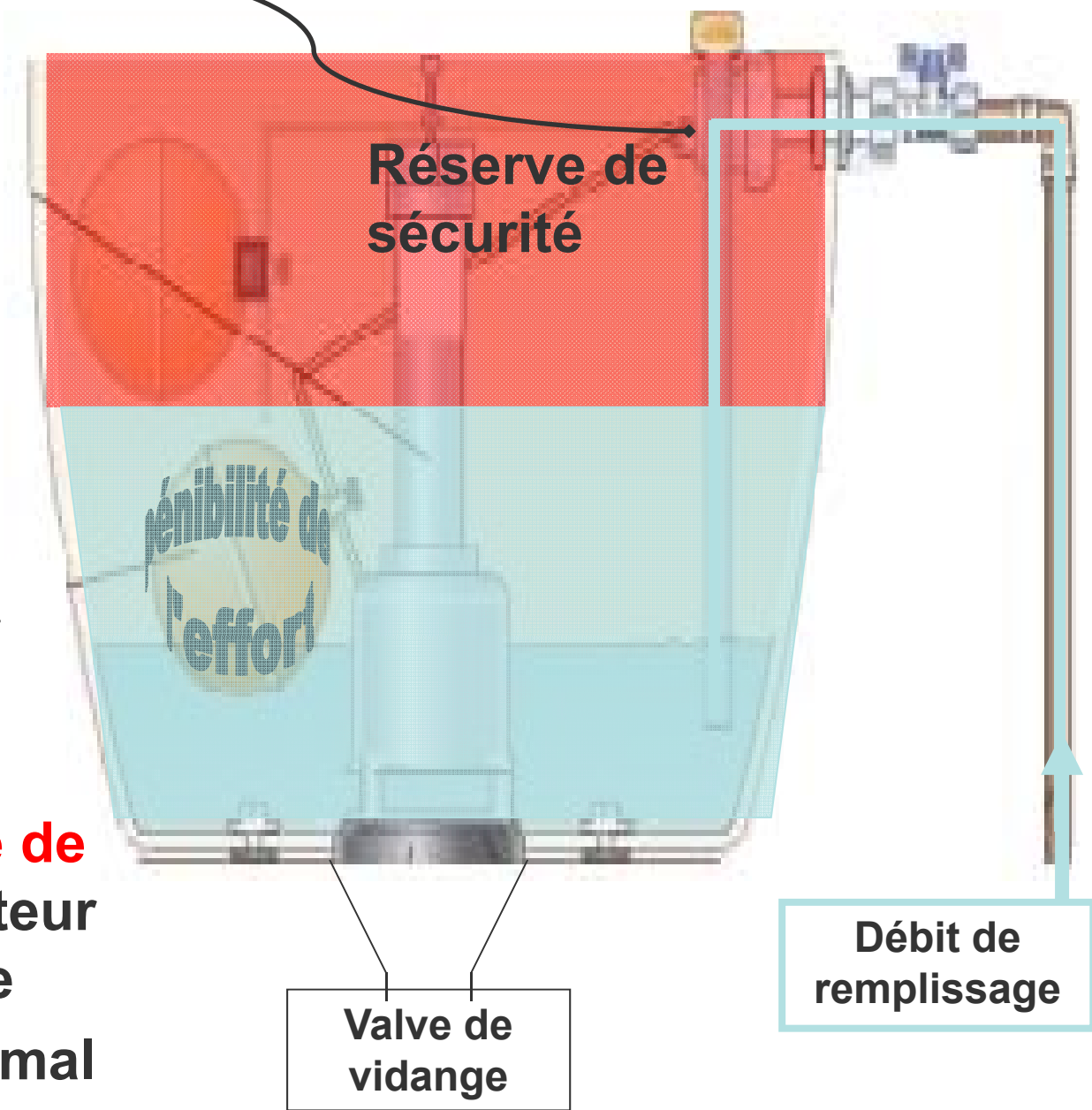
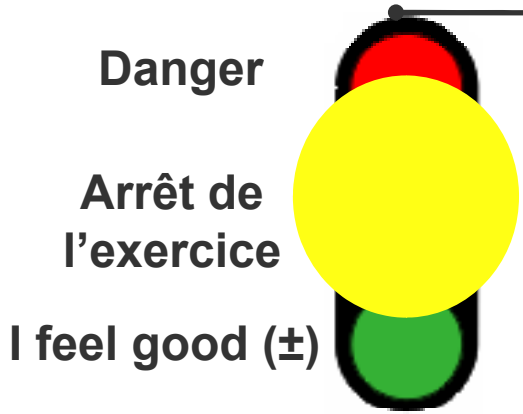
Exercice ?

Douleurs, gênes (musculaires, articulaires et tendineuses, dyspnée, ampoules, pbs digestifs, etc...)  
En raison de fatigue périphérique et modulation spinale

Valve de vidange

Débit de remplissage

# Modèle de Millet & Chasdow

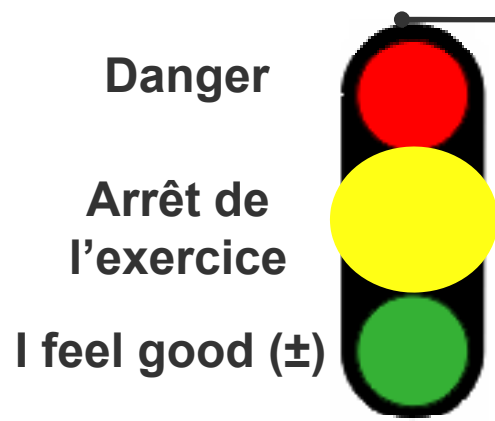


Dépendant de la motivation

*Si je suis attaqué par un ours !*

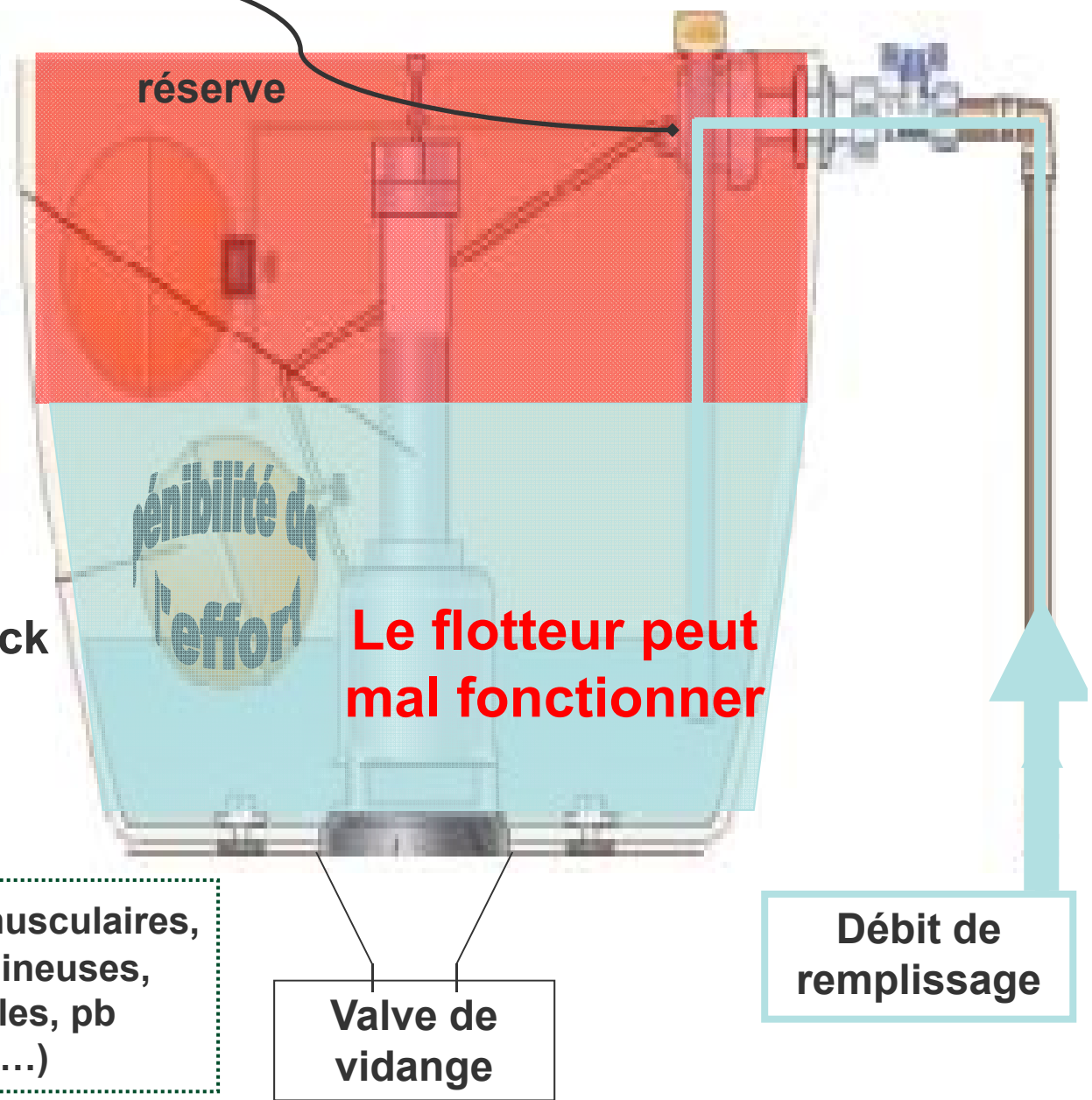
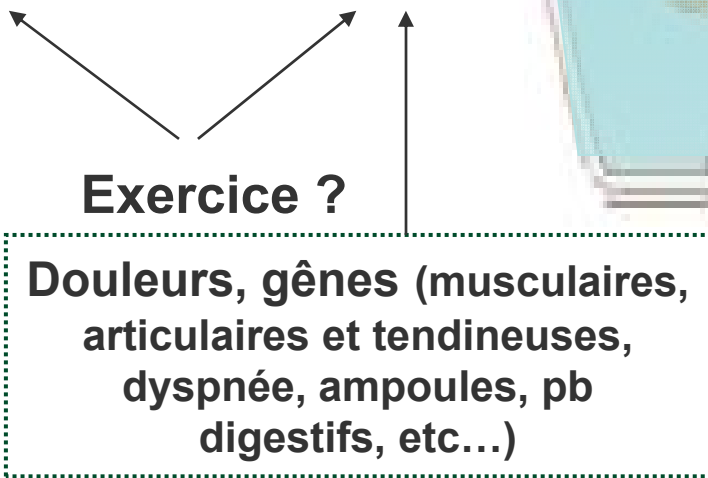
« Taille de **la réserve de sécurité** » est un facteur de la performance  
= capacité à se faire mal

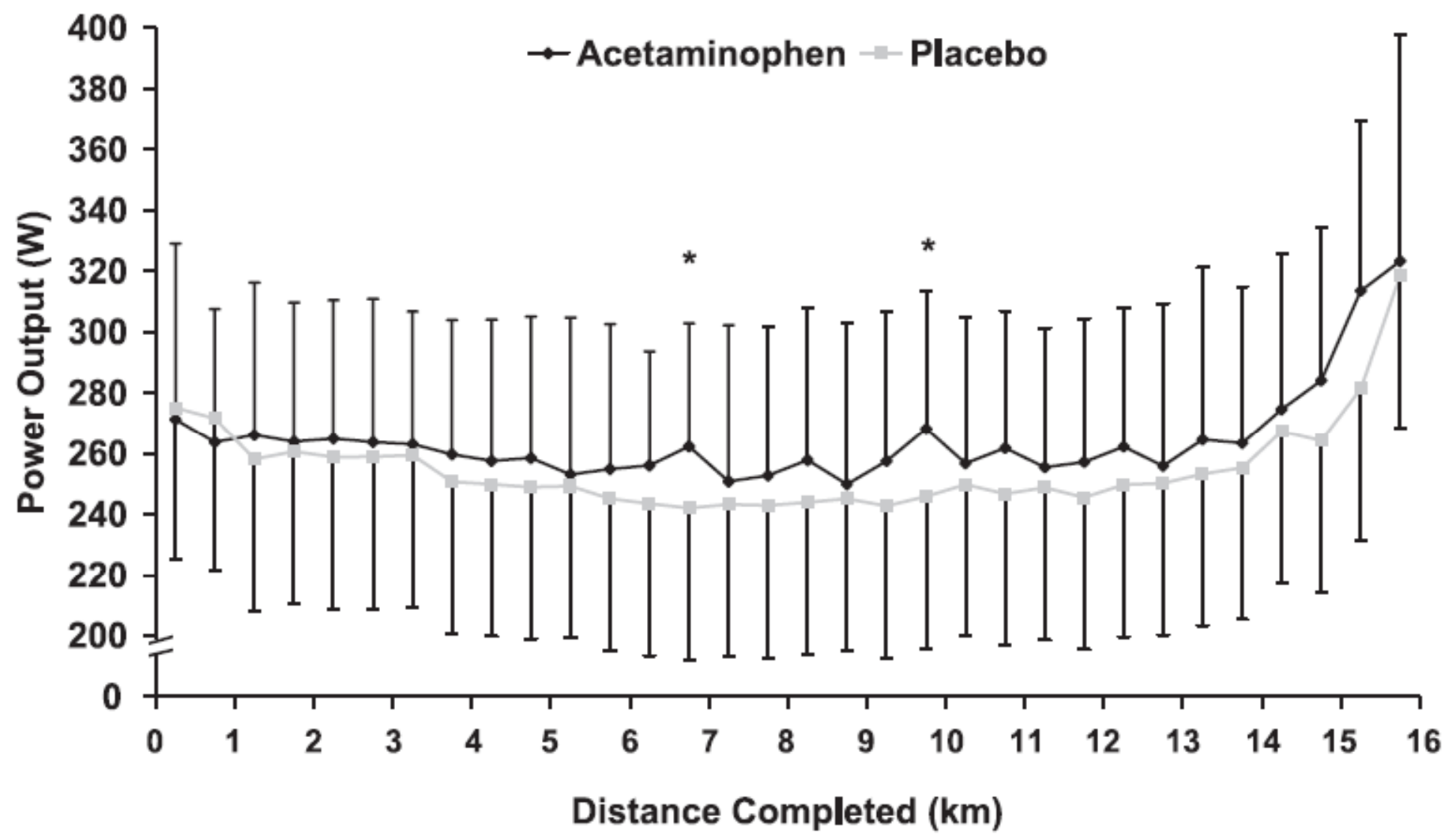
# Modèle de Millet & Chasdow



## Antalgiques centraux

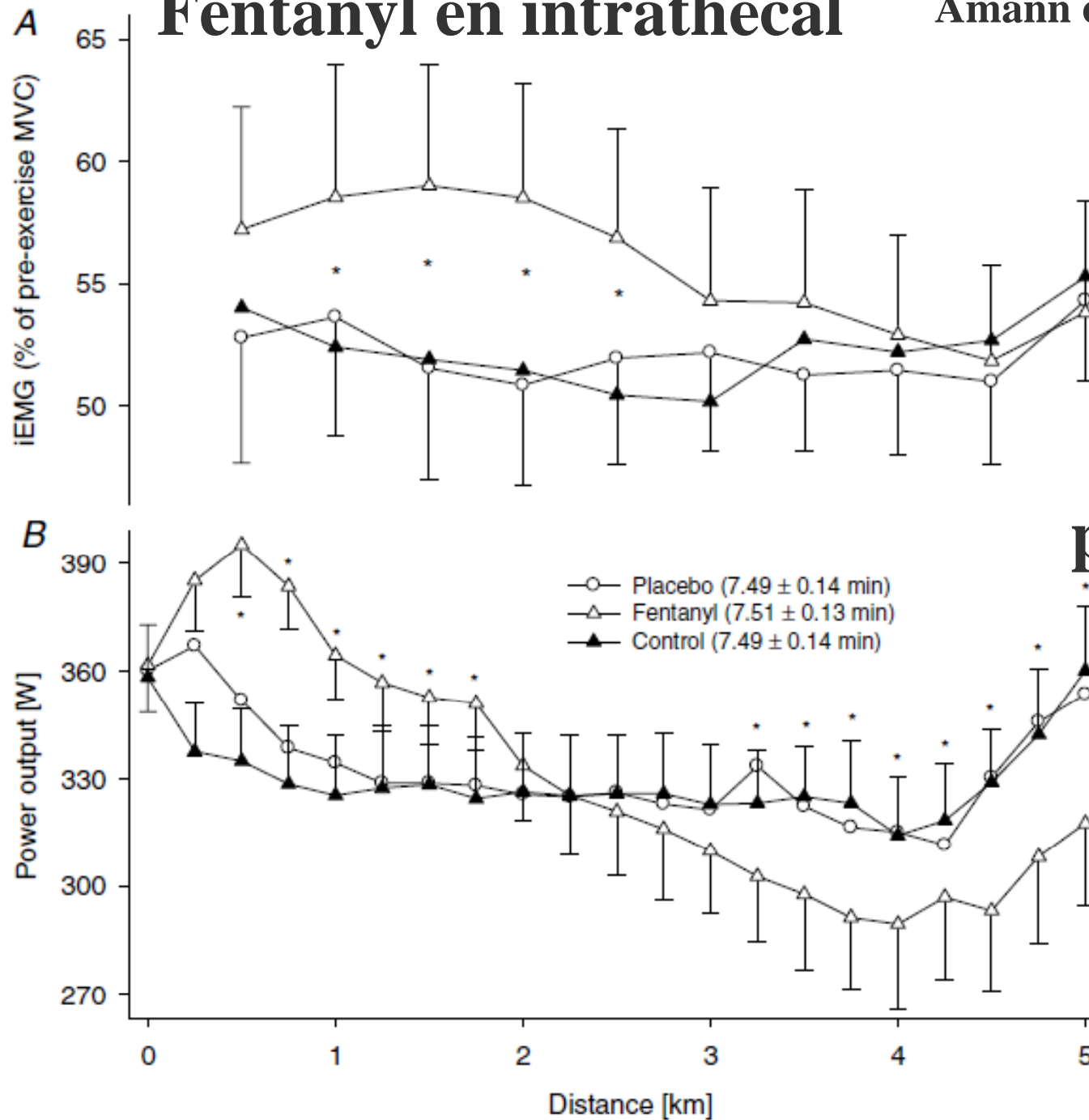
↗ feedforward    ↗ feedback



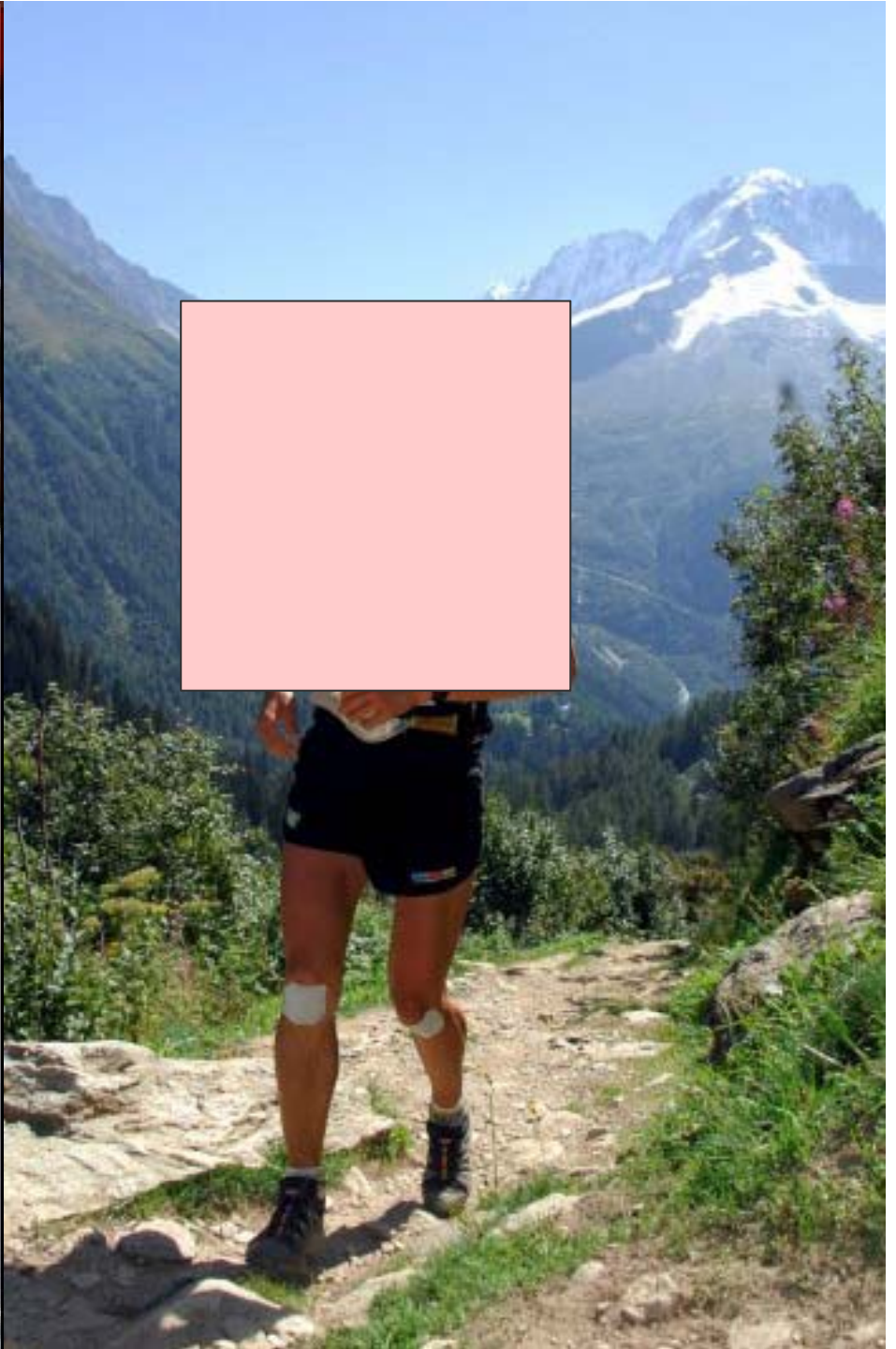


# Fentanyl en intrathécal

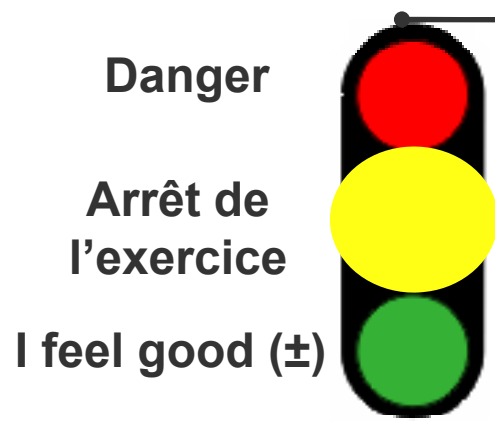
Amann et al. *J Physiol.* 2009



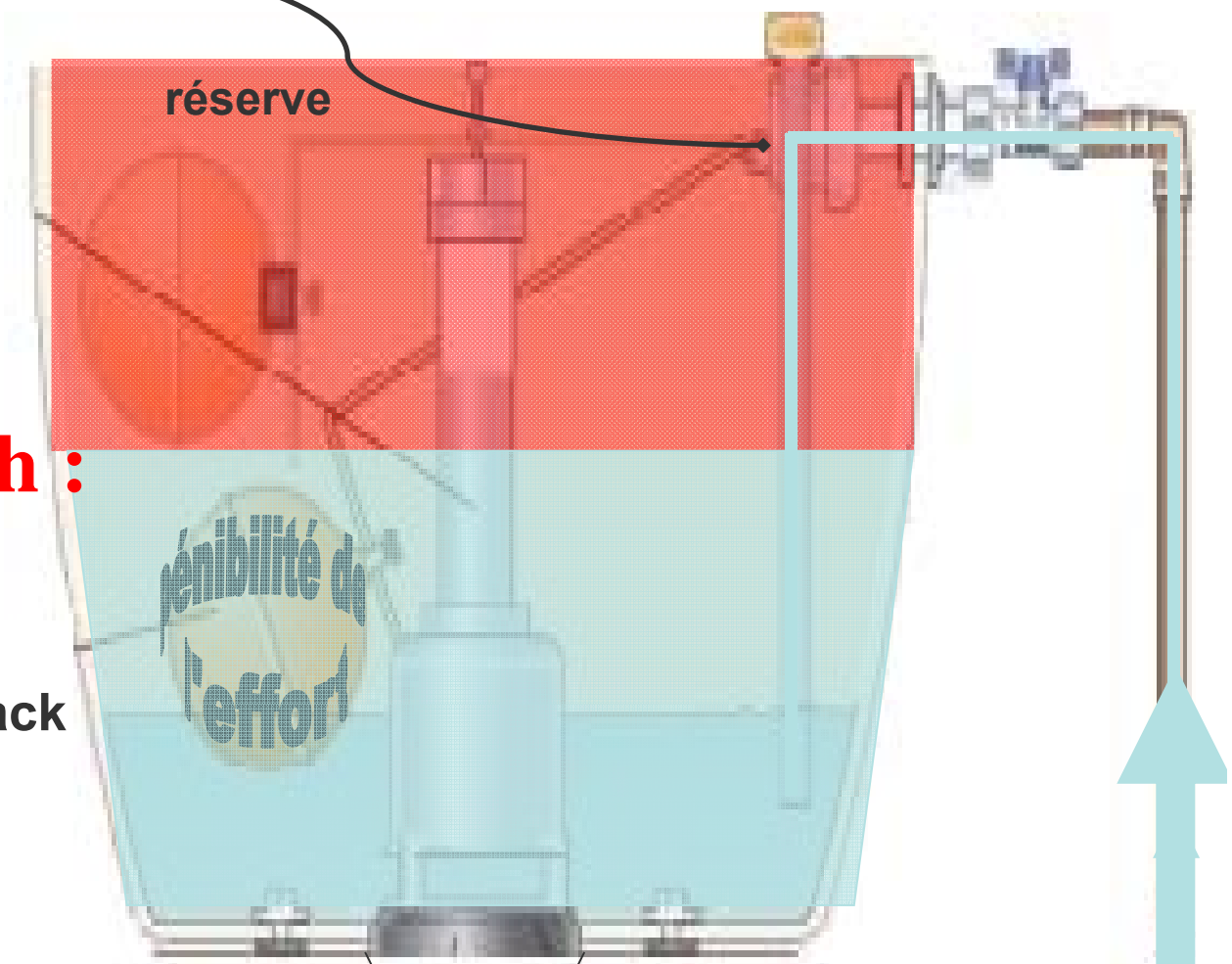
⇒ **Fatigue  
périphérique  
majorée**



# Modèle de Millet & Chasdow



**Antalgiques périph :**  
**Tissugel®**



↗ feedforward    ↗ feedback

Exercice ?

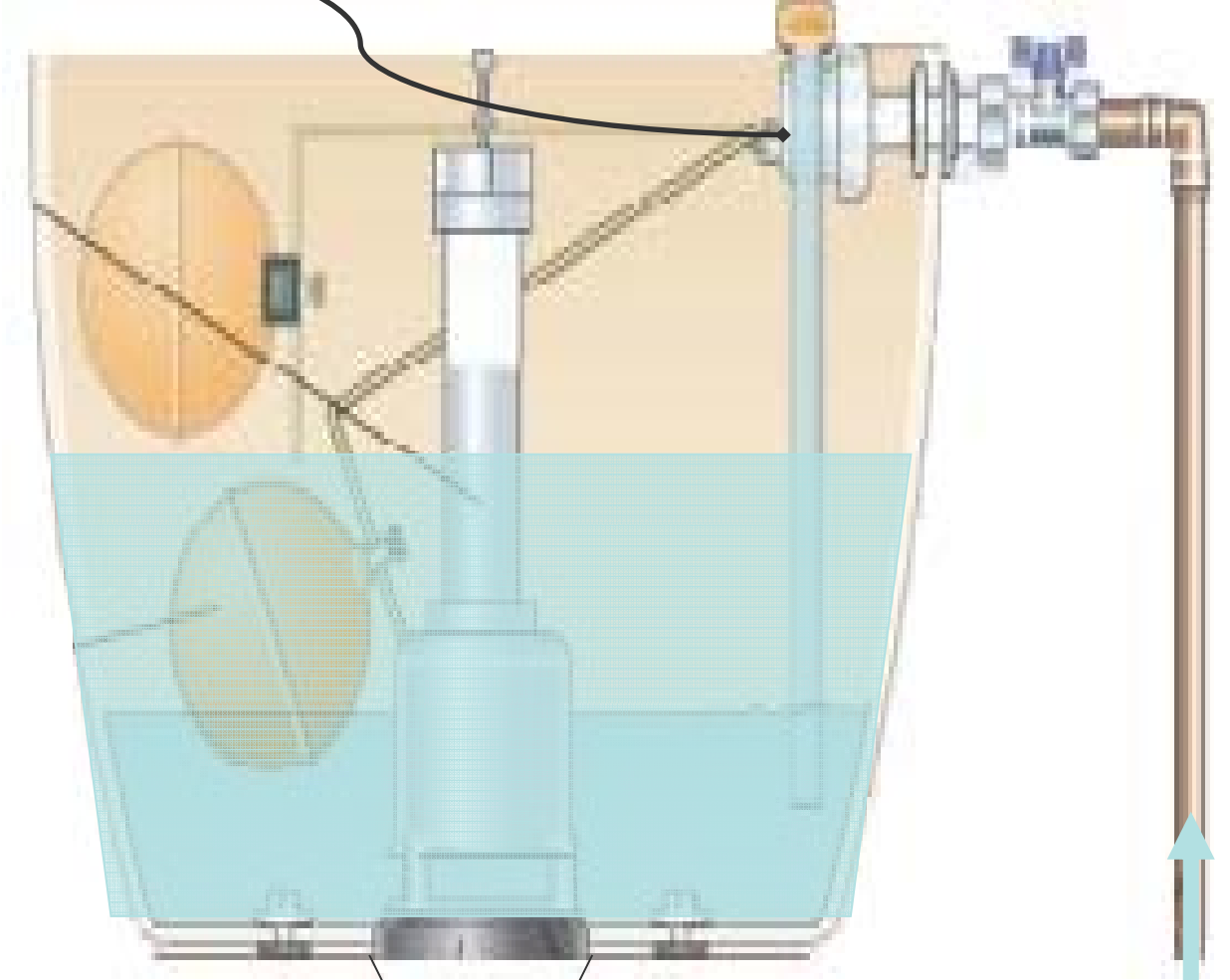
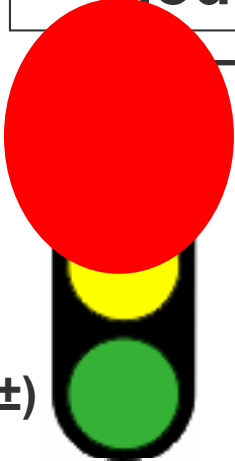
Douleurs, gênes (musculaires, articulaires et tendineuses, dyspnée, ampoules, pb digestifs, etc...)

Valve de vidange

Débit de remplissage

# Modèle de Millet & Chasdow

Danger  
Arrêt de l'exercice  
I feel good ( $\pm$ )



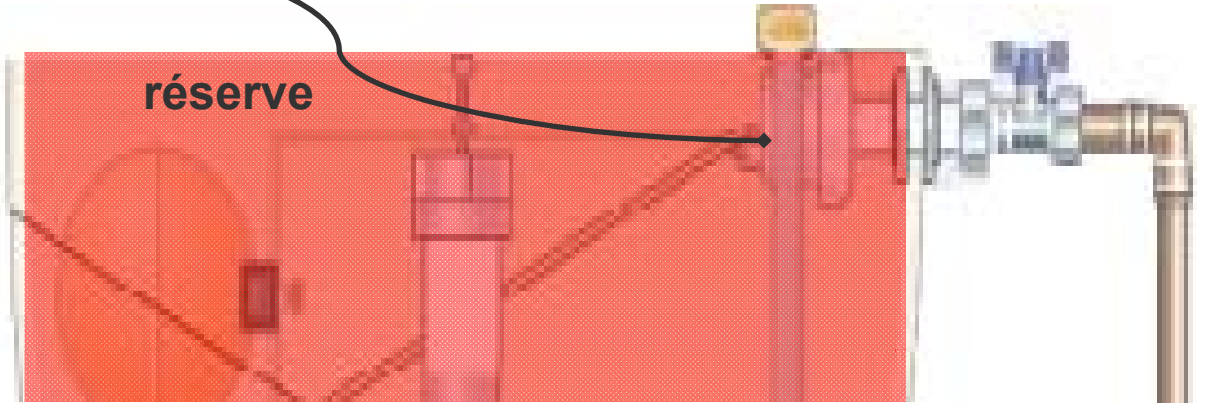
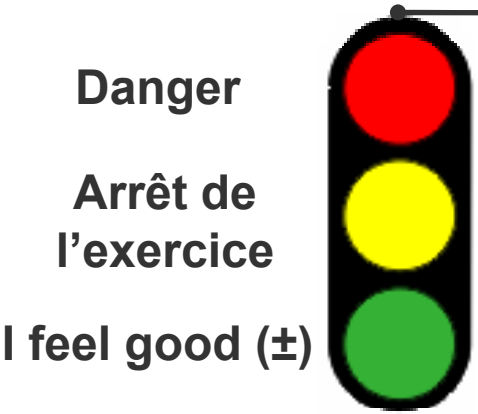
**$\Psi$ -stimulants**

Le flotteur peut mal fonctionner

Valve de vidange

Débit de remplissage

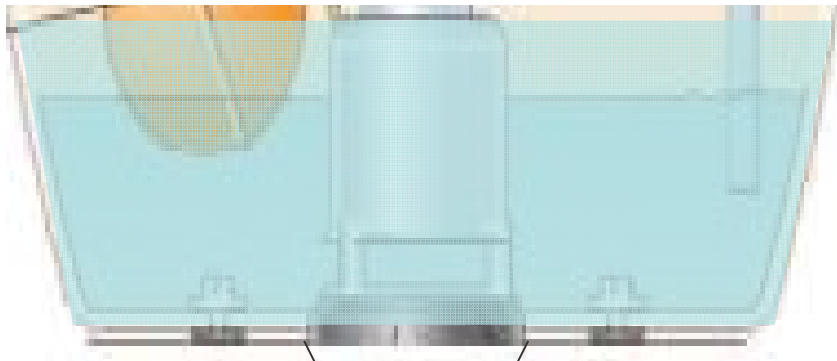
# Modèle de Millet & Chasdow



**Le niveau d'eau n'est pas seulement dépendant du débit de remplissage : (1) quantité au départ ?**

Au début de l'exercice

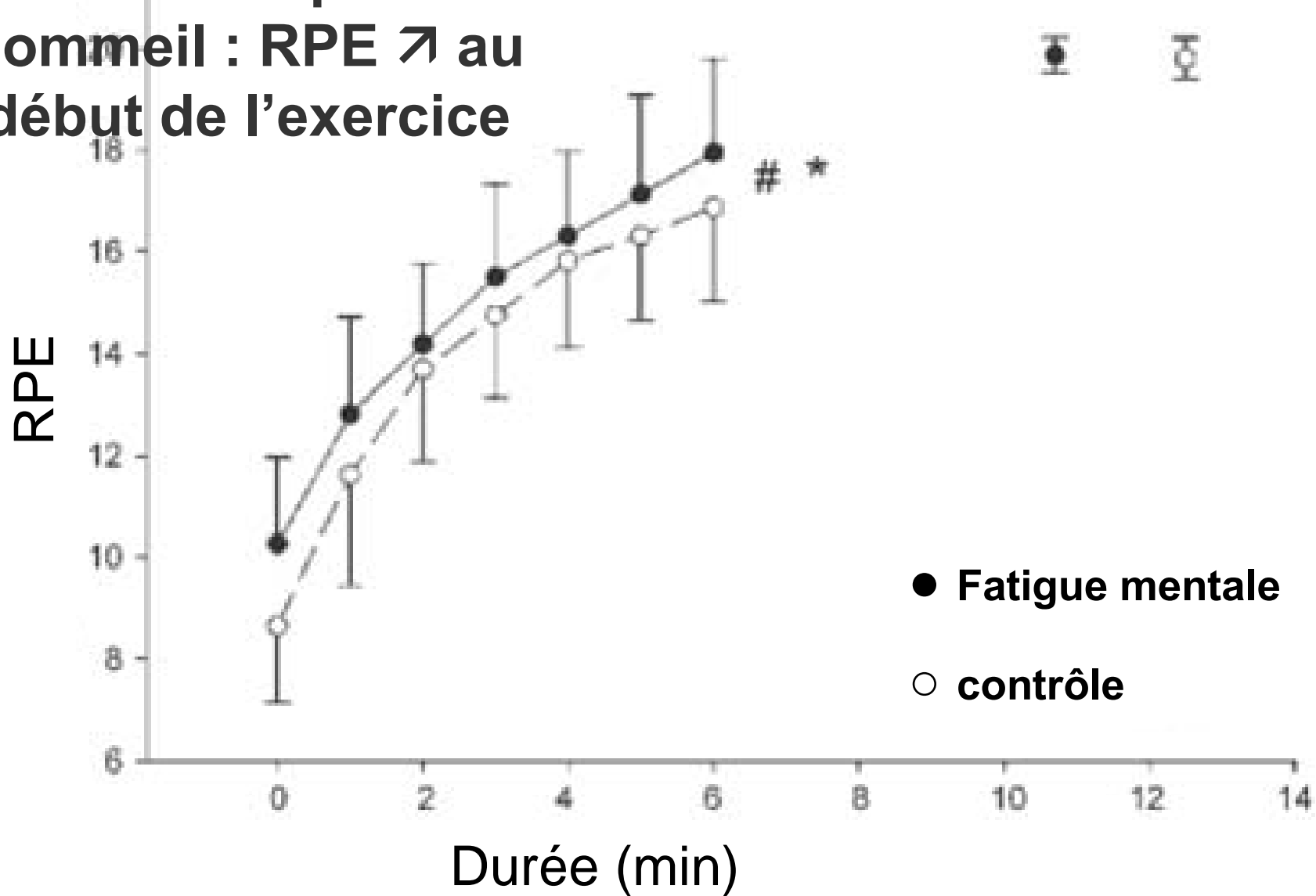
**Exemple :  
charge mentale  
préalable**



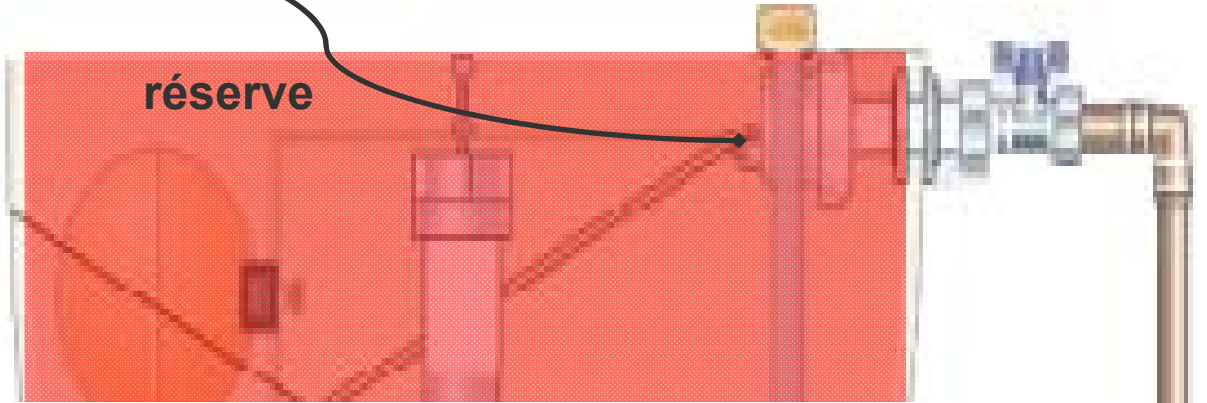
Valve de vidange

Débit de remplissage

**Idem manque de sommeil : RPE  $\nearrow$  au début de l'exercice**



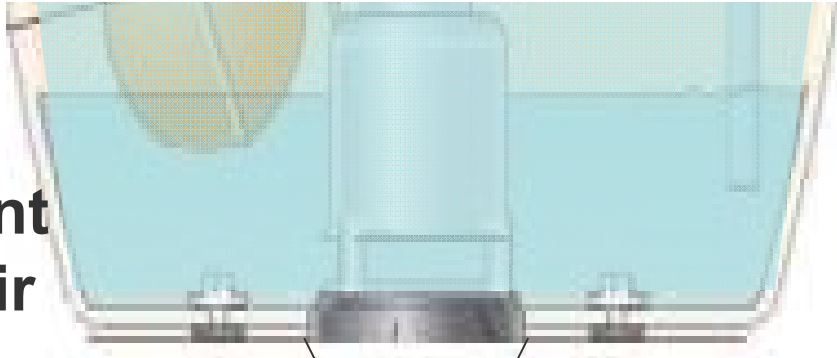
# Modèle de Millet & Chasdow



**Le niveau d'eau n'est pas seulement dépendant du débit de remplissage : (2) valve de vidange**

Signaux plaisant peuvent contrer ↗ RPE i.e. ouvrir la valve

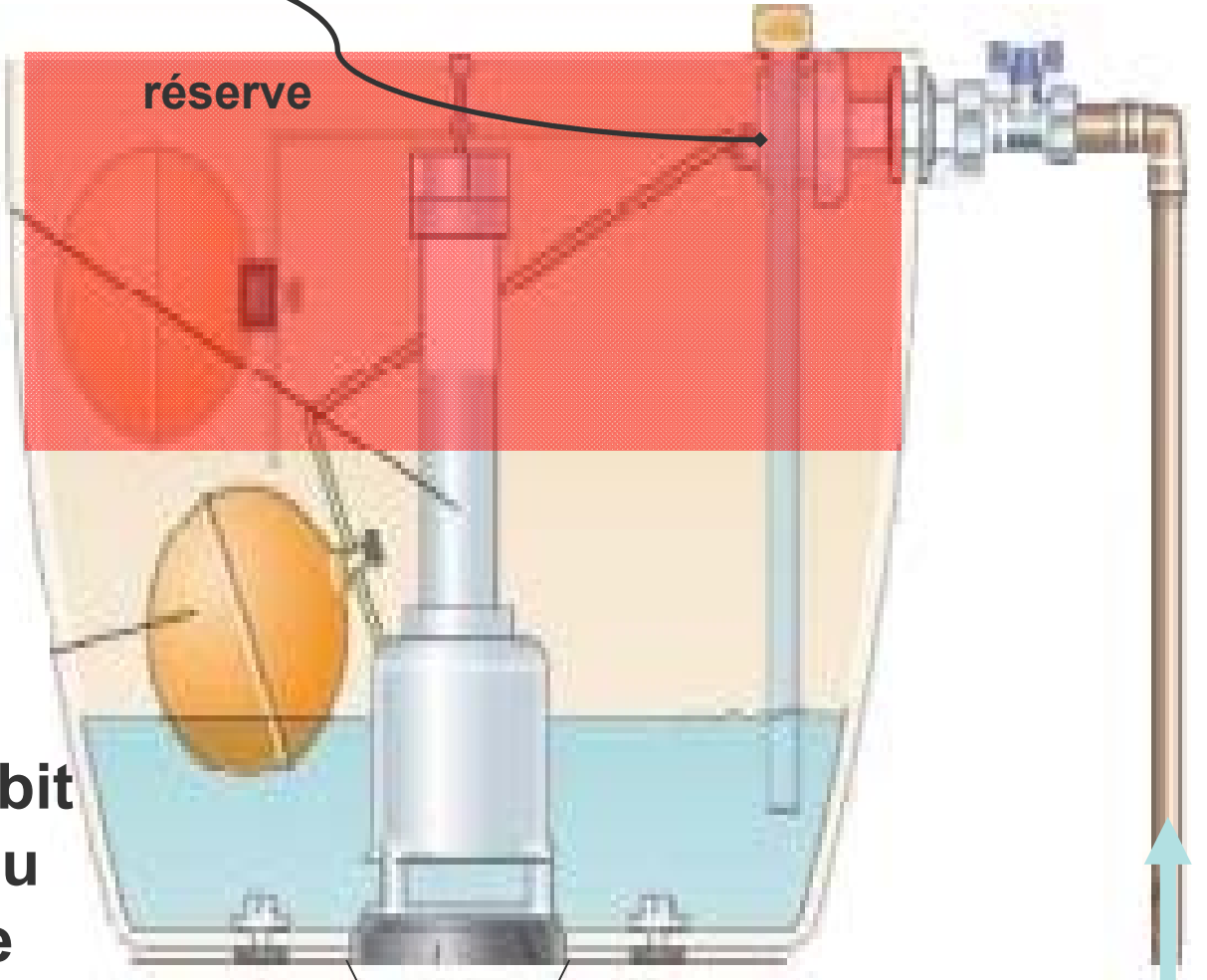
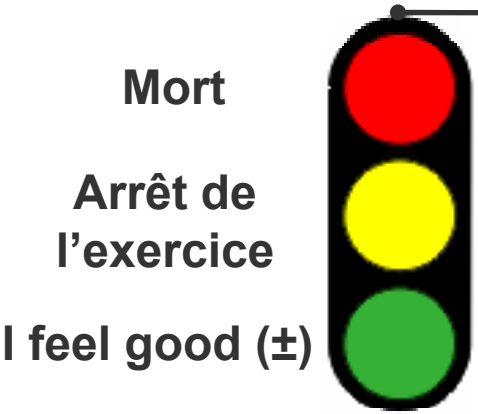
Exemple : stratégies mentales



Valve de vidange

Débit de remplissage

# Modèle de Millet & Chasdow



Stratégies cognitives ?

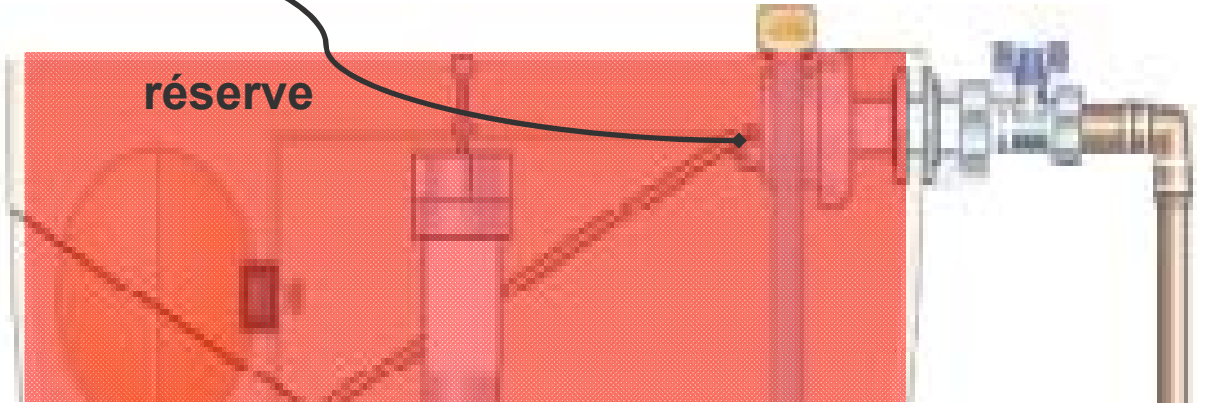
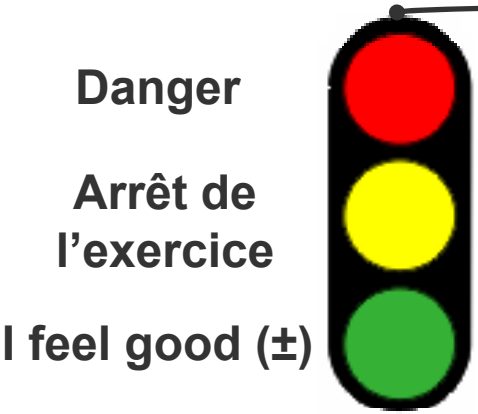
SC associatives :  $\searrow$  débit remplissage via  $\nearrow \eta$  du geste mais  $\nearrow$  réserve

SC dissociatives : inverse

Valve de vidange

Débit de remplissage

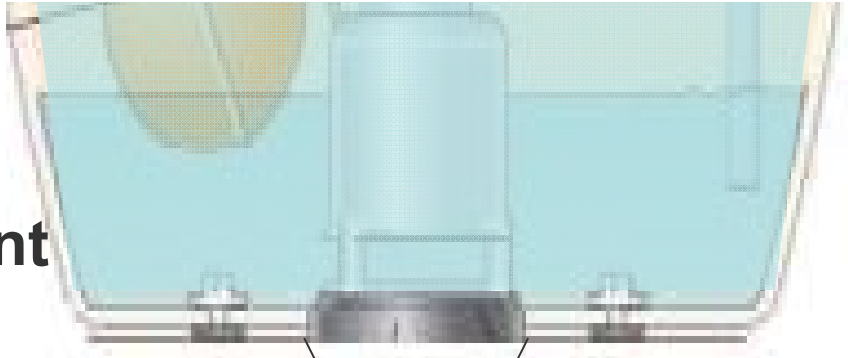
# Modèle de Millet & Chasdow



**Le niveau d'eau n'est pas seulement dépendant du débit de remplissage : (2) valve de vidange**

Signaux plaisant peuvent contrer ↗ RPE

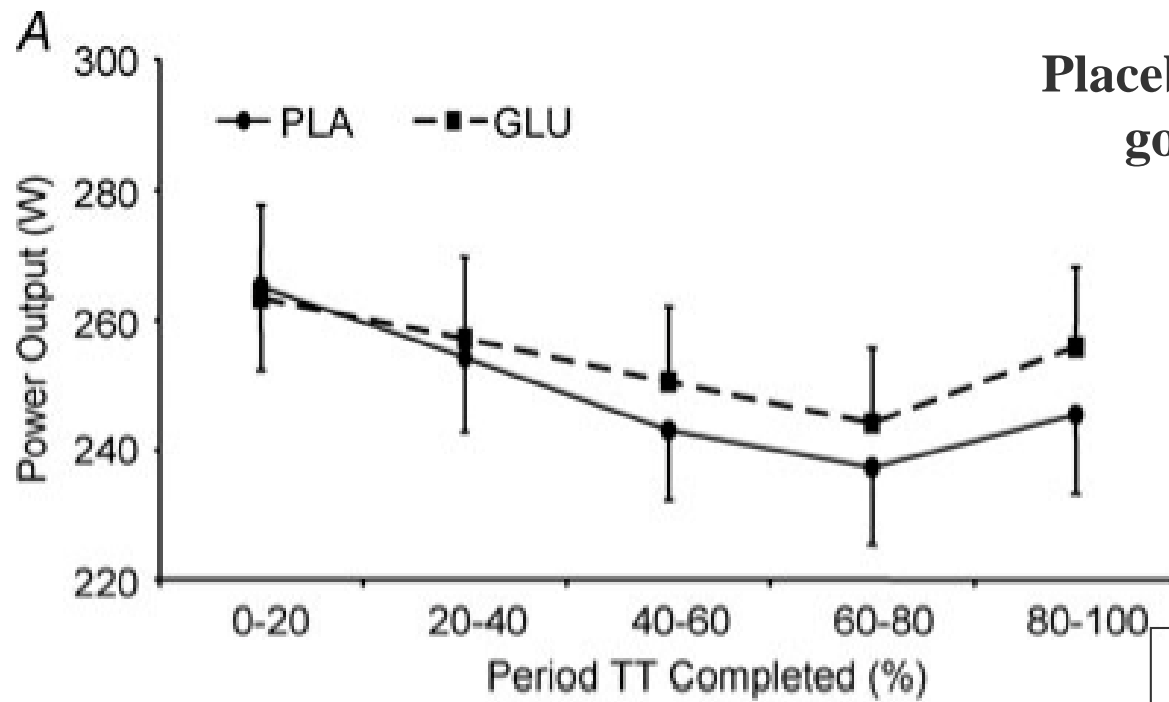
Autre exemple : apport énergétique



Valve de vidange

Débit de remplissage

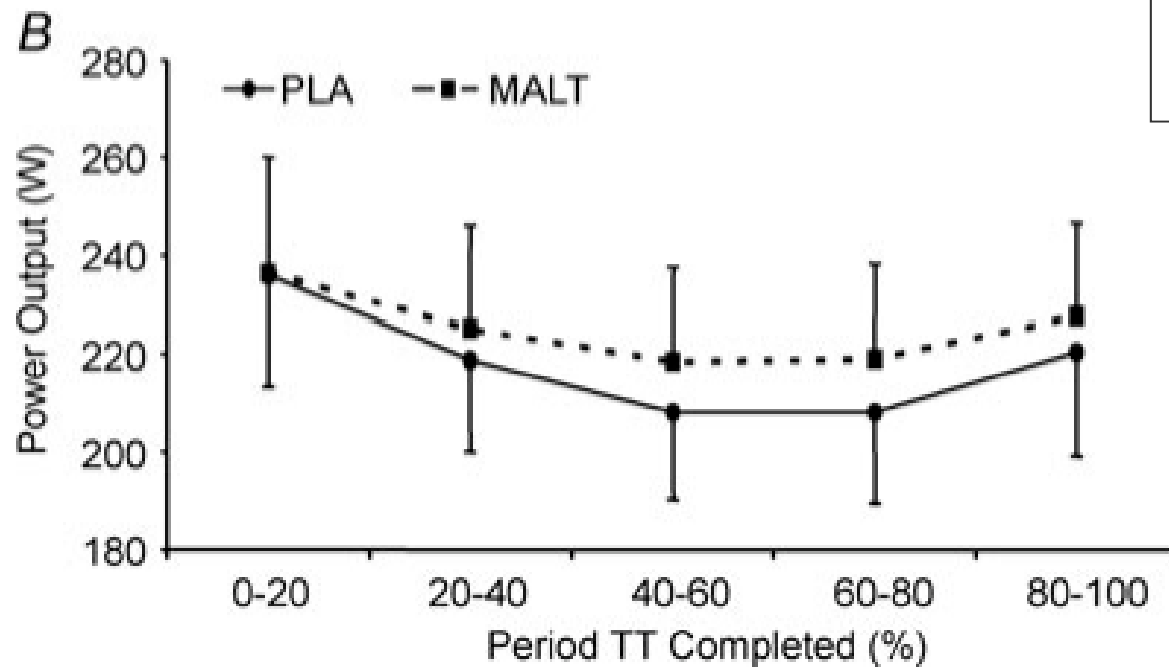




Placebo = saccharine = boisson  
goût sucrée sans calorie

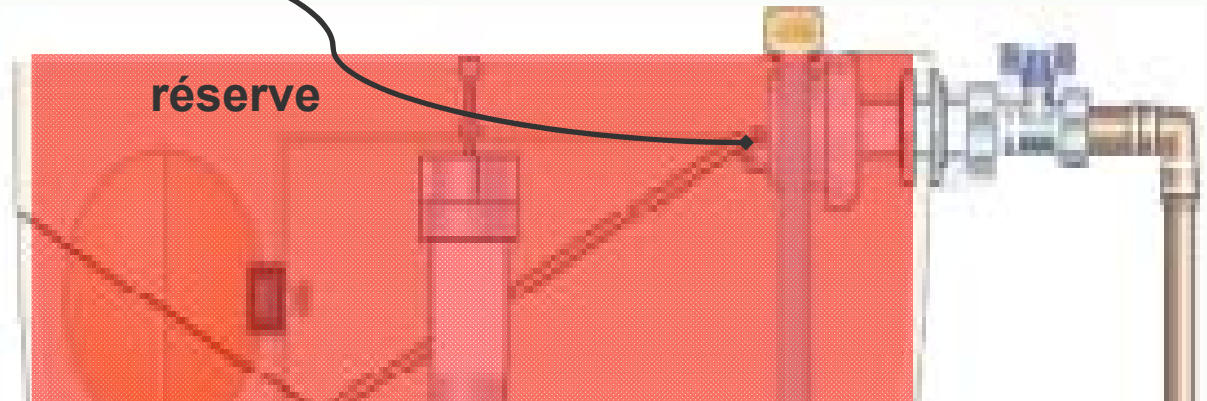
**glucose**

Se rincer la bouche  
régulièrement avec



**maltodextrine**

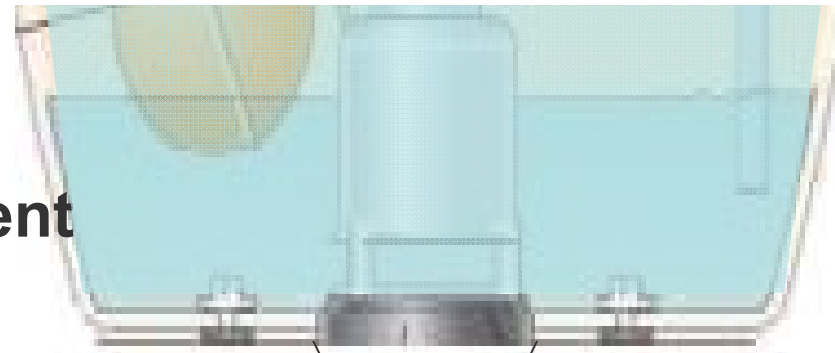
## Modèle de Millet & Chasdow



**Le niveau d'eau n'est pas seulement dépendant du débit de remplissage : (2) valve de vidange**

Signaux plaisant peuvent contrer  $\nearrow$  RPE

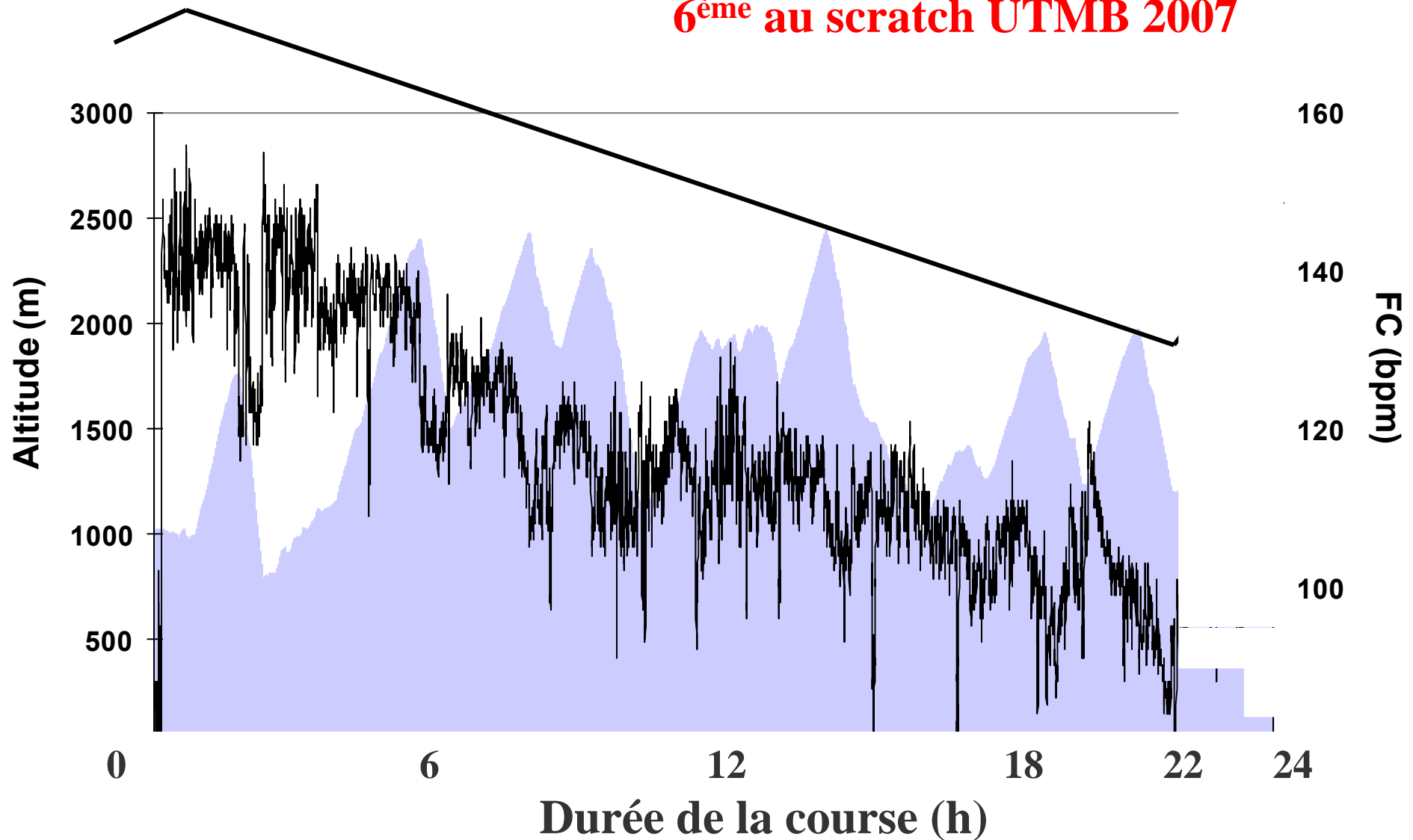
Autre exemple :  
circonstances  
particulières de course



Valve de vidange

Débit de remplissage

## 6<sup>ème</sup> au scratch UTMB 2007



Peut aussi être dû à  $\searrow$  réserve de sécurité (i.e.  $\nearrow$  motivation) donc associé avec RPE  $>$



**Notre système nerveux nous protège donc  
contre nos propres excès**

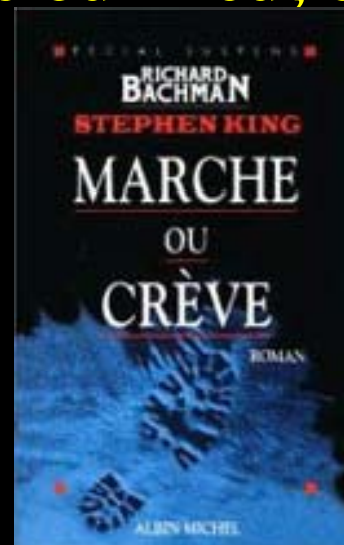
**La preuve: Phidippidès est mort il y a 2,5 milliers  
d'années et on en parle encore !**

**A condition d'avoir un comportement « normal » :**

- ne pas masquer les signaux d'alarme**
- ne pas prendre d'excitants**
- avoir des stratégies mentales classiques**

**Certains de ces garçons vont continuer de marcher longtemps après que les lois de la physique et de la chimie auront déclaré forfait.**

**Ce n'est pas une question de force physique. Si c'était ça, nous aurions tous une bonne chance. Mais il y a des hommes faibles capables de soulever des voitures si leur femme est clouée dessous. La tête, Garraty, le cerveau... Ce n'est pas l'homme ou Dieu, c'est quelque chose... dans le cerveau.**



# Merci de votre attention



« j'aime la performance pour ce qu'elle représente dans la démarche et le chemin de l'homme, pour les pensées, les efforts, les conceptions, pour l'adaptation qu'elle demande. Mais je ne suis pas attaché à la performance pour la performance »

Patrick Berhault, extrait de : "Sur le fil des 4000",  
film de Gilles Chappaz.