



TD option sportive S2 2008

20 h en salle info 3
CT, document anonyme +
question sur table

Entraînement et Performance

1. Intervalle training
2. Carnet d'entraînement
3. Modélisation des effets de l'entraînement
4. Evaluation de l'efficacité de la foulée

Plan

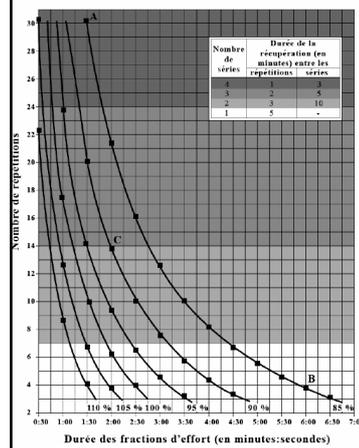


Contrôle terminal

Document anonyme

- Travail personnel, performances collectées sur le terrain, présence des données brutes dans les annexes
- 5 pages maximum + annexe (données brutes, et détail de l'analyse)
- Structure du document
 1. Introduction (Etat des connaissances, rationnel, buts des td)
 2. Méthodes employées (outils de mesure, méthodes d'analyse, statistiques)
 3. Résultats (valoriser la représentation graphique)
 4. Discussion (placer les résultats dans le contexte de l'entraînement et de l'amélioration des performances, limites et intérêts)
 5. Conclusion (10 lignes maxi)
- Question sur table (adéquation entre document personnel et argumentation sur table)

Un modèle de l'entraînement par intervalles



Intervalles

Les séances ont été déterminées de telles sorte que l'épuisement soit atteint à la fin et que la stimulation soit optimale.

1. Développement capacité anaérobie ($I > 100\%$ de PMA)
2. Développement VO_{2max} (I entre $95-100\%$ de PMA)
3. Endurance entre 85 et 95% de PMA

➔ Concevez 3 séances pour développer ces 3 aptitudes.

Thibault and Marion, 1998 MSSE

Carnet d'entraînement



1. Proposer une semaine type d'entraînement pour un athlète de niveau national (1 jour de repos et 9 entraînements)
2. Proposer un carnet d'entraînement qui permette de consigner les données pertinentes de l'entraînement en vue de d'une modélisation des effets de l'entraînement et une planification rationnelle de l'entraînement

N.B. organisation en colonne avec une ligne par jour

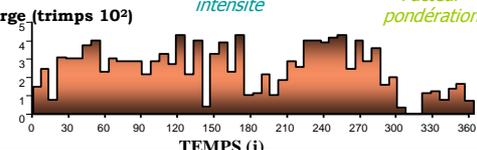
Charge d'entraînement

Charge = Durée · Intensité · Facteur pondération
(trimps) (min) (%max) (sans dimension)

Intensité = $(F_{c_{exercice}} - F_{c_{repos}}) / (F_{c_{max}} - F_{c_{repos}})$

$$Charge = Durée \cdot \frac{F_{c_{exercice}} - F_{c_{repos}}}{F_{c_{max}} - F_{c_{repos}}} \cdot 0.64 \cdot e^{1.92 \frac{F_{c_{exercice}} - F_{c_{repos}}}{F_{c_{max}} - F_{c_{repos}}}}$$

Charge (trimps 10^2)



Exemple

Cas de la course

Exercice de 100 min à 150 battement/min pour un athlète ayant une fréquence cardiaque max de 200 et une fréquence de repos de 50

Durée = 100

$$\text{Intensité} = (F_{c_{\text{exercice}}} - F_{c_{\text{repos}}}) / (F_{c_{\text{max}}} - F_{c_{\text{repos}}}) = (150 - 50) / (200 - 50) = 0.66$$

$$K = 0.64 e^{1.92 \text{ intensité}} = 0.64 e^{1.92 \times 0.66} = 2.3$$

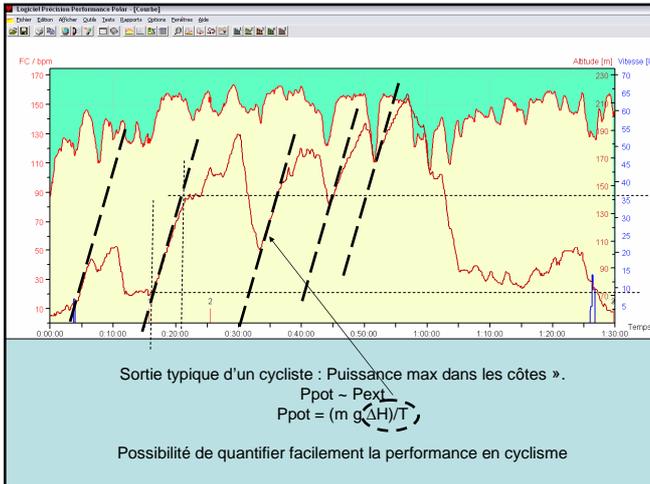
$$\text{charge} = 100 \times 0.66 \times 2.3 = 152 \text{ trimp}$$

NB: De façon alternative, l'intensité peut être appréciée en la rapportant à la vitesse max maintenue sur un parcours comparable



Quantification des performances

- en compétition, Perf en % de la meilleure perf de la saison précédente
- Natation, Nbre de cycle au 50 m à V1500
- Course, Vitesse à 160 de FC (1200 m ou 3 tours à partir d'une FC stabilisée) ou temps sur 10 x 400 m avec 100 m marché en récup
- Vitesse ascensionnelle en m/s (ou Vmax plat) sur 4-10 min



Difficulté de l'entraînement / fatigue (Echelle de Borg)

ECHELLE DE BORG
Perception de la fatigue

6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

Evaluation de l'efficacité de la foulée

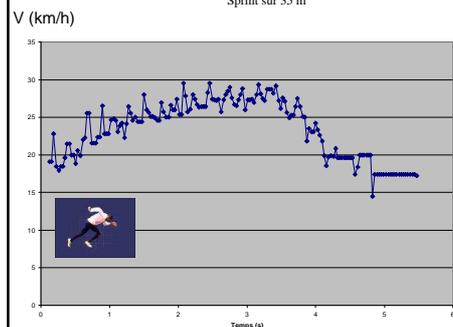


- Fréquence d'enjambée
- Durée enjambée
- Longueur enjambée
- Variation de vitesse pendant la phase de freinage
- Travail cinétique = $\frac{1}{2} m (V_{\text{moymax}}^2 - V_{\text{moymin}}^2)$
- Coût mécanique cinétique = $T_{\text{cinétique}} / L_{\text{enjambée}} / \text{Masse}$ (J/kg/m)
- Corrélation entre coût mécanique cinétique et 1/ la perf12' et 2/ coût énergétique
- Travail fourni par unité de distance
- Importance du pic passif
- Durée des temps de contact
- Raideur des complexes muscle-tendons
- Travail des éléments élastiques

Méthode de terrain



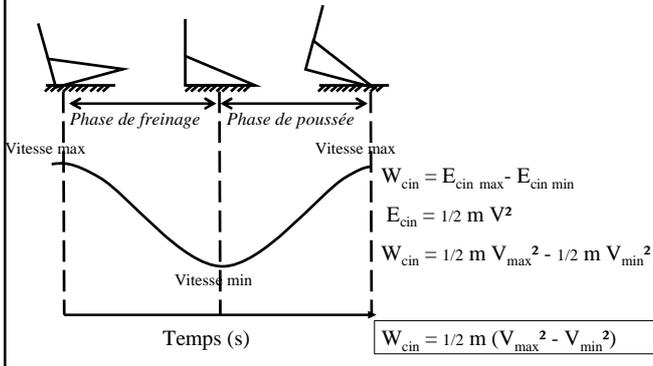
Sprint sur 35 m



Pexterne = P accélér + P foulée

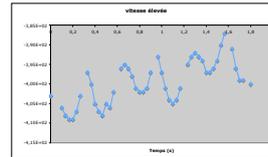
Où P foulée = Pcin + Ppot

Travail cinétique

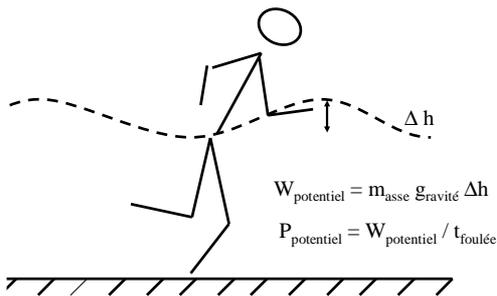


Travail potentiel

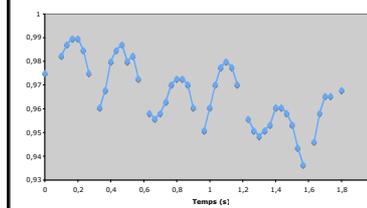
Avec un simple appareil numérique : $W_{pot} = m g \Delta h$



Travail potentiel

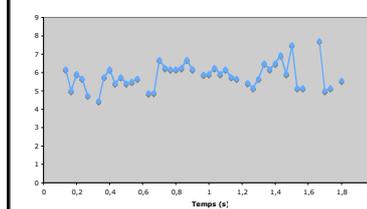


vitesse élevée



RESULTATS			
V moyen	5,79431715 m/s	20,8595417	
enjambée#	1	2	3
Vmin	4,439	4,892	5,922
Vmax	6,179	6,694	7,497
Wcin (J/kg)	9,23766	10,438986	10,5674625
Wcin moyen(J)	10,0813695 J/kg		
nbre enjambé	5,5 s		
durée enjam	0,32745453 s		
F enjambée	3,05385897 Hz		
Pcin	30,7870806 W/kg		
Coût cin	5,31332336 J/kg/m		
Hrmin	0,959	0,9453	0,9405
Hmax	0,9739	0,9715	0,9572
Wpot (J/kg)	0,146169	0,257022	0,163827
Wpot (J/kg)	0,21102945		
Ppot (W/kg)	0,64445418 W/kg		
Coût pot			

vitesse élevée



Analyse des oscillations avec l'appi panasonic, Veyras, 17/01/08

Michel CALMET et Robin CANDAU

L'appi enregistré en mode vidéo une séquence, définition 640x480, 30 fps.

Avec le logiciel 'The gimp' (gratuit, gnu) :

- on vérifie que la séquence est visible et...
- on extrait les images nécessaires (kinogramme)
- on monte en vidéo les images du kinogramme (pal, avi)
- on transcode avec asperc cette vidéo en avi-avid
- frame_gimp_upper.avi

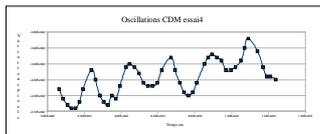
Avec le logiciel AVIMICA2 (gratuit)

http://ycces.ac-nouen.fr/maux/labophysim/pendule_recharge_avimica.html

- on fait un relevé des points identifiés par le manipulateur
- ph pour les images 2 et 6 (copie/colle de la vidéo)
- on enregistre les données en texte
- releve_essai4_spn_panaosnat.txt
- on fait deux copies d'écran pour garder une idée des coordonnées des points
- montage_releve_spn_panaosnat.jpg

Avec openoffice (gratuit, gnu) :

- on fait un graphique des données relevées



donnees_essai4.odt

donnees_essai4.xls

Transformation des données exprimées en pixel en mètre pour le déplacement vertical et horizontal du centre de masse sachant que la longueur de la zone filmée est de 10m et que les hauteurs des barrières placées dans le champ de l'appareil sont de 1,10(m)

Calcul du travail et mécanique potentiel = $m g \text{ variation de hauteur CM (J/kg)}$

ici la masse = 1kg afin d'exprimer le travail en J/kg

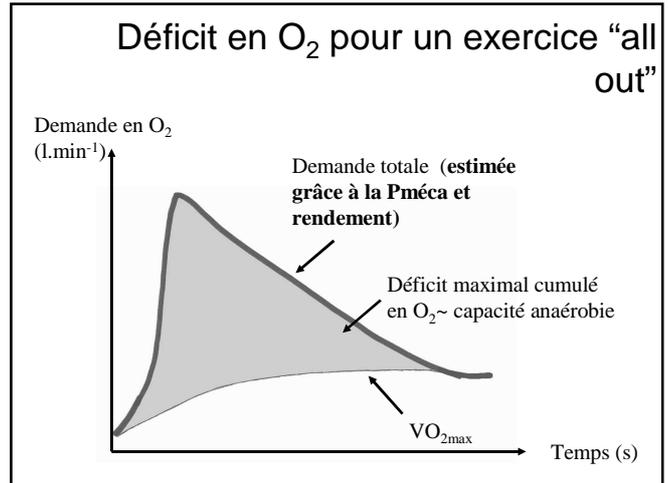
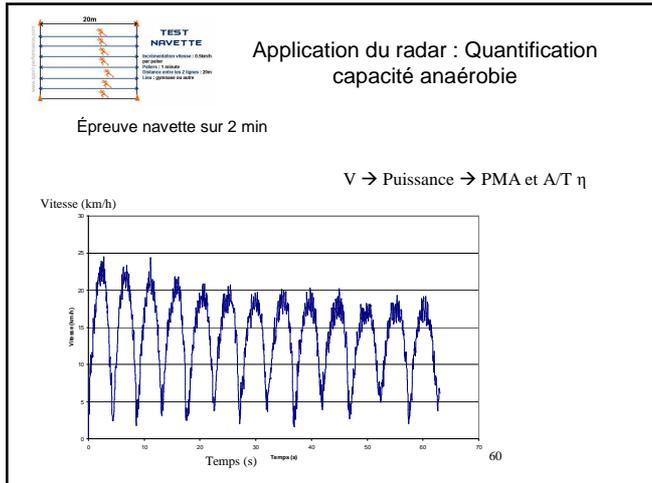
Calcul du coût mécanique potentiel = $W \text{ mécanique potentiel} / \text{longueur de foulée}$

Protocole

- 3 passages à V5000m (reproductibilité de la mesure)
- 12, 14, 16, 18, 20 sprint km/h (sensibilité)
- Test vs. méthode référence (Validité)

Applications :

- Capacité anaérobie (déficit maximal cumulé en O₂)
- VO_{2max}
- Pic de puissance
- Pic de vitesse
- Résistance (cst de temps qui décrit la diminution exponentielle de puissance au cours du temps)



- ### Détermination individuelle de l'efficacité de foulée
-
- Coût énergétique = (VO₂-5)/V
ml/kg/m ml/min/kg m/min
 - Fréquence de foulée = 1 / période
 - Longueur de foulée
 - Freinage = V_{max} – V_{min}
 - Puissance cinétique = ½ m (V_{max}²- V_{min}²)
 - Coût cinétique = P_{cinétique} . Fréquence

- ### Coût énergétique
- Coût énergétique = (VO₂-5)/V
ml/kg/m ml/min/kg m/min
 - Vérification par la vitesse maximale aérobie
VMA = (VO₂max-5)/CE
(m/min) ml/min/kg (ml/m/kg)

Corrélation entre CE et perf?	Sujet	CE (ml/kg/m)	VO ₂ max (ml/min/kg)	Perf 12' (m)
	Joubert			
	Parigi	0,181	64	3350
	Bérard	0,183	46,7	
	Vidal	0,179	52,9	2900
	Bruel	0,200	71,8	3400
	Bègue	0,168	64,1	
	Versey	0,18	55	3150
	Spiewak	0,177	61,5	3250
	Parès	0,174	62,3	3500
Giraud	0,186	72	3500	
Colombi	0,16	62		

- ### Test de décélération : objectifs pratiques
-
1. Apprécier ses qualités aérodynamiques par rapport aux autres compétiteurs du groupe
 2. Optimiser ses qualités aérodynamiques
 3. Être capable de mesurer rapidement le SCX d'un cycliste

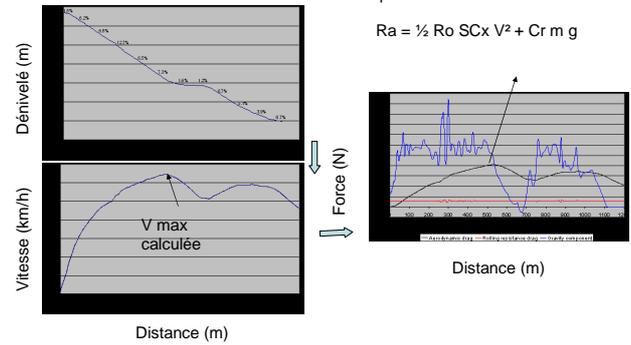
Objectifs généraux

1. Comprendre les lois de l'aérodynamique
2. Etre capable de les mettre en œuvre

Principe

Faire varier SCx jusqu'à ce Vmax calculée et Vmax mesurée soient équivalentes

$$Ra = \frac{1}{2} R_o SCx V^2 + Cr m g$$



Choix de la pente

- Durée de l'ordre de la minute
- La plus raide possible
- Abritée (par des arbres par exemple)
- Sans danger (pas de croisement, peu de circulation)
- Bon revêtement



http://www.hpv-klub.dk/artikler/coastdowntest/default_files/image008.jpg

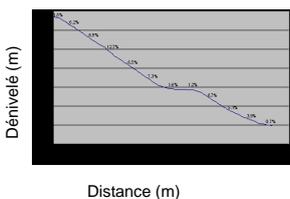
Matériel

- Un compteur de vitesse (résolution 0,1 km/h préférable)
- Une balance (masse cycliste plus équipement)
- Un chronomètre (si on veut affiner la méthode en ajoutant une résolution chronométrique)

Mesure du dénivelé

Geoportail.fr

1. Calcul des distances avec une simple double décimètre et en effectuant une règle de 3
2. Mesure du dénivelé
3. Mesure des distances en convertissant les coordonnées géographiques en distances parcourues dans (lexilogos.com)
4. Tracer profil de la pente
5. Calculer les résistances pour un SCX moyen (0,30 m²) et un CR moyen de 0,004
6. Ajuster Vmax réel à Vmax calculé



Etapes pour le calcul de Vmax

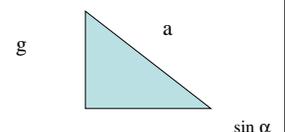
Calculer les vitesses instantanées pour un SCX moyen (0,30 m²) un CR moyen de 0,004 et masse cycliste + vélo de 80kg

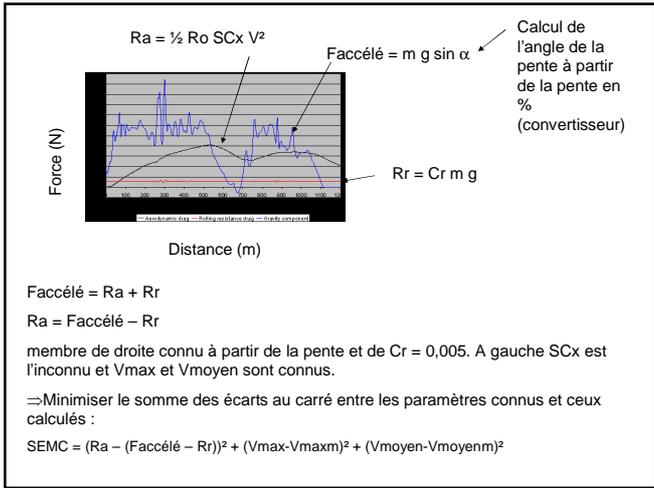
1. Quel est l'équilibre des forces?
force propulsive réelle = force motrice - résistance aérodynamique - résistance de roulement

- l'accélération du skieur est proportionnelle au sinus de la pente :

$$a = g \sin \alpha$$

$$m a = m g \sin \alpha = \text{Force motrice}$$





$$m a = m g \sin \alpha - C_r m g - \frac{1}{2} SC_x \rho v^2$$

$$a = g \sin \alpha - C_r g - (1/2 SC_x \rho a t v^2)/m$$

$$V_i = a t_i V_{i-1}$$

- Pour un descendeur il donc faut une masse élevée, un petit SC_x et C_r (facteur de la perf SC_x/m)

$$(R_t = \frac{1}{2} SC_x R_o V^2 + C_r m g)$$

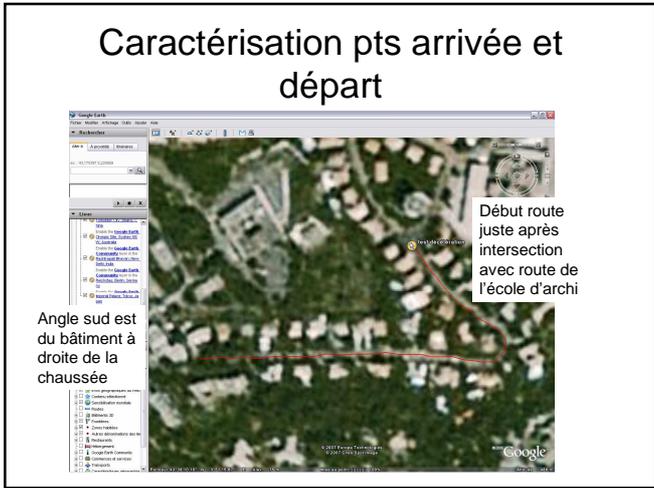
$$(R_t - C_r m g) / (\frac{1}{2} R_o * SC_x) = v^2 \quad \text{isoler } V^2$$

$$V = \text{racine}[(R_t - C_r m g) / (\frac{1}{2} R_o * SC_x)]$$

- Ajuster V_{max} réel à V_{max} calculé ($V_{max} =$
- $R_a = \frac{1}{2} R_o SC_x V^2 + C_r m g$

1/ mesure de la distance

2/ mesure du dénivelé avec open runner.com



HPV Image	Name	SCx (m2)	Speed @150 watt output
	Virtual Edge	0.010963	60.8 kph
	Varna Diablo (cr. aér. 100)	0.019974	59.7 kph
	Critical Power (cr. aér. 100)	0.023226	57.8 kph
	M5 #8 fairing	0.025455	52.3 kph
	Quest velomobile	0.092903	37.7 kph

	Mango	0.120774	36.5 kph
	Mark Clar Slot - cinéma Baron	0.146787	34.7 kph
	DF Racing bike (using aerobars & disk wheels)	0.222967	31 kph
	DF Mountain bike	0.499818	24.7 kph
	DF Standard bike	0.678192	22.6 kph

Puissance mécanique externe en cyclisme



- Application au contre la montre de la Taillade
- Simulation des gains/ altérations de performance obtenus par suite :
 1. D'une augmentation de puissance de 10%
 2. D'une réduction de masse de 1kg
 3. D'un vent de face de 20 km/h
 4. D'une position favorable derrière un autre cycliste (SCx diminue de 20%)
 5. D'une pression de gonflage inappropriée (5 bars => Cr = 0,007)

Résolution → modifier le temps jusqu'à ce la puissance mécanique externe revienne à sa valeur initiale (i.e. celle qui a été développée lors du contre la montre)

Optimisation des résistances aérodynamiques

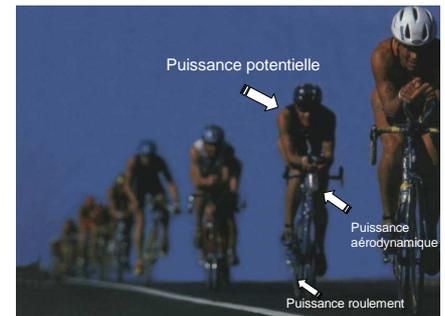
- Optimisation de la position
- Optimisation du matériel
- Evaluation des gains
- Application :
 1. Longueur 2 km, dénivelé 62 m, temps 180s, en roue libre → détermination de SCx
 2. En serrant les coudes, en plaçant la tête dans l'axe du buste : temps 170s, bénéfice sur SCx ?



Quantification du SCx

En roue libre en descente, départ lancé, position constante

Résolution :
Ppotentiel et Proulement connues → déduction de Paérodynamique et SCX



$$P_{potentielle} = P_{aérody} + P_{roule}$$

$$P_{aérody} = P_{potentielle} - P_{roule}$$

$$P_{aérody} = 0,5 SCx \cdot v^3 \rightarrow SCx = \dots$$

Entraînement et Performance

1. Puissance mécanique externe en cyclisme
2. Quantification des charges de travail
3. Charge d'entraînement en altitude
4. Quantification des perf et modélisation des effets de l'entraînement
5. Témoin de l'assimilation des charges d'entraînement
6. Puissance maximale aérobie
7. Capacité anaérobie
8. Endurance
9. Vitesse critique

Plan



- Quantification de la charge de travail quotidienne
 1. Méthode brute
 2. Cas de la Course à pied
 3. Cas de la natation
- Proposition d'un carnet d'entraînement
Fatigue perçue,

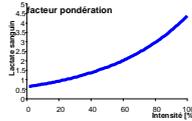
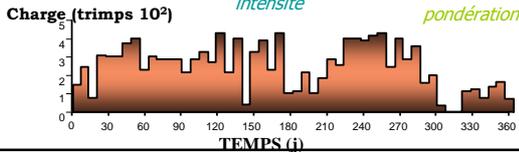
Charge d'entraînement

$$\text{Charge} = \text{Durée} \cdot \text{Intensité} \cdot \text{Facteur pondération}$$

(trimps) (min) (%max) (sans dimension)

$$\text{Intensité} = (F_{c_{exercice}} - F_{c_{repos}}) / (F_{c_{max}} - F_{c_{repos}})$$

$$\text{Charge} = \text{Durée} \cdot \frac{F_{c_{exercice}} - F_{c_{repos}}}{F_{c_{max}} - F_{c_{repos}}} \cdot 1.92 \cdot \frac{F_{c_{exercice}} - F_{c_{repos}}}{F_{c_{max}} - F_{c_{repos}}} = 0.64 \cdot e$$



Cas de la course

Exemple en endurance

Exercice de 100 min à 150 battement/min pour un athlète ayant une fréquence cardiaque max de 200 et une fréquence de repos de 50

Durée = 100

$$\text{Intensité} = (F_{c_{exercice}} - F_{c_{repos}}) / (F_{c_{max}} - F_{c_{repos}}) = (150 - 50) / (200 - 50) = 0.66$$

$$K = 0.64 \cdot e^{1.92 \cdot \text{intensité}} = 0.64 \cdot e^{1.92 \times 0.66} = 2.3$$

$$\text{charge} = 100 \times 0.66 \times 2.3 = 152 \text{ trimps}$$



NB: De façon alternative, l'intensité peut être appréciée en la rapportant à la vitesse max maintenue sur un parcours comparable

Sensibilité individuelle à l'entraînement

Concept de charge limite

- 125 trimps quotidiennes pendant une semaine pour des coureurs à pied de 30-40 ans de niveau régional (Morton et Banister)
- Pour des triathlètes élités → charge quotidienne de 250 trimps pendant un mois !
- Détermination individuelle de la charge limite → utilité du carnet d'entraînement



Méthode de Bussu pour des exercices très différents

À adapter pour la natation



1. Nbre répétition (au lieu de la durée)
2. intensité exprimée en % du max
3. Coefficients différents pour chaque type d'entraînement

$$\text{Ex: } 50 \text{ squat à } 90\% \text{ RM} \times 1 + 20 \text{ lancers à } 90\% \times 0,6 + 100 \text{ bondisset} \times 0,1$$

$$= (50 \times 0,9 \times 1) + (20 \times 0,9 \times 0,6) + (100 \times 0,1)$$

$$\text{Charge} = 66 \text{ unités d'entraînement}$$

Application en triathlon

- Proposer une méthode appropriée pour quantifier une séance type de :

Natation
25 * 100 m au seuil, 35 min à 160

Cyclisme
2h à 140

Course
1h à 150

Circuit training
45/15 pendant 45 min

Date	Durée (min)	Fc moy (b/min)	Type d'exercice	Charge d'entraînement (trimps)	Aptitude (triceps)	Fatigue (triceps)	Perf. modèle (%)
30/09/2000	100	130		100	100	100	100
01/10/2000	579	131		103	102	101	100
02/10/2000	48	131		66.4	102.7	101.5	100
03/10/2000	100	132		68.8	103.4	102.2	100
04/10/2000	25.0	133		63.5	101.5	101.5	100
04/10/2000	186	144		53.7	103.8	102.8	100
05/10/2000	276	129		62.6	102.7	101.7	100
06/10/2000	37.5	135		93.9	103.9	102.9	100
07/10/2000	48	166		89.0	107.9	106.9	100
08/10/2000	276	177		63.3	114.5	113.5	100
09/10/2000	196	147		62.0	103.7	102.7	100
10/10/2000	48	161		86.6	103.6	102.6	100
11/10/2000	230	149		73.3	105.0	104.0	100
12/10/2000	48	157		85.7	103.9	102.9	100
13/10/2000	276	162		77.5	105.8	104.8	100
14/10/2000	100	133		94.0	103.9	102.9	100
15/10/2000	86.0	140		89.9	105.0	104.0	100
16/10/2000	-	143		76.1	106.8	105.8	100
17/10/2000	100	136		84.4	104.8	103.8	100
18/10/2000	48	165		84.9	109.0	108.0	100
19/10/2000	196	163		59.8	108.5	107.5	100
20/10/2000	276	174		67.8	102.8	101.8	100
21/10/2000	100	177		85.8	102.0	101.0	100
22/10/2000	100	117		89.8	97.9	96.9	100
23/10/2000	48	135		88.3	97.1	96.1	100
24/10/2000	48	121		73.1	109.0	108.0	100
25/10/2000	196	122		66.8	115.5	114.5	100
26/10/2000	100	105		73.7	112.4	111.4	100
27/10/2000	276	144		62.4	122.3	121.3	100
28/10/2000	196	118		81.2	110.6	109.6	100
29/10/2000	100	125		89.9	109.6	108.6	100
30/10/2000	48	170		83.0	114.0	113.0	100
31/10/2000	276	169		75.2	121.7	120.7	100
01/11/2000	196	163		92.1	111.8	110.8	100
02/11/2000	-	167		85.1	112.3	111.3	100
03/11/2000	92	156		89.5	125.1	124.1	100
04/11/2000	100	168		77.6	128.1	127.1	100
05/11/2000	48	150		118.2	102.6	101.6	100
06/11/2000	196	120		105.0	115.4	114.4	100
07/11/2000	123	123		106.0	117.5	116.5	100
08/11/2000	276	124		53.7	113.1	112.1	100

Mode d'emploi
 Approchez votre souris des cellules qui contiennent un commentaire (cellules repérables par un petit triangle rouge) et ce dernier apparaîtra pour vous aider à renseigner le champ. Renseignez les cases vides sans modifier les cellules surformulées en couleur car elles contiennent une formule qui s'écrit automatiquement.
 Pour choisir les paramètres de fatigue et d'aptitude qui se rapprochent le plus de votre passé d'entraînement en utilisant une des 2 catégories proposées ici et stimulez les effets des deux stratégies limites définie dans l'article.

Succession des Charges d'entraînement (trimps)

Evolution des performances entrainé par le temps

Entraînement et Performance

1. Puissance mécanique externe en cyclisme
2. Quantification des charges de travail
3. Charge d'entraînement en altitude
4. Quantification des perf et modélisation des effets de l'entraînement
5. Témoin de l'assimilation des charges d'entraînement
6. Puissance maximale aérobie
7. Capacité anaérobie
8. Endurance
9. Vitesse critique

Plan



Problème de la quantification des performances

1. Cyclisme (application sur un exemple concret)
2. Course à pied (2 séries de 5 x 1'-1' ou vitesse pour une FC donnée)
3. Natation (2 séries de 5 x 50 avec 1' de récup et distance par cycle)



Problème de la quantification des performances

1. Cyclisme (application sur un exemple concret)
2. Course à pied (2 séries de 5 x 1'-1' ou vitesse pour une FC donnée)
3. Natation (2 séries de 5 x 50 avec 1' de récup et mesure de la distance par cycle)



Entraînement et Performance

1. Puissance mécanique externe en cyclisme
2. Quantification des charges de travail
3. Charge d'entraînement en altitude
4. Quantification des perf et modélisation des effets de l'entraînement
5. Témoin de l'assimilation des charges d'entraînement
6. Puissance maximale aérobie
7. Capacité anaérobie
8. Endurance
9. Vitesse critique

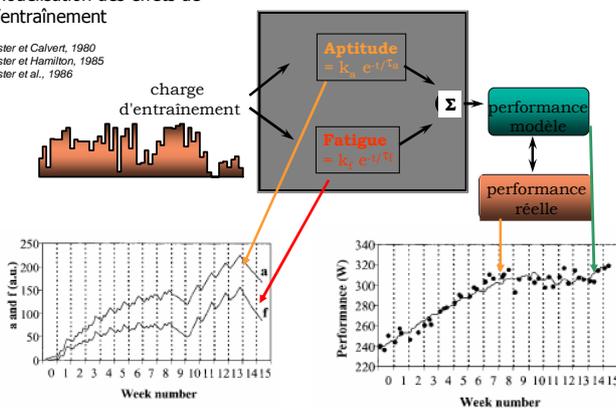
Plan



Modélisation des effets de l'entraînement

Banister et Calvert, 1980
Banister et Hamilton, 1985
Banister et al., 1986

Sensibilité individuelle à l'entraînement



Brusso et al., 2003