

Au cours de l'année 2013-2014, les membres de l'axe 3 (Sport & Santé) du laboratoire C3S (Culture, Sport, Santé, Société) rattaché à l'Université de Franche-Comté ont organisé trois séminaires dans les locaux de l'UPFR Sports de Besançon portant sur la perception de l'effort. Ces séminaires ont réuni une vingtaine de chercheurs, entraîneurs et doctorants spécialistes de cette thématique dont les communications ont été regroupées dans cet ouvrage en trois grandes parties.

La première (re)définit les concepts d'effort et de perception d'effort à la lumière notamment des travaux de Gunnar Borg. Les principaux médiateurs psycho-physiologiques sont présentés ainsi que deux outils d'évaluation, dont la version française de l'échelle RPE 6-20 et l'échelle de temps limite (ETL), accompagnés de leurs instructions. Des applications pratiques sont ensuite exposées dans le champ de l'Éducation physique et sportive, notamment en athlétisme et en natation. Les applications dans le domaine de l'entraînement sont largement documentées dans la seconde partie, à travers notamment le concept de charge affective, comme outil de détection précoce de la fatigue et de régulation de la charge de travail. Les derniers textes ont trait à la santé, plus précisément sous l'angle de programmes d'entraînement et de réentraînement à l'effort chez des patients obèses, mais aussi auprès de jeunes déficients mentaux.

Ont collaboré à ce volume : Bertrand BARON (La Réunion), Mylène BÈGUE (La Réunion), Romain BOUZIGON (Besançon), Jérémie COQUART (Rouen), Pascale DUCHÉ (Clermont-Ferrand), Murielle GARCIN (Lille), Fred GRAPPE (Besançon), Alain GROSLAMBERT (Besançon), Bertrand GUILLOUX (La Réunion), Laurie ISACCO (Besançon), Philippe MONNIER-BENOIT (Besançon), Fabienne MOUGIN (Besançon), Élisabeth PETIT (Besançon), Sylvain QUINART (Besançon), Nicolas RAMBIER (Besançon), Gilles RAVIER (Besançon), David THIVEL (Clermont-Ferrand), Stéphane URIAC (La Réunion).

Coordination : Alain GROSLAMBERT, professeur en sciences et techniques des activités physiques et sportives, UPFR Sports de Besançon, Laboratoire C3S (EA 4660), Université de Franche-Comté, et Gilles FERRÉOL, professeur de sociologie, UPFR Sports de Besançon, directeur du laboratoire C3S, Université de Franche-Comté.



Sous la direction de
Alain GROSLAMBERT
et
Gilles FERRÉOL

PERCEPTION DE L'EFFORT : APPLICATION DANS LES DOMAINES DE L'ÉDUCATION PHYSIQUE, DU SPORT ET DE LA SANTÉ

Séminaire 2013-2014 axe 3 (Sport et Santé) du laboratoire C3S



Décembre 2014

Sous la direction de
Alain GROSLAMBERT
et
Gilles FERRÉOL

Perception de l'effort : applications dans les domaines de l'éducation physique, du sport et de la santé

Séminaire 2013-1014 axe 3 (Sport et Santé) du Laboratoire C3S



Décembre 2014

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	7
Alain GROSLAMBERT	
 PREMIÈRE PARTIE : LES CONCEPTS D'EFFORT ET DE PERCEPTION D'EFFORT ET LEURS APPLICATIONS DANS LE DOMAINE DE L'ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE	
CHAPITRE I.....	11
L'effort perçu : de l'échelle RPE à l'échelle ETL	
Murielle GARCIN	
CHAPITRE II.....	27
Régulations émotionnelles lors de courses intermittentes en éducation physique et sportive	
Bertrand GUILLOUX	
Stéphane URIAC	
Mylène BÈGUE	
Bertrand BARON	
CHAPITRE III.....	41
Processus et stratégies de régulation de l'allure en natation chez des collégiens de section sportive	
Stéphane URIAC	
Mylène BÈGUE	
Bertrand GUILLOUX	
Bertrand BARON	
 DEUXIÈME PARTIE : PERCEPTION DE L'EFFORT, CHARGE AFFECTIVE ET PERFORMANCE SPORTIVE	
CHAPITRE IV.....	55
Utiliser les perceptions de l'effort et du plaisir pour optimiser la performance de moyenne à très longue durée	
Bertrand BARON	
CHAPITRE V.....	65
Intérêts de la perception de l'effort dans l'entraînement du joueur de hand-ball de haut niveau	
Gilles RAVIER	
Romain BOUZIGON	

CHAPITRE VI.....	81
Régulation de l'intensité de l'exercice par l'utilisation de la perception de l'effort chez des jeunes handballeurs Philippe MONNIER-BENOIT Alain GROSLAMBERT	
CHAPITRE VII.....	89
Analyse de la stratégie de gestion de l'effort en contre-la-montre en cyclisme Fred GRAPPE	
TROISIÈME PARTIE : PERCEPTION DE L'EFFORT, ACTIVITÉS PHYSIQUES ADAPTÉES ET RÉHABILITATION	
CHAPITRE VIII.....	105
Intérêt de la perception de l'effort en réhabilitation Jérémy COQUART	
CHAPITRE IX.....	121
Effets de la modalité et de l'intensité de l'exercice sur la perception des contraintes chez l'adolescent obèse David THIVEL Laurie ISACCO Pascale DUCHÉ	
CHAPITRE X.....	133
Une échelle de perception de l'effort (COPE -10) pour déterminer les seuils ventilatoires chez l'adolescent obèse Sylvain QUINART Alain GROSLAMBERT Fabienne MOUGIN	
CHAPITRE XI.....	145
Étude de la perception de l'effort et du plaisir en cyclisme chez de jeunes déficients mentaux lors d'un test incrémenté Nicolas RAMBIER Élisabeth PETIT	

INTRODUCTION

Alain GROSLAMBERT*

Au cours de l'année 2013-2014, les membres de l'axe 3 (Sport & Santé) du laboratoire C3S (Culture, Sport, Santé, Société) rattaché à l'Université de Franche-Comté ont organisé trois séminaires dans les locaux de l'UPFR Sports de Besançon portant sur la perception de l'effort. Ces séminaires ont réuni une vingtaine de chercheurs, entraîneurs et doctorants spécialistes de cette thématique dont les communications ont été rassemblées dans cet ouvrage structuré en trois grandes parties.

La première, introduite par Murielle Garcin, (re)définit avec justesse les concepts d'effort et de perception d'effort à la lumière notamment des travaux de Gunnar Borg, qui reste à ce jour le précurseur incontesté des recherches menées dans ce domaine. Les principaux médiateurs psychophysologiques de la perception de l'exercice sont présentés dans cette partie, ainsi que deux outils d'évaluation, dont les versions françaises de l'échelle RPE 6-20 de Borg et l'échelle de temps limite (ETL) accompagnées de leurs instructions. Ces deux échelles complémentaires permettent d'avoir un retour plus fin sur les réponses perceptives durant un exercice physique et apportent des informations précieuses qui ne sont pas toujours décelables à partir des critères de performance ou des critères physiologiques mesurés classiquement lors de l'exercice. Les applications pratiques sont au cœur des préoccupations de Bertrand Guilloux *et al.* Les auteurs soulignent en particulier qu'en cours d'Éducation physique et sportive (EPS), un travail visant à engager les élèves à prendre conscience du niveau réel d'effort qu'ils peuvent soutenir en fonction de la durée de la course en athlétisme peut être envisagé. Stéphane Uriac *et al.* partagent aussi cette analyse en ajoutant que la sensibilisation à la perception de l'effort en EPS permet aux nageurs inexpérimentés de conserver une réserve émotionnelle suffisante pour mener à terme leur course sans qu'une diminution de la vitesse de nage ne soit atteinte de façon catastrophique.

Les applications dans le domaine de l'entraînement sont largement documentées dans la seconde partie. À cet effet, Bertrand Baron nous éclaire sur le concept de *charge affective* qui permet à l'athlète de haut niveau de renforcer la conscience des changements physiologiques et ainsi d'accéder à la capacité de régulation de l'allure qui fait souvent défaut chez le non-expert. Le thème de la perception de l'effort comme moyen de détection précoce de la fatigue s'inscrit pleinement dans ces réflexions et fait l'objet d'une attention particulière chez Gilles Ravier et Romain Bouzigon. Une première étude réalisée sur la préparation physique de joueurs de handball de haut niveau montre que les performances de sprints analysées seules sont d'un intérêt limité comme marqueur de fatigue et doivent inciter l'entraîneur à adopter une démarche interactive avec le joueur en utilisant son ressenti de l'effort. Une seconde étude, utilisant la perception de l'effort comme témoin de la récupération, a permis de mettre en évidence que le port de vêtements compressifs au cours de deux entraînements quotidiens consécutifs atténuait les douleurs musculaires perçues après 24 heures. Toujours dans le domaine de la préparation physique au handball, Philippe Monnier-Benoit s'est intéressé à la régulation de la charge de travail au moyen de la perception de l'effort et a observé que cette variable permettait d'individualiser l'entraînement en prenant en compte le niveau de forme du moment du joueur.

*Professeur, Université de Franche-Comté, UPFR Sports, Laboratoire C3S (EA 4660).

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

Pour terminer, Fred Grappe, dans son analyse de la stratégie de gestion de l'effort lors d'une épreuve de cyclisme en contre-la-montre, met à jour l'existence d'un algorithme de traitement de l'information permettant au cycliste de réguler la puissance qu'il développe en fonction des différents paramètres environnementaux.

La dernière partie de cet ouvrage a trait à la santé et, plus précisément, à l'utilisation de la perception de l'effort dans le cadre de programmes de réentraînement. Jérémy Coquart insiste sur la simplicité d'utilisation des échelles de perception de l'effort pour évaluer l'impact d'un programme de réentraînement sur le niveau de condition physique du patient, afin d'éviter les complications cardiovasculaires provoquées par un effort trop intense ou pour prescrire un exercice sur la base du ressenti du patient. Dans cette partie, une attention particulière est portée à l'obésité par David Thivel, Laurie Isacco et Pascale Duché. Les auteurs se sont attachés à étudier la perception à différentes intensités et modalités d'exercices isoénergétiques chez des adolescents obèses. Quant à Sylvain Quinart et Fabienne Mouglin-Guillaume, ils présentent une échelle originale (le COPE-10) destinée à déterminer les seuils ventilatoires chez les jeunes obèses et invitent les professionnels en activités physiques adaptées à utiliser cet outil pour l'évaluation et le suivi de leurs jeunes patients. Toujours dans le domaine de la santé, Nicolas Rambier et Élisabeth Petit nous font part d'une étude originale portant sur la perception de l'effort chez des adolescents cyclistes déficients mentaux. Cette étude montre que ces jeunes cyclistes, comparés à des sujets valides, sont capables d'interpréter leur perception d'effort en relation avec la puissance développée lors de l'exercice, mais de manière plus atténuée, surtout lorsque l'intensité s'approche du maximum.

Un ouvrage, on le voit, très stimulant, susceptible par la triangulation des sources, des outils et des méthodes de mieux nous faire saisir l'intérêt de la perception de l'effort comme un moyen adéquat d'investigation du ressenti de l'homme en mouvement, qu'il soit valide ou non, en quête de performances ou, tout simplement, à la recherche du bien-être dans sa vie quotidienne. Nul doute que cette thématique intéressera l'enseignant d'EPS, l'étudiant en STAPS, ou le professeur en activités physiques adaptées, sans oublier l'entraîneur, le sportif occasionnel ou de haut niveau qui pourront réinvestir aisément les contenus de cet ouvrage dans leur pratique quotidienne.

PREMIÈRE PARTIE

**LES CONCEPTS D'EFFORT ET DE PERCEPTION D'EFFORT ET LEURS
APPLICATIONS DANS LE DOMAINE
DE L'ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE**

CHAPITRE I

L'EFFORT PERÇU : DE L'ÉCHELLE RPE A L'ÉCHELLE ETL

Murielle GARCIN*

Abstract

Perceived effort : from the rating scale of perceived exertion to the estimated time limit scale

During the last 60 years, numerous scales have been developed to evaluate the intensity of subjective effort, strain, discomfort that one feels during exercise. The Rating of Perceived Exertion scale (RPE) of Borg remains the most frequently used one. The first part presents this scale, perceived exertion determiners, practical applications and methodological recommendations. Because of a large variability in the RPE values at the same percentage of voluntary exhaustion time among subjects performing the same relative constant workload, a scale based on subjective estimation of exhaustion time (Estimated Time Limit scale, ETL) has been proposed. These scales are complementary tools because the RPE scale is concerned with the current status of the subject (how hard he/se feels the exercise currently is) whereas the ETL scale deals with a subjective prediction of how long the current exercise level can be maintained. The second part presents this scale, its methodological principles, practical applications and limits.

Key words : Validation, Rating Scale, Perceived Exertion, Time Limit.

Le terme *effort* prête souvent à confusion car il est utilisé dans des sens très différents. Dans le langage commun, l'effort est mal conceptualisé, il se confond le plus souvent avec les notions de force, de travail, d'énergie, etc. Sur le plan biologique, l'effort doit être saisi comme « *l'accroissement énergétique d'un organisme qui cherche à surmonter une résistance* ». Ainsi défini, l'effort semble pouvoir s'appliquer à des niveaux d'intégration divers, de la cellule à l'organisme entier. À l'origine, d'un point de vue physiologique, l'effort consiste aussi en une énergique contraction des muscles expirateurs qui se produit après une inspiration profonde et l'orifice glottique fermé. Le phénomène de l'effort a lieu ainsi lors de travaux répétés qui demandent de puissantes contractions musculaires, au cours de la défécation, de la parturition, de l'émission des urines, à la fin de la miction, durant le vomissement. L'effort se révèle immédiatement applicable à l'homme ou à l'être vivant, mais le concept n'en est pas pour autant scientifique ; il n'est que le reflet du langage vulgaire : on confond le plus souvent l'effort avec l'exercice, la force, le travail musculaire, la dépense énergétique... Puis, une forte composante psychologique s'impose progressivement à la notion physiologique. L'utilisation du terme effort ne devient alors justifiée que si l'on ajoute à la composante physiologique de l'exercice musculaire une composante psychologique.

*Professeur, Université de Lille 2, Faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation physique, EA 4488.

L'effort est alors l'engagement nécessaire du sujet qui mobilise ses forces afin de poursuivre l'exercice entrepris, lequel comporte un certain degré de pénibilité pour lui, et requiert toute son attention et sa volonté. Le physiologiste ne peut faire abstraction de l'expérience subjective. L'effort fait presque toujours implicitement référence au vécu.

L'effort représente à la fois le phénomène objectif (travail, dépense énergétique) et subjectif (sensation et perception : prise de conscience). La notion d'effort désigne alors à la fois la réalisation d'un exercice physique et la sensation de pénibilité qui lui est associée.

∴

I. LA PERCEPTION DE L'EFFORT

A. Définition

Percevoir, c'est interpréter (Lagneau, 1950). Pour Helmholtz, la perception implique une interprétation des sensations fondée sur l'expérience passée (Delorme, 1982). Selon Borg et Neely (Borg et Neely, 1992), la perception de l'effort correspond à la sollicitation d'un ensemble de systèmes et de processus sensoriels s'intégrant en une perception générale de l'effort ; elle inclut la sensation de tension et de douleur dans les muscles actifs et les articulations, l'essoufflement, les battements du cœur, et la sudation.

Cette perception intègre les informations provenant de nombreux signaux (Borg, 1998). Elle est définie comme l'intensité subjective d'effort, d'inconfort, de pénibilité qu'a le sujet en réponse à des stimuli lors de l'exercice physique et correspond à un niveau de pénibilité.

B. Évaluation

Il existe de nombreuses échelles permettant d'évaluer la perception de l'effort mais l'échelle de Borg (*Rating scale of Perceived Exertion, RPE*, 1970) est restée la plus populaire et est la plus fréquemment utilisée pour évaluer les degrés de perception de l'effort durant un travail physique. Cette échelle a été traduite dans de nombreuses langues et est utilisée depuis longtemps dans différentes études dans de nombreux pays.

La traduction française (Shephard *et al.*, 1992) (fig. 1) du modèle originel de l'échelle RPE de Borg comprend des valeurs de 6 à 20 reliées à des expressions verbales allant de « *très très léger* » à « *très très dur* ». La question posée au sujet pendant l'effort est : « *À quel niveau de pénibilité avez-vous perçu ce travail ?* »

**Figure 1 : Échelle de Perception de l'Effort (RPE) de Borg (1970)
traduite par Shephard *et al.* (1992)**

6	
7	TRES TRES LEGER
8	
9	TRES LEGER
10	
11	LEGER
12	
13	NI LEGER, NI DUR
14	
15	DUR
16	
17	TRES DUR
18	
19	TRES TRES DUR
20	

Source : Shephard *et al.*, 1992, p. 558.

L'échelle RPE effectue la relation entre les réponses physiologiques et le degré subjectif des différents niveaux de travail. Il est demandé aux sujets de construire leur évaluation de la pénibilité de l'effort sur le total de toutes les sensations intérieures d'effort physique (fig. 2). Les valeurs de 6 à 20 ont été choisies de façon à être aussi proches que possible de la valeur 1/10 de la fréquence cardiaque. La relation proposée par Borg (Borg, 1973) : fréquence cardiaque (bpm) = RPE X 10, serait valable pour des sujets sains, d'âge moyen (30-50 ans), faisant un effort progressif modéré à dur sur bicyclette ergométrique ou sur tapis roulant. Les valeurs de RPE correspondraient ainsi à des fréquences cardiaques variant de 60 à 200 bpm. De plus, contrairement aux autres échelles d'évaluation de l'effort

perçu, l'échelle RPE permet des comparaisons directes des niveaux de perception entre des exercices d'intensités différentes, des tâches variées, ou entre des individus, ceci pour la plupart des études appliquées.

Figure 2 : Recommandations concernant l'échelle RPE lues et données au sujet avant chaque évaluation

Nous allons évaluer pendant l'expérience le coût subjectif de l'épreuve à l'aide de l'échelle de perception de l'effort de BORG (1970) (*Rating Scale of Perceived Exertion* ou RPE).

Nous voulons que vous estimiez le degré d'effort ressenti lors de l'exercice en vous demandant comment vous percevez l'exercice effectué. Il s'agit d'évaluer les sensations qui sont causées par le travail et non le travail lui-même.

L'évaluation de l'effort se fait sur le total de toutes les sensations intérieures de stress physique et de pénibilité de l'effort plutôt que sur tout autre facteur.

Vous allez nous dire comment vous percevez l'effort effectué en vous aidant des expressions puis en répondant à l'aide d'un nombre. Vous avez à choisir dans l'échelle contenant des nombres de 6 à 20 (6 correspond au minimum : pas d'effort du tout, et 20 au maximum : effort maximal : je m'arrête).

Utilisez les nombres de telle façon que le rang entre eux corresponde au rang entre les différentes sensations perçues. N'hésitez pas à utiliser des cotations intermédiaires si les sensations perçues sont intermédiaires des expressions verbales indiquées.

Essayez de faire cette estimation aussi objective que possible; ne sous-estimez ni ne surestimez pas le degré d'effort perçu. Gardez dans l'esprit qu'il n'y a ni de mauvais ni de bon nombre et utilisez celui qui vous semble le plus approprié.

Source : Données personnelles.

C. Déterminants

Une majeure partie de la littérature sur la perception de l'effort traite la question de découvrir quels sont les déterminants majeurs du RPE, c'est-à-dire de savoir comment cette perception générale est constituée.

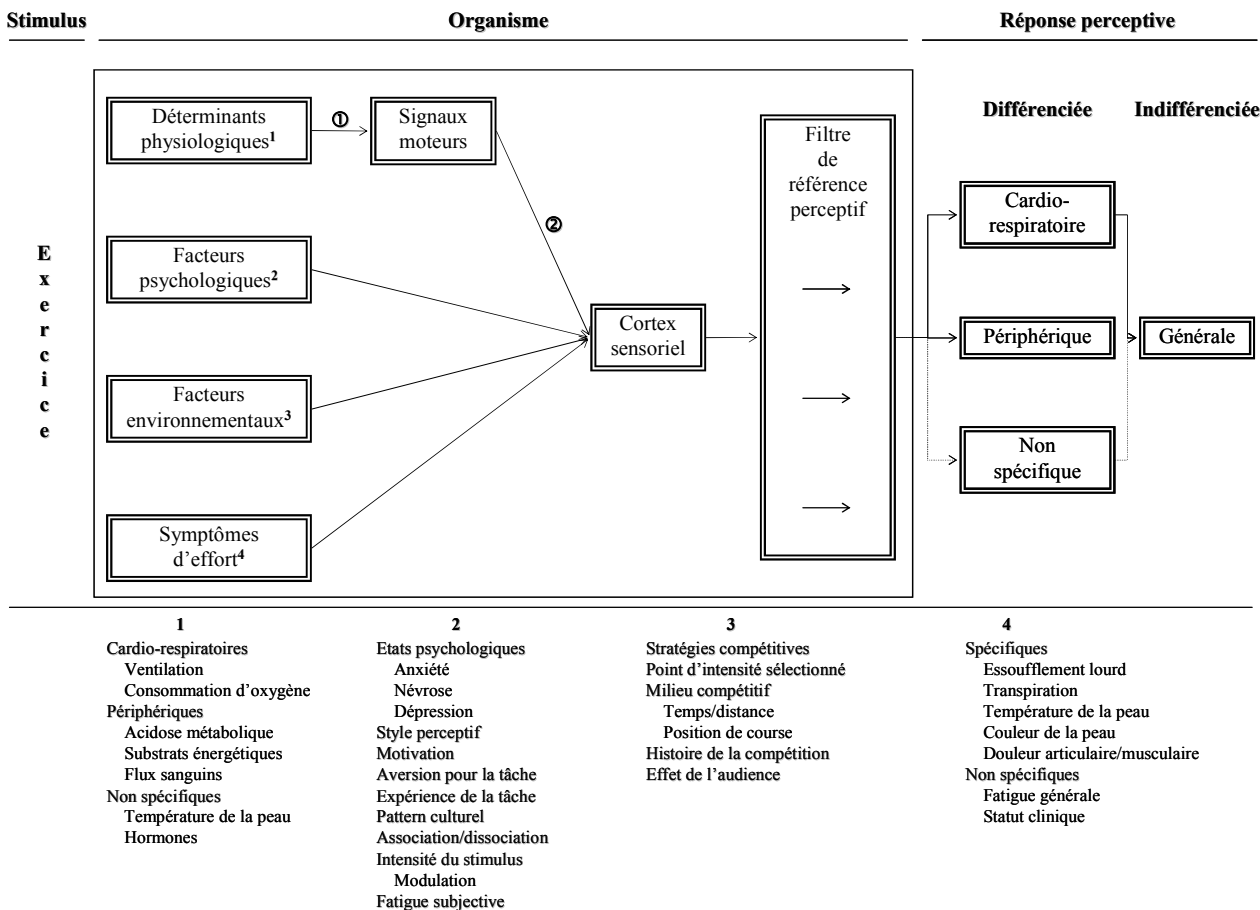
Les recherches se sont tout d'abord focalisées sur les déterminants physiologiques du RPE. En effet, les sensations reliées à des fonctions internes et à des changements d'état corporel, telles les sensations durant un stress physique, n'ont pas été reconnues comme appartenant à une modalité sensorielle séparée. L'étude des déterminants physiologiques de la perception de l'effort se focalise maintenant particulièrement sur deux points : l'identification des signaux sensoriels primaires et la compréhension de l'interaction entre les multiples unités sensorielles. L'estimation générale de la perception de l'effort semblerait inclure l'intégration de sensations qui résulteraient de différentes variables physiologiques (fréquence cardiaque, consommation d'oxygène, ventilation, fréquence respiratoire, lactate, pH, température de la peau, température centrale...) dont la contribution relative serait principalement dépendante des conditions de l'exercice.

L'importance des facteurs psychologiques dans la détermination du RPE apparaît comme étant beaucoup plus grande que ce qui avait été pensé auparavant. Les facteurs psychologiques représentés par les domaines cognitif, affectif, perceptif et de personnalité peuvent indépendamment, ou en concert, influencer significativement l'évaluation de l'effort perçu. Similairement, les facteurs socio-psychologiques jouent également un rôle dans la détermination de la perception de l'effort. Il y a ainsi une contribution du stimulus dans la perception ainsi qu'une contribution du sujet percevant avec tout son passé, son acquis socioculturel, ses motivations, sa personnalité... : tout cela contribue à l'explication du processus perceptif (Delorme, 1982). La perception concerne l'individu dans sa totalité et s'avère un excellent révélateur de sa personnalité.

Une diversité d'autres facteurs ont également été accrédités comme intervenant dans la perception de l'effort : les caractéristiques de l'exercice, du sujet, et l'environnement. On constate donc qu'il existe un très grand nombre de variables qui sont susceptibles d'intervenir comme déterminants de la perception de l'effort ou susceptibles d'influencer celle-ci de façon directe ou indirecte.

L'identification des déterminants primaires de la perception de l'effort et la connaissance de la manière par laquelle ces facteurs sont intégrés restent complexes : la perception de l'effort consisterait en l'intégration par l'individu d'un nombre de signaux provenant d'une variété de récepteurs localisés dans le corps dont la combinaison serait dépendante des conditions particulières de l'exercice, des caractéristiques du sujet et de son environnement. Les principaux modèles théoriques sont décrits par Hassmen (Hassmen, 1995) et Noble et Robertson (Noble et Robertson, 1996) (fig. 3).

Figure 3 : Modèle théorique de la régulation de la perception de l'effort



① qui agissent pour modifier la capacité du muscle à générer de la force ;
 ② une copie de la commande motrice est envoyée au cortex sensoriel.

Source : Noble et Robertson, 1996, p. 299.

D. Domaines d'applications

La perception de l'effort est utilisée dans des domaines variés tels l'ergonomie, la clinique, la pédagogie et le sport. Quel que soit le domaine d'application, l'échelle RPE peut être utilisée dans un but d'évaluation, de prescription, de contrôle, de régulation de l'intensité d'exercice, et de comparaison lorsque l'intérêt est porté sur les différences inter-individuelles ou intra-individuelles. En effet, contrairement aux autres échelles de perception, l'échelle RPE permet des comparaisons directes des niveaux de perceptions entre des exercices d'intensités différentes, des tâches variées, des périodes de temps ou entre des individus, ceci pour la plupart des études appliquées. L'échelle RPE possède également l'avantage d'être directement applicable par les usagers sur le terrain et ne nécessite que peu

de matériels ; il suffit que l'utilisateur ait été familiarisé et instruit avec l'échelle. Elle est valable pour des activités physiques variées. La prescription de l'exercice utilisant le RPE concerne aussi bien les entraîneurs que les usagers sains, des deux sexes, de différents âges, types et niveaux de pratiques à condition que l'activité physique prescrite soit effectuée à un niveau d'effort qui soit psychologiquement tolérable et physiologiquement bénéfique. La perception de l'effort s'est révélée depuis de nombreuses années comme un très bon indicateur du degré d'effort physique, permettant l'ajustement de l'intensité d'exercice en complément des mesures physiologiques (*American College of Sports Medicine*, 1990 et 1998).

E. Principes méthodologiques

Comme originellement recommandé par Borg, une définition et une présentation de l'échelle doivent être effectuées de manière standard avant chaque évaluation à l'aide d'une feuille explicative lue et donnée au sujet (Borg, 1973 ; Noble *et al.*, 1973) (fig. 2). Une copie de l'échelle doit rester en vue du sujet durant toute l'évaluation (Robertson, 1982 ; Dunbar *et al.*, 1992). On demande au sujet d'évaluer sa perception de l'effort sous la forme d'une expression reliée à un chiffre de 6 à 20 sur l'échelle en répondant à la question posée. Chaque évaluation de RPE est limitée à une seule réponse numérique (Robertson *et al.*, 1990).

Une familiarisation à l'échelle de perception doit ensuite être réalisée. Trois méthodes de familiarisation (ancrage perceptif) sont proposées. La méthode d'ancrage par l'exercice consiste en la réalisation d'un exercice à très faible intensité, d'une part, et à intensité très élevée, d'autre part, sur le même type d'exercice que celui qui sera pratiqué par la suite. La valeur de RPE assignée à chaque intensité servira de référence lorsque l'utilisateur devra évaluer ses sensations sur ce continuum qu'il vient d'expérimenter. Cette première méthode est recommandée pour les personnes n'ayant pas ou peu vécu quant à la pratique physique. Dans le cadre de la méthode d'ancrage par la mémoire, il est demandé à l'utilisateur de se rappeler les sensations d'effort lors d'un exercice très très léger et celles lors de l'exercice le plus fatiguant et pénible jamais vécu et de leur attribuer respectivement les notes de 7 et 19. Selon le même principe, les usagers doivent évaluer leurs sensations sur ce continuum. Cette seconde méthode est davantage recommandée pour les personnes ayant déjà une expérience quant à la pratique physique. Enfin, la troisième méthode combinant les deux précédentes consiste à réaliser la phase d'ancrage par la réponse à l'exercice puis la phase de mémorisation durant le programme d'activités physique. Elle permet de renforcer cet ancrage perceptif.

Les personnes doivent être préalablement informées du déroulement pratique de l'évaluation. Il est recommandé aux sujets d'éviter tout effort prolongé ou rigoureux le jour précédent et le jour même de l'évaluation, de prévoir l'ingestion, au moins trois heures avant le début de l'épreuve, d'un repas léger à base de glucides. L'usage de stimulants tels thé, café, tabac et alcool est déconseillé le jour même. En cas d'usage de plusieurs échelles de perception, l'ordre de passage des échelles doit être équilibré (la moitié des personnes commence à lire la première échelle, tandis que l'autre moitié commence par la seconde échelle), afin d'éviter tout effet lié à l'influence de la réponse d'une échelle sur l'autre.

Avant toute utilisation à des fins de prescription, une procédure comprenant une phase d'estimation et une phase de production a été conduite. Lors de l'estimation, on demande à l'utilisateur d'évaluer l'effort à l'aide de l'échelle RPE durant un exercice incrémenté : il estime la pénibilité de

l'effort à une vitesse ou une puissance prédéterminée. Lors de la production, on utilise les valeurs de RPE obtenues lors de l'estimation pour prescrire l'intensité d'exercice. Les sujets doivent ajuster ou réguler l'intensité afin de reproduire la valeur de RPE donnée : ils produisent une vitesse ou une puissance appropriée correspondant au RPE préchoisi. L'absence de différences significatives lors de la comparaison des valeurs de vitesse ou de puissance imposées lors de la phase d'estimation et relevées lors de la phase de production a permis de valider l'utilisation du RPE à des fins de prescription lors de la pratique d'activités physiques cycliques.

II. L'ESTIMATION DU TEMPS LIMITE

A. Fondements

L'échelle RPE étant corrélée avec l'intensité et avec la durée de l'exercice, elle constitue un moyen d'estimer cette intensité et cette durée (Garcin et Billat, 2001). Elle pourrait théoriquement prédire le temps d'épuisement (Crewe *et al.*, 2008). Cependant, il existe une grande variabilité, selon les sujets, des réponses de RPE et de leur évolution au cours d'un exercice réalisé à puissance constante. On constate qu'un sujet peut très bien coter "dur" une intensité d'exercice qu'il sera capable de soutenir pendant une heure, tandis qu'un autre, pour une même puissance relative, trouvera également l'exercice "dur" mais ne pourra pas le maintenir pendant plus de quinze minutes (Garcin *et al.*, 1998). Il ne s'agit probablement pas uniquement de différences de perception ou de divergences sur l'acception des termes "léger", "dur" liées à l'évaluation numérique et sémantique de l'intensité perçue des sensations, mais aussi de différences liées au niveau d'effort que les sujets estiment pouvoir supporter ou supportable (vécu), et à l'effort de volonté nécessaire pour pouvoir poursuivre l'exercice (motivation). Cependant, compte tenu de cette importante variabilité interindividuelle, il s'avère impossible de déterminer précisément le temps de maintien (ou temps limite, tlim) à partir de la RPE (Crewe *et al.*, 2008). Aussi, nous avons proposé la création d'une échelle d'estimation du temps limite, afin de mieux comprendre les réponses perceptuelles durant un exercice physique (Garcin *et al.*, 1999).

B. Évaluation

Nous avons construit une échelle où l'estimation de la difficulté de l'exercice est quantifiée par la possibilité de maintenir l'exercice pendant un temps maximal donné. L'échelle de temps limite proposée (*Estimated Time Limit*, ETL) est une échelle logarithmique de base 2 allant de 1 à 20 où les nombres sont rattachés à des temps en heures ou en minutes (fig. 4). Un modèle semi-logarithmique décrit bien la relation entre la durée de l'exercice et la puissance (Péronnet et Thibault, 1987). La cotation 1 correspond à une intensité d'exercice pouvant être maintenue quasiment indéfiniment. Elle a été choisie comme une intensité d'exercice pouvant être soutenue 16 h ou plus. La cotation 20 correspond à un exercice pouvant être maintenu entre 1 et 2 minutes, c'est-à-dire un exercice à forte composante anaérobie lactique.

Figure 4 : Échelle d'Estimation du Temps Limite (ETL) de Garcin *et al.* (1999)

20	
19	2 minutes
18	
17	4 minutes
16	
15	8 minutes
14	
13	15 minutes
12	
11	30 minutes
10	
9	1 heure
8	
7	2 heures
6	
5	4 heures
4	
3	8 heures
2	
1	plus de 16 heures

Source : Garcin *et al.*, 1999.

De même que pour l'échelle RPE, une définition, une présentation et des explications concernant l'échelle ETL sont données aux sujets avant chaque expérimentation (figure 5). Une copie de l'échelle placée à côté de l'échelle RPE sur un support cartonné de 60 sur 40 cm reste en vue du sujet pendant toute la durée de l'épreuve. À la fin de chaque palier, on demande au sujet d'évaluer le temps maximum qu'il pense pouvoir tenir à cette intensité (de "plus de 16 heures" à "moins de 2 minutes"). Le sujet doit répondre à la question « *Combien de temps pourriez-vous tenir au maximum à cette intensité ?* » Chaque évaluation est limitée à une seule réponse numérique. On demande au sujet d'estimer le temps de maintien maximal (temps limite) à une intensité et à un instant donnés en faisant abstraction de ce qui a été fait précédemment. Les sujets parviennent en effet à estimer ETL sans tenir compte de l'exercice déjà réalisé (*i.e.*, ils ne sont pas influencés par la fatigue produite par l'exercice précédent) (Coquart *et al.*, 2009).

Figure 5 : Recommandations concernant l'échelle ETL lues et données au sujet avant chaque évaluation

Nous allons évaluer pendant l'expérience le coût subjectif de l'épreuve à l'aide de l'échelle d'estimation du temps de maintien de GARCIN et al. (1999) (Estimation du Temps Limite ou ETL).

Nous voulons que vous estimiez le temps de maintien lors de l'exercice en vous demandant combien de temps vous pourriez tenir au maximum à l'intensité à laquelle vous êtes en train de courir. Il s'agit d'un maximum : même avec la plus grande motivation possible, vous ne pensez pas pouvoir tenir plus longtemps que le temps estimé.

Vous allez nous donner votre estimation du temps de maintien en vous aidant des temps indiqués puis en répondant à l'aide d'un nombre. Vous avez à choisir dans l'échelle contenant des nombres de 1 à 20 (1 correspond au minimum : je pourrais tenir indéfiniment à cette intensité, et 20 au maximum : je ne peux plus tenir du tout : je m'arrête).

Utilisez les nombres de telle façon que le rang entre eux corresponde au rang entre les estimations des différents temps de maintien. N'hésitez pas à utiliser des cotations intermédiaires si vos estimations sont intermédiaires aux temps indiqués.

Essayez de faire cette estimation aussi objective que possible; ne sous-estimez ni ne surestimez pas le temps de maintien estimé. Gardez dans l'esprit qu'il n'y a ni de mauvais ni de bon nombre et utilisez celui qui vous semble le plus approprié.

Source : Données personnelles.

Les échelles RPE et ETL sont complémentaires puisque l'échelle RPE concerne le statut actuel du participant (c'est-à-dire à quel niveau de pénibilité il perçoit l'exercice entrepris), tandis que l'échelle ETL traite de la prédiction subjective de la durée qui pourrait être maintenue au niveau d'exercice actuel.

C. Validités

La validité concourante de l'échelle ETL a été testée. Les résultats montrent que l'échelle ETL est significativement corrélée avec l'intensité de l'exercice (Garcin *et al.*, 1999 ; Garcin et Billat, 2001), la fréquence cardiaque (Garcin *et al.*, 1999 ; Coquart *et al.*, 2007) mais également avec d'autres variables physiologiques (que les intensités soient progressives ou discontinues) (Coquart *et al.*, 2009).

La validité à prédire un temps de maintien (ou validité prédictive) a été étudiée à partir de valeurs recueillies durant un test incrémenté ou à intensité constante (Coquart et Garcin, 2007 ; Garcin *et al.*, 2011). Les valeurs de tlim estimé lors de ces tests n'étaient pas significativement différentes du tlim réel. De plus, ces valeurs étaient significativement corrélées à une intensité égale à 90 % de la vitesse maximale aérobie (Garcin *et al.*, 2011). Cependant, les larges écart-types relevés nuisent à une prédiction précise du tlim pour un groupe d'individus. La prédiction du tlim semble, en effet, influencée par le niveau d'expertise avec une estimation plus précise du tlim réel chez des cyclistes semi-professionnels (Garcin *et al.*, 2011).

La validité à réguler l'exercice a été investiguée en utilisant la procédure décrite par Weiser *et al.* (Weiser *et al.*, 2007) (vérification de la congruence de la prescription, de la discrimination de l'intensité d'exercice, et exploration de la stratégie de production au début de chaque exercice de production). La validité à réguler l'exercice n'est attestée que lors d'exercices de pédalage effectués à des intensités élevées (85 et 95 % de la puissance maximale aérobie), chez des sportifs entraînés en endurance et chez des triathlètes (Garcin *et al.*, 2012).

D. Reproductibilité (ou fidélité)

La consistance dans le temps des valeurs relevées sur l'échelle ETL a été attestée lors de tests incrémentés et à vitesse constante effectués dans des conditions identiques (Garcin *et al.*, 2003 *b* ; Coquart *et al.*, 2007).

E. Sensibilité

Les études s'intéressant aux effets du type d'activité pratiquée (Garcin *et al.*, 2003), du niveau de condition physique (Garcin *et al.*, 2004 et 2005) et du sexe (Garcin *et al.*, 2005) sur l'échelle ETL ont démontré la finesse discriminative de l'échelle ETL.

F. Applications

Les principes méthodologiques présentés pour l'échelle RPE peuvent également être déclinés pour l'échelle ETL (Coquart *et al.*, 2012).

Les utilisations de l'échelle ETL sont multiples et variées (Coquart *et al.*, 2012) :

- travailler à une allure de course optimale à l'entraînement : proposition de temps de passage au tour en fonction de la performance prédite ;

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

- constituer des groupes de travail : classer les sportifs selon la valeur d'ETL annoncée à une même intensité relative d'exercice et les regrouper dans des groupes d'ETL similaires ;
- évaluer l'état de forme du moment à l'aide de la prédiction de la performance lors d'un exercice de courte durée effectué en routine à intensité élevée ;
- évaluer les effets d'un cycle d'entraînements : utilisation routinière au début et à la fin de la période d'entraînement pour évaluer les améliorations produites par le programme d'entraînement ;
- sélectionner les sportifs susceptibles d'avoir de meilleures performances : ceux qui produisent les intensités d'exercice les plus élevées pour une valeur d'ETL donnée ou ceux qui renseignent une valeur d'ETL plus faible (*i.e.*, qui pensent tenir plus longtemps) pour une intensité d'exercice donnée.

G. Limites

L'utilisation de l'échelle ETL est davantage appropriée pour des intensités d'exercice élevées (85 et 95 pourcent de MAP) et pour des sportifs de haut niveau (ayant une connaissance fine de leur allure de course sur une distance donnée et de leurs capacités maximales d'endurance à une intensité donnée).

∴

En conclusion, l'utilisation conjointe des échelles RPE et ETL en complément des mesures physiologiques lors de tests physiques devrait permettre d'avoir un retour plus fin sur les réponses perceptuelles durant un exercice physique et apporter des renseignements qui ne sont pas toujours décelables à partir des critères de performance ou des critères physiologiques mesurés classiquement lors de ces tests.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (1990), « The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 22, n° 2, avril, pp. 265-274.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (1998), « The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 30, n° 6, juin, pp. 975-991.

BORG Gunnar (1970), « Perceived exertion as an indicator of somatic stress », *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 2, n° 2, mars, pp. 92-98.

BORG Gunnar (1973), « Perceived exertion: a note on "history" and methods », *Medicine and Science in Sports*, vol. 5, n° 2, juillet, pp. 90-93.

- BORG Gunnar (1998), *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*, Champaign (Ill.), Human Kinetics.
- BORG Gunnar et NEELY Greg (1992), « On the perception of exertion and some psychophysiological relations », in BORG Gunnar et NEELY Greg, (sous la dir. de) *Proceedings of the Eight Annual Meeting of the International Society for Psychophysics*, Rome, pp. 47-52.
- COQUART Jérémy, ESTON Roger *et al.* (2012), « Estimated time limit : a brief review of a perceptually based scale », *Sports Medicine*, vol. 42, n° 10, octobre, pp. 845-855.
- COQUART Jérémy et GARCIN Murielle (2007), « Validity and reliability of perceptually-based scales during exhausting runs in trained males runners », *Perceptual and Motor Skills*, vol. 104, n° 1, février, pp. 254-266.
- COQUART Jérémy, LEGRAND Renaud *et al.* (2009), « Influence of successive bouts of fatiguing exercise on perceptual and physiological markers during an incremental exercise test », *Psychophysiology*, vol. 46, n° 1, janvier, pp. 209-216.
- CREWE Helen, TUCKER Ross et NOAKES Timothy (2008), « The rate of increase in rating of perceived exertion predicts the duration of exercise to fatigue at a fixed power output in different environmental conditions », *European Journal of Applied Physiology*, vol. 103, n° 5, juillet, pp. 569-577.
- DELORME André (1982), *Psychologie de la Perception*, Montréal, Éd. Études vivantes.
- DUNBAR Christopher, ROBERTSON Robert *et al.* (1992), « The validity of regulating exercise intensity by ratings of perceived exertion », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 24, n° 1, janvier, pp. 94-99.
- GARCIN Murielle et BILLAT Véronique (2001), « Perceived exertion scales attest both intensity and exercise duration », *Perceptual and Motor Skills*, vol. 93, n° 3, décembre, pp. 661-671.
- GARCIN Murielle, COQUART Jérémy *et al.* (2011), « Prediction of time to exhaustion in competitive cyclists from a perceptually-based scale », *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 25, n° 5, mai, pp. 1393-1399.
- GARCIN Murielle, COQUART Jérémy *et al.* (2012), « Self-regulation of exercise intensity by Estimated Time Limit scale », *European Journal of Applied Physiology*, vol. 112, n° 6, juin, pp. 2303-2312.
- GARCIN Murielle, FLEURY Aurore *et al.* (2005), « Sex-related differences in ratings of perceived exertion and estimated time limit », *International Journal of Sports Medicine*, vol. 26, n° 8, octobre, pp. 675-681.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

GARCIN Murielle, MILLE-HAMARD Laurence et BILLAT Véronique (2004), « Influence of aerobic fitness level on measured and estimated perceived exertion during exhausting runs », *International Journal of Sports Medicine*, vol. 25, n° 4, mai, pp. 270-277.

GARCIN Murielle, MILLE-HAMARD Laurence *et al.* (2003), « Influence of the type of training sport practised on psychological and physiological parameters during exhausting endurance exercises », *Perceptual and Motor Skills*, vol. 97, n° 3, décembre, pp. 1150-1162.

GARCIN Murielle, VANDEWALLE Henry et MONOD Hugues (1999), « A new rating scale of perceived exertion based on subjective estimation of exhaustion time », *International Journal of Sports Medicine*, vol. 20, n° 1, janvier, pp. 40-43.

GARCIN Murielle, VAUTIER Jean-François *et al.* (1998), « Ratings of perceived exertion (RPE) as an index of aerobic endurance during local and general exercises », *Ergonomics*, vol. 41, n° 8, août, pp. 1105-1114.

GARCIN Murielle, WOLFF Marion et BEJMA Teddy (2003), « Reliability of rating scales of perceived exertion and heart rate during progressive and maximal constant load exercises till exhaustion in physical education students », *International Journal of Sports Medicine*, vol. 24, n° 4, mai, pp. 285-290.

HASSMEN Peter (1995), « Modifiers of perceived exertion », in NEELY Greg (sous la dir. de) *Perception and Psychophysics in Theory and Application*, Stockholm, Éditstar, pp. 53-66.

LAGNEAU Jules (1950), *Célèbres leçons et Fragments*, Paris, PUF.

NOBLE Bruce, METZ Kenneth *et al.* (1973), « Perceptual responses to exercise : a multiple regression study », *Medicine and Science in Sports*, vol. 5, n° 2, été, pp. 104-109.

NOBLE Bruce et ROBERTSON Robert (1996), *Perceived Exertion*, Champaign (Ill.), Human Kinetics.

PÉRONNET François et THIBAUT Guy (1987), « Physiological analysis of running performance : revision of the hyperbolic model », *Journal of Physiology*, vol. 82, n° 1, avril, pp. 52-60.

ROBERTSON Robert (1982), « Central signals of perceived exertion during dynamic exercise », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 14, n° 5, janvier, pp. 390-396.

ROBERTSON Robert, STANKO Ronald *et al.* (1990), « Blood glucose extraction as a mediator of perceived exertion during prolonged exercise », *European Journal of Applied Physiology*, vol. 61, n° 1-2, mars, pp. 100-105.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

SHEPHARD Roy, VANDEWALLE Henry *et al.* (1992), « Respiratory, muscular and overall perceptions of effort : the influence of hypoxia and muscle mass », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 24, n° 5, mai, pp. 556-567.

WEISER Philip, WOJCIECHOWICZ Virginia *et al.* (2007), « Perceived effort step-up procedure for self-regulating stationary cycle exercise intensity by patients with cardiovascular disease », *Perceptual and Motor Skills*, vol. 104, n° 1, février, pp. 236-253.

CHAPITRE II

RÉGULATION ÉMOTIONNELLE LORS DE COURSES INTERMITTENTES EN ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE

Bertrand GUILLOUX*
Stéphane URIAC*
Mylène BÈGUE*
Bertrand BARON**

Abstract

How do school pupils pace their runs during 3-min intermittent exercise?

The aim of this study was to verify if the emotional reserve during exhaustive exercises influences the performance and could be reduced in pupils. School pupils performed 2 exhaustive intermittent 3-min runs. The effort (RPE), the pleasure (P), the desire to continue (DC), the desire to stop (DS) and the level of resources (R) were measured every 100 m with a Likert scale from 0 to 10. The intensity was self-paced for the 2 groups (TEST and RPE) during the first run and during the second run for the TEST group. The RPE group was asked to start the second run at a minimal RPE level corresponding to the average RPE of the first run. The results showed that the performance was increase during the second run for the RPE group (+13.5%) but not significantly for the TEST group. An important emotional reserve was observed in each condition even if it was lower during the second run for RPE group. The emotional pattern was translated to a higher Y-intercept without any modification of its slope when a more important mobilization at the start was imposed. A more important effort than spontaneously mobilized can be supported without the occurrence of a catastrophic failure, increasing the performance.

Key words : Running, Pacing Strategies, Emotional Reserve.

La capacité à s'autoréguler de manière précise lors d'un exercice de course est un facteur de performance (Foster *et al.*, 2003). Les recherches portant sur les stratégies de régulation pendant l'exercice demeurent encore, à l'heure actuelle, un territoire inexploré dans la performance sportive (Foster *et al.*, 2003). Ceci est plus particulièrement vrai en éducation physique et sportive (EPS).

* Doctorant en STAPS, Université de la Réunion, Département STAPS, Faculté des Sciences de l'Homme et de l'Environnement.

** Maître de conférences HDR, Université de la Réunion, Département STAPS, Faculté des Sciences de l'Homme et de l'Environnement.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

Les athlètes experts régulent de manière efficace l'intensité d'exercice afin que leurs ressources énergétiques ne s'épuisent pas totalement avant de franchir la ligne d'arrivée. De fait, les athlètes modulent la puissance délivrée en adéquation avec la durée de l'épreuve (Baron *et al.*, 2011). Une régulation de l'allure efficace nécessite une estimation précise i) de l'intensité à délivrer et ii) du temps de maintien de cette intensité afin de l'adapter à la durée de l'épreuve.

Ce processus est décrit comme une négociation interne entre la sensation actuelle de course et le niveau attendu de fatigue (Foster *et al.*, 2004). Il est ainsi proposé que le niveau de ressources physiologiques soit contrôlé par l'intermédiaire du niveau de ressources émotionnelles (Baron *et al.*, 2011). Dans le cas d'un exercice à intensité sévère, la survenue d'une fatigue catastrophique est empêchée par un mécanisme de protection se manifestant notamment par des sensations de déplaisir (Baron *et al.*, 2011; Ekkekakis *et al.*, 2005). Ainsi, le processus de fatigue peut être envisagé dans sa dimension émotionnelle. La perception d'effort croissant associé au stress physiologique réduit le désir de poursuivre l'exercice, assurant ainsi la protection de l'homéostasie physiologique (Noakes *et al.*, 2004).

Par conséquent, la stratégie de régulation de l'allure peut être considérée comme un processus complexe dans lequel l'athlète contrôle à tout moment l'intensité d'exercice en prenant en compte les paramètres tant physiologiques que psychologiques pour atteindre la ligne d'arrivée. Les réponses émotionnelles ont une place prépondérante dans le processus de régulation de l'allure (Baron *et al.*, 2011), envisagé comme une régulation comportementale pour atteindre l'objectif de performance que le sportif s'est fixé.

Dans ce contexte, le désir de sélectionner une intensité plus ou moins élevée à un moment donné de l'exercice dépendrait de la différence entre le niveau d'acceptation de la charge affective (CA, définie comme la différence entre l'effort perçu et le plaisir ressenti) pour une durée donnée et le niveau même de cette CA (Baron *et al.*, 2011).

S'il a été démontré que les experts régulent leur allure de façon optimale, la capacité de régulation demeure en revanche inefficace chez les débutants. Ainsi, quand un sujet n'a pas d'expériences préalables pour un exercice en particulier, les représentations de la tâche sont imprécises et aucun élément de comparaison à partir d'un événement antérieur n'est disponible dans la mémoire. Par conséquent, le temps prévu pour couvrir une distance ne peut être estimé avec précision (Baron *et al.*, 2011). De même, les capacités physiologiques ainsi que la capacité psychologique de résistance aux sensations de fatigue ne sont pas encore connues et, de fait, la stratégie de régulation ne peut être optimale. Dans cette démarche, Herbert *et al.* (Herbert *et al.*, 2007) ont montré qu'il existe une forte corrélation entre la sensibilité intéroceptive et l'expérience sensorielle correspondant à la quantité d'émotions mémorisées. De cette façon, il a été admis que les informations issues de chaque séquence d'entraînement permettraient de renforcer la sensibilité intéroceptive et la prise de conscience physiologique (Baron *et al.*, 2011). C'est dans cette optique que des exercices autorégulés sont souvent utilisés en EPS afin d'améliorer le contrôle de l'intensité en relation avec les capacités psychophysologiques personnelles.

L'hypothèse de Gendolla et Richter (Gendolla et Richter, 2010) est que tout comportement est guidé par un principe de conservation d'énergie. Selon ce principe, l'athlète s'organiserait de façon à mobiliser l'énergie suffisante pour faire face aux contraintes de la tâche pour un objectif visé, tout en conservant suffisamment d'énergie pour réduire les probabilités d'épuisement et de fatigue avant l'atteinte du but. Dès lors, d'après ce principe, nous émettons l'hypothèse qu'une importante réserve émotionnelle existerait à la fin de l'exercice chez les élèves en EPS quand l'intensité est autoréglée et même quand on leur demande une performance maximale du fait que les capacités maximales sont méconnues. En effet, si le processus psychophysique de la fatigue peut être envisagé comme un mécanisme protecteur, alors on peut émettre l'hypothèse que la stratégie de régulation chez le novice correspondrait à une protection comportementale. Dès lors, seule l'expérience pourrait induire une réduction de la réserve émotionnelle, car l'athlète pourrait prendre conscience que des efforts plus importants pourraient être envisagés pour la durée de la course.

Enfin, selon St Clair Gibson *et al.* (St Clair Gibson *et al.*, 2006), la capacité de régulation d'allure est un processus stable qui est acquis durant l'adolescence. Elle dépend d'un pattern personnel préétabli dont les séquences motrices seraient programmées dans le cortex moteur durant l'enfance. De fait, il devient intéressant de travailler au développement de la capacité de régulation de l'allure pendant cette période du développement de l'adolescent, notamment en EPS.

Par conséquent, nous émettons l'hypothèse qu'un pattern préétabli de réponses émotionnelles individuelles existerait et influencerait les stratégies de régulation d'allure, quand bien même la nature de la tâche serait différente (entièrement autoréglée ou quand un effort plus important est imposé en début d'épreuve).

∴

I. MÉTHODE

A. Participants

127 élèves du secondaire (collège et lycée) ont réalisé des tests pendant leurs cours d'EPS. Les élèves étaient âgés de $15,20 \pm 1,03$ ans. Ils ont été formés, lors d'un cours précédent, à l'utilisation de l'échelle de Borg (Borg *et al.*, 1995) pour évaluer l'effort perçu (RPE), mais également le plaisir (P), le désir de continuer (DC), le désir d'arrêter (DA), ainsi que les ressources nécessaires pour réaliser la tâche (R).

B. Méthodologie

Un groupe témoin (TEM : 56 élèves) et un groupe RPE (RPE : 71 élèves) ont effectué un test incrémenté (test 0) ainsi que deux courses de trois minutes (tests 1 et 2). Lors des courses des trois minutes sur une piste balisée, les élèves étaient invités à réaliser la meilleure performance possible. Ils étaient arrêtés à chaque 100 mètres, le temps de répondre au questionnaire émotionnel (20 secondes). Au cours de ces arrêts, le chronomètre a été stoppé.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

Le groupe TEM se régulaient librement lors de toutes les courses (tests 2 et 3) tandis que le groupe RPE a été invité pour le test 2 à démarrer la course de trois minutes à un niveau de perception d'effort au moins égal au niveau moyen de la première course (test 1). Ensuite, les élèves étaient libres d'autoréguler la course comme ils le souhaitaient. L'effort, le plaisir, le désir de continuer, le désir d'arrêter, ainsi que le niveau de ressource ont été mesurés tous les 100 mètres avec une échelle de Likert de 0 à 10. Les courses ont été effectuées sur une piste d'athlétisme de 400 mètres.

Les vitesses ont été calculées pour chaque 100 mètres. La RPE a été mesurée en utilisant l'échelle de Borg (Borg *et al.*, 1985) qui se compose de 11 niveaux allant de 0 à 10 (0 = rien, 10 = maximum). Cette échelle a été également utilisée pour quantifier les autres paramètres émotionnels, à savoir le plaisir (P), le désir de continuer (DC), le désir d'arrêter (DA), et les ressources nécessaires pour la tâche (R). La charge affective (CA) est calculée par la différence entre la RPE et P ($CA = RPE - P$).

Pour chaque paramètre quantifié à partir des échelles adaptées de celle de Borg (Borg *et al.*, 1985), « 0 » correspondait à la nullité du paramètre mesuré (aucun plaisir, aucune envie de continuer...), alors que « 10 » correspondait au niveau maximal.

C. Analyse statistique

Les corrélations et analyses de variances ont été réalisées à partir du logiciel SPSS. La signification statistique a été fixée à un niveau de $p = 0,05$ pour toutes les analyses.

II. RÉSULTATS

A. Test incrémenté (T0)

La VMA moyenne est de $12,4 \pm 1,67 \text{ km.h}^{-1}$ pour le groupe TEM et de $12,14 \pm 1,81 \text{ km.h}^{-1}$ pour le groupe RPE. Durant le test incrémenté, RPE, P, DC, DA et R sont corrélés à l'intensité avec un $R^2 = 0,65$; $-0,18$; $-0,24$; $0,41$ et $-0,47$ respectivement avec $p < 0,05$.

B. Courses de 3 min pour les groupes TEM et RPE (Test 1 et 2)

La distance moyenne, la vitesse et les paramètres émotionnels des deux groupes pour le test 1 et le test 2 sont présentés dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1 : Distance moyenne, vitesse absolue (km.h⁻¹) et vitesse relative (% VMA) pour le groupe TEM et le groupe RPE lors du test 1 et test 2

	Distance (m)	Vitesse (km.h ⁻¹)	Vitesse (% VMA)
Test 1 groupe TEM	737.00 ± 122.88	14.74 ± 2.45	118.80 ± 13.28
Test 2 groupe TEM	745.53 ± 144.61 NS	14.91 ± 0.80 NS	120.36 ± 18.86 NS
Test 1 groupe RPE	702.11 ± 127.81	14.04 ± 2.70	115.83 ± 14.01
Test 2 groupe RPE	796.83 ± 135.22 * (+13.5%)	15.93 ± 106.1 * (+13.5%)	131.53 ± 14.30 * (+13.5%)

* Différence significative avec le test 1 (p < 0,05) ; NS : Différence non significative avec le test 1 (p > 0,05).

Source : Données personnelles

Tableau 2 : Valeurs moyennes de l'effort (RPE), du plaisir (P), de la charge affective (CA), du désir de continuer (DC), du désir d'arrêter (DA), des ressources personnelles pour réaliser la course (R) pour le groupe TEM et le groupe RPE durant le test 1 et le test 2

	RPE	P	CA	DC	DA	R
Test 1 groupe TEM	3.47 ± 2.34	7.09 ± 3.10	-3.62 ± 4.25	7.52 ± 2.81	2.07 ± 2.30	7.48 ± 2.67
Test 2 groupe TEM	2.75 ± 8.04 *	8.04 ± 2.61 *	-5.29 ± 3.56 *	8.62 ± 1.93 *	1.29 ± 1.83 *	8.52 ± 1.96 *
Test 1 groupe RPE	4.58 ± 2.64	5.09 ± 3.31	-0.51 ± 3.34	5.19 ± 3.27	3.74 ± 3.11	5.79 ± 3.08
Test 2 groupe RPE	6.38 ± 2.01 *	5.23 ± 3.19*	1.15 ± 4.40*	5.49 ± 3.24*	3.87 ± 3.14 NS	6.08 ± 2.91 *

* Différence significative avec le test 1 (p < 0,05) ; NS : Différence non significative avec le test 1 (p > 0,05).

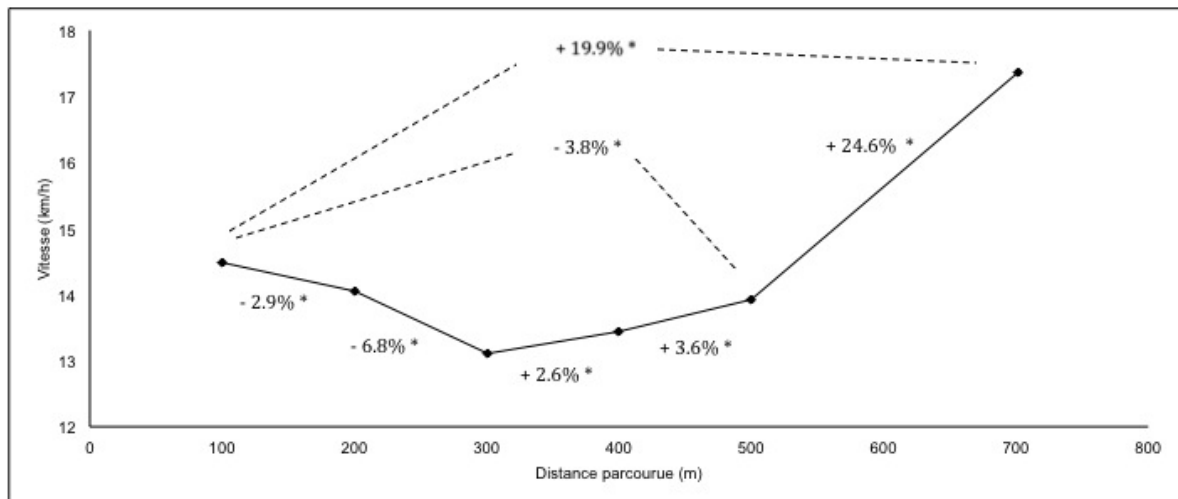
Source : Données personnelles.

C. Évolution de la régulation de l'allure

Pour le *test 1 du groupe RPE*, la vitesse a significativement augmenté entre le début et la fin de la course (p < 0,05), mais significativement diminué entre le début et les 500 m.

Les tests *post-hoc* montrent des différences significatives entre les mesures (fig. 1).

Figure 1 : Évolution de la vitesse lors de la première course de 3 min (Test 1) pour le groupe RPE lorsque la vitesse était autorégulée



* Différence significative ($p < 0,05$).

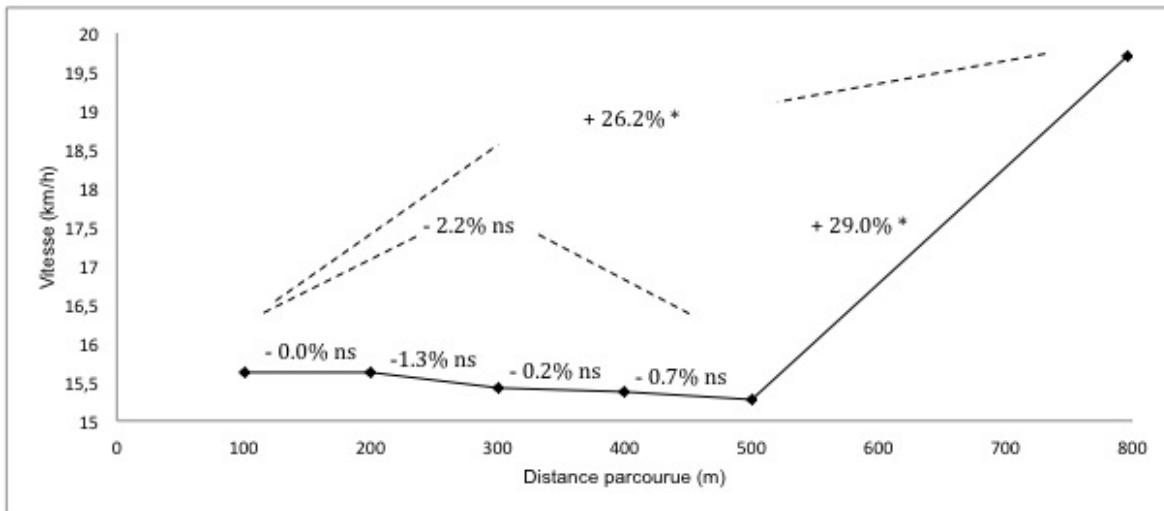
Source : Données personnelles.

La vitesse du *test 2 groupe RPE* a significativement augmenté entre le début et la fin de la courses ($p < 0,05$) mais n'a pas évolué significativement entre le début de la course et les 500 m ($p < 0,05$). Les tests *post-hoc* montrent cependant des différences significatives entre les 500 m et la fin de la course (fig. 2).

La vitesse du *Test 1 groupe TEM* a significativement augmenté entre le début et l'arrêt de la course ($p < 0,05$) mais également entre le début et les 500 m ($p < 0,05$). Les tests *post-hoc* montrent des différences significatives entre les différentes mesures (fig. 3).

La vitesse autorégulée du *test 2 groupe TEM* a significativement augmenté entre le début et la fin de la course, mais également entre le début et les 500 m ($p < 0,05$). Les tests *post-hoc* montrent des différences significatives entre les mesures.

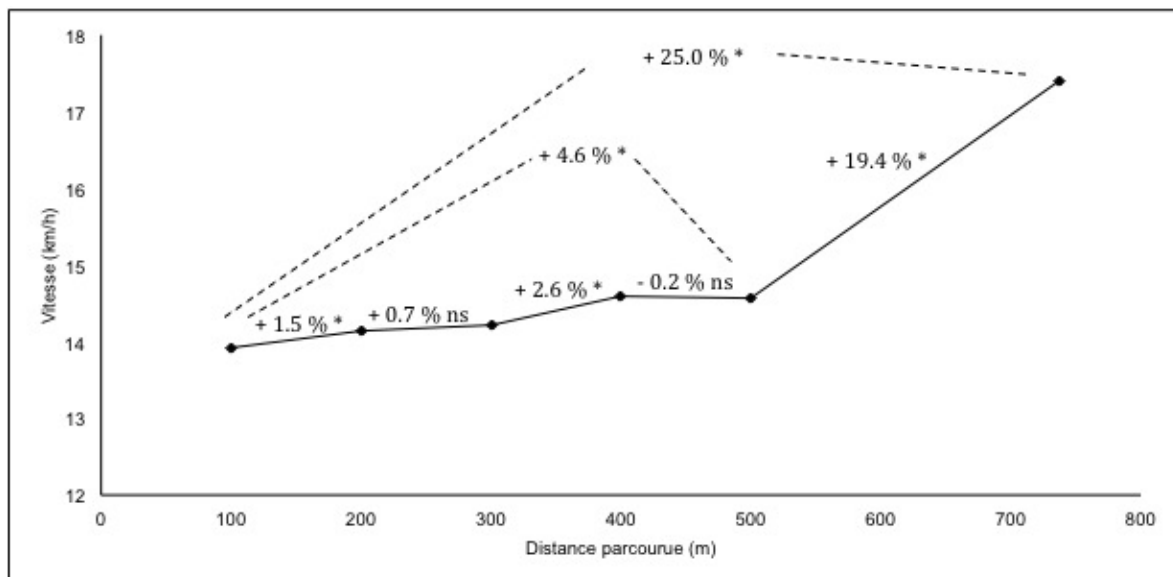
Figure 2 : Évolution de la vitesse lors de la deuxième course de 3 min (test 2) pour le groupe RPE lorsque la vitesse est autorégulée mais à une perception d'effort minimale équivalente au niveau moyen de la perception d'effort du test 1



* Différence significative ($p < 0,05$). NS : Pas de différence significative ($p > 0,05$).

Source : Données personnelles.

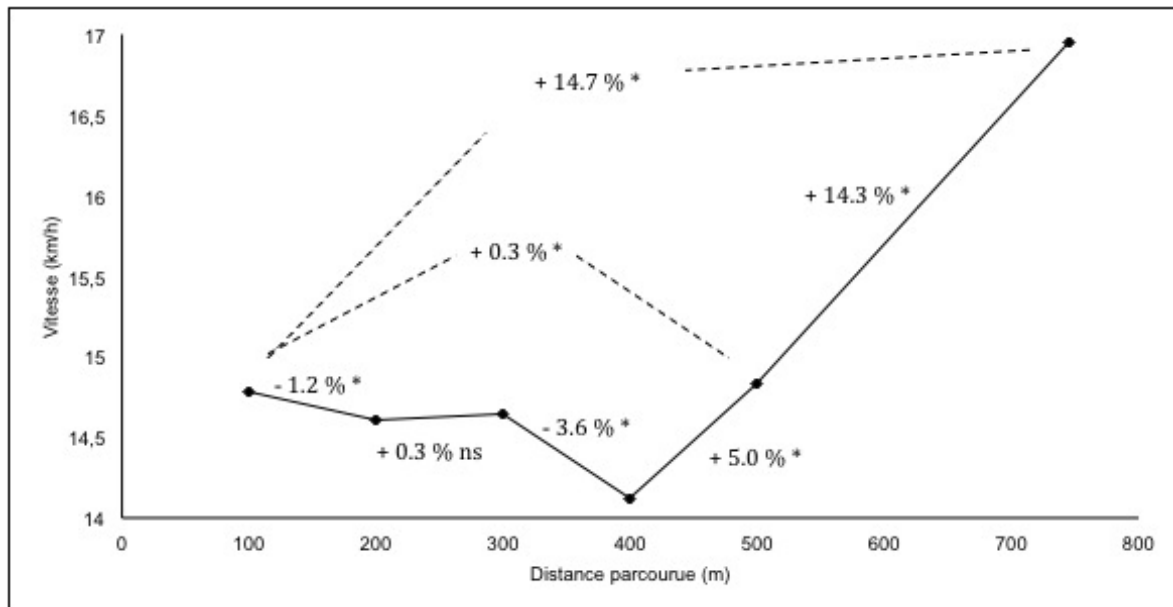
Figure 3 : Évolution de la vitesse lors du Test 1 pour le groupe TEM lorsque l'intensité est librement autorégulée



* Différence significative ($p < 0,05$), NS : Pas de différence significative ($p > 0,05$).

Source : Données personnelles.

Figure 4 : Évolution de la vitesse lors du test 2 pour le groupe TEM lorsque la vitesse est autorégulée



* Différence significative ($p < 0,05$). NS : Pas de différence significative ($p > 0,05$).

Source : Données personnelles.

D. Relations entre le temps et les paramètres émotionnels

Test 1 du groupe RPE : la perception de l'effort (RPE), la charge affective (CA) ainsi que le désir d'arrêter (DA) ont considérablement augmenté entre la première et dernière répétition (1.73 ± 1.37 vs 7.41 ± 2.15 , $p < 0.05$; -4.62 ± 2.70 vs 4.27 ± 2.27 , $p < 0.05$; 1.85 ± 2.50 vs 6.02 ± 3.24 ; respectivement, $p < 0,05$) tandis que la plaisir (P), le désir de continuer (DC) et le niveau de ressources (R) ont significativement diminué durant la course (6.35 ± 3.69 vs 3.14 ± 2.63 , $p < 0.05$; 6.82 ± 3.25 vs 2.89 ± 2.51 , $p < 0.05$; 7.80 ± 2.93 vs 3.17 ± 2.53 ; respectivement, $p < 0.05$).

Test 2 du groupe RPE : la RPE, CA et DA ont significativement augmenté entre la première et la dernière répétition (5.02 ± 1.42 vs 7.87 ± 2.19 , $p < 0.05$; -1.57 ± 2.67 vs 4.59 ± 2.82 , $p < 0.05$; 2.14 ± 2.49 vs 6.15 ± 3.4 , $p < 0.05$) tandis que P, DC et R ont significativement diminué au cours de la course (6.59 ± 3.19 vs 3.28 ± 2.96 , $p < 0.05$; 6.87 ± 3.11 vs 3.19 ± 3.00 ; 8.27 ± 2.06 vs 3.45 ± 2.96 ; respectivement, $p < 0.05$).

Test 1 du groupe TEM : la RPE, CA ainsi que DA ont significativement augmenté entre la première et dernière répétition (1.86 ± 1.57 vs 5.29 ± 2.77 , $p < 0.05$; -6.1 ± 2.57 vs -0.5 ± 2.5 , $p < 0.05$; 0.93 ± 1.54 vs 3.71 ± 2.93 , $p < 0.05$) tandis que P, DC et R ont significativement diminué durant la course (7.96 ± 3.00 vs 5.79 ± 3.30 , $p < 0.05$; 8.59 ± 2.37 vs 5.95 ± 3.23 , $p < 0.05$; 8.79 ± 1.99 vs 5.82 ± 3.16 ; respectivement, $p < 0.05$).

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

Test 2 du groupe TEM : la RPE, CA ainsi que DA ont significativement augmenté entre la première et dernière répétition (1.93 ± 1.62 vs 4.02 ± 2.46 , $p < 0.05$; -6.57 ± 2.20 vs -2.98 ± 2.78 , $p < 0.05$; 0.52 ± 1.08 vs 2.53 ± 2.71 , $p < 0.05$) tandis que P, DC et R ont significativement diminué durant la course (8.50 ± 2.63 vs 7.00 ± 3.04 , $p < 0.05$; 9.29 ± 1.40 vs 7.60 ± 2.66 ; 9.53 ± 1.29 vs 7.38 ± 2.68 ; respectivement ; $p < 0.05$). Chaque paramètre est corrélé avec le temps pour chaque course et chaque groupe (tableau 3).

Tableau 3 : Matrices de corrélation, pente et ordonnées à l'origine de la relation entre le temps de course et les paramètres émotionnels (perception de l'effort : RPE, plaisir : P, charge affective : CA, désir de continuer : DC, désir d'arrêter : DA et ressources nécessaires pour continuer : R)

Analyse	RPE	P	CA	DC	DA	R
Corrélation						
<i>Test 1 groupe RPE</i>	0,70*	-0,36*	0,58*	-0,43*	0,44*	-0,52*
<i>Test 2 groupe RPE</i>	0,47*	-0,32*	0,45*	-0,35*	0,39*	-0,52*
<i>Test 1 groupe TEM</i>	0,50*	-0,29*	0,43*	-0,33*	0,42*	-0,39*
<i>Test 2 groupe TEM</i>	0,34*	-0,22*	0,31*	-0,27*	0,23*	-0,26*
Pente						
<i>Test 1 groupe RPE</i>	0,06	-0,04	0,10	-0,05	0,05	-0,06
<i>Test 2 groupe RPE</i>	0,03**	-0,04	0,06**	-0,04	0,04	-0,05
<i>Test 1 groupe TEM</i>	0,04	-0,03	0,07	-0,03	0,03	-0,04
<i>Test 2 groupe TEM</i>	0,02**	-0,02	0,04**	-0,02	0,02	-0,02
Ordonnée à l'origine						
<i>Test 1 groupe RPE</i>	0,88	7,35	-6,47	7,90	0,93	9,02
<i>Test 2 groupe RPE</i>	4,49**	7,17**	-2,68**	7,59	1,59**	8,94
<i>Test 1 groupe TEM</i>	1,03	8,85	7,81	9,40	0,17	9,56
<i>Test 2 groupe TEM</i>	1,53	9,11**	7,58	9,62	0,04**	9,69

* Corrélation significative. ** différence significative avec le test 1 du même groupe.

Source : Données personnelles.

E. Relation entre la vitesse et les paramètres émotionnels

L'évolution de la vitesse n'est pas corrélée avec l'évolution des paramètres émotionnels pour chaque course et chaque groupe ($p > 0,05$).

III. DISCUSSION

A. Test incrémenté

Les résultats des tests incrémentés montrent que tous les paramètres émotionnels sont corrélés avec l'intensité, bien que les élèves aient été habitués à utiliser les échelles pendant une seule session d'entraînement. Nos résultats mettent en évidence que ces paramètres sont d'un grand intérêt pour objectiver l'apparition de la fatigue.

B. Performance et motivation pendant les courses de 3 minutes

Les résultats du groupe TEM montrent que la performance de la deuxième course de 3 minutes (test 2) est non significativement différente de celle de la première, alors que la réserve émotionnelle est plus importante au cours du test 2. En effet, les niveaux moyens d'effort, de charge affective et de désir d'arrêter sont plus faibles alors que les niveaux moyens de plaisir, de désir de continuer et de ressources sont plus élevés lors de la deuxième course que durant la première. On pourrait spontanément expliquer cela par un effet d'entraînement ou par l'expérience acquise lors de la première course. Cependant, il est important de garder à l'esprit que les élèves étaient invités à réaliser la meilleure performance possible au cours des deux tests. Selon la théorie de Gendolla et Richter (Gendolla et Richter, 2010), les élèves sont confrontés à la fois au fait que suffisamment d'énergie doit être mobilisée pour réaliser l'objectif de performance demandée mais également au fait que suffisamment d'énergie doit être conservée pour réduire la probabilité d'épuisement et de fatigue prématurée. Les résultats mettent en évidence que, lorsque les élèves sont confrontés à cette double contrainte, le paramètre le plus important de la stratégie est la conservation d'énergie.

Les résultats du groupe RPE montrent que, lorsqu'un effort plus important est imposé au début du test 2, une meilleure performance est observée. Dans un premier temps, ce résultat semble évident, mais encore une fois il est nécessaire de garder à l'esprit que les élèves étaient libres de réguler leurs courses comme ils le souhaitaient. Ils auraient ainsi pu faire le choix de diminuer leur niveau d'investissement après le départ à un niveau imposé.

Les résultats montrent aussi que la réserve émotionnelle est plus faible lors du test 2. Si la motivation est définie comme le processus qui détermine la direction et l'intensité du comportement, si par ailleurs les efforts se réfèrent à l'aspect de l'intensité de la motivation (Gendolla et Richter, 2010), on peut considérer que la motivation au cours du test 2 pour le groupe RPE est plus élevée. En effet, le niveau moyen d'effort, de charge affective et de désir d'arrêter sont plus importants au cours du test 2. Selon Locke et Latham (Locke et Latham, 1990), la motivation est moins intense si les sujets accomplissent des tâches trop faciles pour eux ou, à l'inverse, quand la tâche devient trop difficile.

Gendolla et Richter (Gendolla et Richter, 2010) démontrent, quant à eux, que les ressources ne sont mobilisées que si le succès est possible. Pour le groupe RPE, le test 2 réalisé au niveau d'effort moyen déterminé à partir du test 1 n'a apparemment pas dépassé le potentiel de motivation défini comme l'effort maximum qu'une personne est prête à mobiliser pour atteindre l'objectif visé.

C. Stratégies de régulation de l'allure pendant les courses de 3 minutes

Bien qu'il existe un nombre infini de stratégies de régulation de l'allure qu'un athlète peut adopter au long d'une course, quatre catégories ont été décrites par St Clair Gibson *et al.* (St Clair Gibson *et al.*, 2006). La stratégie « *all out* », dans laquelle l'athlète commence à une intensité maximale et tente de la maintenir durant la course, est probablement la stratégie la plus difficile à maîtriser. Elle demande à l'athlète de l'expérience, car la moindre erreur dans le choix de l'intensité dès le début de la course peut induire l'apparition d'une fatigue prématurée et d'une contre-performance.

Cette stratégie semble être la plus efficace pour les épreuves de sprint en cyclisme (Hettinga *et al.*, 2012). En ce qui concerne les épreuves d'athlétisme sur des distances plus longues (4000 m ; 1500 m), la stratégie optimale semblerait être la stratégie d'allure constante. Durant ces courses, les avantages d'un départ à une intensité relativement haute semblerait équilibrer les conséquences négatives d'un profil de vitesse variable.

Les résultats de notre étude montrent que, lors de chaque course et pour chaque groupe, la stratégie observée est celle qui consiste à prendre un départ lent avec une augmentation de la vitesse à la fin de la course. Ceci est principalement expliqué par une augmentation importante de la vitesse entre les 500 m et la fin de la course. Les stratégies choisies par nos élèves novices ne sont donc pas celles d'experts.

Lorsque l'on observe l'évolution de la vitesse entre le début de la course et les 500 m, le facteur commun lorsque l'exercice est totalement autorégulé (tests 1 et 2 pour le groupe TEM, et test 1 pour le groupe RPE) est qu'il existe une gestion d'intensité variable entre le début et les 500 m de course. Lorsqu'un effort plus important est imposé au début de la course (test 2 groupe RPE), l'intensité n'évolue pas de manière significative au cours de cet intervalle. Ceci est intéressant car cette stratégie est connue pour être efficace dans les courses de longue durée (St Clair Gibson *et al.*, 2006). Ainsi, en plus d'augmenter ses performances, le groupe RPE améliore la stratégie de régulation de l'allure durant le test 2. Ceci est d'un grand intérêt chez les élèves débutant dans l'activité.

Mais le fait que la meilleure stratégie sur une durée moyenne de 3 minutes corresponde théoriquement à un démarrage rapide avec une légère diminution de la vitesse jusqu'à la ligne d'arrivée (stratégie « *all out* »), démontre que la prescription d'un niveau d'effort plus important que celui correspondant au niveau moyen de la perception d'effort (RPE) du test 1 serait plus efficace en termes de performances. Le fait qu'une augmentation importante de la vitesse ait été observée entre les 500 m et la fin de la course vient corroborer cette hypothèse puisque « trop » d'énergie a été économisée durant la première partie de course.

D. Stratégies émotionnelles pendant les courses de 3 minutes

Le fait le plus marquant et le plus important de cette étude est que le pattern de régulation émotionnelle semble être le même dans toutes les courses. Il correspond à un niveau quasi maximal de la réserve émotionnelle au début et à un niveau faible à la fin de l'exercice. On peut alors supposer que pendant l'exercice, les élèves comparent leur perception d'effort avec le niveau maximum d'effort qu'ils seraient prêts à mobiliser pour atteindre le but (Ekkekakis *et al.*, 2005). En d'autres termes, la comparaison se ferait entre le niveau de réponse émotionnelle et le niveau consenti d'effort au regard du temps restant de course (Baron *et al.*, 2011).

De plus, les résultats mettent en évidence que l'évolution des paramètres émotionnels en fonction du temps entre le début et la fin de toutes les courses se déroule de façon linéaire pour tous les groupes et toutes les courses (tableaux 3 à 6). Ceci semble être la base la plus importante du processus de régulation émotionnelle lorsque l'on demande aux élèves de réaliser la meilleure performance possible.

Quand l'effort est imposé au début du test 2 pour le groupe RPE, ce pattern émotionnel semble être juste déplacé vers un niveau plus élevé pour la plupart des paramètres émotionnels. Les ordonnées à l'origine des droites de régression entre l'évolution de chaque paramètre émotionnel et la durée de course sont significativement différentes (tableau 8), témoignant d'une implication plus importante au début du test 2. Cependant, la pente de la droite de régression entre l'évolution des paramètres émotionnels et la durée reste inchangée dans le test 2 pour le groupe RPE, sauf pour l'effort et la charge affective qui sont diminués. Pour le groupe TEM, les ordonnées à l'origine ne sont pas significativement différentes entre le test 1 et le test 2, sauf pour le plaisir et désir d'arrêter alors que les pentes sont significativement différentes seulement pour la charge affective et les ressources.

Même si la pente et l'ordonnée à l'origine de la plupart des paramètres émotionnels ne sont pas significativement différentes entre le test 1 et le test 2 pour le groupe TEM et le groupe RPE, l'effort consenti est considéré comme l'intensité de la motivation (Gendolla et Richter, 2010) et reste ainsi le paramètre le plus important de la régulation émotionnelle. Par conséquent, on ne peut pas conclure que le pattern émotionnel reste identique dans ces conditions. Néanmoins, les résultats montrent qu'une « forme globale » du pattern émotionnel correspond à une évolution linéaire des paramètres émotionnels durant les deux courses pour les deux groupes. Ce pattern impliquerait une diminution de la réserve émotionnelle alors que les élèves étaient libres de réguler leurs courses comme ils le souhaitent. De fait, s'il est supposé que chaque individu disposent d'une stratégie de régulation de l'allure optimale personnelle (St Clair Gibson *et al.*, 2006), on peut émettre l'hypothèse que cela est dû au fait que chacun possède un pattern émotionnel global qui reste le même quel que soit le niveau d'implication pour une durée donnée.

Les résultats montrent aussi que l'évolution de la vitesse n'est pas corrélée avec celle des paramètres émotionnels pour chaque course et chaque groupe. Cela semble logique puisqu'il est suggéré que la genèse des émotions à l'origine de la partie consciente du contrôle de l'allure prend probablement plus de temps que les processus physiologiques non conscients (Baron *et al.*, 2011). De ce fait, les processus physiologiques non conscients sont plus efficaces lorsque les ajustements rapides de l'intensité délivrée sont nécessaires, c'est-à-dire lors des courses de courte durée. La partie

consciente du processus de régulation renforce le contrôle non conscient lors d'un exercice prolongé. Ainsi la durée de 3 minutes en condition intermittente semble être insuffisante pour que les réponses émotionnelles modifient l'intensité de façon significative.

∴

Les élèves novices sous-estiment leur capacité à sélectionner une intensité élevée au cours d'un exercice intermittent autorégulé de 3 minutes. Un investissement plus important peut être envisagé sans qu'une apparition de fatigue ni de défaillances physiologiques n'apparaisse. Bien que les programmes d'EPS ainsi que les pratiques de terrains soient souvent orientés vers le développement des ressources physiologiques, cette étude démontre que la performance peut être améliorée différemment. Ainsi, le fait d'imposer une perception d'effort plus importante au début de la course a permis une amélioration de la performance (+ 13,5 %). De plus, alors que de nombreuses séances sont nécessaires pour développer la performance par l'amélioration des capacités physiques, une seule séance a été nécessaire par la méthode proposée. Un travail visant à engager les élèves à prendre conscience du niveau réel d'effort qu'ils peuvent soutenir en fonction de la durée de la course doit être envisagé en EPS.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARON Bertrand *et al.* (2011), « The role of emotions on pacing strategies and performance in middle and long duration sport events », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 45, n° 6, mai, pp. 511-517.

BORG Gunnar *et al.* (1985), « The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer », *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, vol. 54, n° 4, septembre, pp. 343-349.

EKKEKAKIS Panteleimon *et al.* (2005), « Variation and homogeneity in affective responses to physical activity of varying intensities. An alternative perspective on dose-response based on evolutionary considerations », *Journal of Sports Sciences*, vol. 23, n° 5, mai, pp. 477-500.

FOSTER Carl *et al.* (2003), « Pattern of energy expenditure during simulated competition », *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, vol. 35, n° 5, mai, pp. 826-831.

FOSTER Carl *et al.* (2004), « Effect of competitive distance on energy expenditure during simulated competition », *International Journal of Sports Medicine*, vol. 25, n° 3, avril, pp. 198-204.

GENDOLLA Guido et RICHTER Michael (2010), « Effort mobilization when the self is involved : some lessons from the cardiovascular system », *Review of General Psychology*, vol. 14, n° 3, janvier, pp. 212-226.

HERBERT Beat *et al.* (2007), « Interoceptive sensitivity and emotion processing. An EEG study », *International Journal of Psychophysiology*, vol. 65, n° 3, septembre, pp. 214-227.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

HETTINGA Florentina *et al.* (2012), « Relative importance of pacing strategy and mean power output in 1500-m self-paced cycling », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 46, n° 1, janvier, pp. 30-35.

LOCKE Edwin et LATHAM Gary (1990), *A Theory of Goal Setting and Performance*, Manchester, Prentice Hall.

NOAKES Timothy *et al.* (2004), « From catastrophe to complexity. A novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 38, n° 4, août, pp. 511-514.

ST CLAIR GIBSON Alan *et al.* (2006), « The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort », *Sports Medicine*, vol. 36, n° 8, pp. 705-722.

CHAPITRE III

PROCESSUS ET STRATÉGIES DE RÉGULATION DE L'ALLURE EN NATATION CHEZ DES COLLÉGIENS DE SECTION SPORTIVE

Stéphane URIAC*
Mylène BÈGUE*
Bertrand GUILLOUX*
Bertrand BARON**

Abstract

Pacing strategies in school swimmers

Pacing strategy is an important part of performance and adolescence is known to be a suitable period to develop this process. The aim of this study was to observe pacing strategies and emotional regulation in swimming. Ten swimmers aged 13.3 ± 0.9 years old, belonging to a school sports section, have realized 100 m, 200 m, 400 m and 600 m, in random order in a 25 m pool. They were asked to realize the better performance as possible in each condition. The level of perceived exertion (PE) was measured each 25 m (for 100 m) and each 50 m (for other distances). The average time to swim 25 m (for 100 m) and 50 m (for other distances) were measured to observe the evolution of swimming speed for each test. Whereas the speed was decreased with time for shorter distance (100 m and 200 m), it was stable during the second part of the event for longer distance (400 m and 600 m). In each condition, the PE was linearly increased with time but remained submaximal even at the finish. Our hypothesis is that swimmers have controlled their self-involvement in order to avoid premature fatigue. A more important involvement could be suggested to these school pupils in order that performance could be improved by using pacing strategy of expert swimmers.

Key words : Swimming front crawl events on 100 m, 200 m, 400 m, 600 m, College Students, Perceived Exertion, Control Strategy, Émotionnel.

Alors que la capacité à réguler efficacement son allure est un paramètre important de la performance de moyenne à très longue durée, certains auteurs qualifient ce domaine de « *territoire inexploré de la performance* » (Foster *et al.*, 1994). Cela est d'autant plus vrai en éducation physique et sportive alors que cette capacité doit être développée chez les élèves au regard des textes officiels.

* Doctorant en STAPS, Université de la Réunion, Département STAPS, Faculté des Sciences de l'Homme et de l'Environnement.

** Maître de conférences, Université de la Réunion, Département STAPS, Faculté des Sciences de l'Homme et de l'Environnement.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

Il semble donc important d'améliorer les connaissances relatives au processus de régulation de l'allure chez des collégiens et lycéens, afin d'envisager des méthodes visant à son optimisation lors des séances d'EPS. D'une façon générale et chez les adultes, on sait que la capacité à gérer son capital énergétique peut faire la différence entre deux athlètes ayant les mêmes capacités physiques. Pour un même niveau de condition physique, l'athlète qui parviendra à minimiser au mieux la diminution de la puissance externe malgré l'apparition de la fatigue (De Koning *et al.*, 1999) sera celui qui « performera » le mieux. Parallèlement aux caractéristiques physiologiques, cette capacité fait partie intégrante de la performance. Elle permet que l'ensemble des systèmes physiologiques soit régulé de façon complexe afin de prévenir l'apparition d'une « catastrophe » irréversible avant la fin de l'exercice (Noakes *et al.*, 2004). Les ressources anaérobies et aérobie interviennent dans la régulation de la puissance développée (Foster *et al.*, 2003). Selon la durée de l'exercice, les réserves en phosphagènes, en glycogène ou le niveau d'accumulation de métabolites constituent des facteurs physiologiques susceptibles d'influer sur les variations de la puissance de sortie. Selon Baron *et al.* (Baron *et al.*, 2011), c'est par le biais de la régulation du niveau émotionnel durant l'exercice que l'athlète contrôle son niveau de réserves énergétiques.

Cette stratégie de régulation de l'allure est assimilée à un processus complexe pour lequel le cerveau contrôle, à chaque fois, l'intensité de l'exercice (donc la puissance développée) en prenant en considération les réserves physiologiques et psychologiques tout en comparant le temps restant avant l'épuisement estimé en fonction de l'intensité sélectionnée pour la durée (ou la distance) prévue jusqu'à l'arrivée (Baron *et al.*, 2011). Si l'intensité d'exercice est trop élevée pour que l'exercice puisse être maintenu jusqu'à l'arrivée, une diminution des commandes efférentes à destination des muscles actifs réduira la puissance délivrée, par le biais de mécanismes conscients et non conscients (Noakes *et al.*, 2004). L'inverse se produit si l'intensité est trop faible par rapport au niveau de sollicitation possible pour la distance à parcourir.

Ainsi, les athlètes experts seraient capables de stabiliser ou de contrôler la puissance développée en cours d'exercice sur différentes distances ou durées afin d'arriver à terme sans qu'une fatigue catastrophique n'apparaisse. Les sportifs novices, par contre, ne parviennent pas à réguler efficacement leur allure. Lorsqu'un élève n'a aucune expérience, ses représentations de la tâche à accomplir et de ses propres capacités sont imprécises car il n'a aucun élément de comparaison en mémoire sur ce type d'épreuve réalisée précédemment (Baron *et al.*, 2011).

Selon St Clair Gibson *et al.* (St Clair Gibson *et al.*, 2006), quatre stratégies peuvent être identifiées dans la réalisation d'un exercice :

- celle du départ lent avec augmentation progressive de l'intensité au fur et à mesure de la durée de l'exercice ;
- celle de la gestion d'allure constante de l'intensité durant toute la durée de l'exercice ;
- celle de la gestion variable (départ rapide, puis ralentissement et enfin accélération en fin d'exercice) ;

- celle dite « *all-out* », correspondant à un départ rapide puis à une diminution contrôlée de l'intensité développée. Cette dernière stratégie est certainement la plus difficile à maîtriser puisque la moindre surestimation de la vitesse initiale engendre une chute catastrophique de l'intensité en fin de parcours du fait de l'apparition prématurée d'une fatigue. Elle n'est donc observée de façon efficace que chez les sportifs experts. Une étude effectuée lors d'une épreuve de deux heures montre que les nageurs seniors de niveau régional à national ont utilisé spontanément et efficacement cette stratégie quand une performance maximale leur a été demandée (Baron *et al.*, 2005). Cette dernière stratégie semble être la plus efficace pour les épreuves de sprint en cyclisme (Hettinga *et al.*, 2009). En ce qui concerne les distances plus longues (4000 m ; 1500 m), la stratégie optimale semblerait être la stratégie d'allure constante.

Néanmoins, en fonction des représentations et de l'expérience préalable pour un type d'effort, la stratégie employée reste identique pour une même personne, quelle que soit la distance ou la durée d'exercice (St Clair Gibson *et al.*, 2006). Il est donc nécessaire de favoriser l'acquisition du pattern permettant la réalisation du meilleur niveau de performance. Il est supposé que la stratégie de régulation de l'allure personnelle est plus facilement acquise durant l'enfance et l'adolescence en raison de la plasticité neuronale observée durant cette période de la vie (*ibid*). Ensuite, un effort conséquent est nécessaire pour modifier un mauvais pattern acquis durant cette phase. Il est souhaitable de développer la connaissance intéroceptive afin d'améliorer la capacité à réguler son allure en adéquation avec la nature de l'exercice et ses propres capacités psychophysiologiques. Cette nécessité est rappelée dans les textes officiels relatifs à l'EPS : « *Se connaître, se préparer, se préserver par la régulation et la gestion de ses ressources et de son engagement [...], prendre en compte ses potentialités, prendre des décisions adaptées, maîtriser ses émotions* » (*Bulletin officiel spécial n° 6*, 28 août 2008.) Dans un premier temps, il nous semble important de mieux comprendre la façon dont les élèves initiés régulent leur allure afin d'envisager des méthodes d'optimisation de son acquisition chez les novices.

L'objectif de l'étude a consisté à comparer le pattern de régulation de l'allure et le pattern émotionnel sur les différentes distances en natation, chez des collégiens appartenant à une section sportive scolaire.

∴

I. MÉTHODE

Dix élèves appartenant à une section sportive scolaire, option « natation » (2 filles et 8 garçons), âgés de 13.3 ± 0.9 ans, ont participé à l'étude. Celle-ci s'est réalisée en bassin de 25 m.

Les nageurs ont été soumis à quatre tests : 100 m NL (Nage Libre), 200 m NL, 400 m NL, 600 m NL. Le départ s'est fait dans l'eau. Il n'y avait aucune consigne relative à l'allure. Celle-ci était libre. La seule consigne était de réaliser la meilleure performance possible.

L'utilisation d'une échelle de perception de l'effort et du plaisir a été utilisée pour analyser et mesurer la stratégie de régulation des paramètres émotionnels. La Perception de l'Effort (PE) a été

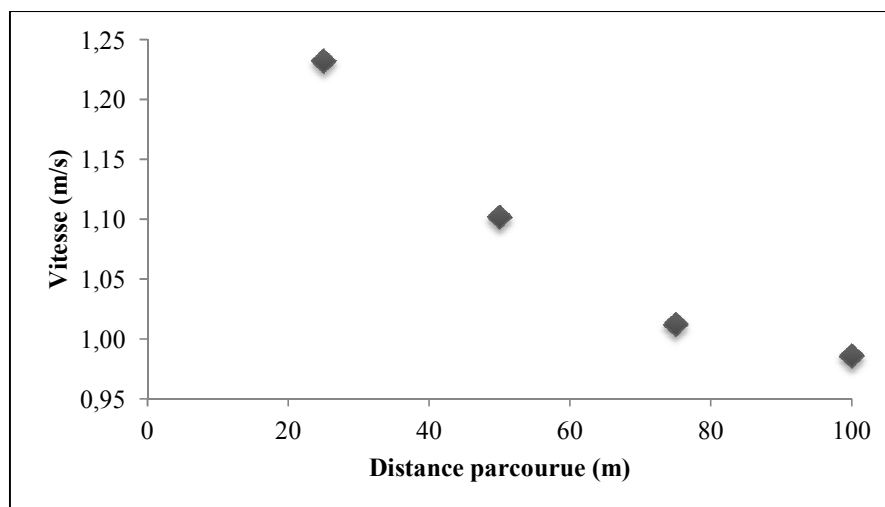
mesurée en s'inspirant de l'échelle de Borg (Borg *et al.*, 1985), qui se compose de 11 états allant de 0 à 10 (de « Rien » à « Maximum »). Cette échelle permet de quantifier un autre paramètre émotionnel : le plaisir. La perception du plaisir s'est également inspirée de l'échelle de Borg se composant de 11 états allant de 0 à 10 (à partir de « Aucun plaisir » jusqu'à « Plaisir Maximum »). Lors du test de 100 m, les nageurs devaient s'arrêter à chaque 25 m pour répondre à un questionnaire mesurant l'effort et le plaisir consenti. Cet arrêt durait deux secondes au maximum pour ne pas influencer la performance. Lors des tests de 200 m, 400 m et 600 m, les nageurs étaient stoppés tous les 50 m pour relever les niveaux de perceptions d'effort et de plaisir. Cet arrêt durait également deux secondes. Les calculs de variance ont été effectués à partir du logiciel « R ». La signification statistique a été fixé à un niveau de $p = 0,05$ pour toutes les analyses.

II. RÉSULTATS

A. Évolution de la vitesse sur les épreuves du 100 m NL, 200 m NL, 400 m NL, 600 m NL (fig. 1 à 4)

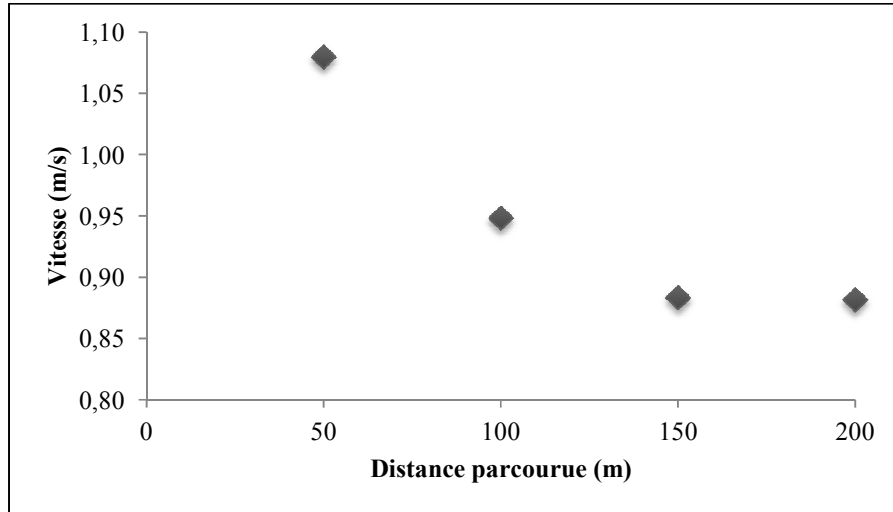
Les vitesses moyennes aux 50 m ont été relevées ainsi que la pente de la droite symbolisant l'évolution de la vitesse.

Figure 1 : Évolution de la vitesse en fonction de la distance (100 m NL)



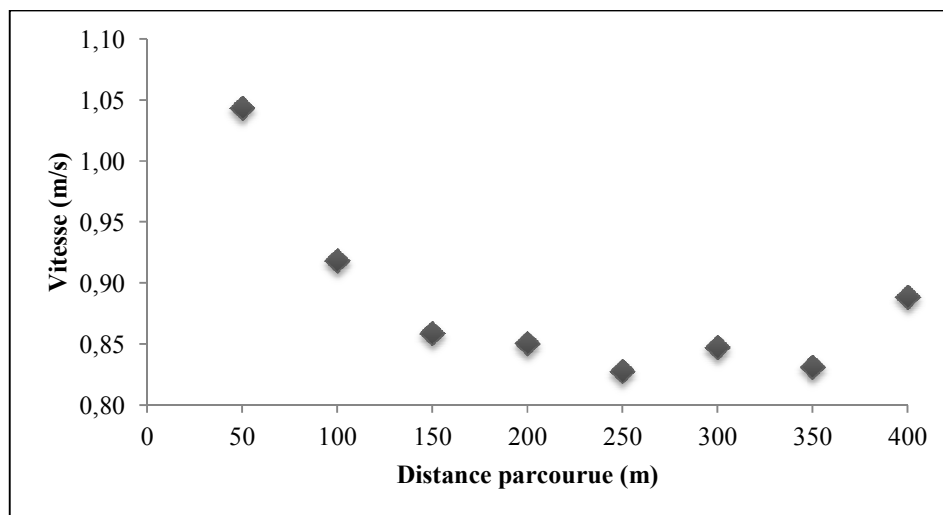
Source : Données personnelles.

Figure 2 : Évolution de la vitesse en fonction de la distance (200 m NL)



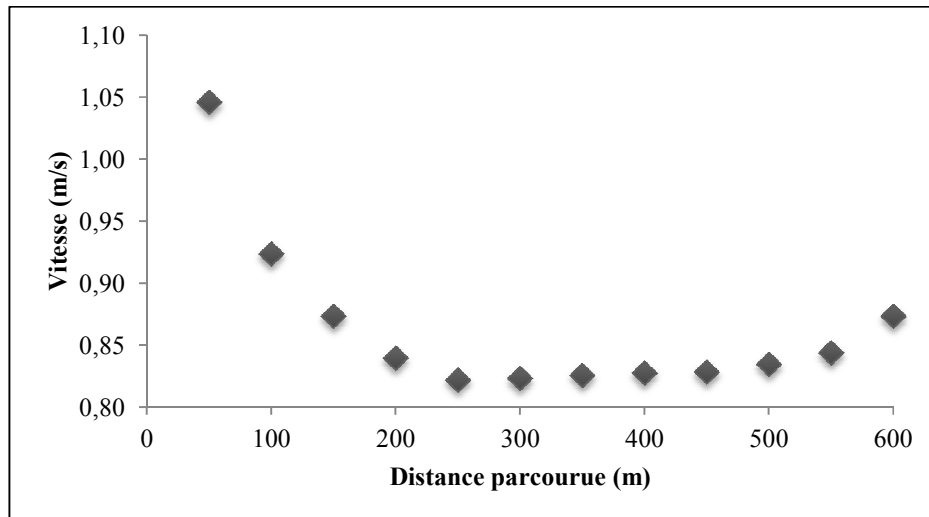
Source : Données personnelles.

Figure 3 : Évolution de la vitesse en fonction de la distance (400 m NL)



Source : Données personnelles.

Figure 4 : Évolution de la vitesse en fonction de la distance (600 m NL)



Source : Données personnelles.

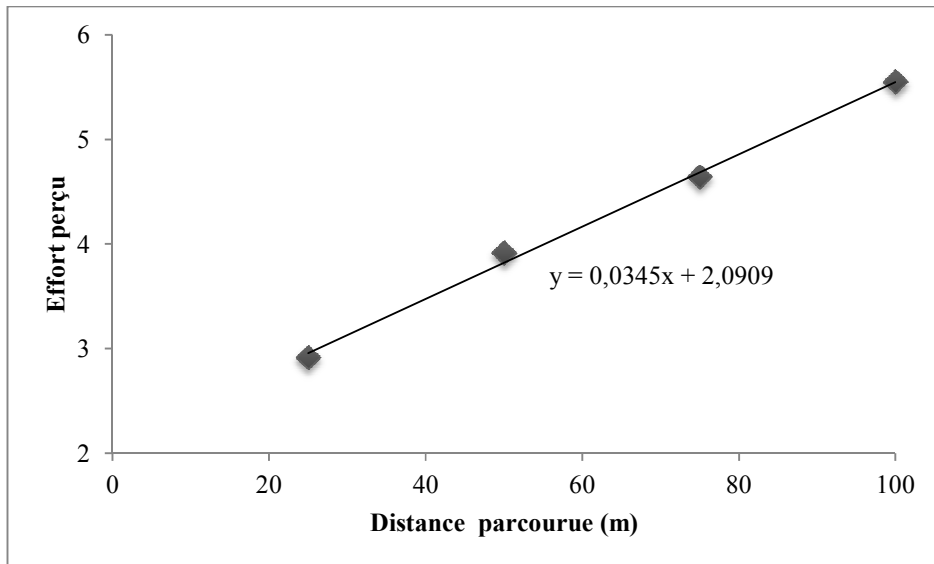
Pour les distances de 200 m, 400 m et 600 m, il semble que l'évolution de la vitesse de nage se déroule en deux phases : une première phase de diminution rapide jusqu'à 150 m, une deuxième phase de stabilisation de la vitesse accompagnée d'une légère augmentation dans la fin du parcours. Durant la première phase, les résultats montrent que la vitesse diminue de façon linéaire du départ jusqu'à 150 m ($p < 0.05$).

L'ANOVA montre qu'il n'existe pas de différence significative de la pente de diminution de la vitesse pour les 200 m, 400 m et 600 m ($-0,1 \pm 0,05$; $-0,09 \pm 0,03$; $-0,08 \pm 0,03$; respectivement, $p > 0.05$). De même, il n'existe pas de différence significative de l'ordonnée à l'origine de la vitesse pour les 200 m, 400 m et 600 m ($1,09 \pm 0,19$; $0,95 \pm 0,13$; $0,92 \pm 0,15$; respectivement, $p > 0,05$).

L'effort perçu augmente de manière significative et linéaire sur les distances de 100 m, 200 m, 400 m et 600 m ($p < 0,05$). L'ANOVA révèle un effet distance sur la pente d'évolution de l'effort en fonction du temps (plus la distance de nage est importante, moins la perception d'effort augmente rapidement) et sur l'ordonnée à l'origine (plus la distance de nage est importante, plus l'ordonnée à l'origine l'est aussi).

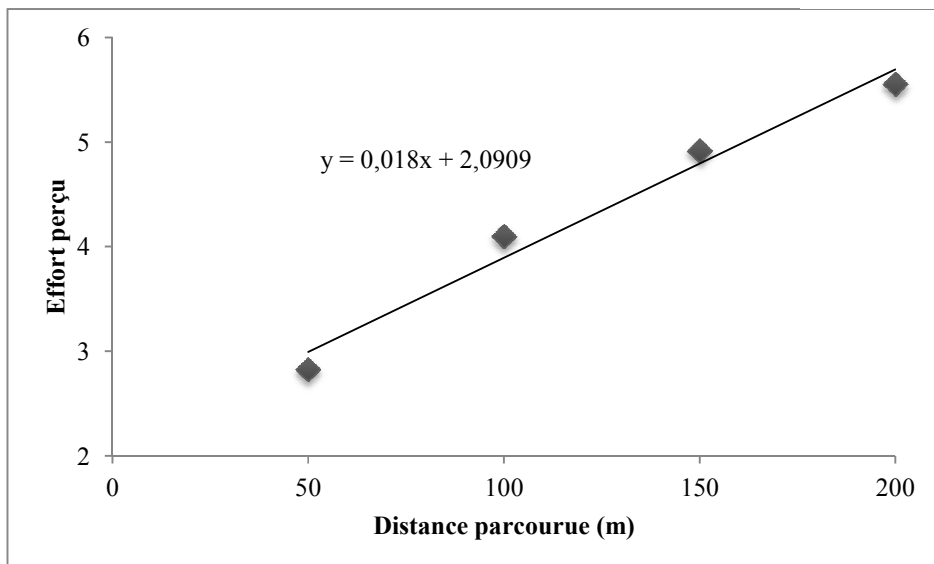
B. Évolution de la perception d'effort en fonction de distances (fig. 5 à 8)

Figure 5 : Évolution de l'effort moyen en fonction de la distance (100 m NL)



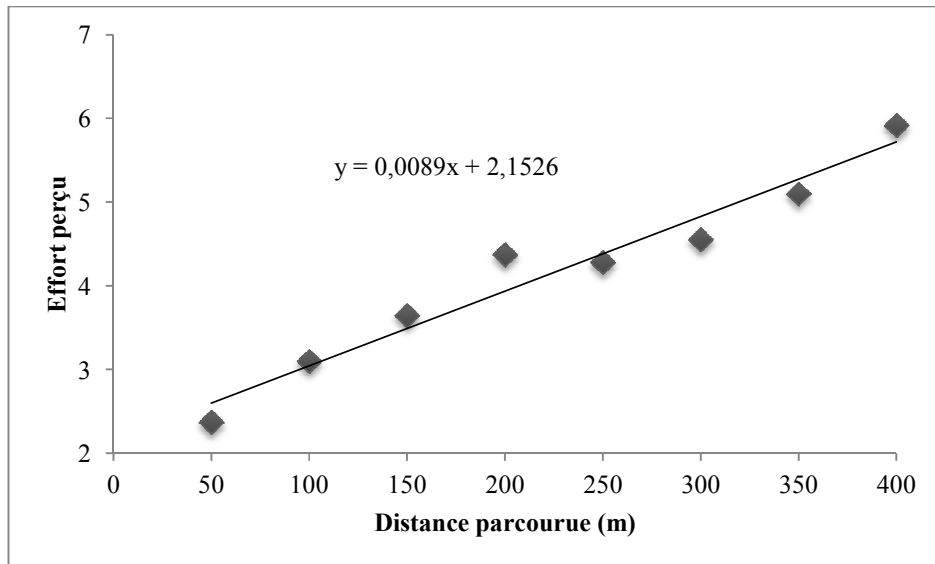
Source : Données personnelles.

Figure 6 : Évolution de l'effort moyen en fonction de la distance (200 m NL)



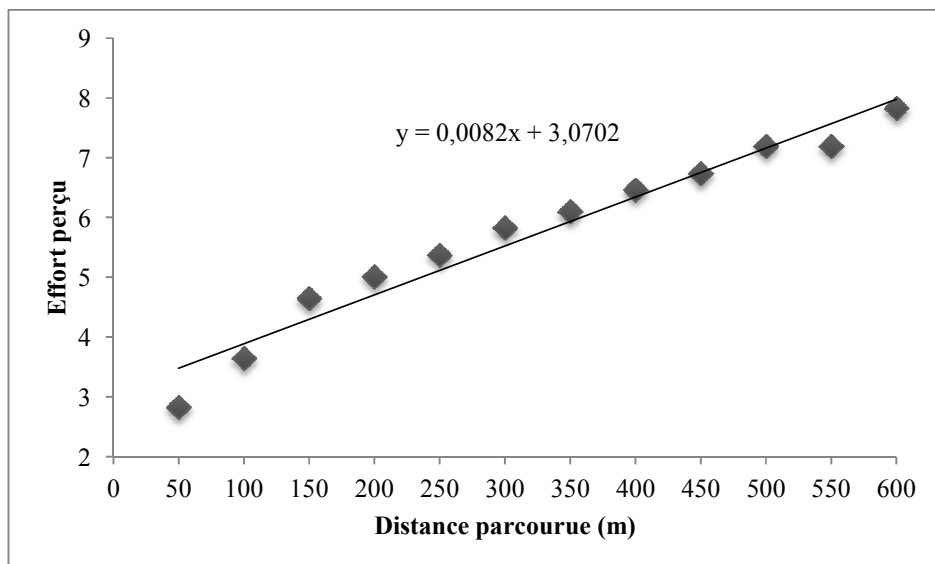
Source : Données personnelles.

Figure 7 : Évolution de l'effort moyen en fonction de la distance (400 m NL)



Source : Données personnelles.

Figure 8 : Évolution de l'effort moyen en fonction de la distance (600 m NL)



Sources : Données personnelles.

III. DISCUSSION

Lors de la réalisation des différentes distances de nages, on peut observer une diminution de la vitesse entre le départ et la fin du parcours, témoignant de l'apparition d'une fatigue à l'exercice (Edwards, 1983). Si la vitesse diminue de façon linéaire du début à la fin du parcours sur le 100 m, durant les autres distances de nages, la stratégie utilisée spontanément par les nageurs correspond à une diminution rapide de la vitesse jusqu'aux 150 premiers mètres, puis à une stabilisation de la vitesse suivie d'une légère augmentation en fin de parcours. Cela semble confirmer l'hypothèse de St Clair Gibson *et al.*, selon laquelle la stratégie employée reste identique pour une même personne, quelle que soit la distance ou la durée d'exercice (St Clair Gibson *et al.*, 2006).

La diminution rapide de la vitesse jusqu'aux 150 m peut être reliée à la diminution des réserves anaérobies. Le fait que les relations entre la distance et l'évolution de la vitesse ne soient pas significativement différentes est en faveur de l'hypothèse selon laquelle l'utilisation de ces réserves semble être identique sur les distances de 200 m, 400 m, 600 m. Au-delà de 150 m, la vitesse de nage est inférieure à la vitesse de nage de départ car elle se fait avec l'utilisation des réserves aérobies. Le fait que cette vitesse se stabilise ne permet pas de classer la stratégie utilisée par les nageurs de section sportive parmi la stratégie « *all-out* » qui aurait certainement été utilisée par un groupe de niveau plus élevé. Elle en est déjà néanmoins plus proche que pour un groupe inexpérimenté ainsi que le montrent les résultats obtenus lors de courses de 3 min chez des élèves novices dans l'étude de Guilloux *et al.* dans cet ouvrage. Nos résultats témoignent du fait qu'il serait intéressant de faire prendre conscience à nos nageurs qu'un engagement émotionnel plus important peut être supporté pour les distances nagées.

L'hypothèse de Gendolla et Richter (Gendolla et Richter, 2010) est que tout comportement est guidé par un principe de conservation d'énergie. Selon ce principe, l'athlète s'organiserait de façon à mobiliser l'énergie suffisante pour faire face aux contraintes de la tâche pour un objectif visé, tout en conservant suffisamment d'énergie pour réduire les probabilités d'épuisement et de fatigue avant l'atteinte du but. Alors que nos nageurs avaient pour objectif de réaliser la meilleure performance possible, ce principe de conservation d'énergie est vérifié chez nos nageurs de section sportive, même si cette tendance est moins vraie chez des novices.

Alors que les nageurs étaient libres de se réguler selon leur propre volonté durant toutes les distances de nages, il est intéressant de noter qu'ils ont spontanément adopté la stratégie émotionnelle qui consiste à laisser leur perception de l'effort d'un niveau faible vers un niveau important au fil du temps. Le fait que cette évolution se fasse de façon linéaire semble d'ailleurs être une constante, quelles que soient les distances nagées. Durant chaque test, les nageurs ont d'ailleurs contrôlé leur engagement physique afin qu'une réserve motivationnelle soit conservée à la fin de l'épreuve conformément aux hypothèses préalablement posées (Baron *et al.*, 2011).

Il est à noter que si la perception de l'effort augmente de façon croissante et corrélée avec l'intensité lors d'un exercice incrémenté, ce n'est pas le cas lors d'exercices autorégulés ou réalisés à intensités constantes jusqu'à épuisement. Nos résultats par exemple montrent que la vitesse se stabilise dans la deuxième partie de parcours au cours des 400 m et 600 m, alors que la perception de l'effort augmente.

Dans les cas où l'engagement émotionnel est maximal, l'apparition de la fatigue entraîne même une diminution de la vitesse alors que la perception de l'effort augmente. C'est ce que l'on observe en compétition chez les experts. Dans ces conditions, l'allure choisie est telle qu'une augmentation de l'effort consenti ne suffit pas pour maintenir la vitesse. La vitesse diminue alors progressivement, on est dans le cas de la stratégie « *all-out* » décrite en amont (St Clair Gibson *et al.*, 2006). Dans le cas de notre étude, les résultats montrent que les scolaires de section sportive ont contrôlé l'augmentation de l'effort consenti afin d'éviter la survenue d'une fatigue prématurée. L'effort augmente alors durant l'épreuve sous l'effet de la fatigue, mais de façon volontairement modérée, de sorte que la vitesse se stabilise plutôt que de diminuer dans la deuxième partie du parcours sur les distances les plus longues. Ainsi, c'est en contrôlant son niveau d'investissement que le nageur parvient à contrôler son niveau de réserves énergétiques (Baron *et al.*, 2011). Par ailleurs, le fait que l'effort perçu à la fin de l'épreuve est d'autant plus élevé que la distance nagée est importante est en faveur du fait que l'effort augmente en fonction de la diminution des réserves aérobies. Alors qu'il semble difficile de définir la motivation avec précision, certains auteurs proposent simplement que les efforts se réfèrent à l'aspect de l'intensité de la motivation (Gendolla et Richter, 2010). En observant l'effort consenti par les nageurs, c'est bien leur niveau de motivation qui est étudié. Si on s'appuie sur l'hypothèse de Locke et Latham (Locke et Latham, 1990) selon laquelle la motivation est moins intense si les sujets accomplissent des tâches trop faciles pour eux ou à l'inverse quand la tâche devient trop difficile, nos résultats montrent que les distances proposées à nos nageurs sont restées dans des zones de difficulté raisonnables et compatibles avec une réussite espérée. En effet, Gendolla et Richter (Gendolla et Richter, 2010) démontrent que les ressources ne sont mobilisées que si le succès est possible, et que c'est à cette condition que l'effort consenti est proportionnel à la difficulté de la tâche.

L'analyse statistique de notre étude montre que plus la distance de nage est importante, plus l'ordonnée à l'origine de la relation entre l'évolution de l'effort en fonction du temps est importante. Ce résultat suggère que les distances les plus longues sont considérées comme les plus difficiles par nos nageurs selon le modèle de Gendolla et Richter. Les niveaux d'efforts perçus en fin de parcours sont d'autant moins élevés que la distance nagée est courte. Cela corrobore le fait qu'il serait intéressant de faire prendre conscience à nos nageurs qu'un engagement émotionnel plus important peut être supporté pour les plus courtes distances nagées.

∴

Nos résultats font valoir qu'en contrôlant l'évolution de leur RPE (niveau de départ choisi en fonction des distances de course et durant l'épreuve), les nageurs contrôlent leur niveau de ressources physiologiques (Baron *et al.*, 2011). En procédant de cette façon, les nageurs de la présente étude conservent une réserve émotionnelle suffisante pour mener à terme leur course sans qu'une chute de la vitesse soit atteinte de façon catastrophique. Durant la course, et à partir de 150 m parcourus, les élèves stabilisent leur allure en comparant l'effort perçu avec l'investissement qu'ils sont prêts à consentir pour terminer la course. Plus la distance est courte, plus ils ont sous-évalué leur capacité à maintenir une intensité élevée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARON Bertrand *et al.* (2005), « Self selected speed and maximal lactate steady state speed in swimming », *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, vol. 45, n° 1, mars, pp. 1-6.

BARON Bertrand *et al.* (2011), « The role of emotions on pacing strategies and performance in middle and long duration sport events », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 45, n° 6, mai, pp. 511-517.

BORG Gunnar *et al.* (1985). « The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer », *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, vol. 54, n° 4, avril, pp. 343-349.

FOSTER Carl *et al.* (1994), « Pacing strategy and athletic performance », *Sports Medicine*, vol. 17, n° 2, février, pp. 77-85.

FOSTER Carl *et al.* (2003). « Pattern of energy expenditure during simulated competition », *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, vol. 35, n° 5, mai, pp. 826-831.

GENDOLLA Guido et RICHTER Michael (2010), « Effort mobilization when the self is involved. Some lessons from the cardiovascular system », *Review of General Psychology*, vol. 14, n° 3, juin, pp. 212-226.

HETTINGA Florentina *et al.* (2012), « Relative importance of pacing strategy and mean power output in 1500-m self-paced cycling », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 46, n° 1, janvier, pp. 30-35.

LOCKE Edwin et LATHAM Gary (1990), *A Theory of Goal Setting and Performance*, Manchester, Prentice Hall.

NOAKES Timothy *et al.* (2004), « From catastrophe to complexity : a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 38, n° 4, août, pp. 511-514.

ST CLAIR GIBSON Alan *et al.* (2006), « The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort », *Sports Medicine*, vol. 36, n° 8, septembre, pp. 705-722.

DEUXIÈME PARTIE

**PERCEPTION DE L'EFFORT, CHARGE AFFECTIVE ET
PERFORMANCE SPORTIVE**

CHAPITRE IV

UTILISER LES PERCEPTIONS DE L'EFFORT ET DU PLAISIR POUR OPTIMISER LA PERFORMANCE DE MOYENNE À TRÈS LONGUE DURÉE

Bertrand BARON*

Abstract

The role of effort and pleasure in performance during middle to ultra-endurance

Among the factors that influence performance in long events, aerobic endurance is closely linked to the process of fatigue and is well studied. But whilst it is understood that the athlete's physiological state makes an important contribution to this process, there has been much less interest in the contribution that the athlete's emotional status makes. Whereas physiological paradigm of fatigue is the most used, other model as 'central governor' could be envisaged in order to improve training methods. The aim of this review was to evaluate the literature about fatigue and perceptual responses during exercise in order to propose a complex model interpretation of fatigue and pacing strategy which may be a critical factor determining success in middle and long duration sporting competitions. The role of unconscious/physiological and conscious/emotional mechanisms of control is presented. Finally, novel perspectives to maximize performance and to avoid overtraining are proposed by paying attention to the emotional state in training process, especially effort and pleasure. We suggest that these parameters are of great importance in the process of pacing strategy and that training should be envisaged as a mental education.

Key words : Pacing Strategies, Emotional State, Effort, Pleasure

Parmi les facteurs qui influencent la performance dans les épreuves de longue durée, on retient principalement la consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}), l'économie de locomotion, la cinétique de VO_2 et le pourcentage maximal d'utilisation de VO_{2max} pouvant être maintenu le plus longtemps possible à une intensité sous-maximale (Bosquet *et al.*, 2002). Cette dernière notion correspond à la notion d'endurance aérobie. S'intéresser à l'endurance et à la performance de moyenne à très longue durée revient donc à s'intéresser de très près à la fatigue. Pour le sportif, lutter contre l'apparition de cette fatigue a un prix : consentir à supporter un certain niveau d'effort. L'effort est, en effet, indissociable de la performance sportive. Il peut être défini comme un engagement volontaire de l'individu, qui mobilise ses forces afin de poursuivre l'exercice entrepris (Delignières, 2012). On utilise

*Maitre de conférences HDR, Université de la Réunion, Département STAPS, Faculté des Sciences de l'Homme et de l'Environnement

le terme d'effort lorsqu'une composante psychologique s'ajoute à la composante physiologique de l'exercice musculaire. Quel entraîneur ou quel sportif prétendrait que cette composante psychologique ne fait pas partie intégrante de la performance ? Aucun, c'est évident. Et pourtant, aussi surprenant que cela puisse paraître, du côté des scientifiques, les modèles utilisés ne l'intègrent pas nécessairement.

∴

I. LES MODÈLES SCIENTIFIQUES DE COMPRÉHENSION DE LA FATIGUE

A. Les premiers travaux sur la fatigue au cours d'exercices physiques

Les premiers écrits portant réellement sur la fatigue au cours de l'exercice datent de 1888. Ils proviennent d'un médecin physiologiste français, Fernand Lagrange (1846-1909), dans son ouvrage *Physiologie des exercices du corps* (Lagrange, 1888). La fatigue est envisagée comme un phénomène général, un processus physiologique associé à une sensation faisant intervenir le cerveau comme organe décisionnel important, un régulateur permettant de préserver l'organisme de tout désordre catastrophique engendré par un exercice mené jusqu'à l'épuisement total de ses réserves physiologiques. La volonté est identifiée comme un facteur déterminant de la poursuite de l'exercice.

B. La naissance du paradigme « catastrophe » de la fatigue

Rapidement, les avancées technologiques vont permettre d'appréhender les mécanismes locaux de façon plus précise. Les travaux du début du XX^e siècle (Fletcher, 1907 ; Hill, 1924) imposent la théorie selon laquelle l'arrêt de l'exercice survient à la suite d'une atteinte « catastrophique » des limites cellulaires. Les résultats expérimentaux obtenus au cours d'exercices réalisés à des intensités importantes sont en adéquation avec ce paradigme physiologique, par exemple lorsqu'on observe les mécanismes d'apparition de la fatigue à environ 85 % de VO_{2max} (Baron *et al.*, 2005).

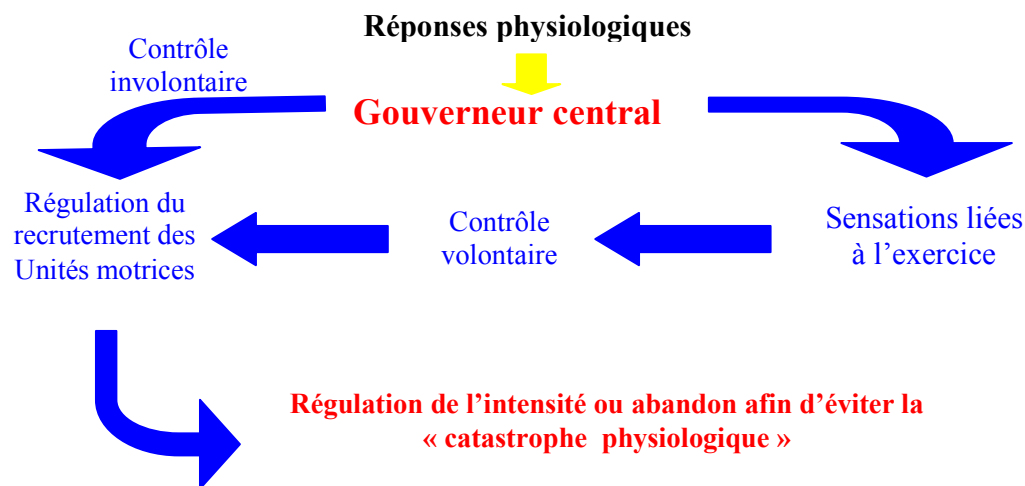
De nombreuses observations expérimentales relatives à d'autres domaines scientifiques qui auraient potentiellement pu être utiles à la compréhension de la fatigue, notamment la psychologie du sport, ont de ce fait été ignorées dans les modèles proposés. Cela explique que ces modèles semblent difficilement répondre aux attentes des entraîneurs. On peut désormais dénombrer différents modèles explicatifs de la fatigue au cours d'exercices de longue durée (Abbiss et Laursen, 2005) faisant suite aux travaux du début du XX^e siècle, tels que les modèles d'anaérobiose, de déplétion énergétique, de fatigue neuromusculaire ou de thermorégulation. Tous ces modèles ont en commun de s'appuyer sur le paradigme physiologique « catastrophe ». La diminution de la performance y est expliquée par l'atteinte des limites adaptatives des différents systèmes physiologiques étudiés. Cela n'est pas sans conséquences sur les méthodes d'entraînement sportif puisque celles-ci s'appuient sur ces modèles. Même si les entraîneurs et les sportifs savent à quel point le « mental » est important dans la performance, aucun modèle scientifique ne permet une prise en charge intégrative, de nature psychophysiologique. L'entraînement vise alors à améliorer les capacités de l'organisme à répondre favorablement à un stress physiologique le plus intense possible. Une partie de préparation mentale est ajoutée mais de façon dissociée et indépendante. Une approche plus globale du sportif, au minimum

dans sa sphère psychophysique, permettrait d'envisager les effets physiologiques et psychologiques en même temps, afin de moduler la charge d'entraînement de façon plus adéquate.

C. Vers une approche généraliste des mécanismes de la fatigue

Un modèle propose une approche totalement différente puisqu'il prend en considération les connaissances relatives à la perception de l'effort développées par les psychologues du sport depuis les travaux de Skinner au début des années 1970 (Skinner *et al.*, 1973 *a*, 1973 *b*) et non uniquement les aspects physiologiques de la fatigue. Il s'agit du modèle du gouverneur central (MGC) (Lambert *et al.*, 2005 ; Noakes et St Clair Gibson, 2004 ; Noakes *et al.*, 2004 et 2005). Selon ces auteurs, il n'y a aucune évidence scientifique qu'une catastrophe physiologique ou qu'un épuisement complet des réserves énergétiques survienne au cours d'un exercice exhaustif (Noakes et St Clair Gibson, 2004). En effet, lorsque l'on observe les réponses physiologiques au cours d'un exercice réalisé à environ 75 % de VO_{2max} , une réserve physiologique persiste au moment de l'arrêt qui correspond plus à un abandon qu'à une réelle « catastrophe » physiologique (Baron *et al.*, 2008). La puissance musculaire serait continuellement régulée de façon non consciente durant l'exercice par le biais d'une modulation du nombre d'unités motrices recrutées (Noakes *et al.*, 2004) (fig. 1). Une part consciente de régulation de l'intensité est également identifiée dans ce modèle complexe (Lambert *et al.*, 2005 ; Noakes *et al.*, 2004 et 2005). Quand l'exercice est poursuivi au-delà de l'apparition de la fatigue, l'augmentation de la perception de l'effort (PE) réduirait progressivement le désir de poursuivre l'exercice, du moins à une intensité aussi élevée.

Figure 1 : Mécanismes non conscients et conscients de régulation de l'intensité et d'abandon d'après le modèle du gouverneur central



Source : Données personnelles.

C'est la vision généraliste de ce modèle explicatif de la fatigue qui est séduisante. Elle est en tout cas plus appropriée et utile pour le sportif et l'entraîneur. Mais l'approche généraliste remise au goût du jour par ce modèle doit permettre d'aller plus loin dans la compréhension des mécanismes de la

fatigue à l'exercice. D'autres paramètres psychologiques doivent pouvoir être ajoutés pour rendre compte de la réalité sportive de façon plus précise.

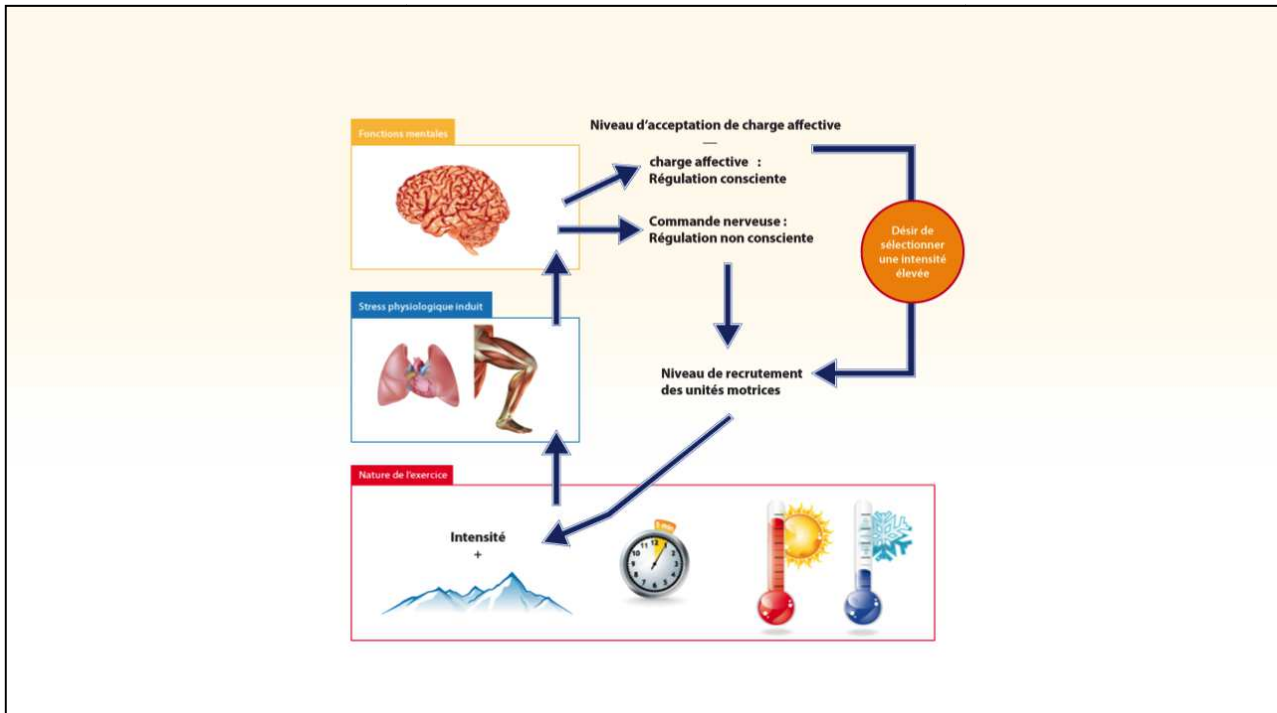
La Société française de Médecine de l'Exercice et du Sport propose, par exemple, un questionnaire de 54 items permettant de dépister le surentraînement. La Fédération française d'athlétisme retient, quant à elle, seulement 30 items afin de diminuer la durée nécessaire pour que l'athlète réponde au questionnaire. Ces outils permettent de vérifier l'apparition de différents signes liés à l'apparition du surentraînement et à une fatigue importante. Mais le reproche que l'on peut faire est que les réponses sont binaires : l'athlète doit répondre par « oui » ou par « non » à chaque question. De plus, on peut craindre que ces questionnaires ne permettent de poser le diagnostic de surentraînement que lorsque celui-ci est déjà installé. Ils ne semblent donc pas véritablement adaptés pour éviter son apparition. Des questionnaires plus rapides et permettant un dépistage plus précoce doivent être proposés, notamment en utilisant des échelles de « Likert » permettant une quantification du niveau d'affectation du sportif.

Le premier paramètre qui semble important est le plaisir éprouvé pendant l'activité. Un sportif « subissant » un effort important mais éprouvant parallèlement un plaisir important ne va pas réagir de la même façon que s'il n'éprouve aucun plaisir. Afin de prendre en compte les émotions de valences négatives et positives, la détermination d'une « charge affective » (CA) peut être proposée. Elle est définie comme étant la différence entre l'effort et le plaisir perçus (Baron *et al.*, 2011). Afin de prendre en considération la motivation, nous avons proposé de définir un autre paramètre : le niveau d'acceptation de CA. Afin de modéliser le rôle du plaisir dans la performance, l'approche qui nous a semblé la plus intéressante consistait à comprendre la façon dont nous réglions l'allure au cours des activités de moyenne à très longue durée.

Dès que la durée de l'exercice interdit que celui-ci puisse être réalisé à une intensité maximale, la capacité de régulation de l'allure devient un facteur primordial de la performance (De Koning *et al.*, 2005 ; Foster *et al.*, 1994 ; Hettinga *et al.*, 2007 ; Van Ingen Schenau et Cavanagh, 1990). Cette capacité peut faire la différence entre les sportifs ayant les mêmes ressources énergétiques. Le processus de régulation de l'allure peut être défini comme l'ensemble des mécanismes permettant de contrôler le niveau de dépense énergétique (De Koning *et al.*, 1999; Foster *et al.*, 1993 et 1994). Le processus de régulation de la puissance peut ainsi être envisagé comme une négociation interne entre le niveau des perceptions associées à l'exercice à un instant donné et le niveau attendu de fatigue (Foster *et al.*, 2004).

Selon le modèle proposé récemment (Baron *et al.*, 2011), le désir de sélectionner une intensité plus ou moins élevée à un moment de l'exercice dépend ainsi de la différence entre le niveau d'acceptation de CA pour une durée donnée et le niveau de cette CA à ce moment (fig. 2). En comparant le niveau de CA imposé par la puissance sélectionnée et la durée d'effort à effectuer, le sportif parvient ainsi à moduler la puissance de la façon la plus adaptée à ses capacités.

Figure 2 : Mécanismes d'interrelation entre la nature de l'exercice, les réponses physiologiques, le gouverneur central et les fonctions mentales supérieures dans le processus complexe de régulation de l'allure



Source : Baron et Pelayo, 2013.

D. APPLICATIONS AU DOMAINE DE L'ENTRAÎNEMENT

A. Application à la régulation de l'allure

Alors qu'elle est reconnue pour être un facteur important de la performance, aucune méthode d'entraînement ne vise pourtant à améliorer la capacité de régulation de l'allure qu'on laisse s'acquérir « d'elle-même » au cours de l'expérience du sportif (Buckley *et al.*, 2004; Eston et Williams, 1988 ; St Clair Gibson *et al.*, 2006). Cette capacité se développe par la mise en place d'un « patron » d'intensité que le sportif est capable de soutenir pour une durée d'exercice donnée. L'enfance semble être la phase durant laquelle le sportif acquiert principalement ces stratégies (St Clair Gibson *et al.*, 2006). Si elles s'avèrent être non optimales et qu'elles doivent être améliorées, cela nécessite beaucoup de temps et d'effort (St Clair Gibson et Foster, 2007). Il semble donc intéressant d'améliorer l'apprentissage de ces « patrons » par un travail spécifique durant cette phase, principalement en développant la connaissance intéroceptive du sportif.

B. Quantification de la charge d'entraînement et prévention du surentraînement

Les sportifs et entraîneurs savent à quel point il est difficile d'imposer la charge d'entraînement en parfaite adéquation avec les réponses du sportif. Les scientifiques se sont attelés à mettre en place différentes méthodes pour dépister et, si possible, prévenir la survenue du syndrome de surentraînement. Malheureusement, malgré l'utilisation de méthodes parfois sophistiquées comme la mesure des marqueurs neuroendocriniens, les sportifs et entraîneurs ne peuvent souvent déceler le surentraînement qu'une fois la performance affectée (Budgett, 1998).

La méthode reconnue pour être la plus sensible et permettant de dépister le surentraînement le plus précocement est celle qui consiste à multiplier la perception de l'effort durant la séance d'entraînement par la durée de la séance (Foster, 1998). Cela s'explique certainement par le fait que les systèmes physiologiques sont plus robustes et sont affectés plus tardivement que les modifications de la perception de l'effort parallèlement observées (Budgett *et al.*, 2000).

Mais les autres paramètres subjectifs tels que le plaisir et la motivation peuvent également être affectés. C'est pourquoi les questionnaires de dépistage de surentraînement, tels que celui de la Société française de médecine du sport, ciblent ces paramètres. La quantification de la CA et de l'envie de sélectionner une intensité plus ou moins élevée durant l'exercice par l'intermédiaire d'échelles adaptées (Baron *et al.*, 2011) doit être également conseillée afin d'améliorer la sensibilité du dépistage.

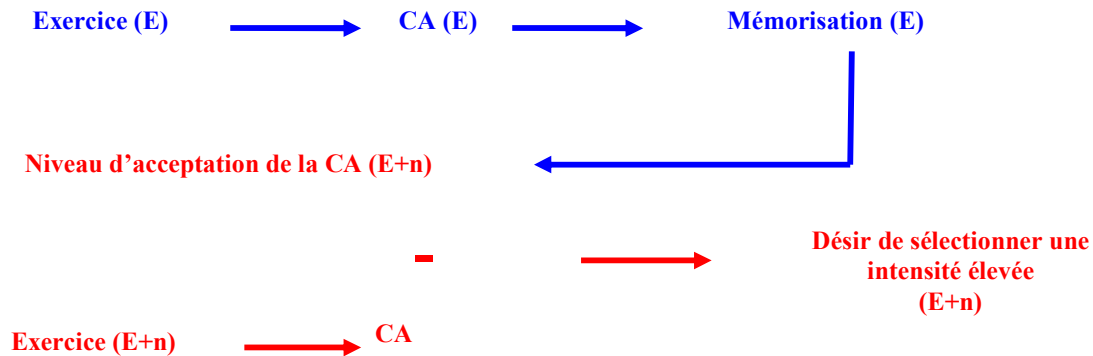
C. Planification de l'entraînement

Puisque la majorité des connaissances sur la fatigue et les réponses à l'exercice proviennent de la physiologie, l'augmentation de la performance est recherchée par le biais d'une amélioration des réponses physiologiques. Mais si les réponses physiologiques et perceptives influencent le choix de l'intensité et donc la performance (Baron *et al.*, 2011), l'entraînement doit être psychologiquement adapté en plus d'être physiologiquement efficace.

En fait, puisque le cerveau a une part importante dans la régulation de l'allure et dans la performance, la planification de l'entraînement doit être envisagée également comme une « *éducation mentale* » et non comme ayant pour unique objectif d'améliorer les réponses physiologiques. De la même manière que l'entraînement est planifié afin d'améliorer la résistance à un stress physiologique plus important, il doit l'être également afin qu'une CA plus importante puisse être acceptée par le sportif. Les mêmes grands principes généraux de progressivité, de régularité et d'alternance de charge utilisés afin d'améliorer les réponses physiologiques, peuvent être préconisés pour augmenter la tolérance à une CA importante et ainsi espérer une performance optimale.

Mais des entraînements à des faibles CA doivent également être prescrits afin de restaurer cette tolérance sous peine de démotivation importante et de surentraînement. En effet, la CA des exercices précédents influence le niveau d'acceptation de la CA de l'exercice suivant (Baron *et al.*, 2011) (figure 3). Si cette influence peut être positive, elle peut aussi être négative. Cela dépend des ressources motivationnelles sollicitées durant l'exercice, c'est-à-dire de la différence entre le niveau d'acceptation de la CA et la CA imposée par la séance d'entraînement.

Figure 3 : Influence des émotions mémorisées durant l'exercice (E) sur le niveau d'acceptation de la charge affective (CA) au cours des exercices suivants (E + n)



Source : Baron *et al.*, 2011.

Si un nombre trop important de séances correspond à une CA trop proche du niveau d'acceptation de CA, un surentraînement risque d'être induit. Si l'entraîneur n'envisage pas l'entraînement en prescrivant des CA plus faibles, la motivation nécessaire pour supporter une CA importante diminuera et une période de moindre performance apparaîtra par réaction anticipatoire afin de préserver l'organisme.

∴

L'utilisation de la CA afin de planifier et de quantifier l'entraînement semble particulièrement importante. Elle a, de plus, un intérêt éducatif non négligeable qui permet de renforcer la conscience des changements physiologiques et ainsi d'accéder à la capacité de régulation de l'allure qui fait défaut chez les non-experts. Même chez les sportifs de haut niveau, cette capacité n'est pas toujours optimale et doit être améliorée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABBISS Chris et LAURSEN Paul (2005), « Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling », *Sports Medicine*, vol. 35, n° 10, décembre, pp. 865-898.

BARON Bertrand *et al.* (2005), « Physiological responses during exercise performed to exhaustion at critical power », *Journal of Human Movement Studies*, vol. 49, n° 12, mai, pp. 169-180.

BARON Bertrand *et al.* (2008), « Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity ? », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 42, n° 10, octobre, pp. 528-533.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

BARON Bertrand *et al.* (2011), « The role of emotions on pacing strategies and performance in middle and long duration sport events », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 45, n° 6, mai, pp. 511-517.

BARON Bertrand et PELAYO Patrick (2013), *Fatigue. Aspects psychophysiologiques*, cours en ligne, Université de la Réunion.

BOSQUET Laurent *et al.* (2002), « Methods to determine aerobic endurance », *Sports Medicine*, vol. 32, n° 11, avril, pp. 675-700.

BUCKLEY John *et al.* (2004), « Reliability and validity of measures taken during the chester step test to predict aerobic power and to prescribe aerobic exercise », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 38, n° 2, avril, pp. 197-205.

BUDGETT Richard (1998), « Fatigue and underperformance in athletes. The overtraining syndrome », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 32, n° 2, juin, pp. 107-110.

BUDGETT Richard *et al.* (2000), « Redefining the overtraining syndrome as the unexplained underperformance syndrome », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 34, n° 1, février, pp. 67-68.

De KONING Jos *et al.* (1999), « Determination of optimal pacing strategy in track cycling with an energy flow model », *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 2, n° 3, octobre, pp. 266-277.

De KONING Jos *et al.* (2005), « Experimental evaluation of the power balance model of speed skating », *Journal of Applied Physiology*, vol. 98, n° 1, janvier, pp. 227-233.

DELIGNIÈRES Didier (2012). *L'Effort*, Paris, Éd. EPS.

ESTON Roger et WILLIAMS John (1988), « Reliability of ratings of perceived effort regulation of exercise intensity », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 22, n° 4, décembre, pp. 153-155.

FLETCHER William (1907), « Lactic acid in amphibian muscle », *Journal of Physiology*, vol. 35, n° 4, mars, pp. 247-309.

FOSTER Carl (1998), « Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome », *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, vol. 30, n° 7, juillet, pp. 1164-1168.

FOSTER Carl *et al.* (1993), « Effect of pacing strategy on cycle time trial performance », *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, vol. 25, n° 3, mars, pp. 383-388.

FOSTER Carl *et al.* (1994), « Pacing strategy and athletic performance », *Sports Medicine*, vol. 17, n° 2, février, pp. 77-85.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

FOSTER Carl *et al.* (2004), « Effect of competitive distance on energy expenditure during simulated competition », *International Journal of Sports Medicine*, vol. 25, n° 3, avril, pp. 198-204.

HETTINGA Florentina *et al.* (2007), « Biodynamics. Effect of pacing strategy on energy expenditure during a 1500-m cycling time trial », *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, vol. 39, n° 12, décembre, pp. 2212-2218.

HILL Archibald (1924), « Muscular activity and carbohydrate metabolism », *Science*, vol. 60, n° 1562, décembre, pp. 505-514.

LAGRANGE Fernand (1888), *Physiologie des exercices du corps*, Paris, Alcan.

LAMBERT Estelle *et al.* (2005), « Complex systems model of fatigue. Integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 39, n° 1, janvier, pp. 52-62.

NOAKES Timothy et St CLAIR GIBSON Alan (2004), « Logical limitations to the catastrophe models of fatigue during exercise in humans », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 38, n° 5, octobre, pp. 648-649.

NOAKES Timothy *et al.* (2004), « From catastrophe to complexity. A novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 38, n° 4, août, pp. 511-514.

NOAKES Timothy *et al.* (2005), « From catastrophe to complexity. A novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans : summary and conclusions », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 39, n° 2, février, pp. 120-124.

SKINNER James *et al.* (1973 a), « The validity and reliability of a rating scale of perceived exertion », *Medicine and Science in Sports*, vol. 5, n° 2, mars, pp. 94-96.

SKINNER James *et al.* (1973 b), « Perception of effort during different type of exercise and under different environmental conditions », *Medicine and Science in Sports*, vol. 5, n° 3, juin, pp. 110-115.

ST CLAIR GIBSON Alan et FOSTER Carl (2007), « The role of self-talk in the awareness of physiological state and physical performance », *Sports Medicine*, vol. 37, n° 12, juin, pp. 1029-1044.

ST CLAIR GIBSON Alan *et al.* (2006), « The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort », *Sports Medicine*, vol. 36, n° 8, septembre, pp. 705-722.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

VAN INGEN SCHENAU Gerrit et CAVANAGH Peter (1990), « The power equations in endurance sports », *Journal of Biomechanics*, vol. 23, n° 9, juin, pp. 865-881.

CHAPITRE V

INTÉRÊTS DE LA PERCEPTION DE L'EFFORT DANS L'ENTRAÎNEMENT DU JOUEUR DE HANDBALL DE HAUT NIVEAU

Gilles RAVIER*
Romain BOUZIGON**

Abstract

Interests of monitoring fatigue perception during training in professional handball players

The aim of this study was to analyse first, the interest of monitoring training fatigue from a perceptive scale (CR10) during two training sessions performed on the course of two days and second to investigate the positive effect of compression garments (CG) worn during exercises circuit on fatigue perception in handball players. CR10 score was collected before, immediately and 24 h post-training. In the first study, eighteen male players performed exercises circuit comprising eighteen 15 m sprints on two consecutive days. Fatigue was measured as changes in sprint performance (total time and fatigue index of Spencer) and CR10 score. The main result was a lack of relationship between sprint performance and fatigue perception. Fatigue index was similar between the two days and total time decreased significantly in the second compared with the first day. In contrast the CR10 increased after the second day and remained elevated 24 h post training. In the second study, male players completed two identical sessions of exercises circuit separated by 24 h with and without CG in randomized order. The result suggests that when players trained on two consecutive days, with or without CG on the first day, the potential benefit of wearing CG was not similar. The two strategies (with CG first or without CG first) were discussed.

Key words : Compression Garments, Recovery, Perceived Exertion, Hand Ball.

Le handball est caractérisé par un nombre élevé d'efforts brefs (2-7 s) et intenses dont la réalisation est décisive au cours du match (Chelly *et al.*, 2011). La qualité des sprints est une composante majeure de la performance avec, en moyenne, par match plus de vingt sprints de 3 s, une quinzaine de sauts, une vingtaine de duels et blocages et une soixantaine de phases de déplacement incluant des changements de directions (Povoas *et al.*, 2012). L'aptitude à répéter des actions brèves et intenses est déterminante à haut niveau. Le circuit-training incluant les motricités spécifiques du joueur est un procédé d'entraînement largement répandu en handball. Le modèle intermittent habituellement utilisé est basé sur l'alternance d'efforts de courtes durées (3-6 s) et de récupérations passives de 25 à 30 s.

*Maître de conférences, Université de Franche-Comté, UPFR Sports, laboratoire C3S (EA 4660).

**Docteurant en STAPS, Université de Franche-Comté, UPFR Sports, laboratoire C3S (EA 4660).

Une séquence d'entraînement basée sur la répétition d'exercices explosifs se traduit, d'une part, par une fatigue métabolique musculaire due principalement à une diminution de la quantité d'énergie disponible associée à une acidose musculaire (Edge *et al.*, 2006 ; Balsom *et al.*, 1992) et, d'autre part, par une altération des fonctions neuromusculaires centrales et périphériques (Thorlund *et al.*, 2008 ; Girard *et al.*, 2010 ; Fabre *et al.*, 2012). Ce chapitre présentera deux études ayant pour finalité d'analyser le suivi de la fatigue au cours de deux entraînements réalisés en 24 h et d'étudier l'influence du port de bas de compression sur la perception de la fatigue.

∴

I. SUIVI DE LA FATIGUE AU COURS DE DEUX ENTRAÎNEMENTS EN CIRCUIT TRAINING RÉALISÉS EN 24 HEURES : L'INFLUENCE DU NIVEAU D'EXPÉRIENCE

L'étude de la fatigue en condition réelle de pratique doit tenir compte de la planification hebdomadaire du joueur de handball professionnel qui est biquotidienne en début de semaine puis quotidienne les deux jours précédant le match. Au cours de la semaine, l'entraîneur adopte une démarche interactive en modifiant la charge de travail au regard de l'état de forme des joueurs. Si la modification des performances athlétiques est très largement utilisée comme marqueur de l'état de fatigue, l'utilisation d'échelles perceptives est envisageable en sports collectifs (Foster *et al.*, 2001 ; Anderson *et al.*, 2003). Les sensations du joueur à l'exercice sont observées avec intérêt par l'entraîneur, mais leur interprétation à des fins de régulation de la charge d'entraînement est limitée, particulièrement en raison du type d'exercice intermittent rencontré qui associe des efforts explosifs, des sprints et des phases d'intensité sous-maximale (Desgorces *et al.*, 2007). Par ailleurs, les échelles perceptives sont basées sur la sensibilité à la fatigue qui est une expérience subjective influencée par le niveau d'entraînement, le type d'exercice, la motivation ou la charge affective (Baron *et al.*, 2011 ; Ben Belgith *et al.*, 2011).

L'objectif de notre étude était de mettre en relation le degré de fatigue évalué par la modification des performances de sprint, la difficulté ressentie de l'entraînement et la sensation de fatigue musculaire perçue à l'occasion d'un enchaînement de deux entraînements réalisés en 24 h. De plus, nous avons fait l'hypothèse que la fatigue était différemment ressentie par des joueurs n'ayant pas la même expérience de l'entraînement. Ainsi, les performances et variables perceptives de jeunes joueurs issus du centre de formation (U21) ont été comparées à celles des joueurs professionnels.

A. Méthodes

Dix-neuf joueurs de handball de haut niveau ont participé à cette étude de terrain. Dix étaient des joueurs professionnels et neuf étaient des joueurs du centre de formation. Les caractéristiques des sujets sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques anthropométriques des sujets du groupe total, des joueurs professionnels (Pro) et des joueurs du centre de formation (U21)

	Âge (ans)	Taille (cm)	Poids (kg)
Total (n = 19)	23,1 ±4,8	184,4 ±4,7	81,4 ±9,9
Pro (n = 10)	26,9 ±3,5	186,4 ±3,7	86,5 ±9,8
U21 (n = 9)	18,9** ±0,4	182,2 ±4,9	75,7* ±6,5

Le tableau présente la valeur moyenne ± l'écart-type. Les différences entre les groupes Pro et U21 sont précisées par (*) pour une différence $p < 0,05$ et par (**) pour une différence $p < 0,001$.

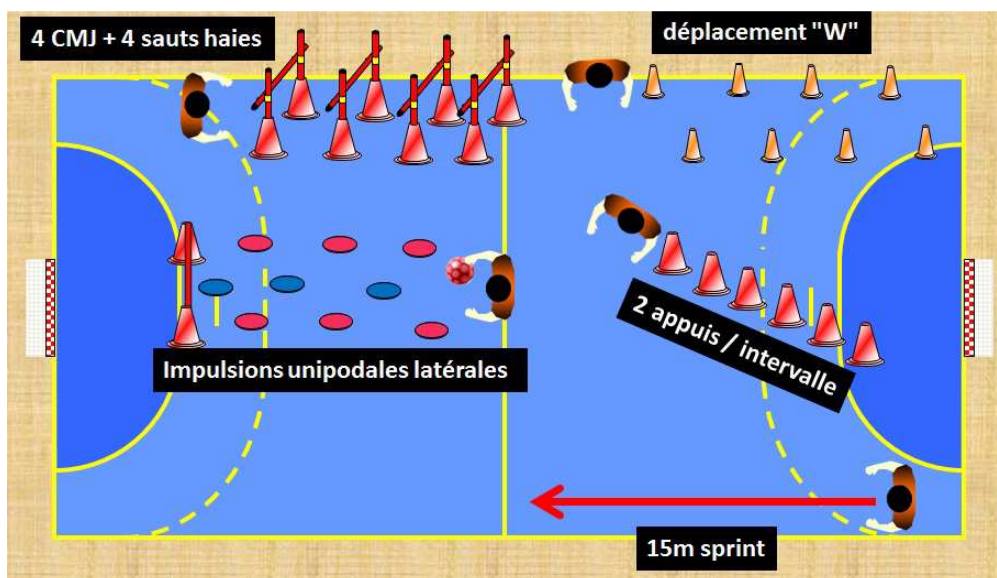
Source : Données personnelles.

Figure 1 : Déroulement du protocole expérimental



Source : Données personnelles.

Figure 2 : Le circuit-training



Source : Données personnelles.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

Le protocole expérimental consistait à réaliser deux entraînements identiques en 24 h. 48 h avant le premier entraînement et 24 h après chaque entraînement, les joueurs étaient au repos et avaient comme consigne d'éviter tout exercice physique (fig. 1). L'entraînement consistait à réaliser un circuit-training constitué d'exercices de déplacements, de sprints et d'impulsions (fig. 2). L'entraînement débutait par un échauffement standardisé de 15 min, puis trois périodes de 12 min étaient reproduites, chacune entrecoupée de 5 min de récupération passive. Durant chaque période de 12 min, le joueur réalisait 6 fois le circuit-training avec un départ d'exercice toutes les 25 s.

La performance en sprint (15 m) était mesurée par des cellules photoélectriques (*Polifemo Radio Light, Microgate*, Bolzano, Italie). Les durées des sprints étaient enregistrées (à partir d'une transmission sans fil) dans un boîtier Racetime2® pour analyse ultérieure. De plus, après chaque essai, la performance réalisée était spécifiée verbalement au joueur dans le but de maintenir la motivation durant l'intégralité de l'entraînement. Pour chaque participant, la somme totale des durées des 18 sprints et un indice de fatigue ont été retenus pour analyse. L'indice de fatigue défini par Spencer *et al.* (Spencer *et al.*, 2006) a été calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Indice de fatigue (\%)} = \left[\left(\frac{\sum \text{temps des 18 sprints}}{18 \times \text{temps du meilleur sprint}} \right) \times 100 \right] - 100.$$

La perception subjective de la fatigue résiduelle (évaluant la fatigue générale et les douleurs musculaires) de même que le ressenti de la difficulté de l'entraînement (fatigue aigue) ont été mesurés à partir de l'échelle Category Ratio – 10 (CR10) de Borg (fig. 3). Le score de fatigue résiduelle était évalué avant (après l'échauffement) et 24 h après chaque entraînement. Le score de difficulté de l'entraînement était relevé de 5 à 10 min après la fin de l'entraînement.

Une échelle de sensation et une échelle d'humeur ont été renseignées avant chaque entraînement et 24 h après le deuxième entraînement. L'échelle de sensation (Spielberger, Gorsuch et Lushene, 1970) était graduée de 1 à 10 (1 = super forme et 10 = épuisé, envie de rien). L'échelle d'humeur graduée de 1 à 10 (1 = de très bonne humeur et 10 = déprimé) est une version réduite du questionnaire POMS (*Profile of Mood States*, McNair, Lorr et Droppelman, 1984).

L'analyse statistique (l'évolution au cours du temps de la performance de sprint, de l'indice de fatigue de Spencer et des variables perceptives) a été établie à l'aide d'un test de variance ANOVA à mesures répétées et, le cas échéant, par un test *a posteriori* PLSD Fisher. Les interactions temps x groupes (U21 et Pro) ont été étudiées par une ANOVA à deux facteurs. Par ailleurs, un test de Student a été effectué afin de comparer les caractéristiques anthropométriques de ces deux groupes.

Figure 3 : Echelle perceptives (CR-10)

Difficulté de l'exercice		Fatigue musculaire
Extrême, Maximale	10	Intense, Maximale
	9	
	8	
Très forte	7	
	6	
Forte	5	Pénible
	4	
Modérée	3	Modérée
	2,5	
Faible	2	Légère
	1,5	
Très faible	1	Très faible
Extrêmement faible	0,5	A peine perceptible
	0,3	
Rien du tout	0	Aucune

Source : Données personnelles.

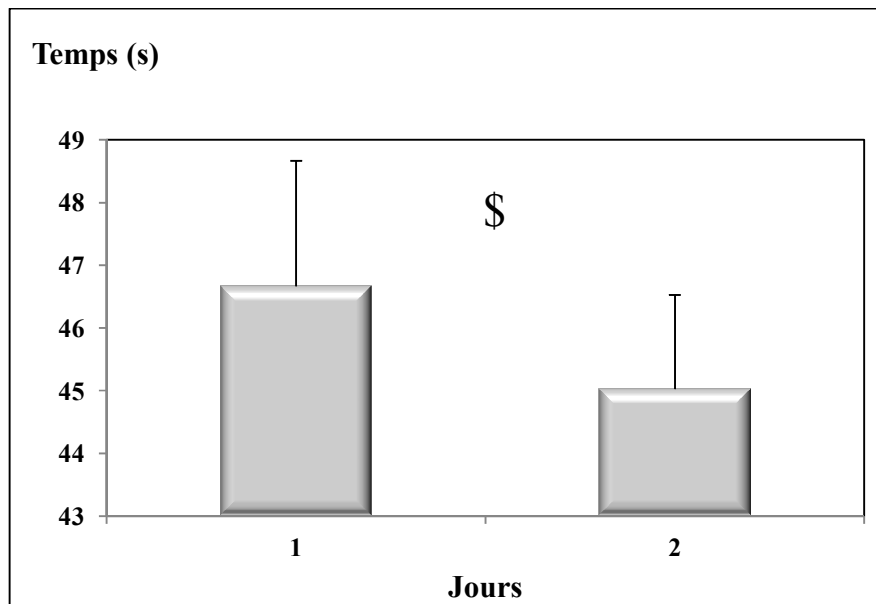
B. Résultats

La performance du groupe Total a été évaluée par :

- la somme des 18 sprints réalisés lors de chaque entraînement. Elle évoluait en fonction du temps ($p < 0,0001$). Les performances étaient meilleures lors de l'entraînement du deuxième jour (fig. 4) ;

- l'indice de fatigue de Spencer exprimé en % (figure 5), qui ne présentait pas de différence significative entre les deux entraînements séparés de 24 h.

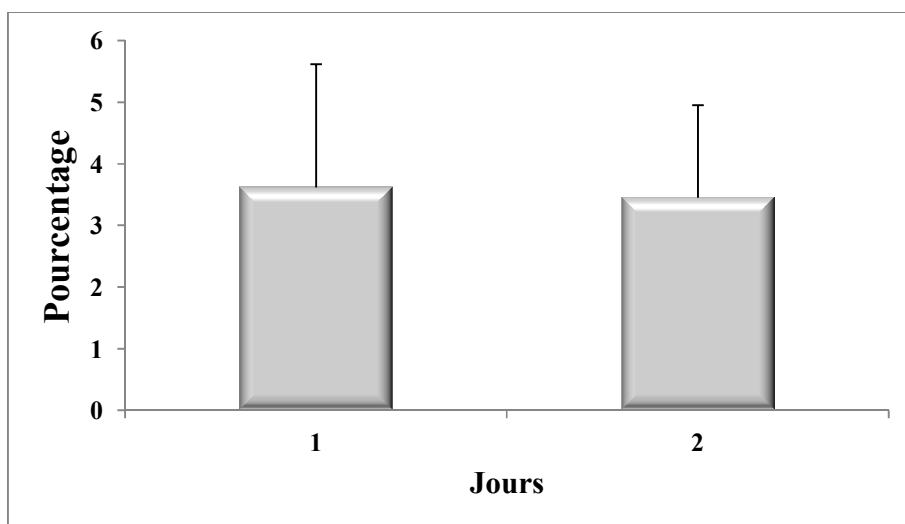
Figure 4 : Somme des temps des 18 sprints pour les entraînements du premier et du deuxième jour pour le groupe total



\$ indique une différence significative ($p < 0,0001$) avec le jour 1.

Source : Données personnelles.

Figure 5 : Indice de fatigue de spencer pour les entraînements du premier et du deuxième jour pour le groupe total



Sources : Données personnelles.

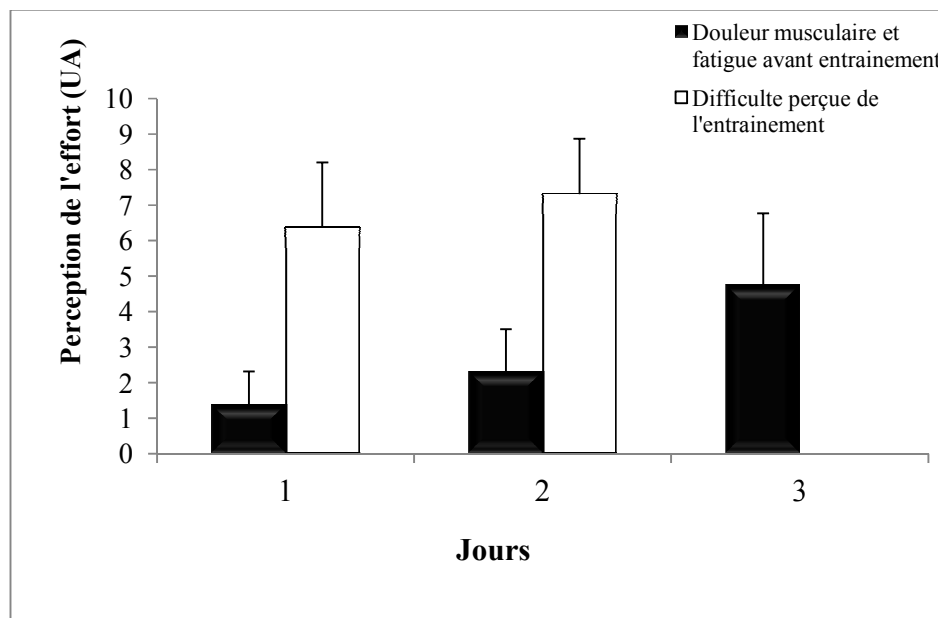
Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

Les variables perceptives du groupe total évaluées à partir des scores CR10 (fig. 6) évoluent au cours du temps ($p < 0,0001$). Le CR10 *fatigue musculaire* augmentait au cours des trois jours du protocole ($p < 0,001$ à $0,0001$).

Le CR10 *difficulté de l'entraînement* mesuré après chaque entraînement présente des valeurs différentes ($p < 0,05$) avec une valeur plus élevée après l'entraînement du deuxième jour. La sensation et l'humeur ne présentaient pas de variation au cours des trois jours du protocole (fig. 7).

Figure 6 : Perception subjective évaluée à partir du CR10 (groupe total).

La fatigue musculaire (noir) était évaluée avant chaque entraînement et 24 h après le dernier entraînement ; la difficulté de l'entraînement (blanc) était évaluée à l'issue de chaque circuit-training. Les scores CR10 présentent tous des différences significatives entre eux

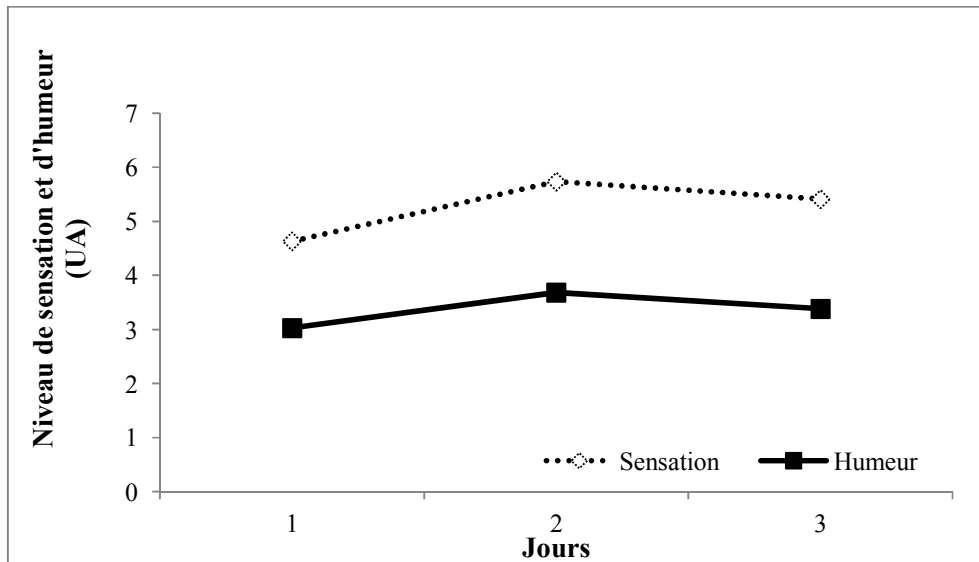


Source : Données personnelles.

L'expérience du joueur n'a d'effet ni sur la performance de sprints ni sur les variables perceptives. Aucune différence significative entre les deux groupes n'a été observée pour l'ensemble des valeurs CR10 (fig. 8). L'évolution des scores CR10 varie au cours du temps pour les deux groupes (U21 et Pro) mais de façon similaire. De plus, il n'y a pas de différence pour les scores de sensation et d'humeur.

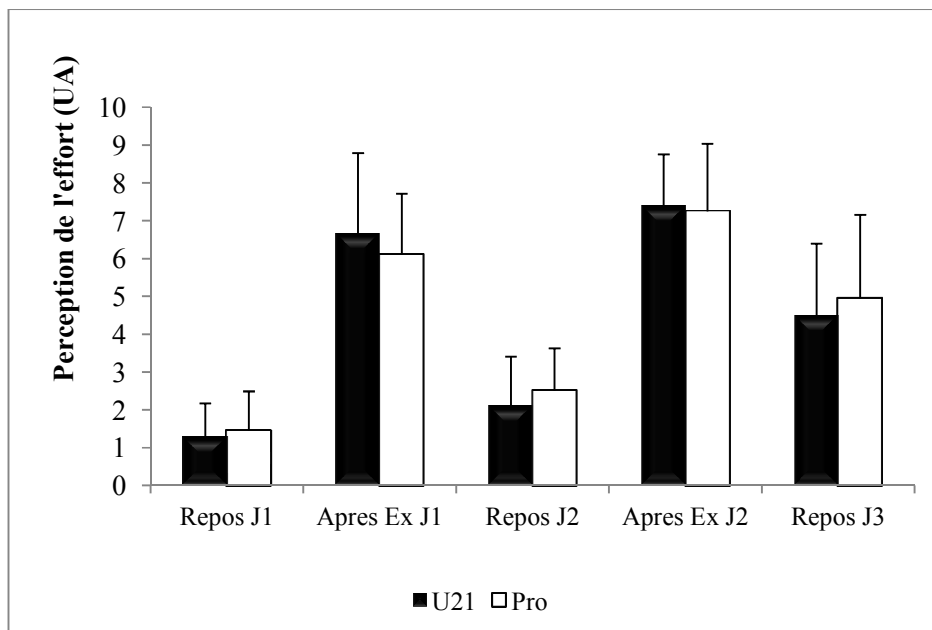
La somme des durées de sprints et l'indice de fatigue de Spencer ne présentent pas de différence significative entre les groupes U21 et Pro. La somme des durées de sprints évolue au cours du temps pour les deux groupes ($p < 0,0001$) avec de meilleures performances réalisées le deuxième jour sans toutefois présenter de différences, entre les groupes. L'indice de fatigue n'évolue pas au cours du temps.

Figure 7 : Niveaux de sensation et d'humeur relevés pour le groupe total



Source : Données personnelles.

Figure 8 : Perception subjective de la fatigue musculaire et de la difficulté de l'entraînement
Comparaison entre les joueurs du centre de formation (U21) et les joueurs professionnels



Source : Données personnelles.

C. Discussion

La fatigue induite par la réalisation de deux séances d'entraînement en 24 h a été évaluée chez des spécialistes de handball à partir de l'évolution des performances de sprint et des variables perceptives.

La baisse de performance de sprint au cours de chaque circuit-training présentait des valeurs de 3,6 % et 3,5 % respectivement pour le premier et le deuxième entraînement (fig. 5). Ces faibles pourcentages de diminution des performances suggèrent une fatigue limitée sur 24 h. Cette observation était déjà rapportée par Duffield *et al.* (Duffield *et al.*, 2008) qui constataient de faibles modifications des performances de sprints (20 m) évaluées sur deux jours consécutifs d'entraînements de type circuit-training chez des joueurs de rugby. Nos résultats peuvent être, en partie, expliqués par la nature du circuit-training : un faible volume de contractions musculaires excentriques (connues pour causer d'importants dommages musculaires) et une durée relativement courte des séquences d'exercices (3 à 5 s) (Bishop *et al.*, 2001). En effet, en situation de répétitions de sprints, Balsom *et al.* (Balsom *et al.*, 1992) ont montré que la baisse de performance augmentait avec la durée d'exercice. Ces auteurs ont comparé la baisse de performance dans trois conditions d'exercices se différenciant par la distance de course (15 x 15 m vs 15 x 30 m vs 15 x 40 m). Quelle que soit la condition, chaque sprint était séparé de 30 s de récupération. Si la performance n'était pas modifiée par la répétition des sprints de 15 m, elle se dégradait avec la répétition pour les distances de 30 et 40 m. Parallèlement, le stress énergétique induit par l'exercice a été analysé à partir des concentrations sanguines d'hypoxanthine relevées immédiatement à l'arrêt de chaque exercice. Les concentrations sanguines étaient similaires à celles de repos pour les sprints de 15 m alors qu'elles augmentaient avec la distance pour les sprints plus longs. Ce résultat suggère qu'en situation de répétition de sprints courts (15 m), la resynthèse d'ATP durant les phases de récupération (de 30 s) couvre les besoins énergétiques subséquents.

Dans notre étude, l'indice de fatigue de sprint était similaire pour les deux entraînements (fig. 5). Ce résultat suggère que la durée de 24 h séparant les réalisations du circuit-training est suffisante pour permettre la récupération du potentiel de performance des sujets. Ce résultat est en accord avec ceux observés par Lepers, Gregoire et Babault (Lepers, Gregoire et Babault, 2010) en situation de circuit-training. Si ces auteurs relevaient une diminution de 5,8 % des performances de sprint (20 m), ils observaient une récupération complète des performances après 24 h de repos. Dans notre étude, la récupération du potentiel de performance après 24 h est également soulignée par l'amélioration des performances de sprint observée le deuxième jour (fig. 4).

La perception de la difficulté de l'entraînement est supérieure le deuxième jour comparativement à celle du premier (fig. 6). Ce résultat était déjà rapporté par Duffield *et al.* (Duffield *et al.*, 2008) chez des spécialistes de rugby à l'issue d'un circuit-training réalisé sur deux jours consécutifs. Il pourrait témoigner de l'accumulation de la fatigue en réponse à la réalisation de deux entraînements en 24 h. La fatigue résiduelle du premier entraînement accentuerait la difficulté ressentie lors de la réalisation du deuxième. Nos scores CR10 relevés après le deuxième entraînement sont supérieurs à 7,3, ce qui correspond à une « très forte difficulté ». Ce résultat est confirmé par l'augmentation progressive et significative de la fatigue musculaire perçue avant chaque entraînement et 24 h après le dernier (fig. 6) : le score CR10 de fatigue musculaire 24 h après le premier entraînement est égal à 2,3 (fatigue musculaire « légère ») pour atteindre un score supérieur à celui d'une fatigue « modérée » et proche de « pénible » le troisième jour (soit 24 h après le deuxième

entraînement). Toutefois, si l'accumulation de fatigue peut expliquer l'augmentation des scores CR10, la mise en relation des performances de sprint et des données perceptives suggère une deuxième hypothèse explicative. En effet, la plus grande difficulté de la séance ressentie le deuxième jour est concomitante des meilleures performances de sprint relevée lors du 2^e entraînement. Par conséquent, le score CR10 plus élevé en réponse à l'entraînement du deuxième jour peut rendre compte des meilleures performances de sprint réalisées lors de cet entraînement.

La comparaison des performances de sprint et des données perceptives entre les groupes U21 et Pro ne révèle aucune différence significative. Ces résultats suggèrent que l'expérience de l'entraînement (*i.e.* le nombre d'années de pratique du handball à haut niveau) n'a pas d'effet sur les performances de sprint, qu'elles soient réalisées lors d'un circuit-training unique ou au cours d'entraînements sur deux jours consécutifs. De plus, l'aptitude à percevoir la fatigue musculaire et celle à quantifier le degré de difficulté d'un entraînement en circuit-training ne sont pas influencées par le nombre d'années d'expérience à haut niveau chez des spécialistes de handball.

D. Application pratique

Nos résultats montrent que la fatigue accumulée et ressentie par le spécialiste en réponse à l'enchaînement de deux entraînements en 24 h n'est pas nécessairement accompagnée d'une diminution des performances athlétiques. Nous observons ainsi une amélioration des performances de sprint évaluées sur deux jours consécutifs malgré une augmentation concomitante de la perception de la difficulté de l'entraînement et de la fatigue musculaire. En conséquence, ces résultats font valoir que les performances de sprint analysées seules sont d'un intérêt limité comme marqueur de fatigue et doivent inciter l'entraîneur à adopter une démarche interactive avec le joueur en utilisant sa perception de l'effort.

II. LE PORT DE BAS DE COMPRESSION AU COURS DE DEUX ENTRAÎNEMENTS RÉALISÉS EN 24 HEURES MODIFIE-T-IL LA PERCEPTION DE LA FATIGUE ?

L'effet des dispositifs de compression lorsqu'ils sont portés à l'entraînement de type intermittent demeure, à ce jour, sujet à discussion. Le bénéfice de ces vêtements compressifs sur la performance athlétique semble négligeable (Lepers, Gregoire et Babault, 2010 ; Duffield *et al.*, 2008 ; Duffield, Cannon et King, 2010 ; Duffield et Portus, 2007 ; Ravier *et al.*, soumis) en situation de circuit-training alternant des efforts explosifs, des sprints, des sauts et des phases d'exercices d'intensité modérée. Toutefois, de nombreuses études ont rapporté que les dispositifs de compression atténuent la sévérité et la durée des douleurs musculaires ressenties en récupération d'un entraînement de type circuit-training (Duffield *et al.*, 2008 ; Duffield, Cannon et King, 2010 ; Jakeman, Byrne et Eston, 2010). Si le bénéfice des vêtements compressifs sur la douleur musculaire était observé 24 à 48 h après l'entraînement, très peu d'études se sont intéressées à de tels effets lors d'entraînements quotidiens consécutifs (Duffield *et al.*, 2008).

Le programme d'entraînement hebdomadaire du joueur professionnel de handball est organisé selon un rythme quotidien, voire biquotidien. Par ailleurs, l'entraînement est parfois constitué d'exercices de lutte et de combat, rendant le port systématique de vêtements compressifs longs (collants, bas) difficilement envisageable. L'objectif de notre étude était d'identifier l'intérêt du port de bas de compression sur la perception de la difficulté ressentie à l'entraînement et sur la fatigue musculaire de repos en condition réelle d'entraînement. Ainsi, un entraînement de type circuit-training a été réalisé deux fois en 24 h en ne portant le vêtement compressif qu'au cours d'un seul entraînement.

A. Méthodes

Dix-huit joueurs (âge = $23,2 \pm 4,9$ ans ; poids de corps = $82,1 \pm 9,7$ kg ; taille = $184,6 \pm 4,78$ cm ; moyenne \pm écart type) de haut niveau ont participé à cette étude de terrain.

Le protocole expérimental consistait à réaliser deux entraînements identiques en 24 h selon deux conditions expérimentales : avec (Compression) ou sans (Sans dispositif) bas de compression lors du premier entraînement. Le deuxième jour, les conditions étaient croisées. Les conditions ont été attribuées aux joueurs de manière aléatoire. Le détail de l'entraînement est présenté dans la première partie de ce chapitre.

Les bas de compression « jambe complète » (*F-Like Full Leg Compressport*[®], Genève, Suisse) étaient composés de 65 % de nylon, 30 % d'élasthanne et 5 % de polyester. La taille des vêtements compressifs a été ajustée individuellement selon la longueur et la circonférence des membres inférieurs de chaque participant en respectant les recommandations du fabricant. Les valeurs de pression spécifiées par le fabricant étaient 15, 27 et 14 mm Hg, respectivement au niveau de la cheville, du gastrocnémien et du vaste latéral.

La perception subjective de la fatigue (évaluant la fatigue générale et les douleurs musculaires), de même que le ressenti de la difficulté de l'entraînement ont été déterminés à partir de l'échelle Category Ratio-10 (CR10) de Borg (fig. 3). Le score de fatigue était évalué avant (après l'échauffement) et 24 h après chaque entraînement. Le score de difficulté de l'entraînement était relevé de 5 à 10 min après la fin de l'entraînement.

L'effet du port de bas de compression sur les variables perceptives a été analysé par un test de variance ANOVA à mesures répétées à deux facteurs (condition [Compression – Sans dispositif] et temps [avant, après et post 24 h]). Au préalable, l'absence d'effet ordre des conditions (Compression jour 1 vs Sans dispositif jour 1) sur les données perceptives a été contrôlée à partir d'un test-t pour deux échantillons sur les différences de résultats entre les conditions. Par ailleurs, afin de rendre compte de l'intérêt de réaliser les conditions dans un ordre plutôt qu'un autre (porter ou non le dispositif de compression le premier entraînement, *i.e.* stratégie), une ANOVA à mesures répétées à deux facteurs (stratégie [Compression jour 1 - Sans dispositif jour 1] et temps [avant jour 1, après jour 1, avant jour 2, après jour 2 et post 24 h]) a été appliquée. Un test *a posteriori* PLSD Fisher a été appliqué dans le cas de résultats significatifs aux tests de variance.

B. Résultats

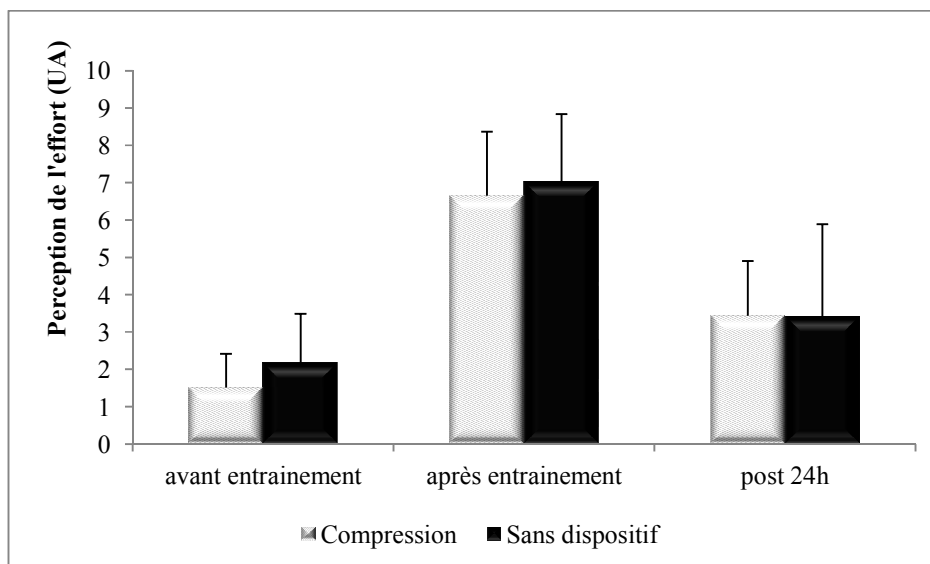
La figure 9 présente les scores CR10 selon les deux conditions expérimentales (Compression-Sans dispositif). Toutefois, l'ordre de réalisation des conditions a une incidence sur la perception de la fatigue musculaire et sur la perception de la difficulté.

L'effet ordre testé entre les deux conditions était significatif pour les scores CR10 avant entraînement ($p < 0,01$), après entraînement ($p < 0,05$) et 24 h après l'entraînement ($p < 0,05$). Par conséquent, l'interaction temps x condition n'a pas été testée. Les deux conditions ne présentent pas de différences significatives sur l'ensemble des valeurs perceptives. Les valeurs CR10 évoluent de manière significative ($p < 0,0001$) en fonction du temps.

La figure 10 présente les scores CR10 en différenciant l'ordre de réalisation des deux conditions (Compression jour 1 vs Sans dispositif jour 1) sur les trois jours. Les deux stratégies présentent des scores CR10 différents sur l'ensemble des trois jours ($p < 0,05$). Les valeurs CR10 évoluent de manière significative en fonction du temps ($p < 0,0001$), et l'interaction stratégie x temps est significative ($p < 0,05$).

Parmi l'ensemble des résultats significatifs concernant les interactions temps x stratégies, seule une partie est présentée sur le graphique pour davantage de clarté. * indique que les deux stratégies diffèrent de manière significative ($p < 0,0001$) comparativement avec la valeur du Jour 1 avant.

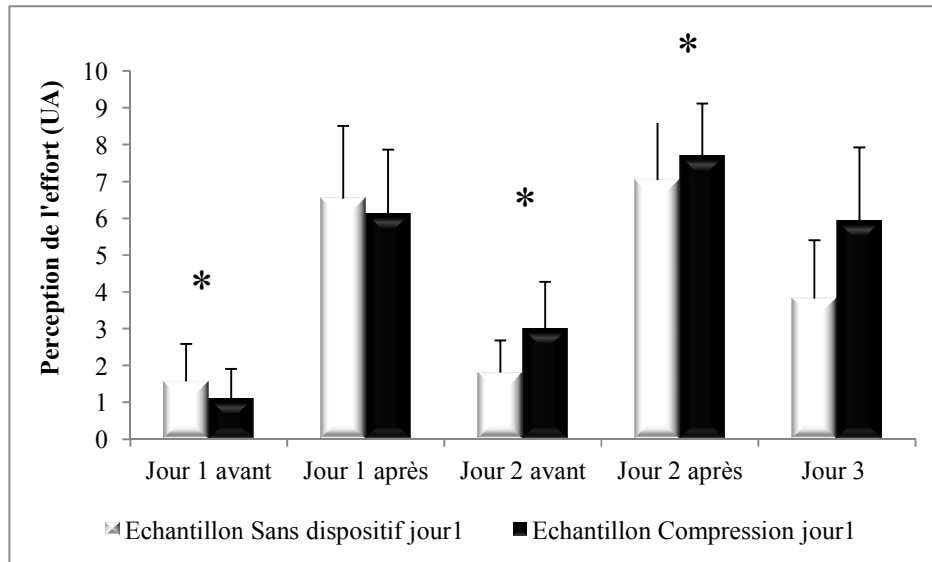
Figure 9 : Les scores CR10 selon les conditions expérimentales



Source : Données personnelles.

Figure 10 : Les scores CR10 selon les deux stratégies

Les sujets de l'échantillon « sans dispositif Jour 1 » ont réalisé l'entraînement en portant le dispositif de compression le deuxième jour. Inversement, les sujets de l'échantillon « compression Jour 1 » ont réalisé l'entraînement sans dispositif de compression le deuxième jour.



Source : Données personnelles.

C. Discussion

Le protocole expérimental réalisé en conditions croisées consistait à reproduire deux entraînements quotidiens consécutifs, dont un seul en portant les vêtements compressifs.

Le résultat le plus marquant est que le protocole induit un effet d'ordre des conditions sur les valeurs de CR10 relevées. Le bénéfice du port de vêtement compressif sur la fatigue musculaire et sur la difficulté de l'entraînement est différent selon l'ordre dans lequel les deux entraînements sont réalisés (compression vs sans dispositif). Puisque la chronologie des conditions revêt un intérêt particulier sur les variables subjectives, une stratégie est envisageable dans le choix de réaliser le premier ou le deuxième entraînement avec le dispositif de compression.

La figure 10 présente l'évolution des valeurs de CR10 selon les deux stratégies (compression jour 1 vs sans dispositif jour 1). Vingt-quatre heures après le premier entraînement, les valeurs de CR10 indiquent une fatigue musculaire allant de « faible » à « modérée ». Les scores obtenus pour chaque condition ne présentent pas de différence significative comparativement à ceux de repos (avant entraînement). Ce résultat suggère que le circuit-training réalisé ne conduit pas, après 24 h de repos, à une fatigue résiduelle importante. Dans ces conditions, le bénéfice du port de vêtement compressif sur la récupération à 24 h n'est pas discutable. Ce résultat diffère de celui présenté par Duffield *et al.* (Duffield *et al.*, 2008) qui révélait que le niveau de perception de douleur musculaire relevé le deuxième jour était supérieur lorsque l'entraînement était réalisé sans dispositif. Cette divergence de résultat peut être liée au niveau d'expertise des participants de notre étude et aux caractéristiques du

circuit-training, avec dans notre étude peu de contractions excentriques, une alternance des phases d'exercices et de récupération de 1/5^e, et des amplitudes de flexions des membres inférieurs limitées.

L'intérêt du port de bas de compression est significatif sur la difficulté ressentie de l'entraînement (fig. 10), que le vêtement soit porté le premier ou le deuxième jour. Bien que significative, la différence entre les deux conditions demeure limitée pour le premier jour (sans dispositif 6,5 vs compression 6,1) et devient plus marquée pour le deuxième jour (sans dispositif 7,7 vs compression 7). Enfin, nous observons une fatigue musculaire de repos le troisième jour (fig. 10), significativement plus faible pour les sujets ayant porté le dispositif de compression le deuxième jour (3,8 vs 5,9). Ce résultat suggère que la stratégie consistant à porter le vêtement compressif le deuxième jour d'entraînement est préférable à celle qui consiste à utiliser le dispositif le premier jour.

∴

En conclusion, l'étude des variables perceptives chez le spécialiste de handball a permis de mettre en évidence que la fatigue (aiguë et résiduelle) augmentait au cours de la réalisation de deux entraînements quotidiens de type circuit-training. Ainsi, les variables perceptives représentent pour l'entraîneur une alternative à l'évaluation des performances athlétiques comme marqueur de la fatigue au cours d'une programmation hebdomadaire. Par ailleurs, l'étude des variables perceptives a permis de mettre en évidence que le port de vêtement compressif au cours de deux entraînements quotidiens consécutifs atténuait les douleurs musculaires perçues après 24 h.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDERSON Laura *et al.* (2003), « Impact of training patterns on incidence of illness and injury during a women's collegiate basketball season », *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 17, n° 4, novembre, pp. 734-738.

BALSOM Paul *et al.* (1992), « Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise », *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, vol. 65, n° 2, mars, pp. 144-149.

BARON Bertrand *et al.* (2011), « The role of emotion on pacing strategies and performance in middle and long duration sport events », *British Journal Sports Medicine*, vol. 45, n° 6, mai, pp. 511-517.

BISHOP David *et al.* (2001), « The validity of a repeated sprint ability test », *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 4, n° 1, mars, pp. 19-29.

CHELLY Mohamed *et al.* (2011), « Match analysis of elite adolescent team handball players », *Journal Strength Conditioning Research*, vol. 25, n° 9, septembre, pp. 2410-2417.

DESGORCES François-Denis *et al.* (2007), « Methods to quantify intermittent exercises », *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, vol. 32, n° 4, juin, pp. 762-769.

DUFFIELD Rob, CANNON Jack et KING Monique (2010), « The effects of compression garments on recovery of muscle performance following high-intensity sprint and plyometric exercise », *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 13, n° 1, janvier, pp 136-140.

DUFFIELD Rob et PORTUS Marc (2007), « Comparison of three types of full-body compression garments on throwing and repeat-sprint performance in cricket players », *British Journal Sports Medicine*, vol. 41, n° 7, juillet, pp. 409-414.

DUFFIELD Rob *et al.* (2008), « The effects of compression garments on intermittent exercise performance and recovery on consecutive days », *International Journal of Sports Physiology and Performance*, vol. 3, n° 4, décembre, pp. 454-468.

EDGE Johann *et al.* (2006), « Comparison of muscle buffer capacity and repeated-sprint ability of untrained, endurance-trained and team-sport athletes », *European Journal Applied Physiology*, vol. 96, n° 3, février, pp. 225-234.

FOSTER Carl *et al.* (2001), « A new approach to monitoring exercise training », *Journal Strength and Conditioning Research*, vol. 15, n° 1, février, pp. 109-115.

JAKEMAN John, BYRNE Christopher et ESTON Roger (2010), « Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females », *European Journal Applied Physiology*, vol. 109, n° 6, août, pp. 1137-1144.

LEPERS Romuald, GREGOIRE Nicolas et BABAULT Nicolas (2010), « Effets du port de collants de compression sur les performances musculaires après un exercice de type circuit-training », *Science et Sports*, vol. 25, n° 2, avril, pp. 96-98.

McNAIR Douglas, LORR Maurice et DROPPelman Leo (1971), *Manual for the Profile of Mood States*, San Diego, Educational and Industrial Testing Services.

PERREY Stéphane *et al.* (2010), « Neural and muscular adjustments following repeated running sprints », *European Journal Applied Physiology*, vol. 109, n° 6, août, pp. 1027-1036.

POVOAS Susana *et al.* (2012), « Physical and physiological demands of elite team handball », *Journal Strength Conditioning Research*, vol. 26, n° 12, décembre, pp. 3366-3376.

SPENCER Matt *et al.* (2006), « Reliability of a repeated-sprint test for field-hockey », *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 9, n° 1, mai, pp. 181-184.

SPIELBERGER Charles, GORSUCH Richard et LUSHENE Robert (1970) *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*, Palo Alto, Consulting Psychologists Press.

CHAPITRE VI

RÉGULATION DE L'INTENSITÉ DE L'EXERCICE PAR L'UTILISATION DE LA PERCEPTION DE L'EFFORT CHEZ DES JEUNES HANDBALLEURS

Philippe MONNIER-BENOIT*
Alain GROSLAMBERT**

Abstract

The perceived exertion to regulate a training program in young handball players

This study is a comparison between the effect of a training program regulated with perceived exertion and the effect a classical training program for young handball players. Twenty seven handball players ($M= 16.41$ yr, ± 0.64 yr) from a national training center performed the Intermittent Fitness Test (30-15_{IFT}) (Buchheit, 2008). Two groups, control (CG) and perceptive (PG) was created. Both groups followed a 6 weeks training program. The intensity of exercise for the CG was determined with a classical method (velocity) and for the PG the intensity was determined using the Borg's CR10 scale (1998). The results indicated no significant difference in the increase of the maximal running velocity (V_{IFT}), after both training program ($ES= 0.14$ and 0.18). These results suggest that perceived exertion could be a valuable tool to readjust the intensity of running and the training load during an interval training program in young handball players.

Key words : Interval Training, Regulation, Perceived Exertion, Hand Ball

Les questions de quantification de la charge d'entraînement et de l'individualisation des programmes et des intensités d'entraînements sont des questions récurrentes dans les sports collectifs afin d'améliorer le suivi des athlètes. La professionnalisation et la répétition des matchs au cours des saisons imposent aux préparateurs physiques de maîtriser toutes les composantes de la charge d'entraînement afin d'optimiser le potentiel des joueurs mais surtout afin de gérer ce potentiel au cours de la saison sans risquer les blessures ou l'installation de fatigue. Si de nombreux outils et appareils de mesures des capacités physiologiques apparaissent aujourd'hui, ils restent coûteux et très souvent difficiles à mettre en place en routine. L'utilisation de réponses perceptives semble être une option intéressante pour répondre aux attentes des professionnels de l'entraînement.

Cette étude compare les effets sur des jeunes handballeurs d'un entraînement autorégulé par la perception de l'intensité de l'exercice aux effets d'un entraînement classique, sans autorégulation.

Le handball est un sport professionnel très largement répandu et inscrit au programme des Jeux olympiques. Il requiert des capacités physiques variées comme la force, la vitesse la coordination et

*Docteur en STAPS, Université de Franche-Comté, UPFR Sports, Laboratoire C3S (EA 4660).

**Professeur, Université de Franche-Comté, UPFR Sports, Laboratoire C3S (EA 4660).

l'endurance, qui ont une influence majeure sur la performance globale de l'équipe. Manchado *et al.* (Manchado *et al.*, 2013) ont démontré, dans une étude réalisée chez des handballeuses de niveau élite, que les joueuses possédant de bonnes qualités aérobies sont un avantage pour les équipes de niveau international. De plus, ils ont observé que les exercices de force et de puissance devaient être plus présents dans les programmes d'entraînement car ces composantes physiques sont fortement liées à la performance en sprint. Jensen *et al.* (Jensen *et al.*, 1997) ont observé que le travail de force réalisé en priorité au cours d'une première phase de préparation physique devait être suivi par une seconde phase axée principalement sur le développement des aptitudes de vitesse et d'endurance. Les auteurs ont conclu que l'augmentation de la consommation maximale d'oxygène ainsi que celle de la vitesse de course seraient des facteurs décisifs de la performance au cours des périodes de tournois.

Pour ces raisons, différents tests d'évaluations des capacités physiques des joueurs ont été développés. En 2010, Souhail *et al.* ont présenté le test Yo-Yo IR1 où la fréquence cardiaque et la distance parcourue ont été prises en compte dans l'évaluation de la capacité de répéter des efforts à haute intensité chez des jeunes joueurs masculins de handball. Buchheit *et al.* (Buchheit *et al.*, 2008) ont comparé les effets d'un entraînement en vitesse et coordination avec les effets d'un entraînement de sprints intermittents sur la capacité d'accélération et sur la capacité à reproduire des sprints, chez des handballeurs de haut niveau. Les auteurs soulignaient que quatre semaines d'un entraînement de sprint intermittent avaient seulement un impact modéré sur les capacités d'endurance, alors que l'entraînement de la vitesse et de la coordination est susceptible d'améliorer les performances de vitesse et la capacité à reproduire des sprints.

Cependant, ces méthodes d'entraînements nécessitent de contrôler ou d'enregistrer avec précision, lors de chaque session, la distance parcourue, la vitesse de course ou encore la fréquence cardiaque des joueurs. Par ailleurs, Garcin *et al.* (Garcin *et al.*, 2006) ont rapporté que la perception de l'exercice peut être un outil utile pour évaluer l'intensité d'un exercice par des handballeurs. En accord avec les travaux de Borg (Borg, 1998), la perception de l'exercice peut être définie comme le ressenti par l'athlète de la difficulté perçue au cours d'une activité physique. Cette notion repose sur l'expérience sensorielle des fonctions physiologiques comme l'augmentation de la fréquence cardiaque, du rythme ventilatoire, de la fatigue musculaire ou la sudation. L'auteur précise que, bien qu'elle soit subjective, la perception de l'intensité de l'exercice évaluée avec l'échelle RPE (Borg, 1998) est un excellent indicateur de fréquence cardiaque au cours d'une activité physique. Une étude récente (Grange *et al.*, 2011) a comparé les effets d'un entraînement sportif régulé par la fréquence cardiaque aux effets d'un entraînement sportif régulé par la perception de l'intensité de l'exercice chez des jeunes femmes actives. Les auteurs ont conclu que la perception de l'intensité de l'exercice peut être un outil adapté pour réajuster la charge d'entraînement au cours d'un programme d'entraînement par intervalles. Cependant, à notre connaissance, l'utilisation de la perception de l'intensité de l'exercice pour déterminer la charge d'entraînement dans un programme visant à développer la vitesse maximale de course au cours de multiples séances d'entraînement de type intermittent n'a jamais été vraiment évaluée.

Ainsi, le but de cette étude est de comparer les effets d'un programme d'entraînement régulé par la perception de l'intensité de l'exercice aux effets d'un programme régulé par la distance de course chez des jeunes handballeurs, et de mesurer les effets sur le développement de leur vitesse maximale de course au cours du test Intermittent Fitness (Buchheit, 2008). Nous émettons l'hypothèse que, pour des

jeunes handballeurs, la vitesse maximale de course évaluée par ce test augmentera suite à un programme d'entraînement régulé par la perception de l'intensité de l'exercice de la même façon que suite à un programme régulé de manière traditionnelle par la distance de course.

∴

I. MATÉRIEL ET MÉTHODE

A. Les participants

Vingt-sept handballeurs ($n = 27$, $M = 16.41$ ans ± 0.64 ans), inscrits au pôle Espoir de Franche-Comté, ont été volontaires pour cette étude. Ils ont été répartis aléatoirement selon les standards CONSORT (Altman *et al.*, 2001) dans deux groupes d'étude : un groupe contrôle GC ($n = 14$, $M = 16.50$ ans ± 0.65 ans) et un groupe perception GP ($n = 14$, $M = 16.31$ ans ± 0.63 ans). Les caractéristiques des participants sont reportées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Valeurs moyennes (M), écarts-types (ET) et taille de l'effet ou *effect size* (ES) des caractéristiques descriptives des participants. La vitesse maximale de course atteinte à la fin du test *Intermittent Fitness Test* (V_{IFT}) ainsi que les réponses perceptives (CR10) enregistrées à la fin du test sont également présentées.

	Groupe Contrôle		Groupe Perception		ES
	M	ET	M	ET	
Âge (années)	16.50	0.65	16.31	0.63	0.30
Masse (kg)	71.60	7.72	70.07	5.26	0.23
Taille (cm)	178.57	7.07	179.54	7.45	0.13
IMC	21.35	2.07	21.19	1.18	0.09
V_{IFT}	19.07	1.34	19.30	1.94	0.14
CR10 (fin du test)	9.69	2.75	9.65	2.15	0.02

Sources : Données personnelles.

Tous les participants à l'étude ont maintenu leur programme d'entraînement habituel et leur activité de compétition, ce qui représente 10 heures d'entraînement hebdomadaire. Cette étude a été réalisée au cours de leur séance hebdomadaire de préparation physique. La réalisation de cette étude est en accord avec les principes de la déclaration d'Helsinki relative à la protection des individus. Il était demandé aux sujets de maintenir leurs habitudes alimentaires et leurs entraînements tout au long de l'expérimentation. Tous les participants ont été familiarisés au préalable au protocole d'étude mais n'ont pas été informés des hypothèses relatives à cette étude.

B. Procédure

Afin d'évaluer leur vitesse maximale aérobie intermittente (V_{IFT} ; $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$), le test *Intermittent Fitness Test* (30-15_{IFT}) élaboré par Buchheit (Buchheit, 2008), a été utilisé. 30-15_{IFT} est un test intermittent en courses navettes de 30 s entrecoupées de périodes de repos passif de 15 s. La vitesse atteinte à la fin de ce test (V_{IFT}) tient ainsi compte des qualités aérobies, et de récupération des athlètes. À la fin du test, la perception de l'intensité de l'exercice (PIE) a été évaluée par l'échelle CR10 de Borg (Borg, 1998). L'échelle a été présentée préalablement aux participants au début de l'étude, et les instructions d'utilisation leur ont été lues et données par écrit. Cette échelle débute à la valeur 0 et n'a pas de point final, laissant la possibilité au sujet de donner une valeur d'intensité qu'il n'a jamais connue auparavant tout en faisant référence à ses expériences personnelles. En plus des valeurs numériques, cette échelle est complétée par des items verbaux. Avant de débiter le programme, afin d'évaluer leur vitesse maximale aérobie intermittente (V_{IFT}), tous les participants ont réalisé le test 30-15_{IFT} (Buchheit, 2008). Les participants du groupe contrôle (GC) et ceux du groupe perception (GP) ont réalisé exactement le même programme durant 6 semaines. Les séances consistaient en des séries de courses en navettes de 15 s entrecoupées de périodes de récupération passive de 15 s. L'intensité de la période de course qui était déterminée lors de chaque séance est comprise entre 85 et 98 % de V_{IFT} pour le GC et entre les valeurs 7 à 10 (CR10) pour le GP au cours de six semaines. Lors de chaque séance, l'intensité de l'exercice était contrôlée avec l'échelle CR10 de Borg (1998) pour le GP et par une distance de course individuelle (déterminée suite au test 30-15_{IFT}) à respecter pour le GC (tableau 2). Tous les joueurs s'entraînaient en même temps, et dans les mêmes conditions environnementales et matérielles.

Tableau 2. Programme d'entraînement pour les deux groupes de participants (GC et GP)
L'intensité de la charge était réglée par l'utilisation d'un pourcentage de V_{IFT} pour le GC et à partir de valeurs sur l'échelle CR10 pour le GP

Séance d'entraînement (semaine)	Durée totale de la série de travail intermittent (15 s/15 s)	Intensité Groupe contrôle (% V_{IFT})	Intensité Groupe Perception (CR10)
1	08 min	90	7 à 10
2	10 min	95	7 à 10
3	10 min	98	7 à 10
4	12 min	85	7 à 10
5	10 min	95	7 à 10
6	10 min	95	7 à 10

Source : Données personnelles.

C. Traitement statistique

Les données sont présentées sous forme de moyennes (M) et écarts-types. Les caractéristiques descriptives (âge, taille et masse corporelle), la vitesse maximale aérobie intermittente (V_{IFT}) et les réponses psychologiques (CR10_{pic}) sont comparées entre le groupe contrôle (GC) et le groupe perception (GP) par un test *t*. La normalité de la distribution ainsi que l'égalité de la variance ont été

vérifiées pour les deux groupes (*SigmaStat*, Jandel Corporation, San Rafael, Californie). Une analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs (Mesures : avant et après le programme d'entraînement) x (2 Groupes : contrôles, perception) a été effectuée. Le niveau de significativité était fixé à $p < 0.05$. Cette analyse a été complétée par la mesure de la puissance statistique et le calcul de la taille de l'effet ou *effect size* (ES). Un ES peut être considéré comme la différence standard entre deux groupes. Un ES de 1 témoigne d'une très large différence entre les deux groupes. Un ES de 0.2, 0.5 et 0.8 correspond à une différence faible, moyenne ou large (Cohen, 1988).

II. RÉSULTATS

L'analyse statistique (degré de liberté : 26) ne montre aucune différence significative entre les deux groupes (GC et GP) concernant l'âge, la taille, l'indice de masse corporelle (IMC) et le V_{IFT} mesuré lors du test 30-15_{IFT} avant le début du programme d'entraînement. Ces résultats confirment que, suivant leurs niveaux de performances et leurs caractéristiques physiques, les participants ont été uniformément répartis entre les deux groupes de l'étude (GC et GP) (Tableau 1). L'analyse statistique indique un effet significatif du programme d'entraînement sur l'augmentation de la vitesse maximale aérobie intermittente (V_{IFT}) pour les deux groupes ($F = 39.41$; $p < 0.001$). Les ES larges et moyens, respectivement calculés pour le GC (ES = 0.80) et pour le GP (ES = 0.56) avant et après entraînement, confirment ces résultats (tableau 3).

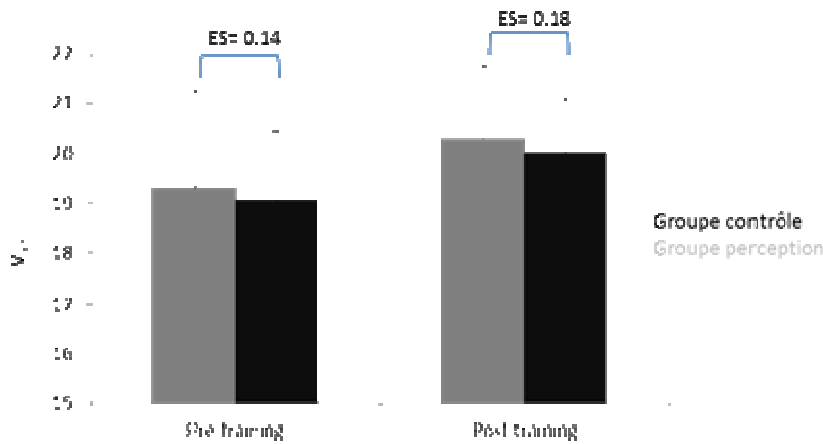
Tableau 3 : Vitesse maximale aérobie de course intermittente (V_{IFT}), avant et après le programme d'entraînement pour le groupe perception (GP) et le groupe contrôle (GC) et progrès moyens de V_{IFT} , calculés sur la base de l'*effect size* (ES)

	<u>Pré-entraînement</u>		<u>Post-entraînement</u>		Progrès (V_{IFT})	ES
	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>		
Groupe contrôle	19.07	1.34	20.04	1.01	0.97	0.80
Groupe perception	19.31	1.90	20.30	1.50	0.99	0.56

Source : Données personnelles.

L'analyse de variance n'indique aucun effet groupe significatif avant et après la période d'entraînement ($F = 0.2$; $p > 0.05$). Les *effect size* calculés pour les deux groupes dans les mêmes conditions sont faibles (ES = 0.14 et 0.18) (figure 1).

Figure 1 : Évolution de la vitesse maximale aérobie intermittente



Source : Données personnelles.

L'interaction effet de l'entraînement x groupes ($F = 0.02$; $p > 0.05$) n'est pas significative pour les progrès de V_{IFT} . Le faible *effect size* calculé avant et après l'entraînement ($ES = 0.18$) confirme ce résultat.

III. DISCUSSION

Le but de cette étude était de comparer les effets d'un entraînement régulé par la perception de l'intensité de l'exercice aux effets d'un entraînement régulé par la distance de course, sur la vitesse maximale aérobie intermittente. Les résultats présentés avant le début de l'entraînement ont montré que les athlètes présentaient des performances, des caractéristiques physiques et des réponses perceptives semblables suite à un test intermittent 30-15 $_{IFT}$. Le résultat principal de cette contribution est qu'un entraînement autorégulé par de jeunes handballeurs en utilisant la perception de l'intensité de l'exercice permet d'augmenter les performances en termes de vitesse maximale aérobie intermittent lors d'un 30-15 $_{IFT}$. Il a ainsi été démontré que les progrès réalisés ne sont pas inférieurs à ceux obtenus suite à un entraînement régulé par une méthode classique qui détermine la charge de travail en utilisant la distance et la vitesse de course.

Ce résultat montre que la perception de l'intensité de l'exercice est un outil valide et utilisable par des handballeurs pour ajuster l'intensité de la charge de l'entraînement au cours d'exercices de courses intermittentes. Ces résultats sont en accord avec plusieurs études qui ont déjà montré que la perception de l'intensité de l'exercice peut être utilisée pour prescrire et réguler une charge d'entraînement en réhabilitation (Dumbar *et al.*, 2004) en entraînement chez des jeunes filles actives (Grange *et al.*, 2011), ou dans le domaine de la performance chez des cyclistes de haut niveau (Monnier-Benoit *et al.*, 2009).

L'utilisation de ce type d'entraînement, basé sur l'autorégulation par la perception de l'intensité, présente un réel intérêt pour évaluer la charge d'entraînement chez des handballeurs et pour individualiser les programmes. En effet, la mise en place simple et rapide de ce type de méthode permet une utilisation en routine pour permettre aux athlètes de travailler à leur propre intensité afin d'obtenir les effets physiologiques souhaités lors des entraînements. Hampson *et al.* (Hampson *et al.*, 2001) ont montré que les athlètes utilisant la perception de l'intensité de l'exercice se basaient sur des signaux internes (physiologiques) et externes (environnementaux) pour adapter avec plus de précisions leur intensité et leur charge d'entraînement. Par conséquent, il peut être très intéressant d'utiliser cette méthode de régulation en routine pour optimiser l'individualisation des programmes d'entraînement des jeunes handballeurs. Nous pouvons également supposer que l'utilisation de la perception de l'intensité de l'exercice peut renforcer l'ego et l'implication dans la tâche des athlètes. En accord avec Guillet et Gauthier (Guillet et Gauthier, 2008), cette hypothèse suggère que l'utilisation de la perception de l'intensité de l'exercice pour réguler la charge de travailler réduirait les risques d'épuisement émotionnel chez les jeunes athlètes. Dans cette perspective, il serait intéressant de créer une échelle spécifique à l'activité handball. Il existe, dans d'autres disciplines, des exemples réussis comme en cyclisme avec l'échelle ESIE de Grappe et Gros Lambert (Grappe et Gros Lambert, 2002) qui est aujourd'hui très largement utilisée en complément d'autres indicateurs de l'intensité de l'exercice. Au cours des séances d'entraînement, il est très simple et rapide d'utiliser ce type d'échelle spécifique pour évaluer en routine la charge d'entraînement.

∴

En conclusion, nos résultats confirment l'intérêt de l'autorégulation de la charge d'entraînement lors de séances de courses intermittentes en utilisant la perception de l'intensité de l'exercice. De plus, il pourrait être pertinent d'explorer la mise en place d'échelles spécifiques pour différentes activités physiques, d'observer les réponses psychologiques, comme par exemple les orientations motivationnelles des joueurs et de mieux prévenir les risques de surentraînement ou de fatigues liés aux charges d'entraînement inadaptées car non individualisées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALTMAN Dieter *et al.* (2001), « The revised CONSORT statement for reporting randomized trials : explanation and elaboration », *Annals of Internal Medicine*, vol. 134, pp. 663-694.

BORG Gunnard (1998), *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*, Champaign (Ill.), Human Kinetics.

BUCHHEIT Martin (2008), « The 30-15 Intermittent Fitness Test : accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players », *Journal of Strength Conditioning Research*, vol. 22, n° 2, juillet, pp. 365-374.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

BUCHHEIT Martin *et al.* (2010), « Improving acceleration and repeated sprint ability in well-trained adolescent handball players : speed vs sprint interval training », *International Journal of Sports Physiology and Performance*, vol. 5, n° 2, janvier, pp. 152-164.

COHEN Jacob (1988), *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, Hillsdale, Erlbaum.

DUNBAR Christopher et KALINSKI Mickel (2004), « Using RPE to regulate exercise intensity during a 20-week training program for postmenopausal women : a pilot study », *Perceptual & Motor Skills*, vol. 99, n° 12, mai, pp. 688-690.

GARCIN Murielle *et al.* (2006), « Factors associated with perceived exertion and estimated time limit at lactate threshold », *Perceptual & Motor Skills*, vol. 103, n° 1, février, pp. 51-66.

GRANGE Céline *et al.* (2011), « The perceived exertion to regulate a training program in young women », *Journal of Strength Conditioning Research*, vol. 25, n° 1, mars, pp. 220-224.

GRAPPE Fred et GROSLAMBERT Alain (2002), « Évaluation et régulation de la charge d'entraînement par la perception de l'exercice en cyclisme : l'exemple de l'échelle d'ESIE », *Les Cahiers de l'INSEP*, n° 33, novembre, pp. 275-277.

GUILLET Emma et GAUTHEUR Sandrine (2008), « Links between motivational orientation and burnout : A study in adolescent handballers at high level », *Science & Sports*, vol. 23, juin, pp. 35-37.

HAMPSON David *et al.* (2001), « The influence of sensory cues on the perception of exertion during exercise and central regulation of exercise performance », *Sports Medicine*, vol. 31, n° 13, octobre, pp. 935-952.

JENSEN John *et al.* (1997), « Effect of combined endurance, strength and sprint training on maximal oxygen uptake, isometric strength and sprint performance in female elite handball players during a season », *International Journal of Sports Medicine*, vol. 18, n° 5, juin, pp. 354-358.

MANCHADO Carmen (2013), « Performance factors in women's team handball. Physical and physiological aspects. A review », *Journal of Strength Conditioning Research*, vol. 27, n° 6, février, pp. 1708-1719.

MONNIER-BENOIT Philippe, GROSLAMBERT Alain et ROUILLON Jean-Denis (2009), « Determination of the ventilatory threshold with affective valence and perceived exertion in trained cyclists: a preliminary study », *Journal of Strength Conditioning Research*, vol. 23, n° 6, juillet, pp. 1752-1757.

SOUHAIL Mohamed *et al.* (2010), « Direct validity of the yo-yo intermittent recovery test in young team handball players », *Journal of Strength Conditioning Research*, vol. 24, n° 2, juin, pp. 465-470.

CHAPITRE VII

ANALYSE DE LA STRATÉGIE DE GESTION DE L'EFFORT EN CONTRE-LA-MONTRE EN CYCLISME

Fred GRAPPE*

Abstract

Analyze of pacing strategy during individual time trial in cycling

Pacing strategy is a critical factor determining success in individual time trial in cycling. An optimum pacing strategy must to regulate the rate of energy expenditure in order to minimise external power losses and prevent premature fatigue and catastrophic failure in any peripheral physiological system before the expected end point. To determine the optimal intensity during the exercise, the cyclists must select a target power level depending on the duration of the event and the environmental conditions. The knowledge of its own record power profile is an important determinant to be able to do this. The analyze of the pacing strategy can be done at three different levels from a powermeter embedded on the bike. The first concerns the analyze of the pacing strategy through the whole effort. The interaction between physiological feedback signals, perception, and pacing of effort over a given duration is performed from a "teleoanticipation" process. With this model, a "central governor" (brain) operates to control exercise performance in response to feedback and feed forward mechanisms utilizing a range of physiological systems to regulate neuromuscular recruitment. The second level of analyze is performed "intra-effort", i.e. from the frequency analysis of power (low frequencies). Finally, the third level of analysis is "intra-pedaling" through changes in power output from the high frequencies (each pedal stroke).

Key words : pacing strategy, individual time trial

Lorsqu'un cycliste a pour objectif de réaliser la meilleure performance possible sur un contre-la-montre, comment choisit-il l'intensité de l'effort qu'il produit ?

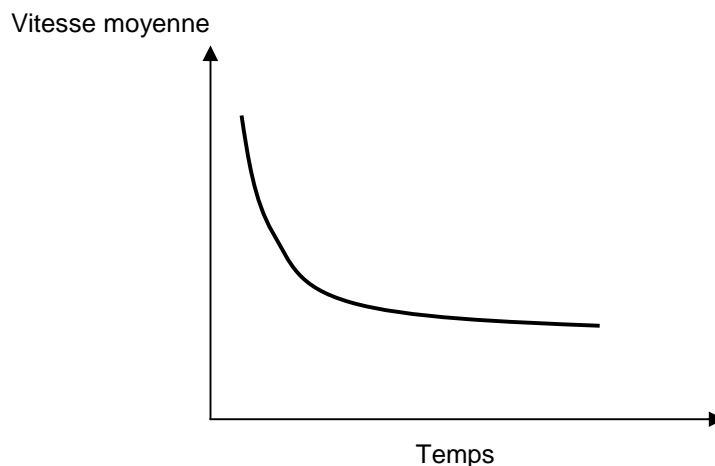
∴

*Maître de conférences (HDR), Université de Franche-Comté, UPFR Sports, Laboratoire C3S (EA 4660).

I. LA RELATION PUISSANCE-TEMPS

Le fonctionnement physiologique impose une loi incontournable qui dit que pour une vitesse donnée, on ne peut tenir qu'un certain temps. Comme la vitesse de déplacement en cyclisme est dépendante des conditions environnementales (température, vent, typologie du terrain), il est préférable de la remplacer par la puissance développée par le sportif. En effet, cette dernière représente l'énergie mécanique dépensée qui renvoie directement à l'effort réel produit par le cycliste sur le vélo. Ainsi, notre fonctionnement physiologique montre que, plus on souhaite développer un niveau de puissance élevé, plus la durée de l'effort diminue. La production d'énergie chez l'homme est assez complexe puisqu'elle obéit à des lois physiologiques très particulières. C'est la raison pour laquelle la relation entre la puissance maximale que l'on est capable de développer et la durée de l'effort n'est pas linéaire. Chez tous les cyclistes la relation puissance-temps a cette forme curvilinéaire très caractéristique (fig. 1) due essentiellement au fait que l'apport énergétique répond à des lois physiologiques différentes en fonction du niveau d'intensité de l'effort.

Figure 1 : Relation vitesse-temps en course à pieds et natation selon Hill (1927)



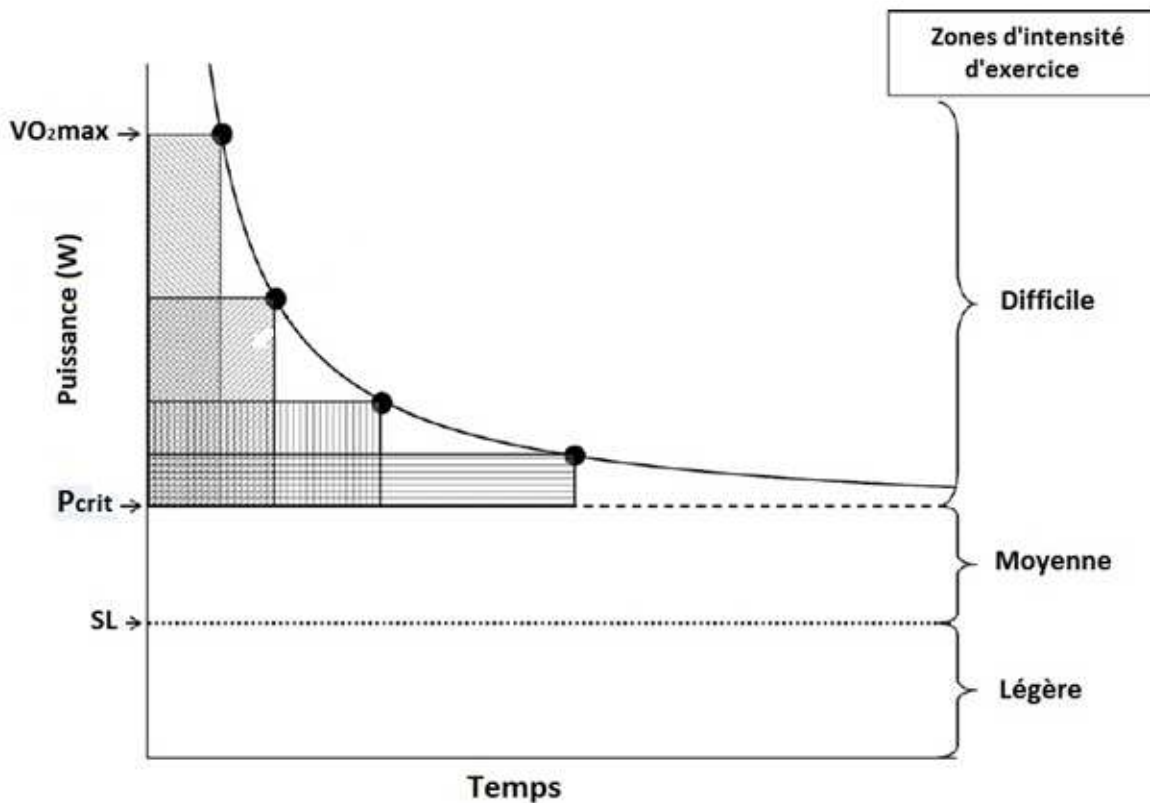
Source : Hill, 1927.

Monod et Scherrer (Monod et Scherrer, 1965) sont les premiers à avoir rapporté qu'en exprimant le temps limite de travail en fonction de puissance mécanique, on obtenait la même courbe caractéristique que celle déterminé quarante ans plus tôt par Hill, qui a montré que le temps limite du travail dynamique était une fonction hyperbolique de la puissance. Ils ont ainsi déterminé le concept de « *puissance critique* » sur des exercices musculaires locaux réalisés entre 4 et 30 min en soulignant qu'il existait une relation linéaire entre le temps limite de maintien d'un exercice et la quantité de travail réalisé. Poole *et al.* (Poole *et al.*, 1988) ont utilisé cette relation caractéristique hyperbolique entre la puissance mécanique et le temps pour caractériser empiriquement la réponse physiologique à l'exercice réalisé près de la puissance critique. Ils ont observé que cette dernière était proche de 80 % de VO_2 max et qu'elle était approximativement située à mi-chemin entre le seuil d'échange gazeux et la VO_2 max (fig. 2). Cela représentait le niveau de puissance le plus élevé correspondant à une stabilisation de la VO_2 et du lactate. Encore plus précisément, la puissance critique a été définie comme correspondant à l'intensité d'exercice la plus élevée stimulant le métabolisme aérobie (Monod et

Scherrer, 1965 ; Moritani *et al.*, 1981 ; Hill, 1993) à un niveau d'intensité appelé « état stable maximal de la lactatémie ».

Cette relation puissance-temps est particulièrement intéressante car on est aujourd'hui capable de la reproduire en faisant le suivi d'un cycliste à l'entraînement et en compétitions avec un capteur de puissance fixé sur le vélo. La relation n'est plus exprimée en temps limite de maintien d'un exercice mais à partir de la puissance record capable d'être développée sur une certaine durée. En d'autres termes, c'est la relation puissance record-temps qui est établie.

Figure 2 : Illustration de la relation « puissance-temps » en fonction des trois grandes zones d'intensité d'exercice établies à partir de la puissance critique (P_{crit}). La relation a été construite avec des exercices maximaux et épuisants compris entre 2 min et 15 min (SL : seuil lactique)



Source : Grappe, 2012.

La détermination de la relation puissance-temps chez le cycliste va permettre de déterminer le niveau de puissance-cible optimal en fonction de la durée estimée de l'effort pour l'épreuve de contre-la-montre. Ainsi, le coureur va adapter la puissance qu'il développe en fonction de la durée totale de l'épreuve, en ajustant perceptivement le niveau de puissance qu'il fournit durant l'exercice en réponse aux paramètres environnementaux.

II. RÉGULATION DE L'INTENSITÉ LORS D'UN CONTRE-LA-MONTRE

Comme nous venons de l'exprimer, le niveau d'intensité choisi par l'athlète lors d'une épreuve de contre-la-montre dépend principalement de sa longueur et de la topographie du terrain. Ces deux variables vont permettre de fixer la durée estimée pendant laquelle l'effort va être réalisé. C'est un point très important car l'intensité de cet effort ne peut pas être la même entre des exercices qui présentent des durées d'effort significativement différentes. Mais ensuite, comment l'étalonnage optimal de l'intensité va-t-il être sélectionné rationnellement par l'athlète ?

Le cycliste va mettre en place ce qu'on appelle une « *stratégie de gestion de l'effort* » qui dépend de plusieurs paramètres. Dans un article récent, Baron *et al.* (Baron *et al.*, 2014) reviennent sur les principales variables qui sous-tendent la mise en place de la stratégie de gestion de l'effort, qui est un facteur déterminant de la performance lors d'un effort en endurance (Hettinga *et al.*, 2007). Les capteurs de puissance fixés sur les vélos permettent de faire trois niveaux d'analyse de cette stratégie, à partir de la puissance développée par le cycliste durant un exercice maximal en contre-la-montre :

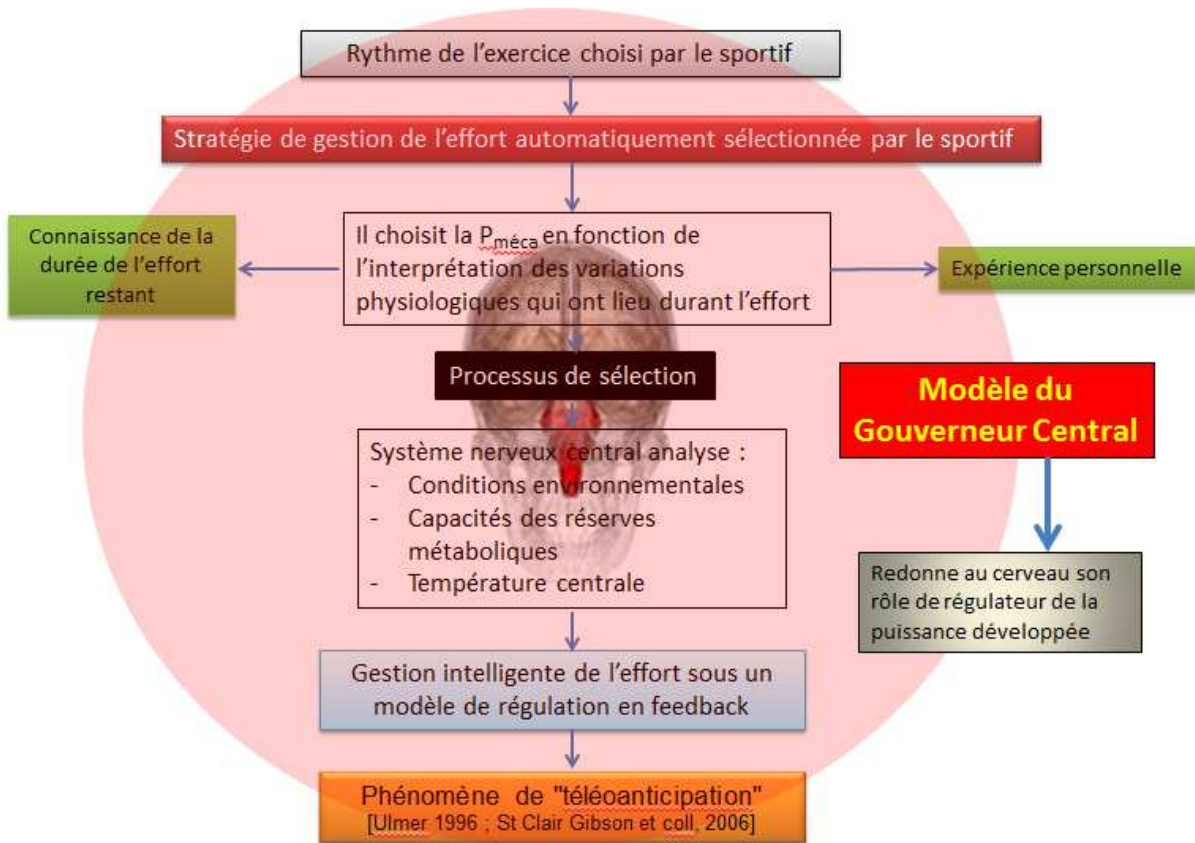
- Niveau 1 : analyse de la stratégie de gestion globale de l'effort ;
- Niveau 2 : analyse de la stratégie de gestion intra-effort ;
- Niveau 3 : analyse de la stratégie de gestion intra-pédalage.

A. Le premier niveau: analyse de la stratégie de gestion globale de l'effort

Ce premier niveau est celui de la mise en action de la stratégie de gestion globale de l'effort. Elle est réalisée à partir d'une régulation optimale du taux d'énergie dépensée (De Koning *et al.*, 1999 ; Foster *et al.*, 1993 et 1994) afin de minimiser les pertes de puissance mécanique extérieures (Hettinga *et al.*, 2006), et d'éviter une fatigue prématurée et un échec catastrophique de certains systèmes fonctionnels périphériques avant le but final attendu (St Clair Gibson *et al.*, 2006). Ce processus a été décrit comme étant une « *négociation interne* » qui requiert une estimation : 1) de la grandeur de la tâche restant à effectuer ; 2) de la puissance développée instantanée ; et 3) des réserves énergétiques restant à disposition (Foster *et al.*, 2004).

Il a été proposé que le cycliste puisse gérer son effort à partir du modèle du « *gouverneur central (le cerveau)* » qui envisage le sportif dans son intégralité et redonne au cerveau son rôle de régulateur de la puissance développée (Noakes *et al.*, 2005 ; Lambert *et al.*, 2005). Ce modèle prévoit que les différents systèmes physiologiques stimulés au cours de l'exercice soient régulés par le cerveau afin de les préserver et d'empêcher l'apparition d'une « *catastrophe* » physiologique dommageable pour la performance, voire même l'intégrité physique. Ainsi, le stress métabolique, le niveau de réserves énergétiques ou d'accumulation de chaleur seraient, parmi d'autres variables, autant d'afférences envoyées au cerveau. Celui-ci ajusterait en conséquence la puissance en diminuant la commande motrice efférente (Tucker *et al.*, 2006).

Figure 3 : Mécanisme de contrôle et de régulation de la puissance durant l'effort à partir du modèle du gouverneur central

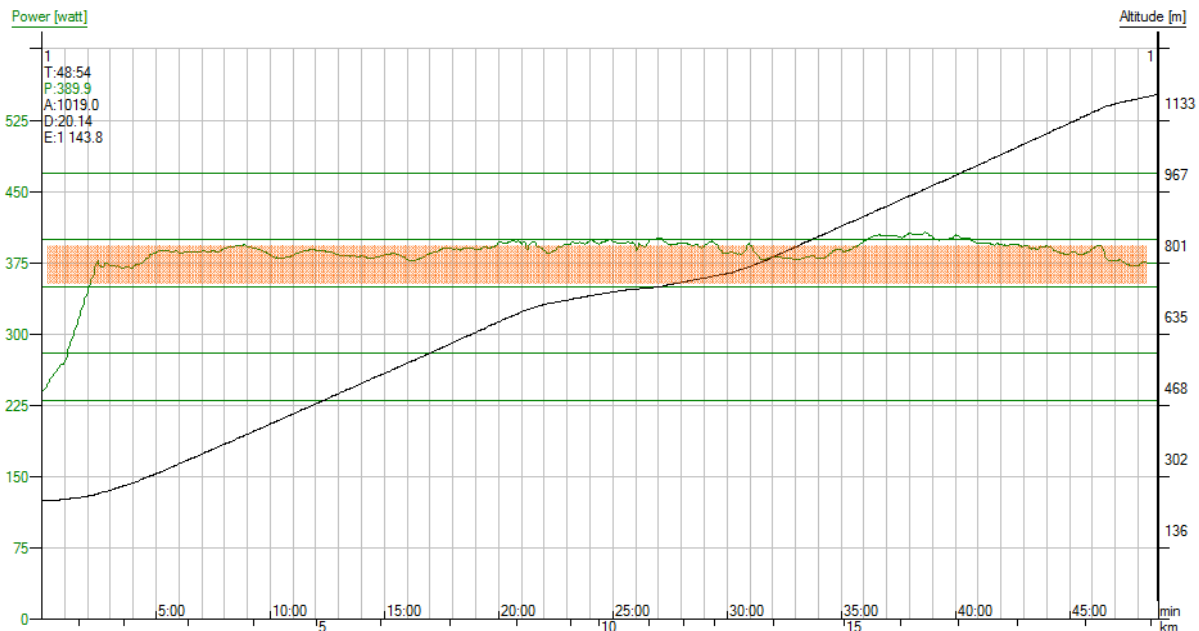


Source : Données personnelles.

Le cerveau pourrait jouer un rôle de contrôleur, afin de préserver l'organisme d'une rupture totale de l'homéostasie. Mais, en plus d'offrir une approche nouvelle des causes de l'arrêt de l'exercice à une intensité imposée, ce modèle permet de mieux comprendre les mécanismes de régulation de la puissance lorsque le cycliste est libre de la réguler, comme c'est le cas dans un contre-la-montre (fig. 4).

Ainsi, lorsque le rythme de l'exercice est choisi par le cycliste, la stratégie de gestion de l'effort est régulée spécifiquement pour s'assurer que les paramètres qui sont classiquement impliqués dans l'apparition de la fatigue soient contrôlés de façon à ce qu'ils n'affectent pas les variables physiologiques avant le point de rupture connu de l'exercice (fig. 3) (Atkinson *et al.*, 2007). Cette gestion intelligente de l'effort sous un modèle de régulation en feedback est encore appelée phénomène de « téléoanticipation » (Ulmer, 1996 ; St Clair Gibson *et al.*, 2006).

Figure 4 : Exemple de la stratégie de gestion globale de l'effort lors d'un contre-la-montre en montée (courbe noire) avec l'analyse de la puissance développée (en vert)



Source : Données personnelles.

La figure 4 présente la puissance développée par un cycliste lors d'un contre-la-montre en montée. Sur une durée d'effort voisine de 50 minutes, on observe que la puissance développée sur toute la durée de l'exercice est relativement stable et qu'elle se situe toujours dans la zone (en rouge) du seuil anaérobie de ce coureur (partie haute de la zone). Cela témoigne d'une stratégie de gestion de l'effort global relativement bonne. Mais, lorsqu'on analyse plus en détail la gestion de la puissance, on observe que les premières minutes de l'exercice ont été réalisées à une intensité légèrement plus basse que la moyenne et que, dans le final de l'épreuve, le cycliste n'est pas parvenu à maintenir le niveau de puissance cible moyen qu'il s'était fixé tout au long de l'épreuve. Manifestement, les niveaux de fatigue musculaire et de perception d'efforts trop élevés ne lui ont pas permis de rehausser son niveau de puissance.

B. Le second niveau : analyse de la stratégie de gestion intra-effort

Le second niveau est celui de la stratégie de gestion « *intra-effort* ». Il correspond à l'analyse du signal de la puissance mécanique à partir de ses grandes variations au cours de la durée totale de l'exercice. Il s'appuie sur une analyse fréquentielle de la puissance développée par le cycliste au cours du temps. Lorsqu'un cycliste fournit un effort du type contre-la-montre où il est confronté à lui-même, la puissance qu'il produit n'est pas linéaire en fonction du temps, elle présente certaines variations (fig. 5).

Ces variations sont représentées par des différences significatives plus ou moins importantes du niveau de puissance sur des intervalles de temps plus ou moins longs. Elles peuvent être assimilées à des phénomènes périodiques qui se reproduisent durant toute la durée de l'effort. Lors de l'épreuve, on observe que certains phénomènes se reproduisent très fréquemment (hautes fréquences) alors que d'autres moins (basses fréquences). Il est ainsi possible d'étudier la stratégie de gestion de l'effort en utilisant l'analyse des différentes fréquences qui émanent des variations (phénomènes) de puissance produites par le cycliste et provenant des mécanismes actifs de téléoanticipation tout au long de l'exercice.

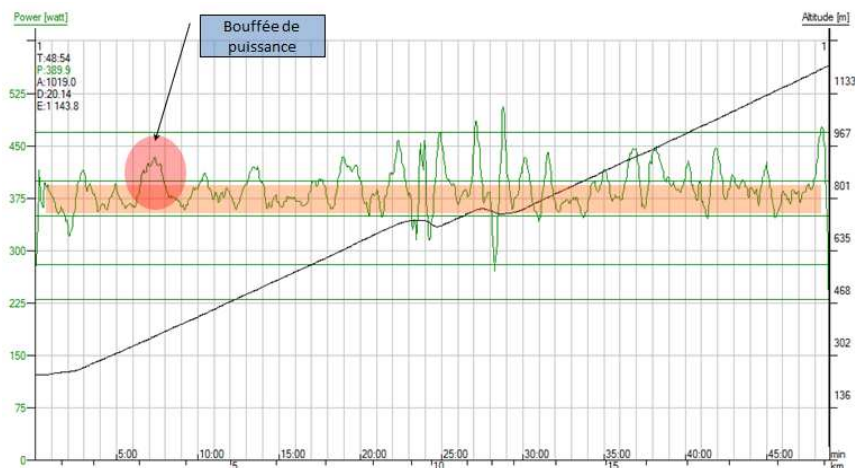
Sur la figure 5, page suivante, on observe une onde sinusoïdale fréquentielle inférieure à 1 min d'une certaine amplitude qui intervient régulièrement durant l'exercice. Cette basse fréquence proviendrait des bouffées d'informations générées par le système de « téléoanticipation ». Chaque bouffée d'information encapsulée dans une bande de fréquence contrôlerait différentes composantes de l'exercice. La stratégie globale de l'effort serait ainsi représentée par les bandes de basses fréquences (départ rapide, départ lent, fin de course...) et, par conséquent, par la sommation des différentes bouffées de puissance issues du système de téléoanticipation de l'athlète actif durant toute l'épreuve.

C. Le troisième niveau: analyse de la stratégie de gestion intra-pédalage

Dans le troisième niveau (le plus profond), l'analyse est réalisée au cours des différents cycles de pédalage qui sont sources de production de puissance. Ainsi, l'activité spécifique, telle que la modulation de la fonction temporelle des différents muscles dans les membres associés à la production de puissance et la rotation des différents types de fibres musculaires durant l'exercice permettant le maintien de la puissance, serait représentée par les bandes de hautes fréquences (fig. 5 et 6) (St Clair Gibson *et al.*, 2006). Alors que la stratégie de gestion de l'effort illustrée sur la figure 5 renvoie à des bandes de basses fréquences, les variations très fines de puissance renvoient, quant à elles, aux bandes de hautes fréquences qui gèrent l'activité spécifique de pédalage du cycliste à chaque instant sur chaque cycle de pédalage (fig. 6).

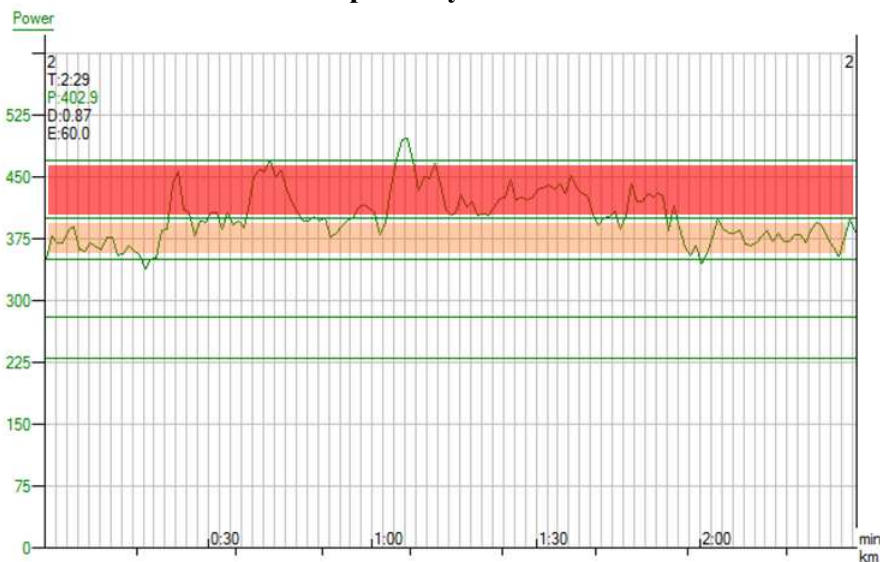
Les mécanismes de téléoanticipation induisent, tout au long de l'exercice, des corrections continues et répétées du niveau de puissance en fonction de la balance physiologique constituée par les signaux afférents et efférents. Une fois que la puissance a été corrigée par le système de téléoanticipation, nécessairement arrive une période d'« incertitude » (St Clair Gibson *et al.*, 2006). Cette période d'incertitude s'étend durant un temps de « retard », au cours duquel les ajustements résultent de l'activité métabolique induite par les changements précédents de puissance, qui génèrent des signaux afférents provenant des récepteurs périphériques. Ainsi, durant l'effort, on observe une alternance entre des périodes d'exercices réalisés avec « certitude » et des périodes d'exercices réalisées avec « incertitude » (fig. 7). Durant les périodes de certitude, le cerveau génère des variations de puissance basées sur l'évaluation des signaux afférents périphériques à partir de l'algorithme de contrôle central en tenant compte de la distance devant être parcourue (ou la durée de l'exercice) et d'une stratégie de gestion globale de l'effort. Ce mécanisme central de traitement de l'information est intrinsèque à chaque sportif et dépend d'une multitude de paramètres que celui-ci doit gérer dans un espace-temps très court. L'expérience de terrain montre qu'il existe des cyclistes capables de maîtriser mieux que d'autres ce mécanisme central qui doit certainement répondre à des mécanismes à la fois conscients et inconscients.

Figure 5 : Exemple d'analyse de la gestion intra-effort lors du contre-la-montre en montée de la figure 4. On observe différents phénomènes périodiques qui se produisent à des fréquences différentes. La stratégie de gestion de l'effort globale renvoie aux bandes de basses fréquences dans le traitement de l'information par le cycliste



Source : Données personnelles.

Figure 6 : Exemple de la gestion intra-pédalage lors du contre-la-montre en montée de la figure 2 à partir du zoom réalisé sur la figure 3. Le zoom sur une période d'exercice très courte (3 min) montre l'instantanéité des différents ajustements de puissance durant l'effort. Ces différents ajustements renvoient aux bandes de hautes fréquences dans le traitement de l'information par le cycliste

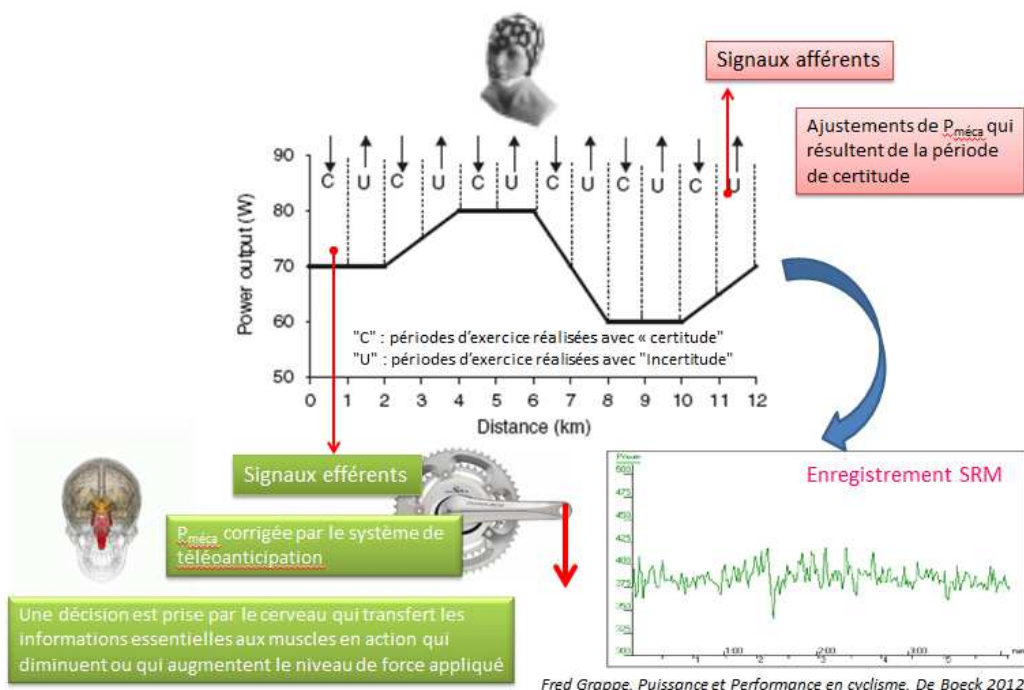


Source : Données personnelles.

III. CHARGE AFFECTIVE ET RÉGULATION DE L'EFFORT

Au cours d'un exercice induisant l'apparition d'une fatigue comme c'est le cas lors d'un contre-la-montre, l'augmentation de la perception de l'effort diminue progressivement le désir conscient de maintenir la puissance à son niveau initial (Noakes *et al.*, 2005). Mais si des sensations désagréables d'effort existent, des sensations de plaisir peuvent également être identifiées lorsque des intensités plus faibles sont sélectionnées (Kilpatrick *et al.*, 2007). La différence entre les sensations désagréables et agréables (appelée « charge affective ») semble répondre, de façon appropriée, à la complexité des mécanismes psychologiques qui entrent en action lors d'un effort intense comme le contre-la-montre. L'interaction entre ces sensations agréables et désagréables et le niveau de motivation semble pouvoir expliquer le processus de régulation de l'allure. Pour un niveau donné de motivation, la charge affective influence le choix de l'intensité. Selon le modèle proposé par Baron *et al.* (Baron *et al.*, 2011), le désir de sélectionner une intensité élevée dépend de la différence entre le niveau d'acceptation de charge affective (autrement dit, la motivation) pour une durée donnée et le niveau de cette charge affective. Plus le plaisir à réaliser l'exercice est important, plus le désir de sélectionner une intensité élevée l'est aussi. À l'inverse, plus l'effort est important, moins le désir l'est.

Figure 7 : Illustration du système de traitement de l'information entre l'algorithme central et les systèmes physiologiques périphériques pour développer un certain niveau de puissance. "C" représente les périodes d'exercice qui sont réalisées avec "Certitude" et "U" celles qui sont réalisées avec "Incertitude"



Source : Grappe, 2012.

Si le niveau de la charge affective est proche du niveau maximal de l'acceptation durant l'effort, le cycliste doit choisir entre le confort, en réduisant l'intensité de l'exercice, ou une augmentation de l'inconfort, en maintenant le niveau de l'intensité sélectionnée, afin d'améliorer la performance. Pour prendre en considération cette notion de conflit interne, le niveau d'acceptation de la charge affective pourrait être défini comme la différence entre le désir d'arrêter l'exercice et le désir de continuer.

St Clair Gibson et Foster (St Clair Gibson et Foster, 2007) ont déjà montré que la stratégie de gestion est dépendante d'un modèle préétabli : c'est dire que les sportifs développent un profil individuel de stratégies de gestion, ce profil étant reproduit dans les tâches futures. St Clair Gibson *et al.* (St Clair Gibson *et al.*, 2001) ont suggéré que les séquences motrices représentatives du modèle de performance sont certainement programmées à l'intérieur du cortex moteur à partir des performances athlétiques antérieures.

Baron (Baron, 2014) suggère qu'un modèle préétabli des réponses émotionnelles existerait et influencerait les stratégies de gestions, même lorsque la nature de la tâche est différente, c'est-à-dire en course à pieds sur le plat, en descente et en montée.

IV. MODÈLE HOLISTIQUE DE PRODUCTION DE PUISSANCE

La figure 8 (page d'après) illustre le modèle qui permet au cycliste de développer un certain niveau de puissance lors d'un contre-la-montre. On observe qu'il faut une efficacité importante du système de traitement de l'information par le cerveau pour que la puissance délivrée soit la mieux étalonnée possible en fonction des différents paramètres environnementaux.

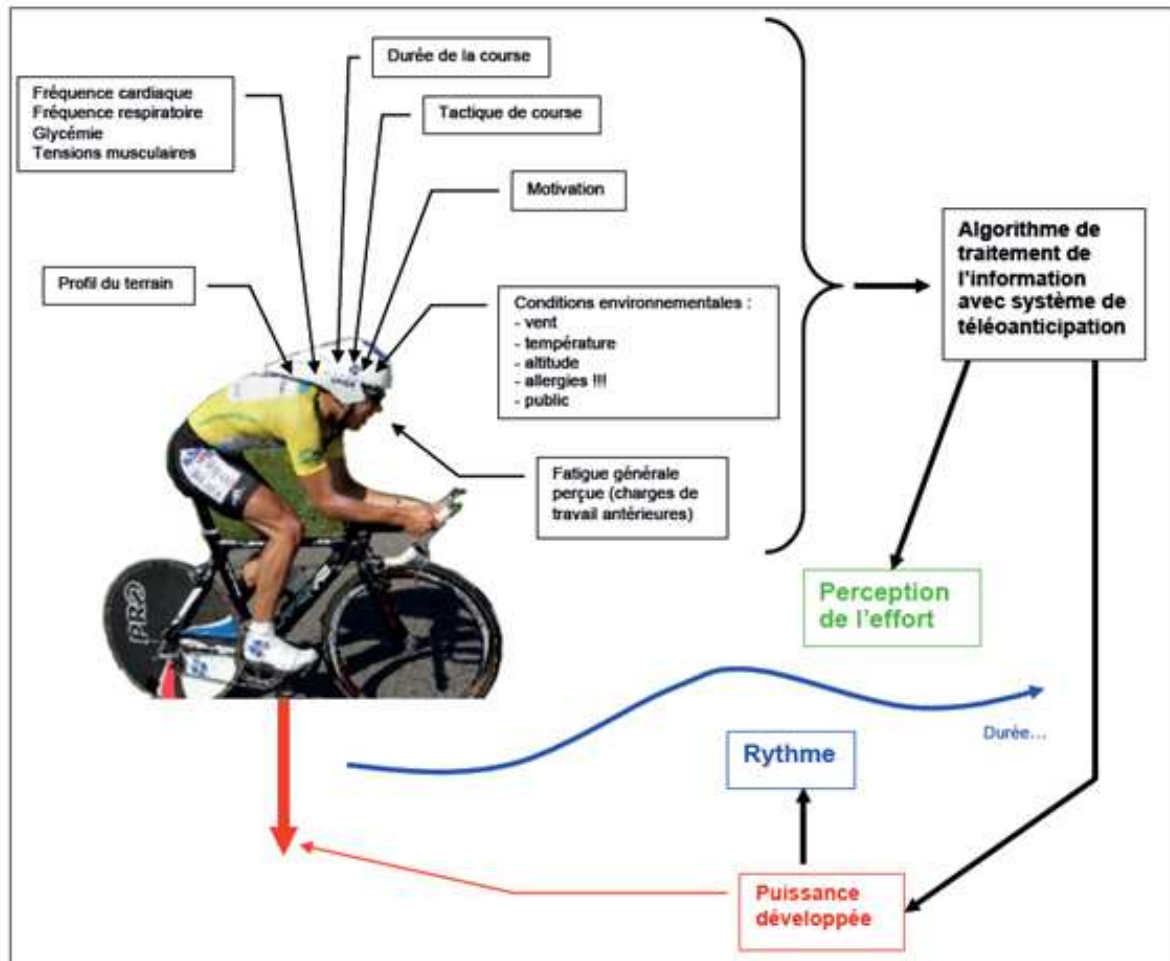
Vu le nombre important de signaux et d'informations à prendre en considération, on comprend mieux pourquoi tous les coureurs ne sont pas égaux en termes de régulation de la puissance lors d'un contre-la-montre. Ils ne vont pas tous traiter les paramètres de la même façon car leurs algorithmes de traitement ne fonctionnent pas avec la même efficacité ni avec la même précision.

Un même niveau de puissance peut ainsi être déterminé par un traitement de l'information différent. Plus l'algorithme de traitement par le cerveau est efficace et rapide, meilleure sera la capacité de performance du cycliste en contre-la-montre.

∴

Des recherches futures devront s'intéresser à la relation qui existe entre la performance en contre-la-montre et la stratégie de gestion de l'effort en étudiant comment interviennent les trois niveaux d'analyse que nous avons définie (gestion globale de l'effort, gestion intra-effort, gestion intra-pédalage).

Figure 8 : Illustration du modèle qui permet au cycliste de délivrer un certain niveau de puissance lors de l'effort



Source : Grappe, 2012.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ATKINSON Greg, PEACOCK Oliver et ST CLAIR GIBSON Alan *et al.* (2007), « Distribution of power output during cycling: Impact and mechanisms », *Sports Medicine*, vol. 37, n° 8, février, pp. 647-667.

BARON Bertrand, GUILLOUX Bertrand, BÈGUE Mylène *et al.* (2014), « Emotional responses during repeated sprint intervals performed on level, downhill and uphill surfaces », *Journal of Sports Sciences* (DOI: 10.1080/02640414.2014.947523).

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

BARON Bertrand, MOULLAN Farouck, DERUELLE Fabien *et al.* (2011), « The role of emotions on pacing strategies and performance in middle and long duration sport events », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 45, n° 6, mai, pp. 511-517.

DE KONING Jos, BOBBERT Maarten et FOSTER Carl (1999), « Determination of optimal pacing strategy in track cycling with an energy flow model », *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 2, n° 3, mars, pp. 266-277.

FOSTER Carl, DE KONING Jos, HETTINGA Florentina, LAMPEN Joanne *et al.* (2004), « Effect of competitive distance on energy expenditure during simulated competition », *International Journal of Sports Medicine*, vol. 25, n° 3, mars, pp.198-204.

FOSTER Carl, SCHRAGER Matthew, SNYDER Ann et THOMPSON Nancy (1994), « Pacing strategy and athletic performance », *Sports Medicine*, vol. 17, n° 2, février, pp. 77-85.

FOSTER Carl, SNYDER Ann, THOMPSON Nancy, GREEN Megan *et al.* (1993), « Effect of pacing strategy on cycle time trial performance », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 25, n° 3, mars, pp. 383-388.

GRAPPE Fred (2012). *Puissance et Performance en Cyclisme. S'entraîner avec des Capteurs de Puissance*, Bruxelles, De Boeck.

HETTINGA Florentina, DE KONING Jos, BROERSEN Frank *et al.*, (2006), « Pacing strategy and the occurrence of fatigue in 4000-m cycling time trials », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 38, n° 8, juillet, pp. 1484-1491.

HETTINGA Florentina, DE KONING Jos et MEIJER Emiel (2007), « Biodynamics effect of pacing strategy on energy expenditure during a 1500-m cycling time trial », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 39, n° 12, décembre, pp. 2212-2218.

HILL Archibald (1927). *Muscular Movement in Man : the Factors Governing Speed and Recovery from Fatigue*, New York, Mc Graw-Hill.

HILL David (1993), « The critical power concept: a review », *Sports Medicine*, vol. 16, n° 4, octobre, pp. 237-54.

KILPATRICK Markus, KRAEMER Robert, BARTHOLOMEW John *et al.* (2007), « Affective responses to exercise are dependent on intensity rather than total work », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 39, n° 8, juillet, pp. 1417-1422.

LAMBERT Estelle, ST CLAIR GIBSON Alan et NOAKES Tim (2005), « Complex systems model of fatigue : integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 39, n° 1, janvier, pp. 52-62.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

MONOD Hubert et SCHERRER Jean (1965), « The work capacity of a synergic muscular group », *Ergonomics*, vol. 8, n° 1, janvier, pp. 329-338.

MORITANI Toshio *et al.* (1981), « Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold », *Ergonomics*, vol. 24, n° 3, mars, pp. 339-350.

NOAKES Tim, ST CLAIR GIBSON Alan et LAMBERT Estelle (2005), « From catastrophe to complexity : a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans. Summary and conclusions », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 39, n° 2, février, pp. 120-124.

POOLE David, WARD Susan, GARDNER Greg *et al.* (1988), « Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man », *Ergonomics*, vol. 31, n° 6, juin, pp. 1265-1279.

ST CLAIR GIBSON Alan et FOSTER Carl (2007), « The role of self-talk in the awareness of physiological state and physical performance », *Sports Medicine*, vol. 37, n° 12, décembre, pp. 1029-1044.

ST CLAIR GIBSON Alan, LAMBERT Estelle et NOAKES Tim (2001), « Neural control of force output during maximal and submaximal exercise », *Sports Medicine*, vol. 31, n° 9, septembre, pp. 637-650.

ST CLAIR GIBSON Alan, LAMBERT Estelle, RAUCH Laurie *et al.* (2006), « The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort », *Sports Medicine*, vol. 36, n° 8, septembre, pp. 705-722.

TUCKER Ross, BESTER Andrew, LAMBERT Estelle *et al.* (2006), « Non-random fluctuations in power output during self-paced exercise », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 40, n° 11, novembre, pp. 912-917.

ULMER Herbert (1996), « Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback », *Experientia*, vol. 52, n° 5, mai, pp. 416-420.

TROISIÈME PARTIE

**PERCEPTION DE L'EFFORT ET ACTIVITÉS PHYSIQUES ADAPTÉES ET
RÉHABILITATION**

CHAPITRE VIII

INTERETS DE LA PERCEPTION DE L'EFFORT EN REHABILITATION

Jérémy COQUART*

Abstract

Perceived exertion and rehabilitation

Nowadays, the most frequently used tool for measurement of effort perception is the ratings scale of perceived exertion (RPE) of Borg. This scale is used for various objectives in general population. Recently, this scale is also used in patients. The validity and reliability of the RPE scale has previously been showed. However, the interests of the measurement of perceived exertion in pathological populations are still poorly known. Actually, several interests have been reported during graded exercise test (e.g., comparison of physical fitness, indication of the progression during exercise test, safety stop of exercise test, using as exhaustion criteria, and prediction of physiological variables) and rehabilitation programs (e.g., individualized exercise prescription, quantification of training load, unconscious adaptation of exercise intensity from prescription procedure, checking of training adaptations, and determination of perceptual preference). This chapter presents these interests in different pathological populations. Moreover, in order to improve the using of RPE scale, recommendations are proposed (i.e., instructions and perceptual anchoring).

Key words : Training Program, Patients, Exercise, Rating Scale.

Dans les centres de réhabilitation à l'effort, les soignants s'appuient souvent sur des mesures objectives pour comparer la condition physique de deux patients (mesure de la consommation pic d'oxygène : $\dot{V}O_{2pic}$), prescrire une intensité d'exercice individualisée (utilisation d'un pourcentage de la fréquence cardiaque maximale : FCmax), confirmer la maximalité d'une épreuve d'effort (vérification d'un quotient respiratoire supérieur à 1,1), ou encore examiner les effets d'un programme de réhabilitation à l'effort (e.g., mesure de la puissance maximale aérobie : PMA). Toutefois, depuis plusieurs années, certains chercheurs s'intéressent à la mesure subjective de l'effort, et ils ont réussi à montrer que cette mesure est parfois préférable aux mesures objectives. Cependant, la mesure de l'effort perçu et ses intérêts restent encore mal connus des soignants.

∴

* Maître de conférences, Université de Rouen, Faculté des Sciences du Sport, Centre d'Études des Transformations des Activités physiques et sportives (EA 3832).

I. LA PERCEPTION DE L'EFFORT

A. Le concept

De nos jours, la perception de l'effort se définit généralement comme l'ensemble des sentiments d'effort, de contrainte, d'inconfort et de fatigue, qu'une personne éprouve durant un exercice (Noble et Robertson, 1996). Ce concept est issu de la psychophysique qui, selon Jean-François Richard (Richard, 1988), est l'étude des relations entre les stimuli et les sensations. Pour quantifier ces relations, divers auteurs ont développé et validé différentes échelles, le plus souvent dites de « *partitions* », de « *cotations* », ou encore de « *catégories* » (Delignière, 1990). Parmi ces échelles, nous pouvons noter celles développées par deux équipes françaises : l'échelle RPE-C (*Ratings scale of Perceived Exertion in Children*) d'Alain Grolambert *et al.* (Grolambert *et al.*, 2001) et l'échelle ETL (*Estimation of Time Limit*) de Murielle Garcin *et al.* (Garcin *et al.*, 1999). Cependant, l'échelle RPE (*Ratings scale of Perceived Exertion*) de Gunnar Borg reste l'échelle la plus fréquemment utilisée (Robertson, 2001). Cette échelle est basée sur la méthode des jugements absolus, pour laquelle les patients comparent les stimuli un par un, selon une échelle dite « *à catégories limitées* » puisqu'elle possède des intervalles égaux entre chaque cotation et qu'elle est limitée par une cotation minimale et une cotation maximale (Delignière, 1990). Par conséquent, le patient exprime ses sensations par un nombre souvent unique (bien qu'il soit possible de dissocier la perception de l'effort en perceptions cardio-pulmonaire, musculaire...), compris entre la cotation la plus basse et celle la plus élevée de l'échelle RPE, à partir de ses sentiments d'effort, de contrainte, d'inconfort et de fatigue. Pour aider le patient à évaluer son effort à partir de l'échelle RPE, des descriptions verbales sont associées à certaines cotations.

B. L'échelle RPE (*Ratings scale of Perceived Exertion*)

La première version de l'échelle RPE a vu le jour dans les années 1960. Cette échelle était alors constituée de 20 échelons, compris entre 1 et 20. Toutefois, dès 1970, Gunnar Borg (Borg, 1970) a modifié les cotations de cette première échelle. En effet, pour améliorer la relation linéaire entre les fréquences cardiaques (FC) et les valeurs de RPE, Borg a choisi de limiter l'échelle RPE aux cotations allant de 6 (RPE₆) à 20 (RPE₂₀) (*cf.* fig. 1 dans le chapitre 1 de Murielle Garcin ; traduction du RPE 6-20 selon Shephard *et al.*, 1992).

Ces cotations minimale et maximale ont été retenues afin de pouvoir estimer la fréquence cardiaque (FC) d'un homme jeune sédentaire et en bonne santé, lors d'une épreuve d'effort sur bicyclette ergométrique ou sur tapis roulant ($RPE \times 10 = FC$) (Borg, 1998). En effet, RPE₆ et RPE₂₀ ont été choisies pour représenter respectivement la FC de repos ($FC_{\text{repos}} = 6 \times 10 = 60$ bpm) et la FC_{max} ($FC_{\text{max}} = 20 \times 10 = 200$ bpm) d'un homme sain et sédentaire d'environ 20 ans. Depuis, dans son livre de 1998, Borg a proposé une nouvelle version de l'échelle RPE (Borg, 1998) mais, cette fois, non plus en modifiant le nombre de cotations ou la valeur minimale de RPE, mais en affinant les descriptifs verbaux afin de les rendre encore plus représentatifs des perceptions du patient. Cependant, à l'heure actuelle, aucune étude n'a testé les qualités métriques de cette nouvelle version en langue française.

C. Qualités métriques de l'échelle RPE

Actuellement, la seule version française de l'échelle RPE qui a été validée et dont la reproductibilité a été attestée, est l'échelle RPE développée en 1970 (Borg, 1970). Les premiers chercheurs qui ont montré la validité concourante (le lien entre les valeurs de RPE et les variables physiologiques) de cette échelle sont Roy Shephard *et al.* (Shephard *et al.*, 1992) de l'Université de Toronto et plusieurs Français (dont Henri Vandewalle). Leurs études ont permis de souligner que les valeurs de RPE générales (représentant une intégration des différentes sensations d'effort) étaient associées à de nombreuses variables physiologiques (FC ; consommation d'oxygène : $\dot{V}O_2$; pourcentage de la consommation maximale d'oxygène : $\dot{V}O_{2max}$) chez huit hommes ($28,6 \pm 3,8$ ans, $70,2 \pm 8,7$ Kg, $\dot{V}O_{2max} = 49,1 \pm 7,1$ mL.min⁻¹.Kg⁻¹) et huit femmes ($31,9 \pm 10,4$ ans, $54,1 \pm 4,3$ Kg, $\dot{V}O_{2max} = 40,9 \pm 10,3$ mL.min⁻¹.Kg⁻¹). Par conséquent, l'estimation de la perception de l'effort dans les pays francophones nécessite « seulement » de poser la question suivante : « *Comment percevez-vous l'effort effectué ?* » et de relever la cotation du patient à partir de la Figure 1. Par exemple, si un patient perçoit l'effort comme « dur », il pointera le nombre 15 sur l'échelle RPE (*i.e.*, RPE₁₅). En revanche, s'il perçoit son effort comme étant entre « ni léger, ni dur » (RPE₁₃) et « dur » (RPE₁₅), il donnera la cotation intermédiaire (même si aucun descriptif verbal n'est associé à cette cotation), soit RPE₁₄. Grâce à cette simplicité, l'utilisation de la traduction française de l'échelle RPE (Borg 1970) connaît un engouement croissant dans les domaines de l'entraînement sportif, l'ergonomie mais aussi dans la réhabilitation à l'effort (Borg, 1998).

Dans le monde de la réhabilitation, l'une des premières études à avoir testé la validité et la reproductibilité de l'échelle RPE a été réalisée par James Skinner *et al.* (Skinner *et al.*, 1973) chez des patients obèses. Ces auteurs ont recruté une population de seize étudiants (huit sujets normo-pondérés et huit patients atteints d'obésité). Tous les sujets ont réalisé, à deux reprises et dans un ordre aléatoire, deux exercices sur bicyclette ergométrique : un test continu incrémenté sous-maximal (cinq charges de travail à 150, 200, 250, 300 et 350 Kg.m.min⁻¹) et un test discontinu à charges randomisées (durant lequel les cinq charges de travail du test continu incrémenté sous-maximal étaient présentées aléatoirement et entrecoupées par une période de récupération passive de huit minutes). Durant ces différents tests, les auteurs ont relevé les valeurs de RPE et diverses variables physiologiques (FC, $\dot{V}O_2$, ventilation, fréquence respiratoire...) à la fin de chaque charge de travail.

Pour examiner la reproductibilité de l'échelle RPE, les valeurs de RPE relevées lors d'un test (test continu incrémenté sous-maximal ou test discontinu à charges randomisées) étaient comparées à celles relevées lors du même test (lors du retest puisque chaque test était réalisé à deux reprises). Les auteurs ont constaté des corrélations significatives avec des coefficients de corrélation élevés quel que soit le test (test continu incrémenté sous-maximal : $r = 0,80$, $P < 0,05$; test discontinu à charges randomisées : $r = 0,78$, $P < 0,05$) montrant la reproductibilité de l'échelle RPE chez des sujets sains et des patients obèses.

Pour étudier la validité de l'échelle RPE, les auteurs ont comparé, pour chaque charge de travail, les variables physiologiques et les valeurs de RPE obtenues durant les tests continus incrémentés sous-maximaux avec celles relevées lors des tests discontinus à charges randomisées. Les résultats ne montraient aucune différence significative entre ces valeurs ($P > 0,05$). De plus, des

corrélations significatives entre les deux types de tests étaient trouvées pour les valeurs de RPE ($r = 0,79$; $P < 0,05$). De ce fait, James Skinner *et al.* (Skinner *et al.*, 1973) ont conclu que les patients obèses, comme les sujets sains, étaient capables de percevoir de petites différences d'intensité d'exercice sur bicyclette ergométrique, suggérant la validité de l'échelle RPE.

Du fait du respect de ces deux qualités métriques essentielles, de sa simplicité et de son coût, de nombreux centres de réhabilitation à l'effort utilisent en routine l'échelle RPE lors d'exercices variés, et pour divers objectifs.

II. INTÉRÊTS DE LA MESURE DES VALEURS DE RPE LORS D'UNE ÉPREUVE D'EFFORT

A. La comparaison de la condition physique

Il est généralement admis que la FC peut être utilisée pour comparer la condition physique de deux patients. Durant un exercice, et pour une même FC (135 bpm), le patient développant la plus grande puissance (patient A = 70 W *vs* patient B = 50 W) est celui possédant la meilleure condition physique (patient A ; fig. 1). Comme les FC et les valeurs de RPE sont étroitement liées, il est logique que cet intérêt puisse aussi s'appliquer à la perception de l'effort. En relevant les valeurs de RPE (plutôt que les FC) à chaque palier lors d'une épreuve d'effort, la relation linéaire entre ces valeurs et les puissances peut être tracée.

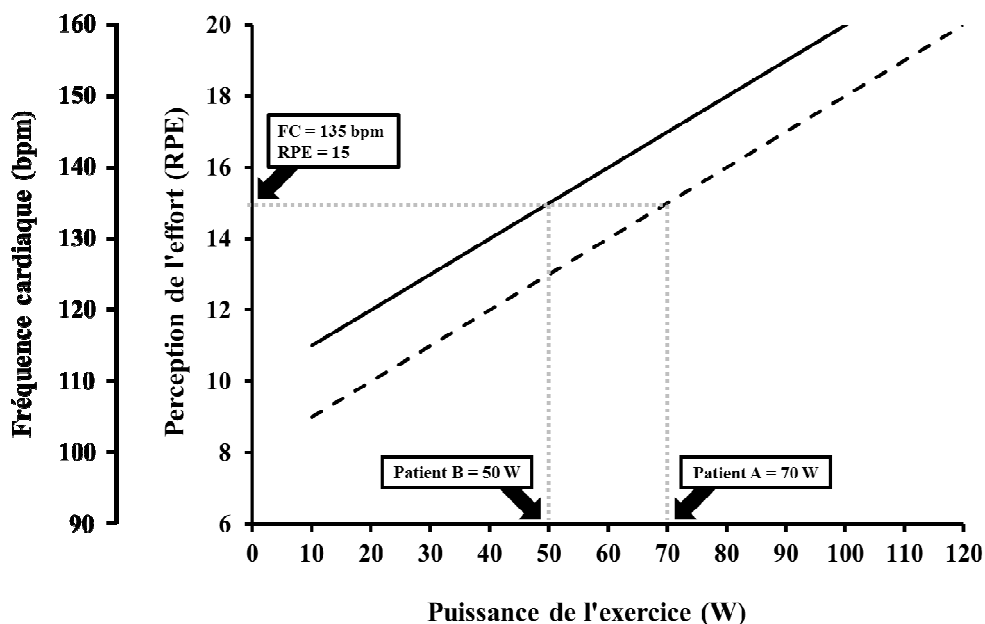
À partir de cette relation, il est ensuite possible d'identifier le patient ayant la meilleure condition physique (patient A), c'est-à-dire celui qui a maintenu la plus grande charge de travail (patient A = 70 W *vs* patient B = 50 W) à une valeur de RPE donnée (RPE₁₅ ; fig. 2) (Noble et Robertson 1996 ; Robertson et Noble, 1997). Parallèlement, pour une même charge de travail donnée (*e.g.*, 70 W), le patient rapportant la plus faible valeur de RPE (patient A = RPE₁₅ *vs* patient B = RPE₁₇) sera celui qui aura la meilleure condition physique (patient A).

B. La détermination de l'état d'avancement

L'une des premières utilisations de l'échelle RPE dans le cadre clinique est la détermination de l'état d'avancement lors d'une épreuve d'effort (ce que le patient peut encore réaliser avant l'épuisement) (Coquart, 2013 ; Coquart *et al.*, 2012 ; Noble et Robertson, 1996 ; Robertson et Noble, 1997). En effet, souvent avant de débiter une épreuve d'effort, le médecin demande à l'infirmière de prélever une petite quantité de sang afin de déterminer plusieurs paramètres biologiques au repos (lactatémie, potentiel hydrogène, taux de bicarbonates...). Une fois le prélèvement effectué, le médecin débute l'épreuve d'effort, mais l'infirmière peut être amenée à quitter la salle (pendant un moment indéterminé) pour apporter le prélèvement au technicien qui l'analysera. En revenant dans la salle des épreuves d'effort, elle va très facilement savoir où le patient se situe dans son épreuve d'effort. Par exemple, si en revenant, le patient cote RPE₁₃ (à 7 cotations du maximum théorique, *i.e.* de RPE₂₀), il est plus proche de l'épuisement que s'il avait coté RPE₁₁ (à 9 cotations du maximum).

Par conséquent, au cours d'une épreuve d'effort, plus la valeur de RPE est élevée, plus l'épuisement est proche et donc plus l'arrêt sera précipité (Coquart, 2013 ; Coquart *et al.*, 2012 ; Noble et Robertson, 1996 ; Robertson et Noble, 1997).

Figure 1 : Exemple de comparaison de la condition physique de deux patients à partir des fréquences cardiaques (FC) ou des perceptions de l'effort (RPE) mesurées lors d'une épreuve d'effort

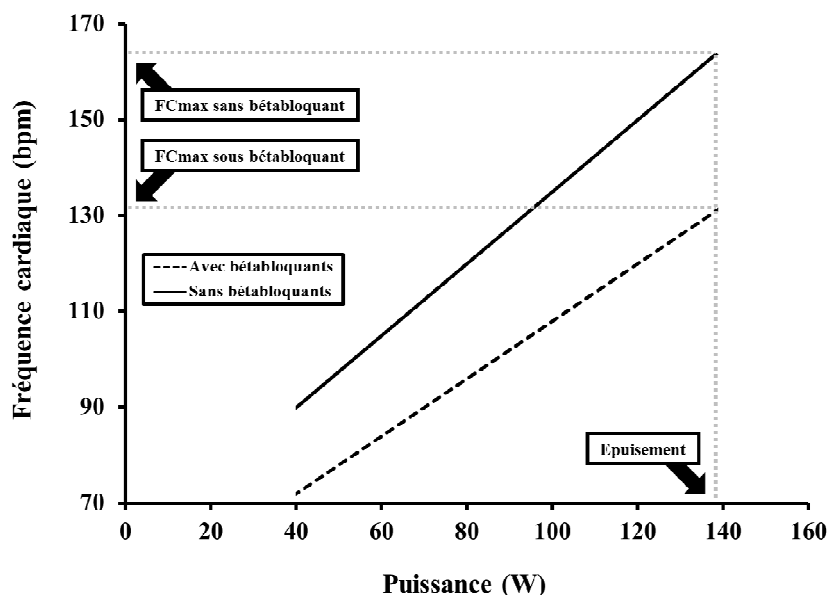


Source : Données personnelles.

Généralement, pour connaître l'état d'avancement d'une épreuve d'effort, le personnel soignant s'appuie sur la FC (plutôt que sur la perception de l'effort). Plus la FC est proche de la FCmax théorique (*e.g.*, $FC_{max} = 210 - 0,65 \times \text{âge}$), plus le patient est proche de l'épuisement. Cependant, les épreuves d'effort sont souvent administrées auprès des patients sous bêta-bloquants. La principale action pharmacologique des bêtabloquants est de réduire les FC sous-maximales et maximale de 20 à 30 %, comme rappelé par Roger Eston et Marilyn Thompson (Eston et Thompson, 1997).

Par conséquent, il n'est pas possible d'utiliser la FC pour connaître l'état d'avancement de l'épreuve d'effort chez les patients avec une pathologie cardiaque sous bêtabloquants. En effet, par exemple, un patient de 70 ans est censé atteindre approximativement (à la fin d'une épreuve d'effort) sa FCmax théorique, soit $210 - 0,65 \times 70$, donc 165 bpm (fig. 2). Cependant, si ce patient est sous bêtabloquants, il se peut qu'il n'atteigne que 80 % de la FCmax théorique, soit 132 bpm, alors que son effort sera maximal. Dès lors, à la fin de l'épreuve d'effort, le personnel soignant « risque » de se dire que le patient est à 33 bpm de sa FCmax théorique, alors qu'il est déjà au maximum de ses capacités.

Figure 2 : Exemple de l'effet de la prise de bêtabloquants sur les fréquences cardiaques sous-maximales et maximales (FCmax) lors d'une épreuve d'effort



Source : Données personnelles.

De ce fait, il semble préférable, chez les patients sous bêtabloquants, d'utiliser plutôt les valeurs de RPE (en comparaison aux FC) pour évaluer l'état d'avancement d'une épreuve d'effort car ces valeurs sont peu influencées par la prise de bêtabloquants (Coquart, 2013 ; Coquart *et al.*, 2012 ; Noble et Robertson, 1996 ; Robertson et Noble, 1997).

Toujours pour les patients avec une pathologie cardiaque, il a été proposé qu'une valeur de RPE supérieure ou égale à 15 lors d'une épreuve d'effort conduit souvent à un arrêt lors du palier suivant (Coquart, 2013 ; Coquart *et al.*, 2012 ; Noble et Robertson, 1996 ; Robertson et Noble, 1997), ou celui juste après. De ce fait, en utilisant l'échelle RPE, le personnel soignant peut anticiper la fin de l'épreuve d'effort. Cet intérêt est utile notamment lorsque certains paramètres physiologiques (comme la lactatémie) doivent être mesurés juste à la fin de l'épreuve d'effort. Par exemple, en cas de mesure de la lactatémie capillaire au pic, l'infirmière va pouvoir anticiper et préparer le patient au prélèvement (*e.g.*, mettre des gants, désinfecter la pulpe du doigt du patient, retirer la première goutte de sang...).

C. L'évitement des complications cardio-vasculaires

Un autre intérêt de la mesure de la perception de l'effort est d'aider à la décision d'interrompre une épreuve en toute sécurité (Borg, 1998 ; Coquart, 2013 ; Coquart *et al.*, 2012). En effet, lorsqu'un patient perçoit un effort comme étant au moins « dur » ($RPE_{\geq 15}$), le risque de développer une complication cardio-vasculaire est considérablement accru. Par conséquent, une fois que le médecin a établi un bilan de santé complet (lequel doit comprendre une épreuve d'effort exhaustive pour s'assurer de la non-présence de contre-indication à l'effort), il est ensuite recommandé de réaliser des épreuves

d'effort sous-maximales ($RPE_{\leq 15}$). Si de tels examens sont fréquemment administrés (pour évaluer les progrès régulièrement ou encore pour réajuster la charge de réentraînement), la réalisation d'épreuves d'effort sous-maximales permet de limiter les risques de complications cardio-vasculaires.

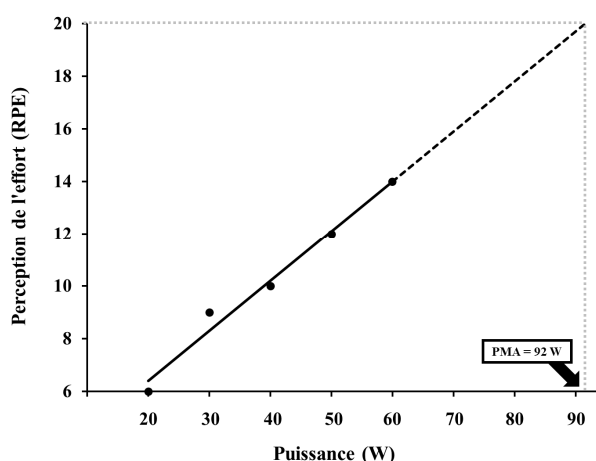
D. La confirmation de la maximalité

Couramment, pour s'assurer que le patient est allé au maximum de ses capacités, plusieurs paramètres physiologiques sont analysés. Par exemple, les pneumologues retiennent souvent comme critères de maximalité (Aguilaniu *et al.*, 2007 ; Aguilaniu et Wallaert, 2013) l'atteinte d'un plateau dans la $\dot{V}O_2$, une FC proche de la FCmax théorique, une faible réserve ventilatoire, une acidose, ou encore une hyperventilation. Cependant, ces critères objectifs de maximalité ne sont pas toujours suffisamment sensibles pour affirmer l'exhaustivité d'une épreuve d'effort (Coquart *et al.*, 2012). De ce fait, il peut être recommandé de tenir compte aussi de critères subjectifs, comme l'épuisement apparent ou la perception de l'effort. Dès lors, il est proposé qu'une valeur de $RPE_{\geq 18}$ mesurée à la fin d'une épreuve d'effort puisse être utilisée pour confirmer la maximalité du test (Coquart, 2013 ; Coquart *et al.*, 2012 ; Noble et Robertson, 1996).

E. La prédiction de la capacité aérobie

Comme il existe un lien étroit entre les valeurs de RPE et la puissance développée durant une épreuve d'effort, et comme RPE_{20} est supposé coïncider avec l'épuisement volontaire, Roger Eston et Marilyn Thompson (Eston et Thompson, 1997) ont proposé d'utiliser la relation linéaire entre les valeurs de RPE et les puissances pour prédire par extrapolation la PMA (fig. 3).

Figure 3 : Exemple de prédiction de la puissance maximale aérobie (PMA) à partir des perceptions de l'effort relevées lors d'une épreuve d'effort sous-maximale



Source : Eston et Thompson, 1997.

En effet, en prolongeant la relation linéaire entre les valeurs sous-maximales de RPE et la puissance, il est possible de prédire la PMA (figure 4) chez des sujets sains, comme chez des patients atteints d'une pathologie cardiaque (Eston et Thompson 1997).

Similairement, nous avons réussi à montrer qu'en remplaçant les valeurs de puissance par les valeurs de $\dot{V}O_2$, il était alors possible d'estimer la $\dot{V}O_{2pic}$ chez des patients obèses (Coquart *et al.*, 2009) et des patients diabétiques de type 2 (Coquart *et al.*, 2011). Cependant, cette procédure de prédiction nécessite un analyseur de gaz (lequel est coûteux et n'est pas toujours disponible).

Pour pallier ce problème, nous avons précédemment recruté trente femmes obèses pour lesquelles nous nous sommes attaché à développer une équation permettant de prédire $\dot{V}O_{2pic}$ (Coquart *et al.*, 2010).

Dans cette étude, nous avons montré qu'il était possible de prédire $\dot{V}O_{2pic}$ à partir de l'équation suivante : $\dot{V}O_{2pic} (L \cdot \text{min}^{-1}) = 1,355 - 9,920 \times 10^{-3} \times \text{âge} + 8,497 \times 10^{-3} \times P_{RPE15}$. Comme on peut le voir, dans cette équation, deux variables sont nécessaires : l'âge de la patiente obèse (en années), et la puissance (en watts) qu'elle est capable de développer à RPE₁₅ (puissance lors d'un effort considéré comme « dur » ; P_{RPE15}) lors d'une épreuve d'effort sous-maximale. Cependant, cette équation n'est valable que pour les femmes obèses.

L'intérêt de telles prédictions (PMA ou $\dot{V}O_{2pic}$) réside dans le fait que les patients évitent les intensités élevées (voire maximales) d'exercices, lesquelles peuvent augmenter le risque de complications cardio-vasculaires lors de l'épreuve d'effort, et/ou démotiver le patient à poursuivre un programme de réhabilitation (si de tels efforts sont répétés fréquemment).

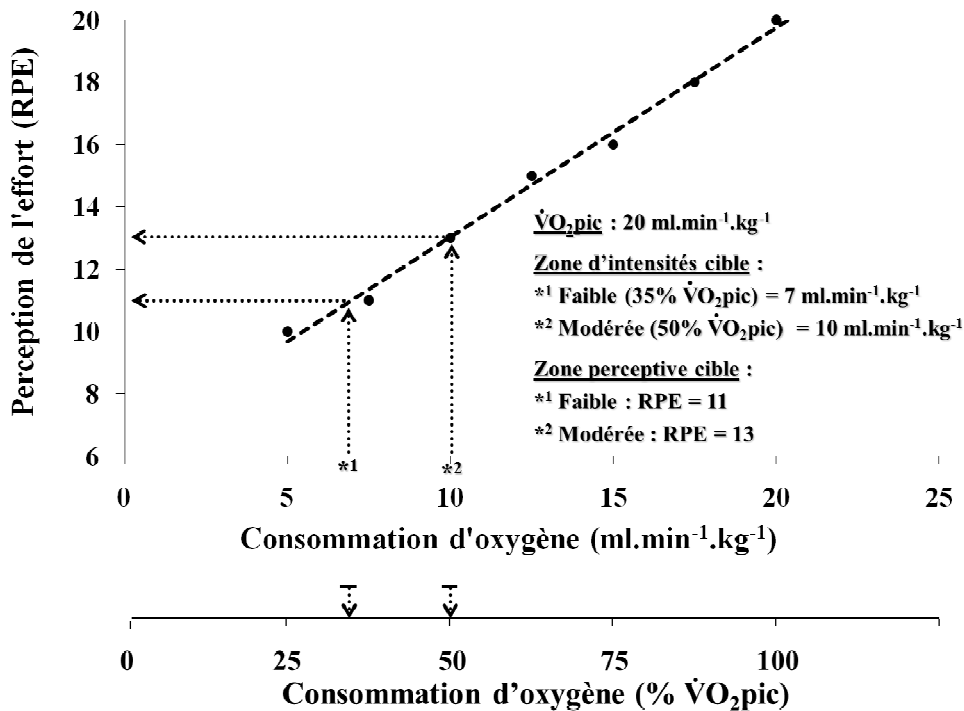
Cependant, avant de réaliser un tel programme, une épreuve d'effort maximale est recommandée pour déceler toute contre-indication à l'effort.

III. INTÉRÊTS DE LA MESURE DES VALEURS DE RPE LORS D'UN PROGRAMME DE RÉHABILITATION

A. La prescription d'une zone cible d'intensités d'exercice

Pour prescrire une intensité individualisée d'exercice à partir des valeurs de RPE, deux phases sont nécessaires : la phase d'« estimation » et la phase de « production » (Coquart *et al.*, 2012).

Figure 4 : Exemple d'une phase d'estimation pour la prescription d'intensité d'exercice personnalisée



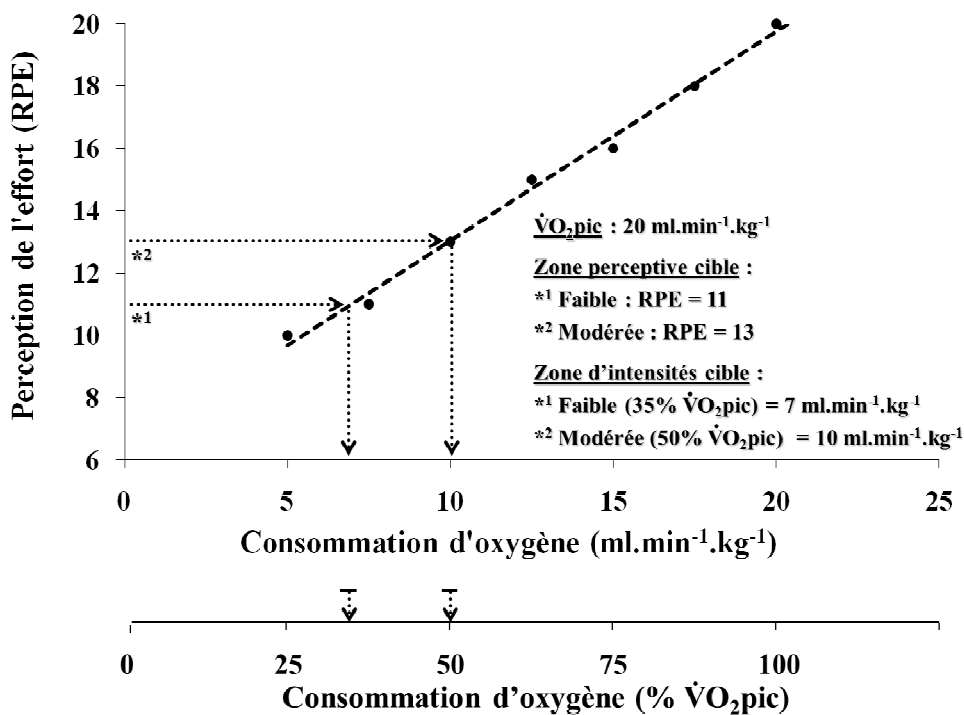
Légende : $\dot{V}O_{2pic}$, consommation pic d'oxygène ; RPE, perception de l'effort.

Source : Coquart *et al.*, 2012.

Durant la phase d'« estimation », le patient effectue une épreuve d'effort exhaustive (traditionnelle) durant laquelle les valeurs de RPE et les $\dot{V}O_2$ sont recueillies régulièrement (à la fin de chaque palier). À la fin de l'épreuve d'effort, la $\dot{V}O_{2pic}$ est relevée ($\dot{V}O_{2pic} = 20 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{Kg}^{-1}$; fig. 4). Ensuite, la $\dot{V}O_2$ de chaque palier est exprimée en valeur relative (en % $\dot{V}O_{2pic}$; fig. 4). Puis, un graphique mettant en relation les valeurs de RPE et les $\dot{V}O_2$ relatives est tracé (fig. 4). À partir de cette figure, une fourchette de RPE peut être établie pour une zone cible d'intensités. Par exemple, la Figure 5 montre que, pour une intensité allant de 35 jusqu'à 50 % de la $\dot{V}O_{2pic}$, le patient perçoit l'effort comme étant entre RPE₁₁ et RPE₁₃ (Coquart *et al.*, 2012).

Lors de la phase de « production », la fourchette de RPE (entre RPE₁₁ et RPE₁₃), correspondant à la zone cible d'intensités (entre 35 et 50 % $\dot{V}O_{2pic}$), est utilisée afin que le patient produise le stimulus physiologique requis (Coquart *et al.*, 2012). Autrement dit, l'intervenant en activités physiques adaptées va « simplement » demander au patient de générer un effort, afin que celui-ci soit perçu entre RPE₁₁ et RPE₁₃. À partir de ses sentiments d'effort, de contrainte, d'inconfort et de fatigue, le patient va réussir à développer la zone cible d'intensités désirée (entre 35 et 50 % $\dot{V}O_{2pic}$; fig. 6) (Coquart *et al.*, 2012).

Figure 5 : Exemple d'une phase de production pour la prescription d'intensité d'exercice personnalisée



Légende : $\dot{V}\text{O}_{2\text{pic}}$, consommation pic d'oxygène ; RPE, perception de l'effort.

Source : Coquart *et al.*, 2012.

B. La prescription individualisée d'une intensité d'exercice

Dans une étude récente (données non publiées), nous avons recruté dix-neuf femmes hypertendues avec un syndrome métabolique ($54,8 \pm 8,1$ ans ; $34,5 \pm 3,9 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Pour ces patientes, certains auteurs considèrent que l'intensité d'exercice au point de croisement des débits d'oxydation glucidique et lipidique (PC_{GL}) est l'intensité optimale d'exercice (Dumortier *et al.*, 2003). En effet, en théorie, cette intensité permettrait de fournir l'énergie durant l'activité physique autant par l'oxydation des glucides que par l'utilisation des lipides, alors que les métabolismes glucidique et lipidique sont tous deux perturbés chez les patientes avec un syndrome métabolique.

Nous avons donc voulu examiner la capacité des patientes avec un syndrome métabolique à réguler précisément l'intensité d'exercice à PC_{GL} à partir d'une valeur de RPE. Nos résultats ont montré que la puissance au PC_{GL} (obtenue lors d'un test de calorimétrie d'effort indirecte) était en moyenne de $39 \pm 14 \text{ W}$, et qu'à cette intensité d'exercice, la valeur de RPE moyenne était de $11,7 \pm 2,8$. En demandant aux patientes de réguler l'intensité à PC_{GL} à partir d'une valeur de RPE, la puissance moyenne autorégulée était de $40 \pm 15 \text{ W}$. L'analyse statistique de ces données ne montrait

aucune différence significative entre les puissances mesurées au PC_{GL} , et celles autorégulées à partir des valeurs de RPE. De plus, des corrélations significatives entre ces données étaient trouvées.

Similairement, le seuil lactique (ou ventilatoire) est considéré comme un marqueur physiologique de l'endurance aérobie qui peut être utilisé pour prescrire une intensité d'exercice personnalisée. À ce seuil, il est généralement admis que la perception de l'effort est comprise en RPE_{12} et RPE_{13} , indépendamment du niveau de condition physique, de l'état d'entraînement, du genre et de l'âge du patient (Coquart, 2013 ; Demello *et al.*, 1987 ; Noble et Robertson, 1996). Par conséquent, il est possible d'utiliser les valeurs de RPE pour prescrire des intensités spécifiques d'exercice (le PC_{GL} , le seuil lactique, le seuil ventilatoire).

C. La quantification de la charge d'entraînement

Du fait de la puissante relation entre les valeurs de RPE et plusieurs variables physiologiques (FC, $\dot{V}O_2$...), l'American College of Sports Medicine a proposé en 1998 un tableau permettant de quantifier la charge de travail lors d'un exercice d'une durée de 60 minutes (tableau 1).

Tableau 1 : Classification de l'intensité lors d'un exercice d'une durée d'une heure chez des sujets âgés (de 80 ans environ ; adapté de l'ACSM, 1998)

Intensité	Intensité relative			Intensité absolue (METs)
	$\dot{V}O_2$ réserve (%)	FCmax (%)	RPE	
	FCréserve (%)			
Très légère	< 20	< 35	< 10	≤ 1,0
Légère	20-39	35-54	10-11	1,1-1,9
Modérée	40-59	55-69	12-13	2,0-2,9
Dure	60-84	70-89	14-16	3,0-4,25
Très dure	≥ 85	≥ 90	17-19	≥ 4,25
Maximale	100	100	20	5

Légende : $\dot{V}O_2$ réserve, consommation d'oxygène de réserve ; FCréserve, fréquence cardiaque de réserve ; RPE, perception de l'effort ; METs, équivalent métabolique d'une tâche.

Source : Données personnelles.

Par exemple, dans une maison de retraite, si un sujet sain de 80 ans perçoit un effort aérobie comme étant « dur » (RPE_{15}), l'intervenant en Activité physique adaptée (APA) peut en déduire que le patient est à une intensité comprise entre 60 et 84 % de sa $\dot{V}O_2$ de réserve (ou FC de réserve), ou encore entre 3,0 et 4,25 METs (Tableau 1). À partir de ce tableau, il est facile de convertir une intensité

d'exercice d'une unité à l'autre, et de quantifier la charge d'entraînement durant une séance de réhabilitation à l'effort.

D. L'adaptation inconsciente de l'intensité de l'exercice

Comme l'un des principaux buts des programmes de réhabilitation à l'effort est d'améliorer la condition physique des patients, il est sans cesse nécessaire de réajuster l'intensité des exercices, afin de prescrire « toujours » l'intensité désirée. Si un patient a juste avant un programme de réhabilitation à l'effort, une $\dot{V}O_{2pic}$ de $20 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$, et que l'on désire lui prescrire une intensité à 50 % $\dot{V}O_{2pic}$ ($10 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$) tout au long du programme, il est nécessaire de réévaluer fréquemment sa $\dot{V}O_{2pic}$, puisque cette dernière va augmenter tout au long du programme (avec l'amélioration de sa condition physique). Si après quelques semaines de réhabilitation à l'effort, la $\dot{V}O_{2pic}$ du patient n'est plus de $20 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$, mais de $22 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$, il faut alors lui prescrire une nouvelle intensité l'amenant à consommer $11 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$ d' O_2 (soit 50 % $\dot{V}O_{2pic}$) et non plus $10 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (qui correspondrait à 45 % $\dot{V}O_{2pic}$). De ce fait, pour prescrire l'intensité d'exercice désirée, l'intervenant en APA doit fréquemment évaluer la condition physique de ses patients et réajuster l'intensité des exercices en conséquence.

Pour pallier ce problème, l'échelle RPE peut être utilisée (Coquart, 2013 ; Coquart *et al.*, 2012 ; Noble et Robertson, 1996). En prescrivant une même valeur de RPE (tout au long d'un programme de réhabilitation à l'effort ; RPE_{13}), le patient réalisera une intensité d'exercice absolue progressivement (et inconsciemment) plus élevée ($10 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$ avant le programme, puis $11 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$ après quelques semaines), tout en percevant le même effort (RPE_{13}) car il sera toujours à la même intensité relative d'exercice (50 % $\dot{V}O_{2pic}$ si, avant le programme, sa $\dot{V}O_{2pic}$ était de $20 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$, puis $22 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$ après quelques semaines). Par conséquent, en utilisant l'échelle RPE pour prescrire une intensité d'exercice, cette dernière correspondra toujours à l'intensité relative d'exercice désirée.

E. Le contrôle des adaptations liées au programme de réhabilitation à l'effort

Les valeurs de RPE relevées lors d'un exercice peuvent aussi être mesurées avant et après un programme de réhabilitation à l'effort pour effectuer des comparaisons intra-individuelles (Coquart, 2013 ; Coquart *et al.*, 2012; Noble et Robertson, 1996). Bien que l'intensité relative d'exercice (en 50 % $\dot{V}O_{2pic}$) n'évolue presque pas pour une même valeur de RPE (RPE_{13}) avant et après un programme de réhabilitation chez un même sujet, l'intensité d'exercice absolue augmente (passant de $10 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$ à $11 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$ après quelques semaines) avec l'amélioration de la condition physique (passant d'une $\dot{V}O_{2pic}$ de $20 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$ à $22 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$ après quelques semaines). De ce fait, l'amélioration de la condition physique (montrée par l'amélioration de la $\dot{V}O_{2pic}$ passant de $20 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$ à $22 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$) peut être vérifiée si pendant ou après un programme de réhabilitation (de quelques semaines) et pour une même valeur de RPE obtenue durant un même exercice (RPE_{13}), le patient génère une intensité d'effort absolue supérieure ($\dot{V}O_2 = 11 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$) à ce qu'il développait avant le programme de réhabilitation ($\dot{V}O_2 = 10 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$).

F. La détermination d'une préférence perceptive

Pour améliorer la motivation des patients à réaliser une activité physique régulière, et ainsi rompre le cercle vicieux de la sédentarité, il a été proposé de prendre en compte leur préférence perceptive (Coquart *et al.*, 2012 ; Noble et Robertson, 1996; Robertson et Noble, 1997). Il s'agit de leur faire réaliser la modalité d'exercice associée à la plus faible valeur de RPE pour une même intensité d'exercice. Par exemple, nous avons précédemment montré, chez vingt femmes obèses (dix femmes avec et dix femmes sans diabète), que les valeurs de RPE obtenues lors d'un exercice continu (exercice durant lequel l'intensité était maintenue continuellement à 100 % du seuil d'adaptation ventilatoire : SV1) étaient significativement plus élevées que celles mesurées lors d'un exercice intermittent (exercice durant lequel l'intensité oscillait toutes les deux minutes entre 80 % et 120 % de la puissance au SV1) lors d'exercices sur bicyclette ergométrique ($13,2 \pm 1,6$ vs $11,9 \pm 1,1$ chez les patientes sans diabète, et $13,7 \pm 2,3$ vs $12,3 \pm 2,3$ chez celles diabétiques de type 2), suggérant que les patientes obèses (avec ou sans diabète) préfèrent les exercices intermittents aux exercices continus (Coquart *et al.*, 2008 *b*). Toutefois, ce résultat n'a pas été confirmé lors de la marche chez des patientes obèses (Coquart *et al.*, 2008 *a*).

IV. RECOMMANDATIONS

A. Les instructions

Avant d'utiliser l'échelle RPE (que ce soit lors d'une épreuve d'effort ou d'un programme de réhabilitation), le soignant doit s'assurer que les patients comprennent clairement la théorie sous-jacente de la mesure de la perception de l'effort. Pour ce faire, il est recommandé qu'ils lisent ou écoutent les instructions de l'échelle RPE avant chaque exercice, au moins jusqu'à ce qu'ils soient familiarisés avec ces instructions (Coquart, 2013 ; Coquart *et al.*, 2012). Celles-ci doivent avant tout leur rappeler qu'ils doivent évaluer leurs perceptions sur un « *continuum* » compris entre RPE₆ (qui correspond au repos) et RPE₂₀ (qui correspond à un effort maximal), tout en étant très sensible dans leur évaluation perceptive. Pour aider à cela, des procédures d'ancrage par la mémoire sont conseillées.

B. Les procédures d'ancrage par la mémoire

Bien que d'autres types de procédure existent, cette procédure d'ancrage par la mémoire est la plus adaptée pour le patient. En fait, elle consiste à demander à celui-ci de décrire au repos ses sensations en lui précisant que ce qu'il ressent à cet instant (au repos) correspond à RPE₆. Ensuite, pour fixer le point d'ancrage maximal (RPE₂₀), il lui est demandé de se remémorer l'effort le plus intense qu'il ait déjà réalisé, et de décrire la situation, et plus spécifiquement en termes de sensations (« *j'étais très essoufflé* », « *mes jambes me brûlaient* », « *mon cœur battait fort* »...).

Ensuite, il suffit de lui préciser que ce qu'il a ressenti à ce moment correspond à RPE₂₀. Enfin, avant de débiter l'exercice, il faudra rappeler au patient de fournir des valeurs de RPE en comparant ses perceptions actuelles au souvenir de ces points d'ancrages minimum et maximum, afin d'avoir une mesure sensible de son effort (Coquart, 2013 ; Coquart *et al.*, 2012).

En conclusion, la traduction française (Shephard *et al.*, 1992) de l'échelle RPE de Borg (Borg, 1970) peut être utilisée lors d'épreuves d'effort et de programmes de réhabilitation chez des populations pathologiques (patients obèses, diabétiques, amputés, avec une maladie cardiaque ou respiratoire). Comme ces intérêts sont nombreux et que son coût est nul, l'échelle RPE est un outil idéal pour le soignant. Cependant, des précautions doivent être prises (lecture des instructions, réalisation d'ancrages par la mémoire), afin de s'assurer de la qualité des mesures perceptives.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACSM (1998), « ACSM Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 30, n° 6, juin, pp. 975-991.

AGUILANIU Bernard et ALLAERT Benoît (2013), « De l'interprétation de l'exploration fonctionnelle d'exercice (EFX) à la décision médicale », *Revue des Maladies respiratoires*, vol. 30, n° 6, juin, pp. 498-515.

AGUILANIU Bernard, RICHARD Ruddy, COSTES Frédéric *et al.* (2007), « Méthodologie et pratique de l'exploration fonctionnelle à l'exercice (EFX) », *Revue des Maladies respiratoires*, vol. 24, n° 3, mars, pp. 111-160.

BORG Gunnar (1970), « Perceived exertion as an indicator of somatic stress », *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 2, n° 2, mai, pp. 92-98.

BORG Gunnar (1998), *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*, Champaign (Ill.), Human Kinetics.

COQUART Jérémy (2013), *Perception de l'effort dans l'entraînement et la réhabilitation*, Saarbrück, Presses académiques francophones.

COQUART Jérémy, ESTON Roger, GROSBOIS Jean-Marie *et al.* (2010), « Prediction of peak oxygen uptake from age and power output at RPE 15 in obese women », *European Journal of Applied Physiology*, vol. 110, n° 3, octobre, pp. 645-649.

COQUART Jérémy, GARCIN Murielle, GROSBOIS Jean-Marie *et al.* (2011), « Estimation de la consommation pic d'oxygène par la perception de l'effort chez des patients obèses et diabétiques de type 2 », *Obésité*, vol. 6, n° 2, mai, pp. 98-104.

COQUART Jérémy, LEMAIRE Christine, DOUILLARD Claire *et al.* (2008 *a*), « Effets d'un programme de marche intermittente sur la masse et la composition corporelles de femmes obèses », *Annales d'Endocrinologie*, vol. 69, n° 3, juin, pp. 227-230.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

COQUART Jérémy, LEMAIRE Christine, DUBART Alain-Eric *et al.* (2008 *b*), « Intermittent versus continuous exercise : effects of perceptually lower exercise in obese women », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 40, n° 8, août, pp. 1546-1553.

COQUART Jérémy, LEMAIRE Christine, DUBART Alain-Eric *et al.* (2009), « Prediction of peak oxygen uptake from sub-maximal ratings of perceived exertion elicited during a graded exercise test in obese women », *Psychophysiology*, vol. 46, n° 6, novembre, pp. 1150-1153.

COQUART Jérémy, TOURNY-CHOLLET Claire, LEMAÎTRE Frédéric *et al.* (2012), « Relevance of the measure of perceived exertion for the rehabilitation of obese patients », *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 55, n° 9-10, décembre, pp. 623-640.

DELIGNIÈRE Didier (1990), « La difficulté : exigences objectifs et perception des exigences des tâches motrices », Mémoire pour l'obtention du diplôme de l'Institut national du Sport et de l'Éducation physique, Paris.

DEMELLO John, CURETON Kik, BOINEAU Robin *et al.* (1987), « Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 19, n° 4, août, pp. 354-362.

DUMORTIER Murielle, BRANDOU Frédérique, PEREZ-MARTIN Antonia *et al.* (2003), « Low intensity endurance exercise targeted for lipid oxidation improves body composition and insulin sensitivity in patients with the metabolic syndrome », *Diabetes Metabolism*, vol. 29, n° 5, novembre, pp. 509-518.

ESTON Roger et THOMPSON Marilyn (1997), « Use of ratings of perceived exertion for predicting maximal work rate and prescribing exercise intensity in patients taking atenolol », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 31, n° 2, juin, pp. 114-119.

GARCIN Murielle, VANDEWALLE Henry et MONOD Hugues (1999), « A new rating scale of perceived exertion based on subjective estimation of exhaustion time: a preliminary study », *International Journal of Sports Medicine*, vol. 20, n° 1, janvier, pp. 40-43.

GROSLAMBERT Alain, HINTZY Frédérique, HOFFMAN Martin *et al.* (2001), « Validation of a rating scale of perceived exertion in young children », *International Journal of Sports Medicine*, vol. 22, n° 2, février, pp. 116-119.

NOBLE Bruce et ROBERTSON Robert (1996), *Perceived Exertion*, Champaign (Ill.), Human Kinetics.

RICHARD Jean-François (1988), *Psychophysique*, Paris, Encyclopædia Universalis.

ROBERTSON Robert (2001), « Development of the perceived exertion knowledge base : an interdisciplinary process », *International Journal of Sport Psychology*, vol. 32, n° 12, octobre, pp. 189-216.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

ROBERTSON Robert et NOBLE Bruce (1997), « Perception of physical exertion : methods, mediators, and applications », *Exercise Sport Science Revue*, vol. 25, n°11, juin, pp. 407-452.

SHEPHARD Roy, VANDEWALLE Henry, GIL Vincent *et al.* (1992), « Respiratory, muscular, and overall perceptions of effort: the influence of hypoxia and muscle mass », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 24, n° 5, mai, pp. 556-567.

SKINNER James, HUTSLER Roy, BERGSTEINOVA Veronica *et al.* (1973), « The validity and reliability of a rating scale of perceived exertion », *Medicine and Science in Sports*, vol. 5, n° 2, juillet, pp. 94-96.

CHAPITRE IX

EFFETS DE LA MODALITÉ ET DE L'INTENSITÉ DE L'EXERCICE SUR LA PERCEPTION DES CONTRAINTES CHEZ L'ADOLESCENT OBÈSE

David THIVEL*

Laurie ISACCO**

Pascale DUCHÉ***

Abstract

Influence of weight-bearing and exercise intensity on perceived exertion in obese adolescents

Excess body weight and higher perception of physical exertion compose important limitations to physical exercise in obese children and adolescents and might explain the important drop out observed in weight loss programs based on physical activity. The aim of this study was to compare the rate of perceived exertion (RPE) of obese adolescents between weight-bearing (WB; running) and non-weight-bearing (NWB ; cycling) exercises performed at moderate (55 % of VO_{2max}) and high (75 % of VO_{2max}) intensities. Twenty nine obese adolescents completed the whole protocol. After assessment of their body composition and maximal physical capacities (VO_{2max}), they had to complete four isoenergetic exercise sessions: 1) a cycling session performed at 55 % of VO_{2max} ; 2) a cycling session set at 75 % of VO_{2max} ; 3) a running session at 55 % of VO_{2max} ; 4) a running session at 75 % of VO_{2max} . RPE was assessed using a visual scale (CERT) at regular interval during exercises. While no significant effect of the exercise modality (WB vs NWB) was observed, the adolescents expressed a significantly lower RPE during exercises at 55 % of VO_{2max} compared with exercises at 75 % of VO_{2max} ($p < 0.0001$). An intensity \times modality interaction revealed that RPE was lower at 75 % of VO_{2max} during NWB exercises ($p < 0.05$). While obese adolescents expressed lower RPE during exercise at moderate intensity compared with high intensity whatever its modality, low level of RPE has been observed during NWB intensive exercises. Intensive exercise appears well tolerated in obese adolescents when they are helped in carrying their excess body weight.

Key words : Weight-Bearing, Obesity, Exercise, Perceived Exertion.

L'épidémie actuelle du surpoids et de l'obésité chez l'enfant et l'adolescent résulte d'habitudes de vie favorisant une diminution de la pratique physique et une augmentation des apports alimentaires, entraînant un déséquilibre positif de la balance énergétique (Laville, 2008 ; Maffei, 2000). La progression de l'obésité pédiatrique a des conséquences importantes avec notamment une augmentation des risques de devenir un adulte obèse, un développement des pathologies associées à l'obésité (diabète de type 2, syndrome métabolique, etc.) et une diminution de l'espérance de vie (Jouret et Tauber, 2001 ; Power *et al.*, 1997 ; Serdula *et al.*, 1993). Principalement, les stratégies de prévention sont

* Maître de conférences, Laboratoire AME2P, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand II.

**Maître de conférences, Université de Franche-Comté, UPFR Sports, Laboratoire C3S (EA 4660).

***Professeur, Laboratoire AME2P, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand II.

centrées sur les modifications comportementales et environnementales, mais il existe une réelle difficulté pour les personnes en surpoids ou obèses d'adhérer aux prescriptions d'activités physiques et de nutrition. Cela se traduit par un nombre important d'abandons sur le long terme (Jacobsen *et al.*, 2003). Ainsi, de nos jours, il semble primordial de comprendre les raisons de ces difficultés d'adhésion et d'élaborer des interventions nutritionnelles et des programmes d'activités physiques adaptés aux capacités et aux aptitudes physiques des patients pour améliorer et préserver leur engagement. Les enfants, les adolescents et les adultes obèses ont des niveaux d'activité physique plus faibles que leurs homologues normo-pondérés (Davis *et al.*, 2006 ; Page *et al.*, 2005). Ceci peut être dû, en partie, à leur perception plus importante des contraintes physiques induites par l'exercice (Coquart *et al.*, 2012 ; Sallis *et al.*, 2000), à l'augmentation de leur coût métabolique et de leur travail mécanique à l'exercice (Peyrot *et al.*, 2009 et 2010) et à leurs moindres capacités physiques (Dupuis *et al.*, 2000 ; Goran *et al.*, 2000). D'après Ward et Bar-Or, cette contrainte des capacités physiques a un impact négatif sur leur habilité à tolérer les exercices physiques, et favorise l'augmentation de la perception au cours de l'effort (Ward et Bar-Or, 1990). La perception de l'exercice physique est définie comme l'intensité subjective, l'inconfort, l'effort et/ou la fatigue ressentis par une personne au cours d'un exercice (Robertson et Noble, 1997). Les enfants obèses ou en surpoids expriment des valeurs de perception élevées au cours de l'exercice physique, et la nature (durée, intensité, modalité) de ce dernier influe sur ce ressenti (Belanger *et al.*, 2013 ; Lazaar *et al.*, 2007). Belanger *et al.* ont, par exemple, noté des valeurs de perception plus élevées avec l'augmentation de la durée de l'exercice chez des enfants obèses (Belanger *et al.*, 2013). Certains auteurs suggèrent des divergences de perception pour différentes intensités d'exercice entre des enfants obèses et non obèses (French *et al.*, 1995 ; Schwimmer *et al.*, 2003). Marinov *et al.* ont observé que des enfants obèses ont une perception plus élevée lors d'un test incrémental sur tapis roulant par rapport à un groupe d'enfants normo-pondérés (Marinov *et al.*, 2002). Les limites articulaires, cardio-respiratoires, musculaires, métaboliques, biomécaniques, engendrées par l'excès de masse grasse, pourraient expliquer ces différences (Messier *et al.*, 2000 et 2013).

L'influence de la modalité de l'exercice (continu *vs* intermittent ; poids porté *vs* poids non porté) sur la perception a été étudiée chez des adultes obèses et normo-pondérés (Bolgar *et al.*, 2010 ; Coquart *et al.*, 2008 ; Pandolf *et al.*, 1975 ; Robertson *et al.*, 1979 et 2004 ; Ruckstuhl *et al.*, 2010). Selon Coquart *et al.* (Coquart *et al.*, 2008), les femmes obèses ont une perception de l'exercice plus faible lors d'un effort intermittent par rapport à un effort continu. De même, la perception de l'exercice a été jugée moins élevée chez des hommes et des femmes normo-pondérés, lors d'un exercice à poids non porté (Ruckstuhl *et al.*, 2010). Les exercices à poids non porté comme le cyclisme pourraient entraîner une moindre sollicitation énergétique et articulaire, favorisant ainsi la diminution de la perception d'effort chez le sujet obèse (Messier *et al.*, 2013). Cependant, à notre connaissance, il n'existe aucune étude comparant la perception d'exercice lors de différentes modalités et intensités chez de jeunes obèses, paramètres clés de la prise en charge par l'activité physique chez cette population (Brandou *et al.*, 2003 et 2005 ; Brun *et al.*, 2011 ; Nemet *et al.*, 2010 ; Perez-Martin *et al.*, 2001 ; Thivel *et al.*, 2011 et 2012). Ainsi, l'objectif de ce travail est de comparer la perception de l'exercice d'adolescents obèses lors de deux modalités (poids porté *vs* poids non porté) et de deux intensités (modérée *vs* intense) différentes.

∴

I. MÉTHODOLOGIE

A. Population

Vingt-quatre adolescents obèses (12 garçons et 12 filles) entre 13 et 15 ans ont été recrutés pour cette étude grâce au service de Pédiatrie du CHU de Clermont-Ferrand où ils étaient suivis au niveau médical et diététique. D'après les courbes de référence internationale (Cole *et al.*, 2000), les adolescents avaient un Indice de masse corporelle (IMC) supérieur au 90^e percentile et étaient donc considérés comme obèses. Cette étude a reçu un agrément éthique des autorités locales. Tous les participants ainsi que leurs représentants légaux ont reçu une fiche d'information et ont signé la feuille de consentement.

B. Protocole

Après une visite médicale pour s'assurer de la capacité des adolescents à réaliser l'ensemble du protocole, des mesures anthropométriques ont été effectuées et la composition corporelle a été déterminée par DXA (*dual-energy X-ray absorptiometry*). Les adolescents ont ensuite réalisé un exercice incrémental maximal sur bicyclette ergométrique, afin de déterminer leur capacité maximale aérobie, puis ils ont participé à quatre visites expérimentales correspondant à quatre sessions d'exercices isoénergétiques. Les sessions étaient randomisées et séparées au minimum de sept jours : session sur bicyclette ergométrique réalisée à 55 % de leur capacité maximale aérobie (poids non porté 55 %, PNP 55 %) ; session sur bicyclette ergométrique réalisée à 75 % de leur capacité maximale aérobie (poids non porté 75 %, PNP 75 %) ; session sur le tapis roulant réalisée à 55 % de leur capacité maximale aérobie (poids porté 55 %, PP 55 %) ; session sur le tapis roulant réalisée à 75 % de leur capacité maximale aérobie (poids porté 75 %, PP 75 %).

À jeun, la masse corporelle a été déterminée à 0,1 kg à l'aide d'une balance digitale, et la taille à 0,1 cm à l'aide d'une toise. Ces mesures ont permis de calculer IMC : poids/taille² (kg.m²). La masse maigre (kg) et le pourcentage de masse grasse ont été mesurés par DXA (QDR4500A scanner, Hologic, Waltham, MA).

La consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}) a été déterminée au cours d'un test incrémental maximal sur bicyclette ergométrique lors d'une session préliminaire réalisée au minimum une semaine avant la première session expérimentale. Après un échauffement de 3 minutes à 30 watts (W), un incrément de 15 W toutes les 90 s a été imposé aux adolescents jusqu'à épuisement. Les sujets étaient encouragés par les expérimentateurs tout au long du test afin d'obtenir un effort maximal. Les critères d'atteinte de VO_{2max} étaient :

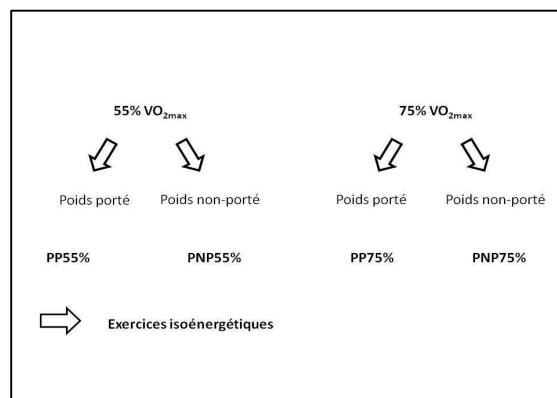
- l'épuisement du sujet et donc l'incapacité à continuer l'effort ;
- la FC de fin d'effort proche de la FC maximale théorique (± 10 battements) ;
- le quotient respiratoire (QR : VCO₂/VO₂) supérieur à 1.02.

Le test a été réalisé sur bicyclette ergométrique (Ergoline, Bitz, Allemagne). VO₂ et VCO₂ étaient mesurées en continu grâce à un masque connecté à des analyseurs d'O₂ et de CO₂ (Oxycon Pro-Delta, Jaeger, Hoechberg, Allemagne). La calibration des gaz a été réalisée, avant chaque

expérimentation, grâce à une bouteille de gaz commerciale aux concentrations connues. Les paramètres ventilatoires ont été « moyennés » toutes les 30 secondes. L'électrocardiogramme a été contrôlé tout au long du test. La perception d'exercice a été déterminée à l'aide de l'échelle CERT (Williams *et al.*, 1994). Cette échelle a été expliquée et détaillée à l'ensemble des adolescents. Elle utilise des items allant de 1 à 10. Le numéro correspond à un exercice extrêmement facile, alors qu'un exercice entraînant l'arrêt de celui-ci de par sa difficulté correspond au numéro 10. Lors des quatre sessions, la perception a été évaluée cinq fois, respectant le même intervalle de temps (toutes les quatre minutes) pour l'ensemble des exercices.

Les adolescents ont réalisé quatre visites expérimentales d'exercice dans un ordre randomisé et séparées de sept jours au minimum : exercice sur bicyclette ergométrique réalisé à 55 % de leur capacité maximale aérobie (poids non porté 55 %, PNP 55 %) ; exercice sur bicyclette ergométrique réalisé à 75 % de leur capacité maximale aérobie (poids non porté 75 %, PNP 75 %) ; exercice sur tapis roulant réalisé à 55 % de leur capacité maximale aérobie (poids porté 55 %, PP 55 %) ; exercice sur tapis roulant réalisé à 75 % de leur capacité maximale aérobie (poids porté 75 %, PP 75 %) (fig. 1). La durée des quatre exercices a été fixée à 20 minutes, et l'ensemble des exercices engendrait une dépense énergétique similaire (exercices isoénergétiques). Les deux exercices à 55 % de VO_{2max} (PP 55 % et PNP 55 %) étaient des exercices continus de 20 minutes. Afin d'obtenir une dépense énergétique similaire (isoénergétique) pour une même durée (20 minutes), les exercices à 75 % de VO_{2max} (PP 75 % et PNP 75 %) étaient intermittents avec cinq sessions d'exercice et quatre sessions de repos (durée totale de 20 minutes). Lors de chaque exercice (PP 55 %, PNP 55 %, PP 75 %, PNP 75 %), l'intensité a été contrôlée individuellement grâce à la relation « fréquence cardiaque- VO_2 » obtenue lors du test incrémental maximal, en utilisant la fréquence cardiaque cible (cardiofréquencemètre Polar.Inc-RS800CX Multi). Les quatre sessions expérimentales ont été réalisées au même moment de la journée.

Figure 1 : Protocole d'exercices sous-maximal



Source : Données personnelles.

C. Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel Statview 5.0 (SAS Institute, IC., NC, États-Unis). Les résultats sont exprimés en moyenne \pm déviation standard (SD). La distribution des données a été vérifiée à l'aide du test de Smirnov-Kolmogorov avant le début des analyses. Les caractéristiques des

sujets ont été comparées entre les garçons et les filles en utilisant un test *t* de *Student* pour série non appariée. L'aire sous la courbe (AUC) de la perception pour les quatre exercices a été calculée grâce à la méthode des trapèzes, et une ANOVA à mesures répétées à deux facteurs (intensité et modalité) a été réalisée. Des tests *post-hoc* ont été effectués lorsque l'ANOVA était significative, et le niveau de significativité a été fixée à $p < 0.05$.

III. RÉSULTATS

A. Caractéristiques de la population

Sur les 24 adolescents participant à cette étude, 19 ont effectué l'ensemble du protocole (10 garçons et 9 filles, âgés de 14.4 ± 1.2 ans). Comme détaillé dans le Tableau 1, le poids moyen des garçons était de 84.6 ± 12.2 kg et 77.0 ± 10.0 kg pour les filles. La masse grasse était de 32.1 ± 6.0 % pour les garçons et 32.9 ± 4.3 % pour les filles. Excepté pour la masse maigre qui était significativement plus élevée chez les garçons (57.5 ± 6.6 kg vs 51.5 ± 5.1 kg, $p < 0.05$), aucune des caractéristiques physiologiques n'était significativement différente entre les garçons et les filles.

Tableau 1. Caractéristiques des participants

	Garçons (n=10)	Filles (n=9)	p
Âge (années)	14.7 ± 1.3	14.2 ± 1.2	NS
Poids (kg)	84.6 ± 12.2	77.0 ± 10.0	NS
Taille (m)	1.67 ± 0.07	1.62 ± 0.06	NS
IMC ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	30.4 ± 3.8	29.3 ± 2.6	NS
MG (%)	32.1 ± 6.0	32.9 ± 4.3	NS
MM (kg)	57.5 ± 6.6	51.5 ± 5.1	*
VO_{2max} ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)	33.6 ± 5.7	33.6 ± 3.0	NS
FCmax (bpm)	194 ± 9	196 ± 7	NS

Moyenne \pm SD. FC : fréquence cardiaque ; IMC : indice de masse corporelle ; MG : masse grasse ; MM : masse maigre ; VO_{2max} : consommation maximale d'oxygène. NS : aucune différence significative entre les garçons et les filles ; * : différence significative entre les garçons et les filles à $p < 0.05$.

Source : Données personnelles.

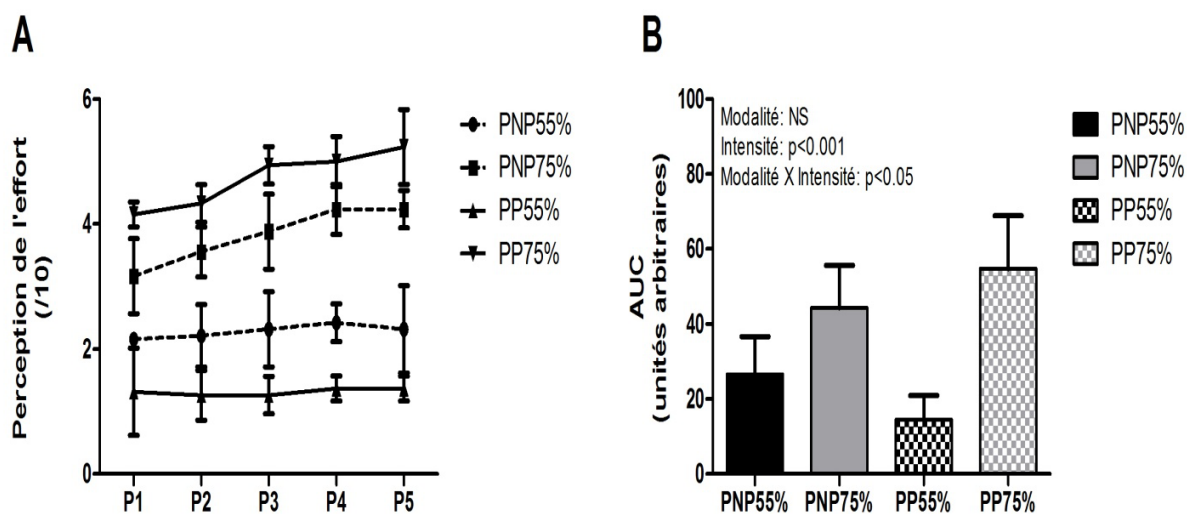
B. Caractéristiques des exercices

Comme préalablement déterminée par les investigateurs, la durée des exercices à 55 % et 75 % de VO_{2max} a été de 20 minutes (PP et PNP). D'après les résultats des tests de VO_{2max} , les deux exercices à 55 % de VO_{2max} ont entraîné une dépense énergétique moyenne de 220 ± 23 kcal. Afin d'obtenir une dépense énergétique similaire pour une même durée, les deux exercices de 20 minutes réalisés à 75 % de VO_{2max} ont été divisés en 5 sessions d'exercices de 2 minutes et 56 secondes chacune, séparées par 1 minute et 20 secondes de repos passif.

C. Perception de l'effort

Aucun effet significatif de la modalité (PP vs PNP) sur la perception n'a été observé, alors que l'intensité d'exercice a significativement influencé les valeurs de perception des adolescents. En effet, la perception d'exercice était plus faible lors des exercices PP et PNP à 55 % de VO_{2max} par rapport aux exercices de même modalité à 75 % de VO_{2max} . L'analyse statistique révèle une interaction significative modalité \times intensité ($p < 0.05$). Pour l'ensemble des analyses, aucun effet sexe n'a été observé. La figure 2 présente les résultats de la perception de l'effort pour les quatre exercices (fig. 2A) et les valeurs d'AUC (fig. 2B).

Figure 2. La perception en fonction de la modalité et de l'intensité de l'exercice



AUC : Aire sous la courbe ; PNP : poids non porté ; PP : poids porté

Source : Données personnelles.

IV. DISCUSSION

L'objectif de ce travail était d'étudier l'influence de la modalité (poids porté vs poids non porté) et de l'intensité (modérée vs intense) sur la perception d'exercice d'adolescents obèses. L'intensité et la modalité de l'exercice impliquent des besoins spécifiques aux niveaux musculaire, biomécanique, cardio-respiratoire, articulaire et métabolique qui peuvent influencer la perception de l'exercice (Bolgar *et al.*, 2010 ; Messier *et al.*, 2000 ; Messier *et al.*, 2013). En effet, certains auteurs ont mis en avant un impact de la nature de l'exercice sur les valeurs de perception avec des disparités en fonction du statut pondéral des personnes. (Coquart *et al.*, 2008 ; Robertson *et al.*, 2004). Ces observations sont d'un intérêt particulier et doivent être considérées afin de proposer des prises en charges adaptées aux besoins des personnes obèses et ainsi augmenter leur adhésion aux programmes d'activités physiques.

D'après nos résultats, indépendamment de la modalité d'exercice (PP et PNP), les adolescents obèses ont une perception de l'exercice plus faible lors des exercices modérés (55 % de VO_{2max}) par rapport à des exercices isoénergétiques de haute intensité (75 % de VO_{2max}). Ces résultats sont en accord avec Bolgar *et al.* (Bolgar *et al.*, 2010), démontrant une perception moins élevée pour de faibles intensités d'exercice chez des femmes non entraînées. Coquart *et al.* ont observé des valeurs de la perception plus faibles lors d'un exercice intermittent par rapport à un exercice de même intensité continu chez des femmes obèses (Coquart *et al.*, 2008). Dans notre étude, les exercices intenses étaient réalisés en intermittent afin d'obtenir des exercices isoénergétiques. Les différences de résultats obtenues pour les exercices intermittents entre l'étude de Coquart *et al.* et la nôtre peuvent s'expliquer par le fait que la perception semble dépendante de l'interaction entre l'intensité et la modalité. Dans notre étude, aucun effet modalité (PP vs PNP) n'a été observé, mais une interaction intensité \times modalité démontre une plus faible perception lors d'un exercice à poids non porté par rapport à un exercice à poids porté à 75 % VO_{2max} . Ruckstuhl *et al.* ont observé, chez des sujets normo-pondérés, une plus faible perception lors d'exercices à poids non porté par rapport à des exercices à poids porté, avec des différences plus marquées avec l'augmentation de l'intensité (Ruckstuhl *et al.*, 2010). La perception des exercices de haute intensité est dépendante de la charge portée par le sujet lors de l'exercice, c'est-à-dire principalement de la masse corporelle (Pandolf *et al.*, 1975 ; Robertson *et al.*, 2004).

Nos résultats ne montrent aucun effet de la modalité, quelle que soit l'intensité de l'exercice. De par ses particularités, il est important de considérer la population obèse dans l'approche de ces problématiques. Plusieurs études tendent à faire valoir un effet de la modalité (PP vs PNP) sur les réponses physiologiques à l'exercice. Les personnes obèses se caractérisent par un excès de masse grasse, et donc de masse corporelle, entraînant une charge supplémentaire à mouvoir lors des activités physiques et une sollicitation énergétique et articulaire plus importante (Dupuis *et al.*, 2000 ; Goran *et al.*, 2000 ; Marinov *et al.*, 2002 ; Messier *et al.*, 2000 ; Messier *et al.*, 2013). D'après nos résultats, il semble que les réponses métaboliques, biomécaniques et articulaires engendrées par les exercices à poids porté ne soient ressenties comme contraignantes qu'à partir de certaines intensités (Messier *et al.*, 2013). Des études supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre cette relation entre la modalité et l'intensité de l'exercice. Les résultats de notre étude sont d'une réelle importance si l'on considère l'intérêt grandissant de la littérature scientifique pour l'exercice intense dans la prise en charge de l'obésité. L'activité physique intense a été démontrée comme étant bénéfique pour la condition physique, la composition corporelle, la régulation de l'appétit et le profil métabolique (Boutcher, 2011 ; Keating *et al.*, 2014 ; Thivel *et al.*, 2012 ; Thivel *et al.*, 2011). Thivel *et al.* ont

observé une diminution de la prise alimentaire (déjeuner et dîner) à la suite d'un exercice intense (75 % de VO_{2max}) réalisé en fin de matinée, par rapport à un exercice modéré (40 % de VO_{2max}) ou à une session sédentaire, sans modification des sensations d'appétit chez des adolescents obèses (Thivel *et al.*, 2012). Ainsi, dans un objectif général de régulation de la balance énergétique, la prise en charge des personnes obèses par l'activité physique intense semble être une méthode pertinente. Lors de notre étude, malgré une perception plus élevée (75 % VO_{2max}), il est important de noter que ces valeurs de perception restent faibles sur l'échelle CERT (Fig. 2A) pour ces intensités. Ainsi, même si les adolescents obèses ont une préférence de perception pour les exercices modérés, ils ont une bonne tolérance aux exercices intenses. Ces exercices peuvent être envisagés en termes de prescription d'activités physiques au sein de la population obèse pédiatrique.

∴

Bien qu'il aurait été pertinent d'avoir un groupe contrôle d'adolescents normo-pondérés pour comparer les résultats des adolescents obèses, ces résultats sont les premiers étudiant la perception à différentes intensités et modalités d'exercices isoénergétiques chez des adolescents obèses. Cette étude montre que, pour une même dépense énergétique, les intensités modérées (55 % de VO_{2max}) sont mieux tolérées par les adolescents obèses, mais que la perception des exercices intenses (75 % de VO_{2max}) reste faible. Pour les exercices intenses, la modalité (poids porté vs poids non porté) de l'activité prescrite est d'une réelle importance dans la perception de l'exercice, et doit être considérée afin que les adolescents obèses adhèrent aux programmes d'activités physiques. Les exercices intenses à poids non porté étant bien tolérés chez les adolescents obèses, ils peuvent être prescrits au sein de programmes d'activités physiques visant une perte de poids.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BELANGER Kevin, BREITHAUPT Peter, FERRARO Zachary *et al.* (2013), « Do obese children perceive submaximal and maximal exertion differently ? », *Canadian Journal of Diabetes*, vol. 37, n° 2, avril, pp. S260-S266.

BOLGAR Melinda, BAKER Carol, GOSS Frederic *et al.* (2010), « Effect of exercise intensity on differentiated and undifferentiated ratings of perceived exertion during cycle and treadmill exercise in recreationally active and trained women », *Journal of Sports Science and Medicine*, vol. 9, n° 4, mars, pp. 557-563.

BOUTCHER Stephen (2011), « High-intensity intermittent exercise and fat loss », *Journal of Obesity*, vol. 11, n° 1, octobre, pp. 1-10.

BRANDOU Frédérique, DUMORTIER Murielle, GARANDEAU Patrice *et al.* (2003), « Effects of a two-month rehabilitation program on substrate utilization during exercise in obese adolescents », *Diabetes and Metabolism*, vol. 29, n° 1, février, pp. 20-27.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

BRANDOU Frédérique, SAVY-PACAU Anne, MARIE Jacques *et al.* (2005), « Impact of high- and low-intensity targeted exercise training on the type of substrate utilization in obese boys submitted to a hypocaloric diet », *Diabetes and Metabolism*, vol. 31, n° 4, septembre, pp. 327-335.

BRUN Jean, ROMAIN Ahmed et MERCIER Jacques (2011), « Maximal lipid oxidation during exercise (Lipoxmax) : from physiological measurements to clinical applications. Facts and uncertainties », *Sciences and sports*, vol. 26, n° 2, mars, pp. 57-71.

COLE Tim, BELLIZZI Mary, FLEGAL Kate *et al.* (2000), « Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide : international survey », *British Medical Journal*, vol. 320, n° 7244, mai, pp. 1240-1243.

COQUART Jérémy, LEMAIRE Christine, DUBART Alain *et al.* (2008), « Intermittent versus continuous exercise : effects of perceptually lower exercise in obese women », *Medicine & Science in Sports and Exercise*, vol. 40, n° 8, août, pp. 1546-1553.

COQUART Jérémy, TOURNY Claire, LEMAÎTRE Frédéric *et al.* (2012), « Relevance of the measure of perceived exertion for the rehabilitation of obese patients », *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 55, n° 9, décembre, pp. 623-640.

DAVIS Jack Nicolas, HODGES Vivian Ann et GILLHAM Mary Beatrix (2006), « Physical activity compliance: differences between overweight/obese and normal-weight adults », *Obesity (Silver Spring)*, vol. 14, n° 12, décembre, pp. 2259-2265.

DUPUIS Jean-Marie, VIVANT Jean François, DAUDET Gérard *et al.* (2000), « Personal sports training in the management of obese boys aged 12 to 16 years », *Archives of Pediatrics*, vol. 7, n° 11, novembre, pp. 1185-1193.

FRENCH Sebastian, STORY Matt et PERRY Christopher (1995), « Self-esteem and obesity in children and adolescents : a literature review », *Obesity Research*, vol. 3, n° 5, septembre, pp. 479-490.

GORAN Matt, FIELDS Dan, HUNTER Greg *et al.* (2000), « Total body fat does not influence maximal aerobic capacity », *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, vol. 24, n° 7, juillet, pp. 841-848.

JACOBSEN Dan, DONNELLY John, SNYDER-HEELAN Kate *et al.* (2003), « Adherence and attrition with intermittent and continuous exercise in overweight women », *International Journal of Sports Medicine*, vol. 24, n° 6, août, pp. 459-464.

JOURET Béatrice et TAUBER Maïté (2001), « Quels sont les enfants à risque de devenir des adultes obèses ? », *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, vol. 14, n° 8, février, pp. 468-473.

KEATING Shelley, MACHAN Elisabeth, O'CONNOR Helen, *et al.* (2014), « Continuous exercise but not high intensity interval training improves fat distribution in overweight adults », *Journal of Obesity*, vol. 14, n° 1, janvier, pp. 3-11.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

LAVILLE Martine (2008), « Obesity : an existing problem, a question for the future », *Obésité*, vol. 55, n° 8, mai, pp. 81-88.

LAZAAR Nordine, AUCOUTURIER Julien, RATEL Sébastien *et al.* (2007), « Effect of physical activity intervention on body composition in young children: influence of body mass index status and gender », *Acta Paediatrica*, vol. 96, n° 9, septembre, pp. 1315-1320.

MAFFEIS Claudio (2000), « Aetiology of overweight and obesity in children and adolescents », *European Journal of Pediatrics*, vol. 159, n° 1 septembre, pp. S35-44.

MARINOV Bill, KOSTIANEV Stanley et TURNOVSKA Tom (2002), « Ventilatory efficiency and rate of perceived exertion in obese and non-obese children performing standardized exercise », *Clinical Physiology and Functional Imaging*, vol. 22, n° 4, juillet, pp. 254-260.

MESSIER Stephan, LOESER Rebecca, MITCHELL Mitchel *et al.* (2000), « Exercise and weight loss in obese older adults with knee osteoarthritis: a preliminary study », *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 48, n° 9, septembre, pp. 1062-1072.

MESSIER Stephan, MIHALKO Sean, LEGAULT Craig *et al.* (2013), « Effects of intensive diet and exercise on knee joint loads, inflammation, and clinical outcomes among overweight and obese adults with knee osteoarthritis : the IDEA randomized clinical trial », *Journal of the American Medical Association*, vol. 310, n° 12, septembre, pp. 1263-1273.

NEMET Dan, ARIELI Rakefet, MECKEL Yoav et ELIAKIM Alon (2010), « Immediate post-exercise energy intake and macronutrient preferences in normal weight and overweight pre-pubertal children », *International Journal of Pediatric Obesity*, vol. 5, n° 3, mai, pp. 221-229.

PAGE Angela, COOPER Ashley Roberts, STAMATAKIS Elsa *et al.* (2005), « Physical activity patterns in nonobese and obese children assessed using minute-by-minute accelerometry », *International Journal of Obesity (Londres)*, vol. 29, n° 9, septembre, pp. 1070-1076.

PANDOLF Katty, BURSE Robert et GOLDMAN Redford (1975), « Differentiated ratings of perceived exertion during physical conditioning of older individuals using leg-weight loading », *Perceptual & Motor Skills*, vol. 40, n° 2, avril, pp. 563-574.

PEREZ-MARTIN Antonia, DUMORTIER Murielle, RAYNAUD Éric *et al.* (2001), « Balance of substrate oxidation during submaximal exercise in lean and obese people », *Diabetes and Metabolism*, vol. 27, n° 4, septembre, pp. 466-474.

PEYROT Nicolas, MORIN Jean-Benoît, THIVEL David *et al.* (2010), « Mechanical work and metabolic cost of walking after weight loss in obese adolescents », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 42, n° 10, octobre, pp. 1914-1922.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

PEYROT Nicolas, THIVEL David, ISACCO Laurie *et al.* (2009), « Do mechanical gait parameters explain the higher metabolic cost of walking in obese adolescents ? », *Journal of Applied Physiology*, vol. 106, n° 6, juin, pp. 1763-1770.

POWER Chris, LAKE John Kevin et COLE Tim John (1997), « Measurement and long-term health risks of child and adolescent fatness », *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, vol. 21, n° 7, juillet, pp. 507-526.

ROBERTSON Roger, GILLESPIE Robert, MCCARTHY Jennifer *et al.* (1979), « Differentiated perceptions of exertion. Part II : Relationship to local and central physiological responses », *Perceptual & Motor Skills*, vol. 49, n° 3, décembre, pp. 691-697.

ROBERTSON Roger, GOSS Francis, DUBE Jack *et al.* (2004), « Validation of the adult OMNI scale of perceived exertion for cycle ergometer exercise », *Medicine & Science in Sports and Exercise*, vol. 36, n° 1, janvier, pp. 102-108.

ROBERTSON Roger et NOBLE Brian (1997), « Perception of physical exertion : methods, mediators, and applications », *Exercise and Sport Sciences Reviews*, vol. 25, n° 4, mai, pp. 407-452.

RUCKSTUHL Hugh, SCHLABS Tara, ROSALES-VELDERRAIN Adriana *et al.* (2010), « Oxygen consumption during walking and running under fractional weight bearing conditions », *Aviation, Space and Environmental Medicine*, vol. 81, n° 6, juin, pp. 550-554.

SALLIS John, PROCHASKA Jennifer et TAYLOR William (2000), « A review of correlates of physical activity of children and adolescents », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 32, n° 5, mai, pp. 963-975.

SCHWIMMER John, BURWINKLE Tim et VARNI John (2003), « Health-related quality of life of severely obese children and adolescents », *Journal of the American Medical Association*, vol. 289, n° 14, avril, pp. 1813-1819.

SERDULA Mary Kate, IVERY David, COATES Roger John, *et al.* (1993), « Do obese children become obese adults ? A review of the literature », *Preventive Medicine*, vol. 22, n° 2, mars, pp. 167-177.

THIVEL David, ISACCO Laurie, MONTAURIER Christophe *et al.* (2012), « The 24-h energy intake of obese adolescents is spontaneously reduced after intensive exercise : a randomized controlled trial in calorimetric chambers », *PLoS One*, vol. 7, n° 1, janvier, pp. 29-35.

THIVEL David, ISACCO Laurie, ROUSSET Sylvie *et al.* (2011), « Intensive exercise : a remedy for childhood obesity ? », *Physiology & Behavior*, vol. 102, n° 2, février, pp. 132-136.

WARD Dan et BAR-OR Oded (1990), « Use of the Borg scale in exercise prescription for overweight youth », *Canadian Journal of Sport Sciences*, vol. 15, n° 2, juin, pp. 120-125.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

WILLIAMS John, ESTON Rita et FURLONG Boyle (1994), « CERT : a perceived exertion scale for young children », *Perceptual & Motor Skills*, vol. 79, n° 3, décembre, pp. 1451-1458.

CHAPITRE X

UNE ÉCHELLE DE PERCEPTION DE L'EFFORT (COPE-10) POUR DÉTERMINER LES SEUILS VENTILATOIRES CHEZ L'ADOLESCENT OBÈSE

Sylvain QUINART*
Alain GROSLAMBERT**
Fabienne MOUGIN***

Abstract

A rating scale of perceived exertion, COPE 10, to determine ventilatory thresholds in obese adolescents

The purpose of this study was to examine the reliability of the Childhood Obesity Perceived Exertion 10 rating scale (COPE-10) to determine the ventilatory thresholds in obese adolescents. Thirty obese adolescents (BMI $36.2 \pm 0.8 \text{ kg.m}^{-2}$), aged 14.2 ± 0.3 years, performed on a cycle ergometer, an incremental test to exhaustion, before and after a physical training program. The power output and the heart rate measured at level "3" and "6" on the COPE-10 scale (PE_3 and PE_6) were compared to the values recorded at the first and second ventilatory threshold (SV_1 and SV_2). The results show that during submaximal exercise, we observed significant correlations between heart rate and PE_3 at SV_1 ($r = 0.81$; $r = 0.86$) and PE_6 at SV_2 ($r = 0.90$; $r = 0.92$) before and after the training program, respectively. At the end of the training program, the power output at PE_3 and PE_6 increased significantly (17.1 W and 20.6 W, respectively) in the same proportion than the values observed at SV_1 and SV_2 (17.2 W and 22.9 W, respectively). In conclusion, the results of this study revealed that in obese adolescents, the ventilatory thresholds can be accurately determined from the "3" and "6" values in the COPE-10. This rating scale could therefore represent a simple and non-invasive means for quantifying, monitoring and controlling the exercise intensity in obese adolescents.

Key words: Rating Scale, Obesity, Adolescents, Validation

La reprise d'une activité physique régulière à une intensité modérée à élevée et son maintien au long cours constituent l'une des stratégies pour prévenir et prendre en charge l'obésité pédiatrique (Saavedra *et al.*, 2011; Waters *et al.*, 2011). Cette recommandation reste cependant complexe à mettre en place chez le jeune obèse en raison d'une méconnaissance de son propre corps (Quinart et Manga-Carrola,

*Docteur en STAPS, CHRU de Besançon, RéPPOP-FC (EA 3920).

**Professeur, Université de Franche-Comté, UPFR Sports, Laboratoire C3S (EA 4660).

***Maître de conférences HDR, Université de Franche-Comté, UPFR Sports (EA 3920).

2011), notamment pour un engagement durable vers une pratique d'activité physique adaptée. À cet effet, les échelles de perception de l'effort apparaissent aujourd'hui comme des outils simples et non invasifs pour quantifier, surveiller et réguler l'intensité de l'exercice (Faulkner et Eston, 2008).

∴

I. PERCEPTION DE L'EFFORT ET ACTIVITÉ PHYSIQUE DU JEUNE OBÈSE

La Haute Autorité de Santé (HAS, 2011) recommande, chez l'enfant et l'adolescent obèse, de cumuler quotidiennement plus de soixante minutes d'activité physique d'intensité modérée à élevée, sous différentes formes : réadaptation physique, déplacement actif, loisir, sport... Afin de pérenniser des pratiques physiques régulières, la prise en charge repose sur la modification des comportements sédentaires et sur l'adaptation de l'activité physique, en fonction du statut pondéral, du niveau d'aptitude et la motivation du jeune obèse.

L'utilisation de la perception de l'effort paraît être un outil pertinent pour accompagner les jeunes en surcharge pondérale dans leur reprise d'activité physique. En effet, chez l'enfant sain, cette variable psychophysiologique fournit des informations sur l'état de son épuisement au cours d'une épreuve d'effort maximale avec avancement et exhaustivité de l'exercice (Coquart *et al.*, 2009). Par ailleurs, chez l'adulte obèse, Coquart *et al.* (Coquart *et al.*, 2012) ont montré l'intérêt de l'utilisation d'une échelle perceptive dans la réhabilitation à l'exercice par des programmes d'exercices intermittents. Ainsi, cette mesure permet la prescription individualisée d'une intensité d'exercice, l'évaluation des effets d'un programme de réadaptation ou encore la détermination d'une préférence perceptive.

Chez le jeune obèse, la conception et l'individualisation de programmes de réentraînement peuvent s'appuyer sur la détermination des deux seuils ventilatoires (seuil d'adaptation ventilatoire ou SV_1 et seuil de désadaptation ventilatoire ou SV_2). Un entraînement en endurance à faible intensité d'exercice (inférieure à SV_1) induit une oxydation maximale des lipides durant l'exercice et une amélioration de la composition corporelle (Brandou *et al.*, 2003 ; Lazzer *et al.*, 2010). Un entraînement en endurance alternant des intensités modérées à élevées (entre SV_1 et SV_2) améliore la santé cardiovasculaire et l'efficacité des fonctions ventilatoires, avec une diminution de la sensation d'essoufflement et de la fatigue musculaire (Gueugnon *et al.*, 2011 ; Tjonna *et al.*, 2009). Un entraînement à intensité élevée (à SV_2) améliore la composition corporelle, augmente la condition physique (Tan *et al.*, 2010) et diminue l'appétit en post-exercice (Thivel *et al.*, 2012). La détermination de ces seuils ventilatoires nécessite une épreuve d'effort avec mesure des échanges gazeux mais reste une évaluation complexe et onéreuse. Par conséquent, la mesure des valeurs de perception de l'effort auxquelles surviennent ces seuils est une alternative intéressante qui permettrait d'améliorer l'autonomie des jeunes obèses dans leurs pratiques physiques.

Néanmoins, chez ces jeunes, qui de surcroît ont des difficultés à se mouvoir, le sentiment d'être essoufflé représente le premier facteur limitant qu'ils expriment lors d'un exercice physique (Peroni *et al.*, 2010 ; Shim *et al.*, 2013). Pour ces raisons, un outil, adapté à l'enfant obèse, qui combine deux échelles (perception de l'effort et dyspnée), a été développé et complète celles utilisées chez l'enfant,

telles que « *Children's Effort Rating Table* » (Williams *et al.*, 1994), « *Children's OMNI scale* » (Robertson *et al.*, 2000) et « *Eston-Parfitt curvilinear Ratings of Perceived Exertion Scale* » (Eston *et al.*, 2009). Le COPE-10 (fig. 1) est une adaptation de l'échelle CR-10 de Borg (Borg, 1998). Il comporte cinq pictogrammes visuels de couleur, représentant les symptômes de la dyspnée chez un enfant lors d'un exercice physique de plus en plus intense, symptômes associés aux items verbaux du CR10 (0 : *Nothing at all* ; 0,5 : *extremely weak* ; 1 : *very weak* ; 2 : *weak* ; 3 : *moderate* ; 5 : *strong* ; 7 : *very strong* ; 10 : *extremely strong*). Il permet au jeune en surpoids de quantifier précisément l'intensité de l'exercice en se positionnant de « 0 » à « 10 ». Afin de ne pas stigmatiser les jeunes, les pictogrammes visuels du COPE-10 présentent volontairement un jeune normo-pondéré qui, par sa posture et des symptômes externes (sudation, essoufflement, expression du regard...), exprime sa perception à différents niveaux d'effort.

L'objectif de ce travail a donc été d'étudier la fiabilité du COPE-10 pour déterminer des seuils d'entraînement utiles à la réhabilitation du jeune obèse. À cet effet, au cours d'une épreuve d'effort maximale, les puissances de travail et les fréquences cardiaques associées aux valeurs perceptives correspondant à « 3 » et « 6 » sur le COPE-10 ont été comparées à celles obtenues aux seuils ventilatoires.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODE

A. Participants

Trente adolescents (20 filles, 10 garçons), âgés en moyenne de $14,2 \pm 1,6$ ans, présentant une obésité définie selon l'âge par un Indice de masse corporelle ($IMC = \text{poids}/\text{taille}^2$) supérieur à IOTF-30 (Cole *et al.*, 2000) et pris en charge en Soins de Suite et de Réadaptation durant 9 mois, ont participé à l'étude. Cette prise en charge, qui avait pour but une diminution de la corpulence, était basée sur l'éducation thérapeutique du patient (HAS, 2011) incluant un suivi médical, psychologique, nutritionnel et une reprise d'activités physiques. Les séances d'activités physiques adaptées ont consisté en des exercices tels que circuit cardio-training, renforcement musculaire, marche et course à pied, natation et aquagym, sports collectifs, déplacements actifs et séances d'EPS scolaire, afin de cumuler plus de 60 minutes d'activités physiques par jour.

B. Protocole

Les sujets ont réalisé sur bicyclette ergométrique (Ergoselect 200K, Ergoline GmbH, 124 Bitz, Allemagne), avant et après le programme d'intervention, une épreuve d'effort à charge croissante jusqu'à épuisement, avec mesure en continu de la fréquence cardiaque (FC), de la ventilation ($\dot{V}E$) des échanges gazeux (VO_2 , VCO_2) (Ergocard® Medisoft Schiller, Sorinnes, Belgique), afin de déterminer la puissance maximale développée (P_{max}) et la consommation maximale de dioxygène ($\dot{V}O_{2pic}$). La perception de l'effort (PE) a été mesurée à la fin de chaque palier, par le sujet lui-même, en pointant du doigt une valeur sur le COPE-10 (fig 1), sujet préalablement installé sur le guidon de l'ergocycle.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

Chaque sujet a reçu les instructions suivantes : « *En parallèle de l'épreuve d'effort, nous souhaitons que tu mesures ta propre perception de l'exercice, c'est-à-dire comment tu ressens l'intensité de l'exercice, pour chaque palier. Comme tu peux le voir, la graduation de l'échelle va de " 0 : Aucune " qui correspond à aucune perception d'effort, à " 10 : Extrêmement forte ", qui correspond à la perception d'effort la plus intense que tu aies ressentie dans ta vie. " + ", est une graduation pour qualifier un effort supérieur à ce que tu as déjà réalisé. »*

Trois questions permettent à l'expérimentateur d'aider l'enfant à interpréter le principe de l'échelle et d'en vérifier la compréhension :

- « *Quel serait l'exercice physique le plus intense que tu aies réalisé dans ta vie ?* » ;
- « *Sur quelles perceptions vas-tu t'appuyer pour me donner une note de 0 à 10 ?* » ;
- « *Quelle note donnerais-tu à cet instant (au repos) ?* »

En réutilisant les expressions verbales de l'enfant, l'expérimentateur précise : « *La perception de l'exercice dépend en général de ton essoufflement et des tensions musculaires que tu peux ressentir :*

1 : c'est très léger comme marcher lentement à ton propre rythme ;

3 : c'est un exercice modéré, tout va bien ;

5 : c'est intense et tu commences à être essoufflé ;

7 : c'est très intense et tu es essoufflé, mais tu peux encore continuer ;

10 : c'est l'exercice physique le plus intense que tu as connu au cours de ta vie.

Essaye d'évaluer tes sensations de la manière la plus honnête possible. Il n'y a pas de bonne ni de mauvaise réponse, car nous nous intéressons à tes perceptions quant à la charge de travail imposée et à l'effort que tu fournis. Évite de sous-estimer ou de surestimer l'effort que tu es en train de faire. Durant l'épreuve, tu ne pourras pas nous parler, étant donné que tu auras un masque sur le visage. Pour nous indiquer où tu te situes sur l'échelle, tu pointeras ton doigt sur l'échelle graduée placée en face de toi. Tu pourras donner des chiffres entiers ou des valeurs intermédiaires, par exemple : 0.5, 2, 3.5, 4, 7.5... »

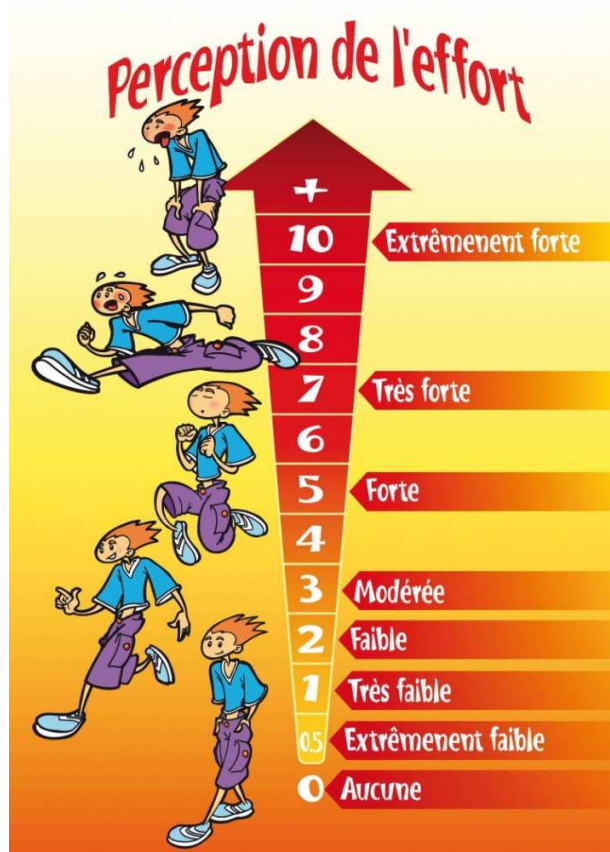
La perception de l'effort (PE) a été mesurée à la fin de chaque palier, par le sujet lui-même, en pointant du doigt une valeur sur le COPE-10, sujet préalablement installé sur le guidon de l'ergocycle. La PE et les variables physiologiques (FC, VE et VO₂) ont été respectivement modélisées, en fonction de la charge de travail, par une équation du second degré (f_{PE} , f_{FC} , f_{VE} , f_{VO_2}). Cette procédure a permis de déterminer individuellement les fréquences cardiaques (FC_{PE3} et FC_{PE6}) et les puissances (P_{PE3} et P_{PE6}) par interpolation pour les valeurs perceptives correspondant à « 3 » et à « 6 » sur l'échelle. Les seuils ventilatoires ont été déterminés à partir de la méthode de référence (Wasserman *et al.*, 2011) par

les équivalents respiratoires en O₂ (VE/VO₂) et CO₂ (VE/VCO₂) « moyennés » toutes les 15 secondes. Le premier seuil (SV₁) correspond à la première augmentation de la courbe VE/VO₂ sans augmentation de la courbe VE/VCO₂. Le second seuil (SV₂) correspond à la première augmentation de VE/VCO₂ concomitante à une seconde augmentation du VE/VO₂. Cette procédure a permis de déterminer les fréquences cardiaques (FC_{SV1} et FC_{SV2}) et les puissances (P_{SV1} et P_{SV2}) associées respectivement à SV₁ et SV₂.

C. Traitement statistique

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel SigmaPlot 12 (*Systat Software Inc*, Chicago) et le seuil de significativité a été fixé à $p < 0,05$. Les données sont présentées sous la forme de moyenne \pm SEM. Un test de Student (Test t) apparié a été utilisé pour analyser l'évolution des paramètres observés à l'issue de la prise en charge. En pré et en post-cure, des coefficients de corrélation de Pearson ont été calculés pour les puissances et les FC observées entre SV₁ et PE₃ puis entre SV₂ et PE₆, respectivement. La méthode de Martin Bland et Douglas Altman (Bland et Altman, 1986) a été utilisée pour comparer ces mêmes variables, afin d'évaluer s'il y avait accord ou biais.

Figure 1 : Le COPE-10



Sources : Données personnelles.

III. RÉSULTATS

Les paramètres anthropométriques se sont améliorés, après les neuf mois de prise en charge, avec une baisse significative du poids (-7,9 kg), de l'IMC (-3,9 kg.m⁻²) et du z-score d'IMC (-0,82) (tab. 1). À l'effort maximal, la Pmax, le VEmax et le VO_{2pic} se sont aussi améliorés significativement (+ 24,8 W, + 17 L.min⁻¹, + 6.25 ml.min⁻¹.kg⁻¹ respectivement). À l'exercice sous-maximal, les puissances auxquelles surviennent SV₁ et PE₃ sont plus élevées à l'issue de la prise en charge (+ 17,2 W et + 17,1 W respectivement) comme les puissances observées à SV₂ et PE₆ (+ 22,9 W et + 20,3 W respectivement). Des corrélations positives sont retrouvées pour les puissances et fréquences cardiaques entre SV₁ et PE₃ et entre SV₂ et PE₆, avant ou après la prise en charge (fig. 2 et tab. 2). L'analyse par Bland et Altman (fig. 3) montre un faible biais d'estimation (moyenne proche de 0) entre FC_{SV2} et FC_{PE6} en pré et post-cure, alors que des erreurs systématiques de -3,1 bpm et -2,6 bpm sont observées entre FC_{SV1} et FC_{PE3}. Des déviations standards inférieures à 7 bpm sont retrouvées entre FC_{SV2} et FC_{PE6} (pré : 6,5 bpm ; post : 6,3 bpm) alors qu'elles sont proches de 10 bpm entre FC_{SV1} et FC_{PE3} (pré : 9,7 bpm ; post : 8,4 bpm).

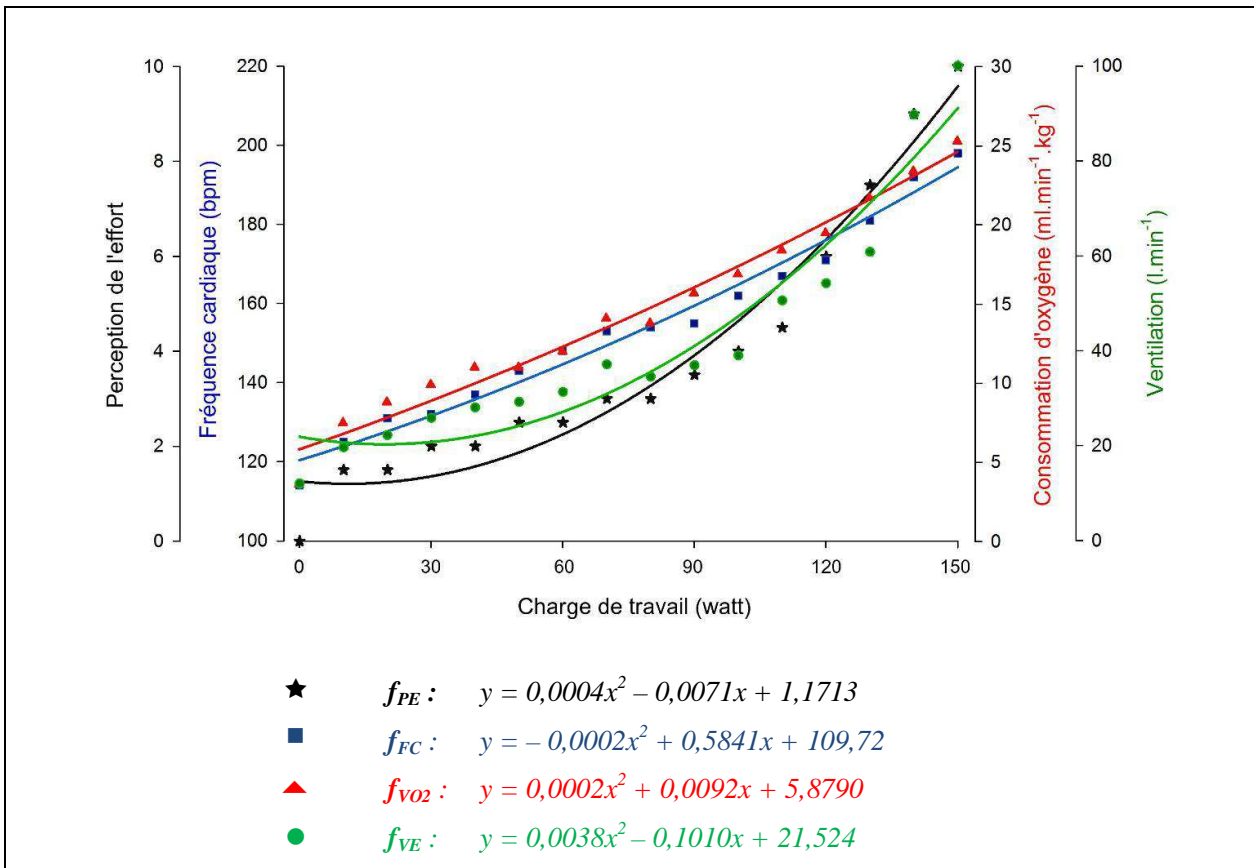
Tableau 1 : Paramètres anthropométriques et données à l'exercice maximal et sous-maximal chez 30 adolescents obèses à l'admission et après 9 mois de prise en charge multidisciplinaire

<i>Paramètres</i>		<i>Pré-cure</i>		<i>Post-cure</i>		<i>p</i>
Masse corporelle kg		95,9	± 2,5	88	± 2,3 ^{***}	***
Taille cm		162,7	± 1,1	165,3	± 1,2	***
IMC kg.m⁻²		36,2	± 0,8	32,3	± 0,9	***
z-score IMC		4,4	± 0,1	3,6	± 0,1	***
<i>Exercice maximal</i>						
FC max bpm		191,1	± 2,1	190,2	± 1,8	ns
Pmax W		150,2	± 5,4	175,0	± 6,1	***
VEmax L.min⁻¹		87,3	± 2,8	104,3	± 3,4	***
VO_{2pic} mL.kg⁻¹.min⁻¹		23,7	± 0,7	29,9	± 1,1	***
QR max		1,17	± 0,02	1,12	± 0,02	**
<i>Exercice sous-maximal</i>						
SV₁	P_{SV1} W	62,3	± 3,1	79,5	± 3,2	***
PE₃	P_{PE3} W	58,4	± 4,3	75,5	± 3,7	***
SV₂	P_{SV2} W	100,3	± 4,0	123,2	± 4,3	***
PE₆	P_{PE6} W	100,9	± 5,6	121,2	± 4,8	***

FC : Fréquence cardiaque ; IMC : Indice de masse corporelle ; P : Puissance ; PE₃ et PE₆ valeur perceptive à « 3 » et « 6 » sur le COPE-10 ; QR : Quotient respiratoire ; SV₁ et SV₂ premier et second seuil ventilatoire ; VE : débit ventilatoire ; VO₂ : consommation d'oxygène. n = 30 ; Différence (t test) : * p < 0,05 ; ** p < 0,01 ; *** p < 0,001.

Source : Données personnelles.

Figure 2 : Exemple de modélisation de la perception de l'effort, de la fréquence cardiaque, de la consommation d'oxygène et de la ventilation en fonction de la charge de travail pour un sujet



Source : Données personnelles.

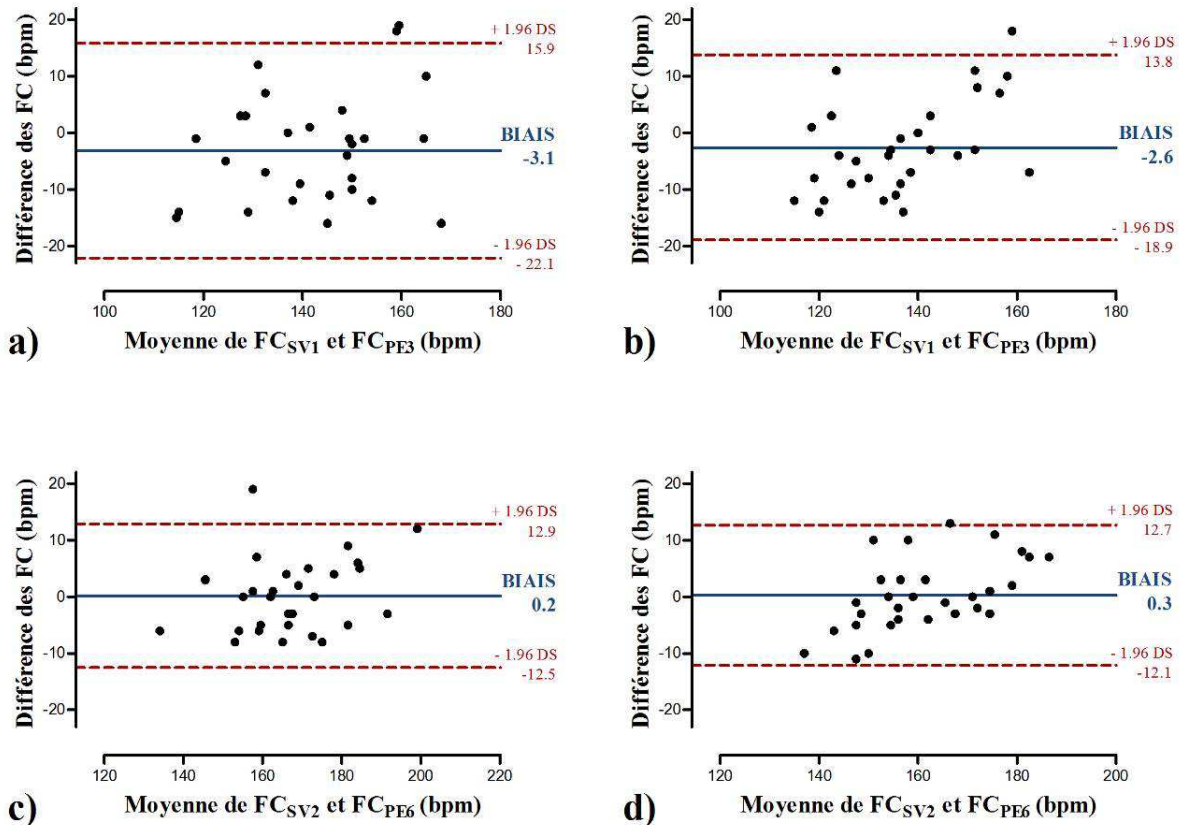
Tableau 2 : Corrélations entre les seuils ventilatoires (SV_1, SV_2) et perceptifs (PE_3, PE_6) pour les puissances et les fréquences cardiaques

	<i>Pré-cure</i>		<i>Post-cure</i>	
	<i>r</i>	<i>95% CI</i>	<i>r</i>	<i>95% CI</i>
P_{SV1} vs. P_{PE3}	0,83*	0,66 – 0,91	0,78*	0,59 – 0,89
FC_{SV1} vs. FC_{PE3}	0,81*	0,63 – 0,91	0,86*	0,73 – 0,93
P_{SV2} vs. P_{PE6}	0,91*	0,81 – 0,95	0,90*	0,79 – 0,95
FC_{SV2} vs. FC_{PE6}	0,90*	0,80 – 0,95	0,92*	0,83 – 0,96

Les abréviations sont identiques à celles du tableau 1. $n = 30$; coefficients de corrélation de Pearson ; * $p < 0,001$.

Source : Données personnelles.

Figure 3 : Différence entre les fréquences cardiaques mesurées aux seuils ventilatoires (SV₁ ou SV₂) et celles déterminées par l'analyse de la perception de l'effort (PE₃ et PE₆) en fonction de la moyenne des FC en pré (a) (c) et post-cure (b) (d) ; (n = 30)



Les abréviations sont identiques à celles du tableau 1. Les traits horizontaux pointillés représentent les limites d'agrément suivant la méthode de Bland et Altman et correspondent à $\pm 1,96$ déviation standard.

Source : Données personnelles.

IV. DISCUSSION

L'objectif de ce travail a été d'évaluer, au cours d'une exercice maximal, si la perception de l'effort permettait d'estimer précisément les seuils ventilatoires chez des adolescents obèses et si elle était sensible à une prise en charge pluridisciplinaire associée à un reconditionnement physique.

Dans notre étude, de bonnes corrélations ($r > 0,78$) ont été trouvées pour les puissances et les FC entre la PE₃ et SV₁, que ce soit avant ou après la prise en charge. Le biais d'environ -3 bpm observé entre FC_{PE3} et FC_{SV1} indique que le sujet donne une note perceptive de « 3 » sur l'échelle juste avant l'entrée dans la transition aéro-anaérobie. Ces résultats démontrent qu'une intensité « modérée » à PE₃

sur le COPE-10 coïncide avec le premier seuil ventilatoire chez l'adolescent obèse. Ce niveau de perception correspond à un travail en aérobie stricte favorisant la lipolyse, métabolisme à privilégier et à recommander dans la rééducation du jeune obèse. Cependant, l'erreur systématique associée à des déviations standards de l'ordre de ± 9 bpm incite à nuancer la précision de cette méthode. En pratique clinique, l'estimation de la FC à SV₁ avec moins de 6 bpm d'écart par rapport à la méthode de référence n'a été possible que chez 40 % des sujets (fig. 3 a et b).

La relation entre perception de l'effort et seuil ventilatoire se retrouve pour des intensités plus élevées, avec toutefois de meilleures corrélations ($r > 0,90$) pour les puissances et les FC à PE₆ et SV₂. Ces résultats sont en accord avec ceux de Monnier-Benoit *et al.* (Monnier-Benoit *et al.*, 2009) et Zamuner *et al.* (Zamuner *et al.*, 2011) qui ont observé, respectivement chez des sujets sportifs et sédentaires, une forte association entre la cotation « forte » sur le CR10 et le second seuil ventilatoire. L'acidose importante induite par l'exercice provoque un essoufflement et des douleurs musculaires qui correspondent à une note perceptive de « 6 » chez les jeunes obèses. Le biais entre FC_{PE6} et FC_{SV2}, proche de 0 bpm et des déviations standards acceptables, confirme qu'il est possible d'appréhender avec précision le second seuil ventilatoire à partir du ressenti subjectif du sujet. Dans la présente étude, il a été possible d'estimer, avec moins de 6 bpm de différence, la FC à SV₂ chez plus de 70 % des sujets (fig. 3 c et d).

Enfin, notre étude montre que la prise en charge pluridisciplinaire, associant un accompagnement médical, diététique, psychologique et la pratique régulière d'activités physiques, modifie significativement les paramètres anthropométriques et améliore les variables cardiorespiratoires à l'exercice sous-maximal, confirmant l'ensemble des données de la littérature (Dao *et al.*, 2004 ; Prado *et al.*, 2009). L'amélioration des puissances associées aux valeurs perceptives à « 3 » et à « 6 » entre pré et post-cure, dans le même ordre de grandeur que celles déterminées par la méthode de référence, témoigne de la sensibilité de cette échelle COPE-10 à l'entraînement.

L'utilisation de l'échelle de perception de l'effort COPE-10 est donc un outil fiable pour guider le jeune obèse dans la mise en pratique d'une activité physique d'intensité modérée « 3 », à élevée « 6 ». L'utilisation de cette échelle comme outil d'auto-régulation peut être une perspective prometteuse dans le cadre de programme d'entraînement. Elle pourrait se substituer à celle basée sur les seuils ventilatoires. Ainsi, des intensités d'exercice entre « 3 » et « 6 » sur le COPE-10 optimiseraient la prise en charge en activité physique de ces jeunes.

∴

En conclusion, la perception de l'effort permet de déterminer des intensités d'exercice proches des seuils ventilatoires chez l'adolescent obèse. Les perceptions ciblées à « 3 » et « 6 » sont sensibles à l'entraînement. Toutefois, sur le terrain, il est important de proposer une éducation à la perception de l'effort car certains sujets non entraînés sur-ou sous-estiment nettement l'intensité de l'exercice. Le COPE-10 est un outil d'évaluation non invasif, peu coûteux et facilement utilisable pour quantifier l'intensité de l'exercice, renforçant son intérêt en pratique clinique dans le domaine de la réhabilitation. Les professionnels en Activité physique adaptée et santé peuvent l'utiliser pour l'évaluation et le suivi des adolescents obèses.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BLAND Martin et ALTMAN Douglas (1986), « Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement », *Lancet*, vol. 1, n° 8476, février, pp. 307-310.

BORG Gunnar (1998), *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*, Champaign (Ill.), Human Kinestics.

BRANDOU Frédérique, DUMORTIER Muriel, GARANDEAU Patrick *et al.* (2003), « Effects of a two-month rehabilitation program on substrate utilization during exercise in obese adolescents », *Diabetes & Metabolism*, vol. 29, n° 1, février, pp. 20-27.

COLE Tim, BELLIZZI Mary, FLEGAL Katherine *et al.* (2000), « Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide : international survey », *British Medical Journal*, vol. 320, n° 7244, mai, pp. 1240-1243.

COQUART Jérémy, LENSEL Ghislaine et GARCIN Murielle (2009), « Exertion perception in children and teenagers : measure and interests », *Science & Sports*, vol. 24, n° 3-4, juin, pp. 137-145.

COQUART Jérémy, TOURNY-CHOLLET Claire, LEMAÎTRE Frédéric *et al.* (2012), « Relevance of the measure of perceived exertion for the rehabilitation of obese patients », *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 55, n° 9-10, décembre, pp. 623-640.

DAO Huy Hao, FRELUT Marie-Laure, PERES Gérard *et al.* (2004), « Effects of a multidisciplinary weight loss intervention on anaerobic and aerobic aptitudes in severely obese adolescents », *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders : Journal of the International Association for the Study of Obesity*, vol. 28, n° 7, juillet, pp. 870-878.

ESTON Roger, LAMBRICK Danielle et ROWLANDS Ann (2009), « The perceptual response to exercise of progressively increasing intensity in children aged 7-8 years : validation of a pictorial curvilinear ratings of perceived exertion scale », *Psychophysiology*, vol. 46, n° 4, juillet, pp. 843-851.

FAULKNER James et ESTON Roger (2008), « Perceived exertion research in the 21st century: developments, reflections and questions for the future », *Journal of Exercise Science & Fitness*, vol. 6, n° 1, janvier, pp. 26-32.

GUEUGNON Carine, MOUGIN Fabienne, SIMON-RIGAUD Marie-Laure *et al.* (2011), « Intérêt d'un réentraînement à l'effort intermittent individualisé chez l'adolescent obèse », *Sciences et Sports*, vol. 26, n° 4, septembre, pp. 229-232.

HAS (2011), *Recommandation de la Haute Autorité de Santé : surpoids et obésité de l'enfant et de l'adolescent*, en ligne : http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_964941/fr/surpoids-et-obesite-de-l-enfant-et-de-l-adolescent-actualisation-des-recommandations-2003?xtmc=&xtcr=8.

LAZZER Stefano, LAFORTUNA Claudio, BUSTI Carlos *et al.* (2010), « Fat oxidation rate during and after a low- or high-intensity exercise in severely obese Caucasian adolescents », *European Journal of Applied Physiology*, vol. 108, n° 2, janvier, pp. 383-391.

MONNIER-BENOIT Philippe, GROSLAMBERT Alain et ROUILLON Jean-Denis (2009), « Determination of the ventilatory threshold with affective valence and perceived exertion in trained cyclists : a preliminary study », *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 23, n° 6, septembre, pp. 1752-1757.

PERONI Diego, PIETROBELLI Angelo et BONER Attilio (2010), « Asthma and obesity in childhood : on the road ahead », *International Journal of Obesity*, vol. 34, n° 4, avril, pp. 599-605.

PRADO Danilo, SILVA Alexandre, TROMBETTA Ivani *et al.* (2009), « Weight loss associated with exercise training restores ventilatory efficiency in obese children », *International Journal of Sports Medicine*, vol. 30, n° 11, novembre, pp. 821-826.

QUINART Sylvain et MANGA-CARROLA Patricia (2011), « Physical activity in overweight children : a prescription ? », *Journal de pédiatrie et de puériculture*, vol. 24, n° 5, octobre, pp. 266-271.

ROBERTSON Robert, GOSS Fredric, BOER Nicholas *et al.* (2000), « Children's OMNI scale of perceived exertion : mixed gender and race validation », *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 32, n° 2, février, pp. 452-458.

SAAVEDRA José, ESCALANTE Yolanda et GARCIA-HERMOSO Antonio (2011), « Improvement of aerobic fitness in obese children : a meta-analysis », *International Journal of Pediatric Obesity*, vol. 6, n° 3-4, août, pp. 169-177.

SHIM Yun, BURNETTE Autumn, LUCAS Sean *et al.* (2013), « Physical deconditioning as a cause of breathlessness among obese adolescents with a diagnosis of asthma », *PloS one*, vol. 8, n° 4, avril, e 61022.

TAN Sijie, YANG Chunhua et WANG Jianxiong (2010), « Physical training of 9 to 10-year-old children with obesity to lactate threshold intensity », *Pediatric Exercise Science*, vol. 22, n° 3, août, pp. 477-485.

THIVEL David, ISACCO Laurie, MONTAURIER Christophe *et al.* (2012), « The 24-h energy intake of obese adolescents is spontaneously reduced after intensive exercise : a randomized controlled trial in calorimetric chambers », *PloS one*, vol. 7, n° 1, janvier, e 29840.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

TJONNA Arnt, STOLEN Tomas, BYE Anja *et al.* (2009), « Aerobic interval training reduces cardiovascular risk factors more than a multitreatment approach in overweight adolescents », *Clinical Sciences*, vol. 116, n° 4, février, pp. 317-326.

WASSERMAN Karlman, HANSEN James, SUE Darryl *et al.* (2011), *Principles of Exercise Testing and Interpretation*, Philadelphie, Lippincott Williams & Wilkins.

WATERS Elizabeth, DE SILVA-SANIGORSKI Andrea, HALL Belina *et al.* (2011), « Interventions for preventing obesity in children », *Cochrane Database System Review*, vol. 8, n° 12, décembre, pp. 1871.

WILLIAMS John, ESTON Roger et FURLONG Berly (1994), « CERT: a perceived exertion scale for young children », *Perceptual and Motor Skills*, vol. 79, n° 3, décembre, pp. 1451-1458.

ZAMUNER Antonio, MORENO Marlene, CAMARGO Tais *et al.* (2011), « Assessment of subjective perceived exertion at the anaerobic threshold with the Borg CR-10 Scale », *Journal of Sports Science & Medicine*, vol. 10, n° 1, mars, pp. 130-136.

CHAPITRE XI

ÉTUDE DE LA PERCEPTION DE L'EFFORT ET DU PLAISIR EN CYCLISME CHEZ DE JEUNES DÉFICIENTS MENTAUX LORS D'UN TEST INCRÉMENTÉ

Nicolas RAMBIER*

Élisabeth PETIT **

Abstract

Perceived exertion and pleasure in young mental deficient cyclists in an incremental test

The aim of this study was to compare physical and perceptual abilities of young mental deficient cyclists to valid ones, during an incremental test conducted until exhaustion. Eight deficient cyclists with light deficiency and 8 fit cyclists underwent an incremental test on cycle-ergometer. Power output, rating of perceived exertion and perceived pleasure were recorded in both groups during the test. This study revealed that perceived exertion was significantly lower in the deficient group at 80 % of the relative maximal power-output and perceived pleasure was significantly higher at 80 and 100 % of the relative maximal power-output. These results suggest that deficient cyclists have real abilities to perform incremental tests but perceive effort in a different way than valid subjects.

Key words : Mental Deficient, Cycling, Power Output, Perceived Exertion, Pleasure

Le sport de compétition ne se limite plus seulement au monde des valides. En handisport aussi, les athlètes cherchent de plus en plus à optimiser l'entraînement afin de réaliser des performances. À cet effet, la Fédération française de sport adapté (FFSA) cherche à mettre en place une politique de sport compétition, notamment en cyclisme avec de jeunes VTTistes. Cette politique porte, en particulier, sur la sélection des athlètes au moyen de tests d'aptitudes physiques.

Dans la littérature scientifique, quelques études se sont intéressées à transposer les tests d'aptitudes physiques couramment utilisés chez les sportifs valides sur des sportifs présentant une déficience mentale. Il est assez rare d'avoir une démarche de sport compétition avec ce type de sportifs comme on peut le retrouver auprès d'autres publics handicapés physiques. Une première étude (Croce *et al.*, 1966), montre des capacités de performances similaires, lors de tests isocinétiques mobilisant les membres inférieurs, entre des individus valides et ceux présentant une pathologie mentale. Les résultats de cette étude n'ont montré aucune différence significative, aussi bien au niveau des pics de puissance que sous l'angle des puissances moyennes développées entre les deux groupes. Ce résultat suggère que

* Master STAPS, Université de Franche-Comté, UPFR Sports.

** PRAG, Université de Franche-Comté, UPFR Sports, Laboratoire C3S (EA 4660).

les athlètes avec une déficience mentale pourraient, au même titre que les valides, suivre des protocoles de tests physiques, mais aussi que leurs aptitudes physiques seraient similaires aux valides. Une autre étude (Van de Vliet *et al.*, 2006) avait pour but de comparer les profils de sportifs sains avec des sportifs ayant un retard mental, au moyen de différents tests physiques. Ces auteurs ont montré que les niveaux de conditions physiques entre les deux types de population n'étaient pas significativement différents.

En ce qui concerne les performances de type aérobie, une étude a été menée sur les capacités de jeunes (10-17 ans) déficients mentaux (Kenneth *et al.*, 1997). Il s'agissait d'un test incrémental de course à pied sur tapis roulant en laboratoire. Le protocole du test était tout à fait similaire à un test basique adressé à des athlètes ne présentant aucun déficit mental. Le test avait un incrément de 2 min, avec une augmentation de la pente de 4 % (jusqu'à 12 %) et une augmentation de la vitesse de 2 km.h⁻¹. L'exercice allait jusqu'aux capacités maximales de l'athlète. Les sujets déficients ont pu effectuer leurs tests jusqu'à épuisement. Des mesures physiologiques (VO₂, fréquence cardiaque) ont pu être réalisées. D'autres protocoles confirment la possibilité de mener des tests aérobies en laboratoire sur des sportifs présentant un trouble mental (Rintala *et al.*, 1995 ; Pitetti *et al.*, 1992 ; Nakagawa et Toshihiro, 1970). Des tests rectangulaires ont également été réalisés et validés. La première étude de Fernhall *et al.* (Fernhall *et al.*, 1998) a validé un test de terrain rectangulaire de 600 yards (environ 546 m). L'étude a montré qu'il était possible, avec des sujets présentant un retard mental, de prédire leur capacité aérobie grâce à un test rectangulaire de terrain. Un test plus connu dans le monde des valides, le test de Cooper, a également été utilisé avec succès auprès d'un public présentant une déficience mentale (Beasley, 1982). Le Cooper est un test rectangulaire de 12 min en course à pied pendant lequel le sportif doit parcourir la plus grande distance possible (Cooper, 1968). Concernant la perception de l'exercice, Gunnar Borg en est le père fondateur avec son échelle 6-20 (Borg, 1970). Cette échelle a fait l'objet de nombreuses adaptations notamment chez les enfants. À cet effet, l'échelle CERT est validée par Eston en 2007 (Eston et Parfitt, 2007). Cette échelle, fréquemment utilisée pour estimer la perception de l'exercice chez les enfants et les adolescents, permet d'estimer la fréquence cardiaque moyenne supportée lors de l'exercice au moyen de l'équation suivante :

$$FC = 100 + (10 \times CERT).$$

Le principal avantage de cette échelle est la forme en escalier, qui suggère fortement la progressivité de l'exercice. Par contre, les images et le vocabulaire utilisés sont sans doute peu explicites pour des enfants. Pour cette raison, une autre échelle, le RPE-C, directement inspirée du RPE 6-20 de Borg, a été validée par Gros Lambert *et al.* (Gros Lambert *et al.*, 2001). L'avantage de cette échelle est qu'elle utilise des images explicites, montrant un jeune homme exprimant par sa posture différents symptômes externes de l'effort. Cependant, l'absence d'adjectifs permettant de préciser l'intensité de l'effort ainsi que l'échelle de cotation s'étendant de 6 à 20 peuvent apparaître complexes pour des jeunes déficients mentaux. Faute d'outils d'investigation adaptés, la perception de l'effort et du plaisir ressenti par ces jeunes déficients lors d'un exercice progressif mené jusqu'à épuisement reste, à ce jour, totalement inconnue.

Par conséquent, l'objectif de notre contribution a été de comparer les perceptions d'effort et de plaisir ressentis entre une population de cyclistes valides et des cyclistes présentant une déficience mentale, lors d'un test incrémental sur bicyclette ergométrique.

∴

I. MÉTHODOLOGIE

A. Population

Deux groupes de cyclistes (VTTistes) ont participé à cette étude. Un groupe de huit atteints d'une déficience mentale légère (DEF), pris en charge par un Institut médico-éducatif (IME), a été comparé à un groupe contrôle (CONT) de 8 sujets valides, pratiquant régulièrement le VTT en compétition au niveau régional.

Les caractéristiques physiques des deux groupes sont présentées dans le tableau 1.

Les sujets déficients mentaux ont un niveau d'aptitudes cognitives inférieur à la moyenne avec un quotient intellectuel (QI) situé entre 40 et 70 (Misès, 2012).

La FFSA les classe en compétition en division 1 (FFSA, 2013), c'est-à-dire qu'ils sont capables, lors de la pratique du vélo tout terrain (VTT), d'anticiper le freinage en fonction de la nature du parcours, d'adapter leur braquet, d'enchaîner trois obstacles de quinze centimètres de haut et espacés de trois mètres, et d'estimer la difficulté pour modifier leur décision en cours d'action.

Des tests d'habiletés sont effectués lors des championnats régionaux pour classer les jeunes dans chaque division.

Tableau 1 : Caractéristiques physiques des sujets déficients mentaux et du groupe contrôle

	Âge (année)	Taille (cm)	Poids (kg)
Groupe DEF	18,25 ± 0,94	173,63 ± 8,63	69,75 ± 7,00
Groupe CONT	22,50 ± 2,25	182,25 ± 9,56	70,13 ± 3,63

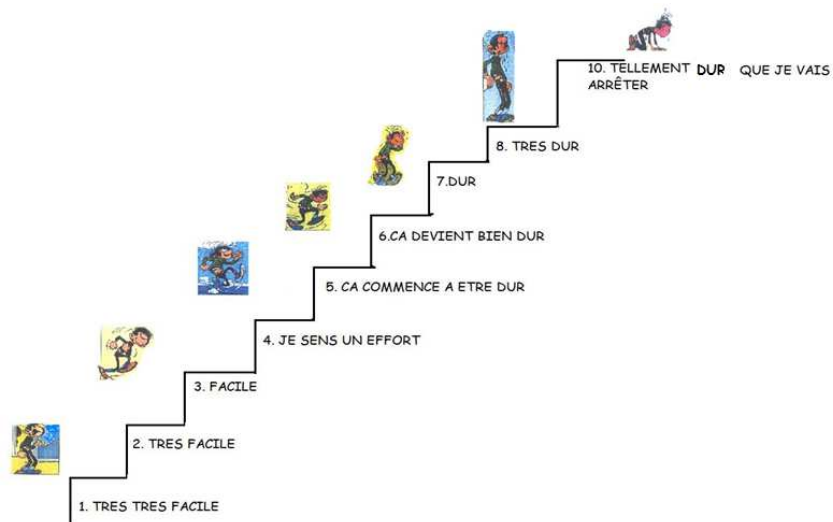
Source : Données personnelles.

B. Outils

Pour les tests menés, nous avons créé une nouvelle échelle à partir des avantages des deux modèles présentés dans la revue bibliographique (fig. 1).

Il nous est apparu essentiel, au vu de la population, que l'échelle soit la plus compréhensible possible.






Figure 1 : Échelle de perception de l'effort, adaptée par les auteurs, inspirée de la RPE-C (Gros Lambert *et al.*, 2001) et du CERT (Eston et Parfitt, 2007)



Source : Données personnelles.

Pour les tests, nous avons également créé une échelle imagée du plaisir ressenti (fig. 2), adaptée à notre population :

Figure 2 : Echelle du plaisir ressenti, adaptée par les auteurs

Échelle de plaisir	
	10
	8
	5
	3
	1

Source : Données personnelles.

C. Protocole

Les sujets des deux groupes ont été évalués sur bicyclette ergométrique Cyclops 300 pro (*Saris Cycling Group, 5253 Verona Road Madison, WI 53711, États-Unis*).

Cet ergomètre était équipé de pédales plates à lanières, comme les sujets déficients ont l'habitude d'utiliser.

En accord avec Lampert (Lampert, 1998), qui fait un état des lieux des principales règles à respecter lors d'un test incrémental sur bicyclette ergométrique, un test doit durer entre 8 et 20 min. Trop court, le test sollicitera principalement les processus anaérobies, et trop long il y aurait un épuisement des réserves énergétiques (glycogène). Pour l'incrément, l'auteur note que l'on peut se placer dans une fourchette comprise entre 20 et 50 watts.

Quant à la durée des paliers, elle peut s'échelonner entre 90 s et 4 min. Dans notre protocole expérimental, le premier palier débutait à 100 watts. Le test commençait quand le sujet avait réussi à se stabiliser à la puissance demandée. L'incrément était de 30 watts toutes les 2 min.

À la fin de chaque palier, il était demandé au sujet de coter la perception de l'exercice sur une échelle de 0 à 10 (fig. 1), ainsi que le plaisir ressenti à pédaler sur une échelle allant de 0 à 10 (fig. 2). Les sujets avaient pour consigne de réaliser le test jusqu'à épuisement. Mais les sujets ont néanmoins été arrêtés quand le CR10 était égal à 8.

Les possibles pathologies sous-jacentes des sportifs nous ont conduit à la plus grande prudence, c'est pourquoi ceux-ci n'ont pas été au maximum de leurs capacités.

D. Analyse statistique

Comme les différences de capacités physiques entre les deux groupes étaient relativement importantes, la puissance relative exprimée en pourcentage de la puissance maximale a été calculée pour comparer les deux groupes.

La perception de l'effort et du plaisir ressenti ont été enregistrées toutes les 2 min à la fin de chaque incrément et recalculés par extrapolation pour les valeurs correspondant à 20, 40, 60, 80 et 100 % de la puissance développée lors du dernier palier.

Une analyse de variance (ANOVA) à 2 facteurs (5 intensités relatives x 2 groupes) a été réalisée.

II. RÉSULTATS

La puissance maximale constatée (pour un CR10 de 8 sur 10) pour le groupe DEF est de 190 ± 19 watts, tandis que pour le groupe CONT dans les mêmes conditions, elle était de 342 ± 13 watts.

Le tableau ci-après représente la puissance correspondante à chaque intensité pour chacun des groupes (tableau 2).

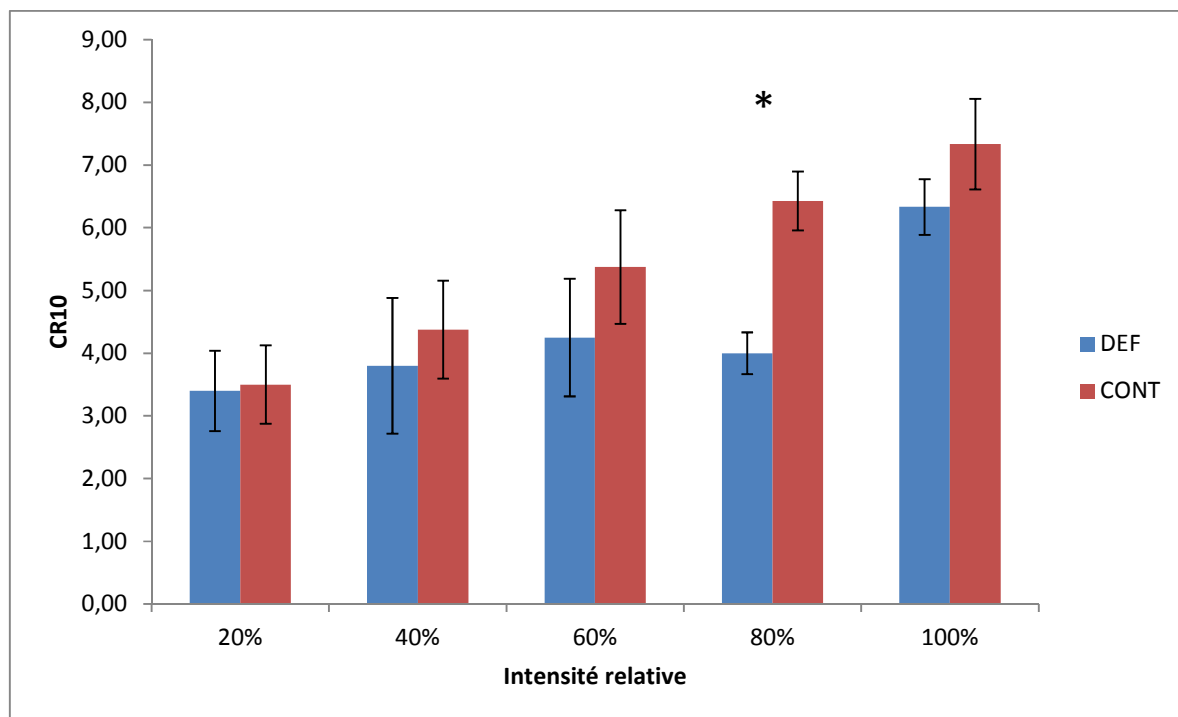
Tableau 2 : Tableau des intensités relatives

	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
Groupe DEF (Watts)	100 ± 7,02	130 ± 7,8	160 ± 5,4	190 ± 4,6	220 ± 7
Groupe CONT (Watts)	220 ± 4,08	250 ± 5,13	280 ± 8,1	310 ± 10	340 ± 7,48

Source : Données personnelles.

La figure 3 représente la perception d'effort moyenne ressentie par les sujets lors de leur test.

Figure 3 : CR10 moyen ressenti lors du test



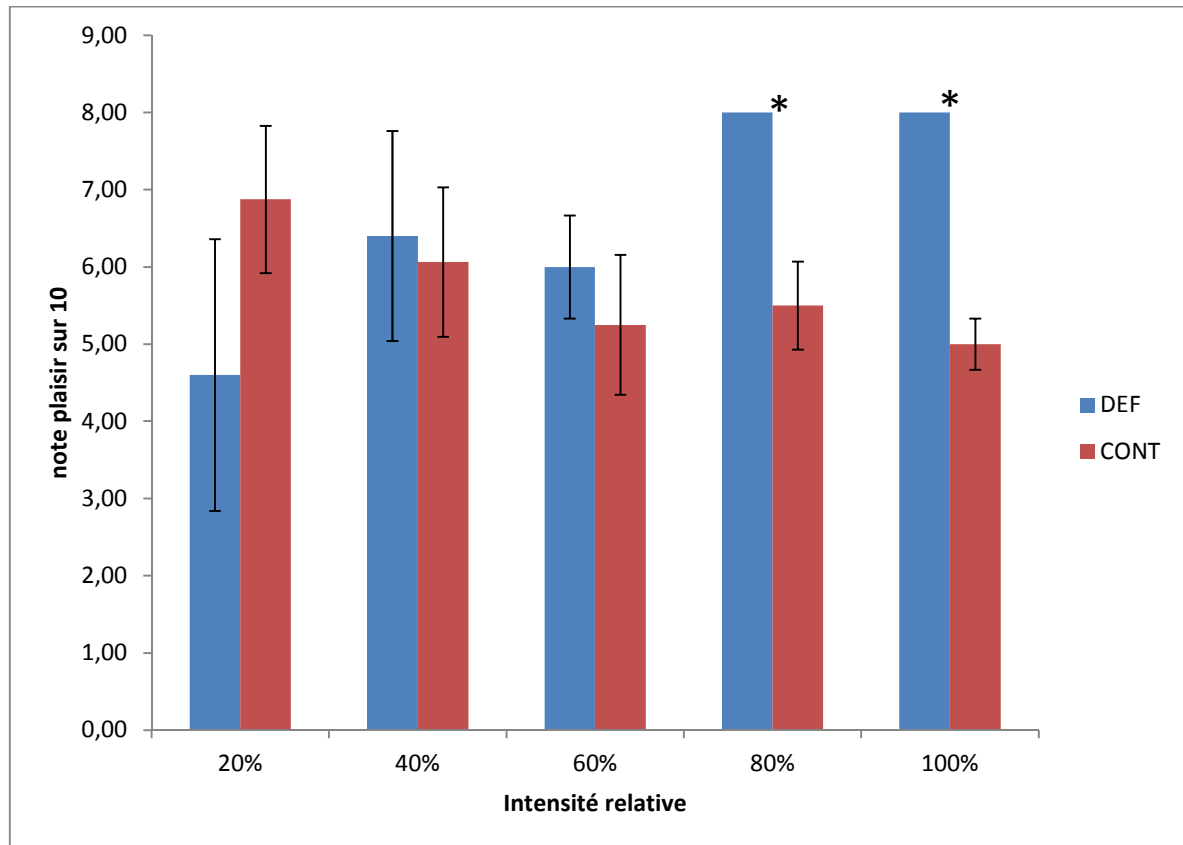
* Différence significative entre le groupe déficient (DEF) et le groupe contrôle (CONT) ($p < 0,05$)

Source : Données personnelles.

On constate que la perception de l'effort est significativement inférieure dans le groupe DEF. Le *post-hoc* test montre une différence significative à 80 % de l'intensité relative.

La figure 4 représente le plaisir ressenti par les sujets lors des tests.

Figure 4 : Plaisir ressenti par les sportifs lors du test



* : Différence significative entre le groupe test et le groupe contrôle (CONT) ($p < 0,05$).

Source : Données personnelles.

D'une manière générale, on remarque que le groupe DEF a plus de plaisir à fournir son effort. Les tests statistiques ont révélé une différence significative à 80 % et 100 % de la puissance relative en comparaison au groupe contrôle.

III. DISCUSSION

Les résultats psychométriques, notamment sur la perception de l'exercice, montrent une sous-estimation significative de l'effort pour les sujets atteints d'une déficience mentale, plus particulièrement à 80 % de l'intensité maximum. Ce résultat peut être lié à une méconnaissance de leur perception. Il est probable, en effet, que ce soit la première fois qu'on leur demande de s'interroger sur leurs perceptions.

Un autre élément de réponse pour expliquer cette différence de perception pourrait être lié au fait que les sujets déficients ont passé l'épreuve deux par deux. Les sujets pouvaient ainsi être influencés par la présence de l'autre. Certains avaient tendance à sous-estimer leur effort, car ils voulaient paraître forts face à leur camarade. Une étude menée par Mugny *et al.* (Mugny *et al.*, 2003) montre que chaque élève est désireux de se comparer aux autres mais surtout de prouver qu'il est plus fort. Certains sujets se sont donc dépassés, et ont sous-estimé leur perception de l'effort pour paraître forts. C'est ce que Wicklund et Brehm (Wicklund et Brehm, 1968) définissent comme le conflit de compétences. Le sujet est confronté à un haut niveau de compétences, ce qui l'oblige à entièrement se mobiliser, en particulier lors du test à l'effort, qui amène le jeune au maximum de ses capacités. Cependant, d'autres se sont retrouvés dans ce que Quiamzade (Quiamzade, 2002) a défini comme un conflit d'incompétences : l'élève se rend compte qu'il ne tiendra pas la comparaison, il évitera donc le test. En ce qui concerne les relevés psychométriques du plaisir ressenti lors du test, on remarque beaucoup plus de plaisir pour le groupe DEF que pour le groupe CONT. Ce type d'épreuve étant nouveau pour le groupe DEF, cela a entraîné une grande appréhension. Les sujets se sont posé beaucoup de questions, qui se sont vite dissipées avec les différentes explications que l'on a pu leur apporter avant d'aller au laboratoire. Pour les jeunes déficients mentaux, sortir des institutions et aller dans un laboratoire de recherche, sans les éducateurs, leur ont permis de prendre conscience de leur chance, et de réaliser qu'ils étaient de véritables coureurs cyclistes, fréquentant les mêmes lieux et réalisant les mêmes tests que les cyclistes professionnels. Pratiquant l'option cyclisme de l'IME, ils étaient des coureurs qui venaient passer un test avant le début de la saison. On reconnaissait leurs compétences en tant que cycliste. Cette remarque renvoie à une étude de Ninot *et al.* (Ninot *et al.*, 2001), dans laquelle les auteurs mettent en évidence que la pratique d'une activité physique permet à des jeunes en difficulté d'augmenter leur sentiment de compétence. Les relevés psychométriques ont sans doute été influencés par cette dimension. Cette étude révèle aussi que ces jeunes n'aspirent qu'à être considérés comme des sportifs valides, en faisant fi de leur « handicap » qui, au final, n'en est pas forcément un.

∴

Dans cette étude, nous avons montré que de jeunes sportifs déficients mentaux avaient parfaitement réussi à suivre le protocole expérimental. Aucune différence majeure dans le suivi du protocole n'a été observée par rapport au groupe contrôle. Les résultats psychométriques ont fait valoir une sous-estimation de la perception de l'effort et une augmentation du plaisir ressenti lors du test comparé au groupe valide, sur les deux derniers paliers. Néanmoins, certaines limites sont à noter, en particulier le fait que les sujets déficients pouvaient entrer en compétition lors du test. Pour éviter ce genre de biais, il faudra à l'avenir choisir les sujets ayant une interaction sociale neutre. Cette étude montre aussi que ces jeunes atteints d'une déficience légère sont capables d'interpréter leur perception d'effort en relation avec la puissance développée lors de l'exercice, mais de manière plus atténuée qu'un groupe valide, surtout lorsque l'intensité s'approche du maximum*.

*Des remerciements particuliers sont adressés à François Toscano, éducateur spécialisé, et Nicolas Nemos, enseignant d'Éducation physique adaptée, à l'IME du Parc, à Besançon, pour leur précieuse collaboration dans ce travail.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BEASLEY Christopher (1982), « Effects of a jogging program on cardiovascular fitness and work performance of mentally retarded adults », *American Journal of Mental Deficiency*, vol. 86, n° 6, mai, pp. 609-613.

BORG Gunnar (1970), « Perceived exertion as an indicator of somatic stress », *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 2, n° 18, juin, pp. 92-98.

COOPER Kenneth (1968), *Aerobics*, Philadelphie, Elsevier.

CROCE Ronald, PITETTI Kenneth, HORVAT Mickael *et al.* (1966), « Peak Torque, average power, and hamstring/quadriceps ratios in nondisabled adults and adults with mental retardation », *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 77, n° 4, juin, pp. 369-372.

FERNHAL Bo *et al.* (1998), « Validation of cardiovascular fitness field tests in children with mental retardation », *American Journal of Mental Deficiency*, vol. 102, n° 6, novembre, pp. 602-612.

FFSA (Fédération française de sports adaptés) (2013), *Règlements Sportifs VTT*.

GROSLAMBERT Alain *et al.* (2001), « Validation of a rating scale of perceived exertion in young children », *International Journal of Sport Medicine*, vol. 22, n° 2, mai, pp. 116-119.

LAMPERT Éliane (1998), « Erreurs à ne pas commettre lors de la réalisation d'un exercice de détermination de la VO₂max », *Sport Science*, vol. 13, n° 4, juillet, pp. 193-201.

MISES Roger (2012), *Classification française des troubles mentaux de l'enfant et de l'adolescent R-2012. Correspondances et transcodage CIM 10*, Rennes, Presse de l'École des Hautes Études en Santé publique.

MUGNY Gabriel, BUTERA Fabrizio, QUIAMZADE Alain *et al.* (2003), « Comparaisons sociales des compétences et dynamique d'influence sociale dans les tâches d'aptitudes », *Année psychologique*, vol. 103, n° 3, mars, pp. 469-496.

NAKAGAWA Akiko et TOSHIHIRO Ishiko (1970), « Assessment of aerobic capacity with special reference to sex and age of junior and senior high students in Japan », *The Japanese Journal of Physiology*, vol. 20, n° 29, septembre, pp. 118-129.

NINOT Grégory, BARBIN Jean-Marc et BILARD Jean (2001), « Pratiques sportives et évolution du sentiment de compétence d'élèves placés en établissement spécialisé », *Revue francophone de la Déficience intellectuelle*, vol. 12, n° 2, décembre, pp. 121-132.

POTETTI Kenneth, CLIMSTEIN Mike, CAMPBELL Katheryn *et al.* (1992), « The cardiovascular capacities of adults with down syndrome », *Medicine and Science in Sport and Exercise*, vol. 24, n° 1, janvier, pp. 13-19.

POTETTI Kenneth et FERNHALL Bo (1997), « Aerobic capacity as related to leg strength », *Pediatric Exercise Science*, vol. 9, n° 3, mars, pp. 223-236.

Perception de l'effort..., Séminaire C3S axe 3 (2014)

QUIAMZADE Alain (2002), *Influence sociale et élaboration du conflit dans les tâches d'aptitudes : le conflit d'incompétences*, Thèse de doctorat, Université de Genève.

ROGER Eston et PARFITT Gaynor (2007), *Paediatric Exercise Physiology Perceived Exertion*, Philadelphia, Elsevier.

RINTALA Pauli, MAC CUBBIN Jeffrey et DUNN John (1995), « Familiarization process in cardiorespiratory fitness testing for persons with mental retardation », *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, vol. 6, n° 1, janvier, pp. 15-27.

VAN DE VLIET Pierre *et al.* (2006), « Physical fitness profile of elite athletes with intellectual disability », *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, vol. 16, n° 6, décembre, pp. 417-425.

WICKLUND Robert et BREHM Jack (1968), « Attitude change as a function of felt competence and threat to attitudinal freedom », *Journal of Experimental Social Psychology*, vol. 4, n° 1, janvier, pp. 62-75.