

UNIVERSITE DE LIMOGES
Faculté de Médecine

ANNEE 1991

THESE N° 140

**Bilan partiel d'une consultation
avec épreuve fonctionnelle courte
et de faible intensité chez une population
de sujets âgés affiliés à la Fédération Régionale
de la Retraite Sportive en Limousin**

T H E S E

POUR LE

**DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE**

présentée et soutenue publiquement le 21 Juin 1991

par

Thierry MARCHANDON

né le 10 février 1961 à Limoges

EXAMINATEURS de la THESE

Monsieur le Professeur CHASSAIN	PRESIDENT
Monsieur le Professeur BOUQUIER	JUGE
Monsieur le Professeur GERMOUTY	JUGE
Monsieur le Professeur PIVA	JUGE

U N I V E R S I T E D E L I M O G E S

F A C U L T E D E M E D E C I N E

- DOYEN DE LA FACULTE : Monsieur le Professeur BONNAUD
- ASSEESSEURS : Monsieur le Professeur PIVA
Monsieur le Professeur COLOMBEAU

PERSONNEL ENSEIGNANT

. PROFESSEURS DES UNIVERSITES

ADENIS Jean-Paul	Ophtalmologie
ALAIN Luc	Chirurgie infantile
ARCHAMBEAUD Françoise	Médecine interne
ARNAUD Jean-Paul	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BARTHE Dominique	Histologie, Embryologie
BAUDET Jean	Clinique obstétricale et Gynécologie
BENSAID Julien	Clinique médicale cardiologique
BONNAUD François	Pneumo-Phtisiologie
BONNETBLANC Jean-Marie	Dermatologie
BORDESSOULE Dominique	Hématologie et Transfusion
BOULESTEIX Jean	Pédiatrie
BOQUIER Jean-José	Clinique de Pédiatrie
BRETON Jean-Christian	Biochimie
CAIX Michel	Anatomie
CATANZANO Gilbert	Anatomie pathologique
CHASSAIN Albert	Physiologie
CHRISTIDES Constantin	Chirurgie thoracique et cardiaque
COLOMBEAU Pierre	Urologie
CUBERTAFOND Pierre	Clinique de chirurgie digestive
de LUMLEY WOODYEAR Lionel	Pédiatrie
DENIS François	Bactériologie - Virologie
DESCOTTES Bernard	Anatomie
DESPROGES-GOTTERON Robert	Clinique thérapeutique et rhumatologique
DUDOGNON Pierre	Rééducation fonctionnelle
DUMAS Michel	Neurologie
DUMAS Jean-Philippe	Urologie
DUMONT Daniel	Médecine du Travail
DUPUY Jean-Paul	Radiologie
FEISS Pierre	Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale
GAINANT Alain	Chirurgie digestive
GAROUX Roger	Pédopsychiatrie
GASTINNE Hervé	Réanimation médicale
GAY Roger	Réanimation médicale

GERMOUTY Jean	Pathologie médicale et respiratoire
GUERET Pascal	Cardiologie et Maladies vasculaires
HUGON Jacques	Histologie-Embryologie-Cytogénétique
LABADIE Michel	Biochimie
LABROUSSE Claude	Rééducation fonctionnelle
LASKAR Marc	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
LAUBIE Bernard	Endocrinologie et Maladies métaboliques
LEGER Jean-Marie	Psychiatrie d'Adultes
LEROUX-ROBERT Claude	Néphrologie
LIOZON Frédéric	Clinique Médicale A
LOUBET René	Anatomie pathologique
MALINVAUD Gilbert	Hématologie
MENIER Robert	Physiologie
MERLE Louis	Pharmacologie
MOREAU Jean-Jacques	Neurochirurgie
MOULIES Dominique	Chirurgie infantile
NICOT Georges	Pharmacologie
OLIVIER Jean-Pierre	Radiothérapie et Cancérologie
OUTREQUIN Gérard	Anatomie
PECOUT Claude	Chirurgie orthopédique et traumatologique
PESTRE-ALEXANDRE Madeleine	Parasitologie
PILLEGAND Bernard	Hépatologie-Gastrologie-Entérologie
PIVA Claude	Médecine légale
RAVON Robert	Neurochirurgie
RIGAUD Michel	Biochimie
ROUSSEAU Jacques	Radiologie
SAUVAGE Jean-Pierre	Oto-Rhino-Laryngologie
TABASTE Jean-Louis	Gynécologie - Obstétrique
TREVES Richard	Thérapeutique
VALLAT Jean-Michel	Neurologie
VANDROUX Jean-Claude	Biophysique
WEINBRECK Pierre	Maladies infectieuses

SECRETAIRE GENERAL DE LA FACULTE - CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS

CELS René

Je dédie cette thèse à Nadia...

A David,

A mes parents, qu'ils trouvent ici le témoignage de ma reconnaissance,

A Stéphane et Isabelle,

A Fabienne, merci pour ton aide,

A mes grands-parents,

A mes beaux-parents, merci de m'avoir accueilli,

A Rim, A Slim.

A notre Président de Thèse,
Monsieur le Professeur CHASSAIN, Chef de Service de
Physiologie et Explorations Fonctionnelles.

Nous vous remercions de nous avoir confié le sujet
de cette thèse.

Malgré vos nombreuses occupations, vous nous avez
toujours accueilli avec une grande gentillesse et une
disponibilité sans égale.

Nous vous remercions de votre collaboration précieuse
et dévouée.

Veillez trouver ici l'expression de notre profond
respect.

A nos juges,

Monsieur le Professeur BOUQUIER, Chef de Service de
Pédiatrie II

Monsieur le Professeur GERMOUTY, Chef de Service de
Pathologie Médicale et Respiratoire,

Monsieur le Professeur PIVA, Chef de Service des Urgences
et de Toxicologie Clinique.

Nous vous remercions d'avoir bien voulu vous intéresser
à ce travail et d'avoir accepté de siéger dans ce jury.
Veuillez trouver ici l'expression de notre profond
respect.

Nous remercions également ceux qui nous ont aidé dans la réalisation de ce travail, et tout particulièrement

Madame le Docteur LABROUSSE,
Monsieur le Docteur BLANC,
Monsieur Michel VALADE,
et tout le personnel du Laboratoire de Physiologie
Médicale et du Centre Régional de Médecine du Sport.

P L A N

INTRODUCTION

1 - GENERALITES

2 - NOTION DE VIEILLISSEMENT

2-1- Niveau cellulaire

2-2- Niveau tissulaire

2-3- Niveau organique

2-3-1 Modifications morphologiques et anatomiques

2-3-2 Modifications respiratoires essentielles

2-3-3 Modifications cardio-vasculaires

2-3-4 Modifications neuro-musculaires

2-3-5 Modifications des métabolismes

2-3-5-1 Source anaérobie alactique

2-3-5-2 Source anaérobie lactique

2-3-5-3 Source aérobie

3 - INTERET DES ACTIVITES PHYSIQUES CHEZ LE SUJET AGE

3-1- Préservation du "bien être" psychologique

3-2- Lutte contre le vieillissement

3-2-1 Niveau ostéo-articulaire

3-2-2 Niveau cardio-vasculaire

3-2-3 Niveau du système respiratoire

3-2-4 Niveau neuro-musculaire

3-2-5 Niveau métabolique

3-2-5-1 Métabolisme anaérobie

3-2-5-2 Métabolisme aérobie

3-2-6 Principe de réversibilité

4 - RISQUES ET PRATIQUE SPORTIVE DU 3ème AGE

4-1- Risques en fonction du système

4-1-1 Système ostéo-articulaire

4-1-2 Système cardio-vasculaire

4-2- Risques en fonction des antécédents sportifs

4-2-1 Les "sportifs de toujours"

4-2-2 Les "anciens sportifs"

4-2-3 Les "néophytes"

5 - SURVEILLANCE MEDICALE DU SPORTIF DU 3ème AGE

5-1- Examen clinique

5-1-1 Interrogatoire

5-1-2 Examen proprement dit

5-1-2-1 Examen de l'appareil cardio-vasculaire

5-1-2-2 Examen de l'appareil respiratoire

5-1-2-3 Examen de l'appareil locomoteur

5-1-2-4 Examen neurologique

5-1-2-5 Le reste de l'examen

5-2- Examens biologiques

5-2-1 Bilan à pratiquer chez le sportif âgé

5-2-1-1 Dans le sang

5-2-1-2 Dans les urines

5-2-2 Les observations

5-2-2-1 Signes biologiques de l'effort

5-2-2-1-1 Dans le sang

5-2-2-1-2 Dans les urines

5-2-2-1-3 Sueur

5-2-2-2 Signes biologiques de la fatigue

5-2-2-2-1 Dans le sang

5-2-2-2-2 Dans les urines

5-3- Tests médico-sportifs

5-3-1 Les épreuves d'aptitude courtes (sans signification
énergétique)

5-3-1-1 Le test de Ruffier

5-3-1-2 Le Step test

5-3-1-3 Les limites de ces tests

5-3-2 Les explorations fonctionnelles

5-3-2-1 Mesure directe de la consommation
maximale d'oxygène

5-3-2-2 Mesure indirecte

6 - MATERIEL ET METHODES

6-1- Les sujets

6-1-1 Présentation de la population étudiée

6-1-2 Pathologies associées

6-1-3 Choix de la bicyclette ergométrique

6-2- Description du test

6-3- Observations

6-4- Traitement des observations

6-4-1 Appréciation des réactions cardio-vasculaires à
l'effort

6-4-1-1 Détermination indirecte de WFMT

6-4-1-2 Appréciation de la récupération

6-4-2 Appréciation bio-énergétique de l'effort fourni au
cours du test proposé

6-4-2-1 Estimation du coût énergétique de l'exercice
en fonction de la puissance

6-4-2-2 Validité des expressions représentatives de
 $C_n = f(W)$

6-4-2-3 Estimation indirecte des dépenses énergétiques
au cours du test proposé

6-4-2-3-1 Valeurs absolues

6-4-2-3-2 Valeurs relatives

7 - RESULTATS

7-1- Réactions cardio-vasculaires

7-2- Estimation bio-énergétique

8 - DISCUSSION ET CONCLUSION

introduction

Le nombre croissant de personnes âgées désirant pratiquer une activité physique incite à la recherche d'une exploration pratique de leur adaptation fonctionnelle à l'exercice musculaire.

Nous verrons que les épreuves d'effort maximal ne semblent pas souhaitables à cet âge en tant que test d'aptitude physique.

D'autre part, les épreuves classiques d'aptitude sont souvent mal adaptées aux personnes âgées.

La recherche d'un "petit" test médico-sportif d'aptitude paraît donc intéressante.

Le test proposé, réalisé après examen clinique et électrocardiogramme de repos, est une épreuve d'effort sous maximale courte, sur bicyclette ergométrique.

Dans un premier temps, il a fait l'objet d'une estimation clinique simple à partir des réactions cardio-vasculaires observées.

Un essai d'appréciation de l'effort fourni au cours de ce test a été ensuite effectué, en vue de situer la dépense énergétique qu'il entraîne en valeur absolue et en valeur relative par rapport aux dépenses maximales aérobies caractéristiques des sujets.

1 - généralités

Actuellement, la France compte 9,7 millions de personnes âgées de 60 ans et plus, dont 5,9 millions de femmes et 3,8 millions d'hommes.

En l'an 2000, on prévoit un milliard de personnes de plus de 60 ans sur l'ensemble de notre planète.

La notion de 3ème âge est une donnée récente et définie de façon arbitraire à 60 ans en Médecine du Sport. Pourquoi 60 ans ? C'est parce qu'on admet qu'à cet âge les critères de vieillissement sont devenus évidents quel que soit l'individu (20).

La fin du travail n'est plus synonyme aujourd'hui de "fin de vie". La prolongation de la durée de la vie a tout naturellement entraîné une augmentation de la période active des individus, qu'ils soient sportifs ou non. La retraite ne peut plus se limiter à quelques années de repos en marge de la vie des actifs. Les nouveaux retraités assistent à de nouvelles formes d'insertion sociale pour les 20 ou 30 années qui s'ouvrent devant eux. Ils veulent demeurer des actifs à part entière. De ce fait, il existe une revalorisation des activités librement choisies de la vie associative, du volontariat, du bénévolat.

Cette évolution résulte de plusieurs facteurs :

- comme nous l'avons déjà cité, l'allongement de l'espérance de vie (la longévité moyenne à la naissance en 1900 était de 45 ans, elle est aujourd'hui de 73 ans.

- la mise en place de nouveaux dispositifs sociaux qui garantissent aux retraités des ressources décentes.

- l'abaissement de l'âge de la retraite.

- le sentiment vis à vis du travail a changé. Les sujets ne voient plus en lui une valeur sacrée comme autrefois. Le recul de la valorisation du travail après 60 ans est une tendance dominante de notre société. On le remarque bien dans les associations de retraités où les sujets ne sont plus jugés par rapport à une profession antérieure mais par rapport à leur activité présente.

- enfin, la retraite elle-même n'est plus considérée comme une fin mais plutôt comme un changement d'état. La quête du temps libre n'a cessé de croître et ce temps libre, conquis sur le travail, doit être employé à la recherche d'un mieux être par des activités de loisir.

L'activité physique est un bon moyen de combler ce temps libéré. Son but, loin de l'idée de record, est plutôt psychologique dans le sens d'une revalorisation personnelle, mais aussi social, du fait de la participation à un groupe et donc de la lutte contre l'isolement, et enfin médical : conservation de la santé (nous verrons plus loin ce que l'on peut attendre des activités physiques au niveau physiologique).

C'est au début des années 60 que l'intérêt du sport à la retraite a été évoqué (septembre 61, Colloque à l'U.N.E.S.C.O., "Contribution à l'étude du 3ème âge sportif"). Mais c'est surtout à partir des années 70 que les médecins du sport, les kinésithérapeutes et les enseignants d'éducation physique ont montré l'intérêt de l'exercice d'entretien auprès des sujets âgés.

C'est au cours des Journées de Grenoble en novembre 71 que les premiers résultats scientifiques ont été publiés.

Ainsi, depuis 73, on assiste à une multiplication des clubs et groupes d'activités du 3ème âge puisqu'en 80 on évaluait ceux-ci à plus de 30 000 en France.

Aujourd'hui, les retraités qui pratiquent régulièrement une activité physique représentent 10 % des retraités en général, soit à peu près un million de personnes (14) (35).

2 - notion de vieillissement

L'âge chronologique est un repère évidemment commode pour situer le degré de vieillissement (et d'ailleurs nous l'avons retenu pour fixer à 60 ans le début du 3ème âge), mais chacun sait que les individus vieillissent différemment les uns par rapport aux autres, d'autant que pour un même sujet les différents organes ne vieillissent pas à la même vitesse.

Aucune hypothèse n'est actuellement totalement satisfaisante pour expliquer l'ensemble des mécanismes du vieillissement. Mais si l'origine est difficile à déterminer, les résultats sont par contre aisément observables (figure 1).

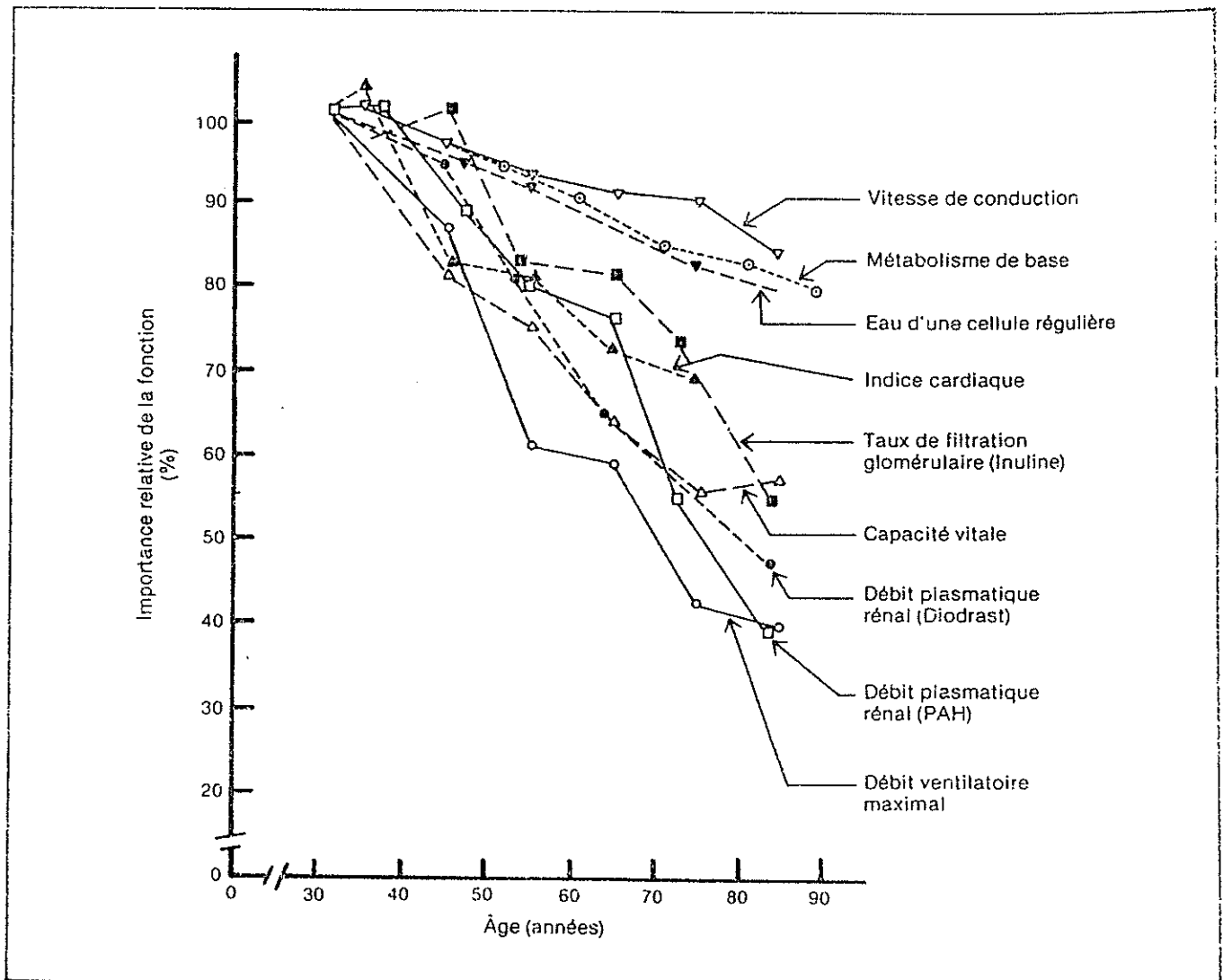


Figure 1 : Déclin de diverses valeurs de capacités fonctionnelles chez l'humain.

Le vieillissement se situe à 3 niveaux :

2 - 1 - NIVEAU CELLULAIRE

Les cellules renouvelables perdent petit à petit leur capacité de division à mesure qu'on avance en âge. Ce phénomène est évident à la peau (diminution du pli cutané) et observé au niveau des muqueuses (estomac, intestin, tube digestif dans son ensemble), au niveau glandulaire (diminution des sécrétions) et sanguin (diminution de la production des cellules).

Les cellules non renouvelables, musculaires et nerveuses, sont détruites petit à petit de façon définitive. Elles sont remplacées par l'hypertrophie des cellules voisines, à condition qu'on les sollicite.

Le vieillissement cellulaire pourrait être expliqué par un phénomène d'intoxication à l'intérieur même de la cellule, et par des erreurs au niveau moléculaire du code génétique. Notre cycle vital semble être programmé dans le noyau des cellules et est fonction de l'hérédité.

2 - 2 - NIVEAU TISSULAIRE

Les parenchymes fonctionnels régressent petit à petit et sont envahis par du tissu conjonctif et un tissu de sclérose.

2 - 3 - NIVEAU ORGANIQUE

Le vieillissement est différent et plus ou moins rapide suivant les organes ou les grandes fonctions :

2 - 3 - 1 - MODIFICATIONS MORPHOLOGIQUES ET ANATOMIQUES

- diminution de la taille par involution des disques intervertébraux mais aussi par tassement vertébral dû à un processus d'ostéose décalcifiante, cette diminution atteint 3 à 4 cm à 70 ans.

- de même, on note une diminution de la largeur des épaules, de la profondeur du thorax et alors que la boîte crânienne est inchangée, le poids du cerveau passe de 1400 g à 25 ans à 1180 g à 85 ans.

- diminution de l'amplitude et de la souplesse articulaires par usure des cartilages responsable de l'apparition d'arthrose, rétraction et perte de l'élasticité des ligaments mais aussi mauvais fonctionnement des bourses articulaires.

- développement d'une ostéoporose qui est un des problèmes majeurs du vieillissement. Celle-ci résulte d'une perte de masse osseuse, d'un accroissement de la porosité des os et d'une diminution d'épaisseur du cortex osseux. Tout ceci, associé à une diminution des possibilités de fixation du calcium (ostéomalacie) entraîne une fragilité importante (12) (41).

- augmentation du pourcentage de masse grasse. En Occident, l'adulte moyen prend 0,2 à 0,8 kg de graisse par an jusqu'à sa sixième décennie. La figure 2 montre clairement cette tendance (39).

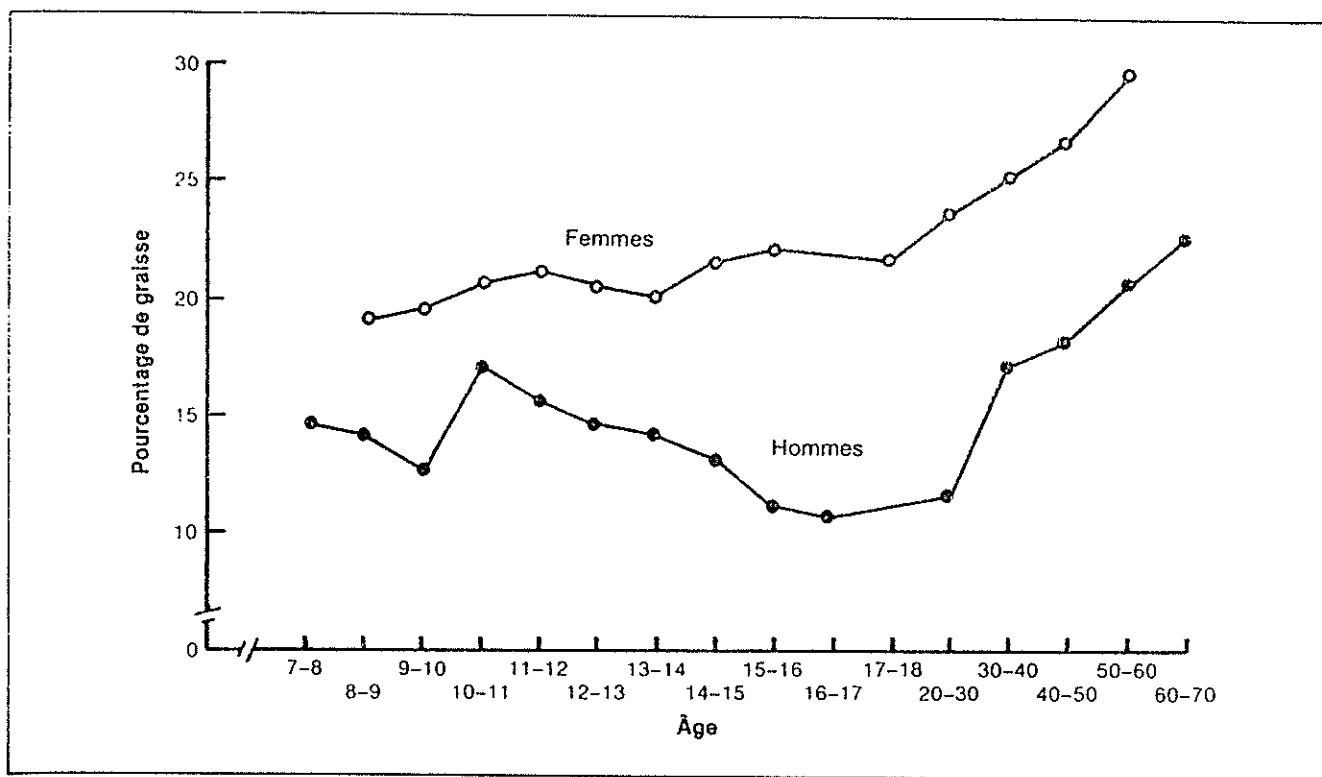


Figure 2 : Pourcentage de graisse et âge.

2 - 3 - 2 - MODIFICATIONS RESPIRATOIRES ESSENTIELLES

- diminution progressive de la capacité vitale (perte de 25 % entre 25 ans et 70 ans). Ceci s'explique par l'augmentation de la rigidité de la cage thoracique associée à une perte de l'élasticité broncho-pulmonaire.

- diminution des débits expiratoires et du transfert alvéolo-capillaire de l'oxygène qui entraîne une plus mauvaise oxygénation artérielle (figure 1).

- enfin, diminution de la réponse ventilatoire à l'hypoxie et à l'hypercapnie (16).

2 - 3 - 3 - MODIFICATIONS CARDIO-VASCULAIRES

- si le poids du coeur, contrairement à celui des autres muscles, reste à peu près inchangé tout au long de la vie, les valvules deviennent plus rigides, leur coaptation est moins parfaite et l'endocarde s'épaissit.

- le point le plus important est la réduction de la fréquence cardiaque maximale qui passe de près de 200 à 20 ans à 160 vers 60 ans ; ceci serait dû en grande partie à la moindre réponse aux stimulations des récepteurs bêta adrénergiques cardiaques.

- on note également des variations du volume télédiastolique et du volume d'éjection systolique.

- toutes ces modifications font que le débit cardiaque régresse régulièrement à partir de 20 ans (figure 1). Ceci entraîne un déficit de la circulation périphérique, surtout aux membres inférieurs, et un ralentissement de l'irrigation cérébrale, d'autant que parallèlement évolue la sclérose des parois vasculaires avec, de plus, accumulation de dépôts de cholestérol (21) (43).

2 - 3 - 4 - MODIFICATIONS NEURO-MUSCULAIRES

- le vieillissement entraîne une diminution du diamètre des fibres musculaires ainsi qu'une diminution du nombre total de fibres ; il n'y aurait pas de changement par contre quant à la quantité relative des différents types de fibres musculaires. La diminution de la force musculaire atteindrait 20 % à 65 ans (10).

- mais plus que l'atteinte musculaire elle-même, c'est le vieillissement du système nerveux qui altérerait les fonctions motrices (réduction

de 37 % du nombre d'axones médullaires et diminution de 10 % de la vitesse de conduction). Il reste en effet facile au sujet âgé de contracter, même avec vigueur, un groupe de muscles donnés, tels que ceux de l'épaule et du bras, et il semble qu'il soit parfaitement apte à effectuer des activités physiques demandant un effort même assez considérable ; en revanche, il est devenu plus difficile d'exercer des mouvements d'ensemble impliquant la coordination de vastes territoires musculaires (29).

2 - 3 - 5 - MODIFICATIONS DES METABOLISMES (37)

La figure 3 montre les différents systèmes énergétiques et leur contribution relative au cours d'exercices maximaux en fonction de leur durée.

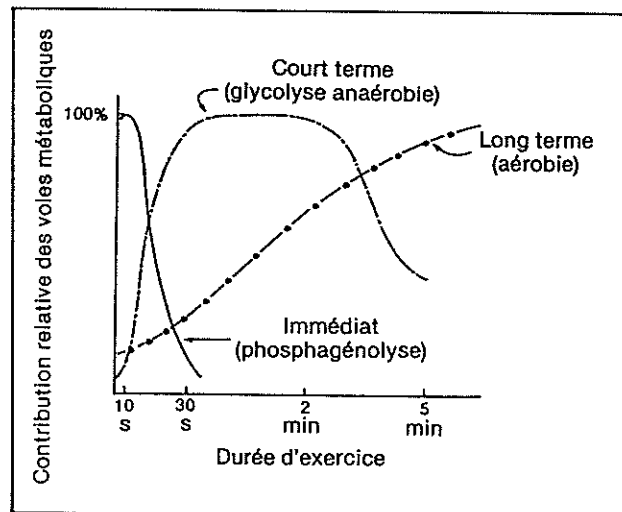


Figure 3.

2-3-5-1- Source anaérobie alactique :

La contraction musculaire est liée à la décomposition de l'adénosine triphosphate (ATP) en adénosine diphosphate (ADP). La réserve d'ATP est faible, environ $5 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ de muscle frais.

Il existe également une réserve de phosphocréatine (PC) qui s'élève à $15-20 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ de muscle frais ; cette phosphocréatine peut reformer de l'ATP à partir de l'ADP.

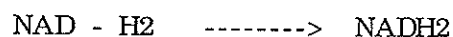
La réserve d'ATP-PC constitue une source d'énergie immédiatement disponible dès le début de l'exercice. Elle ne nécessite pas la présence d'oxygène et ne s'accompagne pas de formation d'acide lactique, mais elle est faible et ne permet la poursuite d'un exercice même peu intense que pendant quelques instants. L'épreuve de détente verticale, couramment utilisée pour apprécier cette source énergétique, montre une diminution de la force d'appui avec l'âge.

2-3-5-2- Source anaérobie lactique :

La glycolyse anaérobie met en jeu la dégradation du glycogène en acide lactique.

Dès le début de l'exercice, celle-ci est favorisée par la présence de catabolites (ADP, AMP) qui activent des enzymes. La dégradation du glycogène jusqu'à l'acide pyruvique s'accompagne de la synthèse de 3 molécules d'ATP (par molécule de glycogène).

Le fonctionnement de la glycolyse exige la présence d'un accepteur d'hydrogène : la nicotine adénine-dinucléotide (NAD)



La poursuite de la glycolyse implique la régénération de NAD à partir de NADH₂ formé. En l'absence d'oxygène, cette régénération s'effectue par un transfert d'hydrogène du NADH₂ à l'acide pyruvique avec formation d'acide lactique.

La glycolyse anaérobie aboutit, en conséquence, à l'accumulation progressive d'acide lactique qui provoque une baisse du pH musculaire et sanguin.

La quantité totale d'énergie disponible à partir de la source lactique est grossièrement proportionnelle à la concentration maximale de lactates tolérée par l'organisme. Cette valeur diminue en fonction de l'âge.

2-3-5-3- Source aérobie (5) (6) (17) :

Les oxydations cellulaires de substrats oxydables représentent le système le plus important de production d'ATP.

La dégradation du glycogène se poursuit après le stade de l'acide pyruvique par une décarboxylation et passage dans le cycle de Krebs. La régénération du NAD s'effectue par une oxydation de l'hydrogène du NADH₂ par l'intermédiaire de la chaîne respiratoire. Le bilan énergétique de l'oxydation des glucides est nettement plus favorable que celui de la glycolyse anaérobie : 39 molécules d'ATP créées par molécule de glycogène au lieu de 3.

La dégradation de lipides conduit à des acides gras libres qui pénètrent dans les mitochondries par un mécanisme de transport actif et entrent dans le cycle de Krebs. Le rendement de l'oxydation des lipides est élevé : 45 molécules d'ATP pour les acides gras à 6 atomes de carbone.

La diminution du métabolisme aérobie a la plus grave conséquence car c'est cette voie énergétique qui intervient le plus dans la vie quotidienne.

On estime que dès la deuxième décennie, la consommation maximale d'oxygène (VO₂ Max), qui apprécie l'importance du processus aérobie, diminue en moyenne de 10 % tous les 10 ans (figure 4).

Certaines invalidités seraient dues à une diminution du métabolisme aérobie en deça d'un certain seuil.

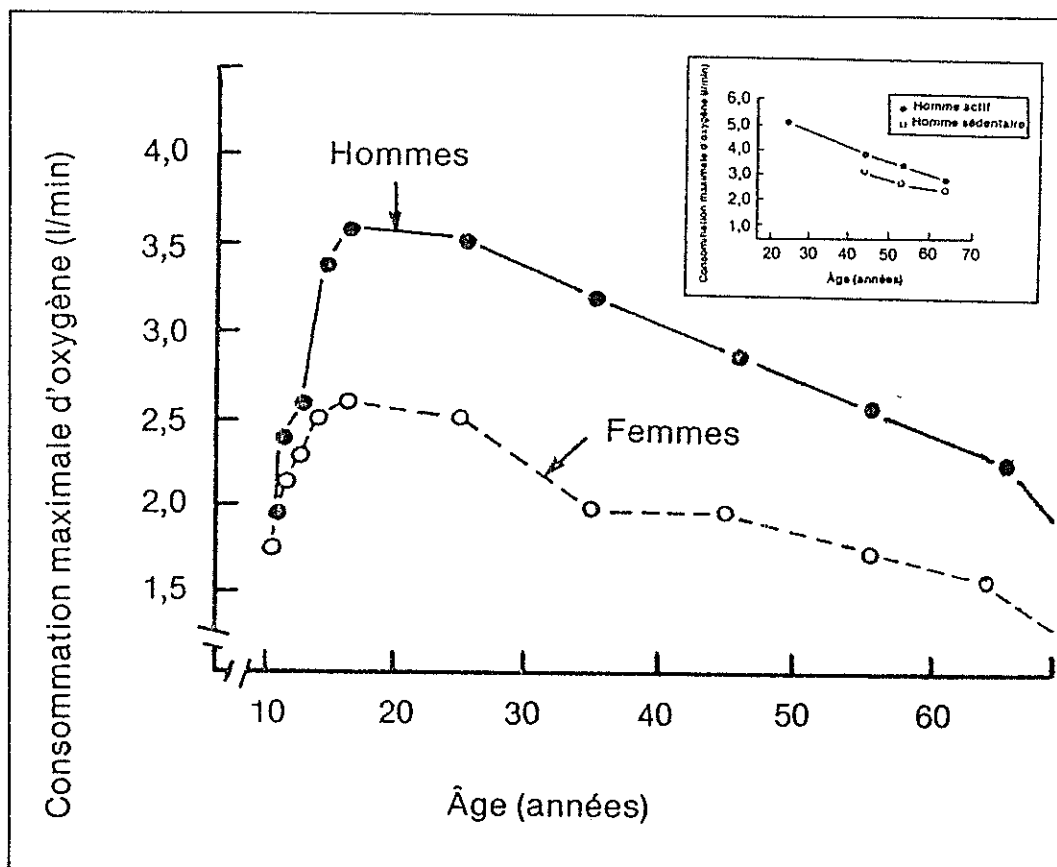


Figure 4 : Consommation maximale d'oxygène en fonction de l'âge et du niveau d'activité physique chez les hommes et chez les femmes.

3 - intérêt des activités sportives chez le sujet âgé.

3 - 1 - PRESERVATION DU BIEN-ETRE PSYCHOLOGIQUE

C'est sûrement là le fait essentiel à souligner. L'isolement relatif des personnes âgées, leur absence fréquente de motivation peuvent être transformés par l'appartenance à un club.

Les activités physiques ou sportives apportent une prise de conscience corporelle, le plaisir de se mouvoir, de s'exprimer, de vivre avec son corps et de l'accepter tel qu'il est.

L'encadrement technique s'efforcera de promouvoir la recherche de ce plaisir de bouger.

Outre cet aspect, presque ludique, le maintien (ou le retour) d'une certaine autonomie est un objectif à atteindre : un corps que l'on ne tasse plus dans un fauteuil va exprimer des besoins et pouvoir les assouvir. La personne âgée "active" reprend confiance, se revalorise et peut prétendre à une vie à part entière.

Cette indépendance retrouvée, cette individualisation socialisent à nouveau ces sujets et permettent de lutter contre leur isolement par l'établissement de contacts avec d'autres sportifs (4).

3 - 2 - LUTTE CONTRE LE VIEILLISSEMENT

C'est le second intérêt du sport au 3ème âge et cela consiste globalement à entretenir au mieux chacun des organes considérés pour préserver son espace moteur.

3 - 2 - 1 - NIVEAU OSTEO-ARTICULAIRE

La lutte contre l'ostéoporose passe par la mise en charge des segments de membres et donc par une activité physique régulière. Limiter les atteintes secondaires à cette maladie c'est présenter un moins grand risque de fracture lors des chutes (col du fémur), et éviter les tassements vertébraux. L'amélioration de la fixation du calcium au niveau des os peut être évoquée (pratique en extérieur pour augmenter la synthèse de la vitamine D).

L'usure des cartilages n'est pas réversible mais la vitesse de destruction peut être freinée par une utilisation physiologique du cartilage, c'est à dire avec une charge corporelle équilibrée (lutte contre le surpoids) et une pratique gestuelle harmonieuse. Ce type de prévention favorisera la perméabilité du cartilage et préservera son élasticité.

La mobilité de l'articulation dépend de la qualité des surfaces articulaires mais aussi des moyens d'union. La lutte contre l'enraidissement passe par la mobilisation répétée et ample des capsules fibreuses péri-articulaires et par la mise en tension des ligaments. Le travail en souplesse est une priorité (12) (15) (41).

3 - 2 - 2 - NIVEAU CARDIO-VASCULAIRE

Comme les autres organes, le coeur ne doit pas cesser d'être stimulé pour conserver son potentiel d'efficacité. Les exercices physiques pratiqués

régulièrement en fonction de son entraînement et de ses limites sont un excellent moyen de lutte contre les maladies du myocarde. Ces exercices, même pratiqués à fréquence cardiaque moyenne (120/min) et sans essoufflement, améliorent la dynamique cardiaque et ses possibilités d'irrigation (4).

A partir d'un certain niveau d'entraînement, et à long terme, la masse et le volume du coeur augmentent. Cette hypertrophie cardiaque constitue une adaptation normale, caractérisée par une augmentation du volume de la cavité du ventricule gauche et un épaississement de ses parois (38).

Le volume plasmatique et la quantité d'hémoglobine tendent à s'élever avec un entraînement en endurance, ce qui peut améliorer la dynamique circulatoire (26).

La fréquence cardiaque au repos et au cours d'un exercice submaximal diminue durant un programme d'entraînement aérobic. Ceci est particulièrement vrai pour des individus préalablement sédentaires.

L'entraînement réduit les pressions systoliques et diastoliques au repos et au cours d'un exercice submaximal. C'est la pression systolique qui s'abaisse le plus, particulièrement chez les hypertendus.

La plus importante modification du système cardio-vasculaire est l'augmentation du débit cardiaque maximal. Comme la fréquence cardiaque maximale peut même diminuer légèrement, l'augmentation du débit cardiaque avec l'entraînement résulte directement de l'amélioration du volume d'éjection systolique (2) (3).

Enfin, à partir d'un certain niveau d'entraînement, on note une augmentation de la quantité de cholestérol HDL, une diminution du LDL et une amélioration du métabolisme intermédiaire (glycémie, acide urique, normalisation des triglycérides). Tout ceci freine le développement des plaques d'athérome et donc le vieillissement artériel. De plus, la plus faible consommation tabagique des personnes du 3ème âge pratiquant une activité physique concourt à diminuer le risque d'artérite (41).

3 - 2 - 3 - NIVEAU DU SYSTEME RESPIRATOIRE

La stimulation du système respiratoire permet de retrouver des amplitudes respiratoires correctes, de reperméabiliser des segments bronchiques peu utilisés (bases) et aussi de lutter contre l'hypoxémie d'effort.

Un plus important débit ventilatoire maximal est réalisé grâce à l'augmentation du volume courant et de la fréquence respiratoire. Au cours d'un exercice submaximal cependant, un individu entraîné présente un débit ventilatoire inférieur à celui qu'il avait au début de l'entraînement.

Cette adaptation serait bénéfique au cours d'un exercice prolongé, car une plus grande économie respiratoire signifie plus d'oxygène pour les muscles actifs.

L'entraînement augmente la différence artério-veineuse d'oxygène ce qui signifie que le coeur distribue mieux le sang aux muscles actifs et que ceux-ci en extraient une plus grande quantité d'oxygène. Chez les individus de

60 ans et plus, l'augmentation de V02 Max au cours d'un programme d'entraînement semble se réaliser beaucoup plus par une augmentation de la différence artério-veineuse maximale d'oxygène que par amélioration du débit cardiaque maximal et du volume d'éjection systolique maximal (22) (33).

3 - 2 - 4 - NIVEAU NEURO-MUSCULAIRE

Il existe des preuves que l'entraînement physique régulier favorise la rétention protéique et, par conséquent, retarde la perte de la force musculaire. De plus, quel que soit l'âge, le système nerveux central est capable d'amélioration. Les résultats en valeur absolue sont moins bons au fur et à mesure du vieillissement mais des stimulations répétitives sont susceptibles d'entretenir le système psychomoteur, voire même de l'améliorer chez les sujets sédentaires découvrant l'activité physique après 60 ans. Dans tous les cas, les individus actifs réalisent des mouvements complexes plus vite que leurs congénères sédentaires (figure 5) (48).

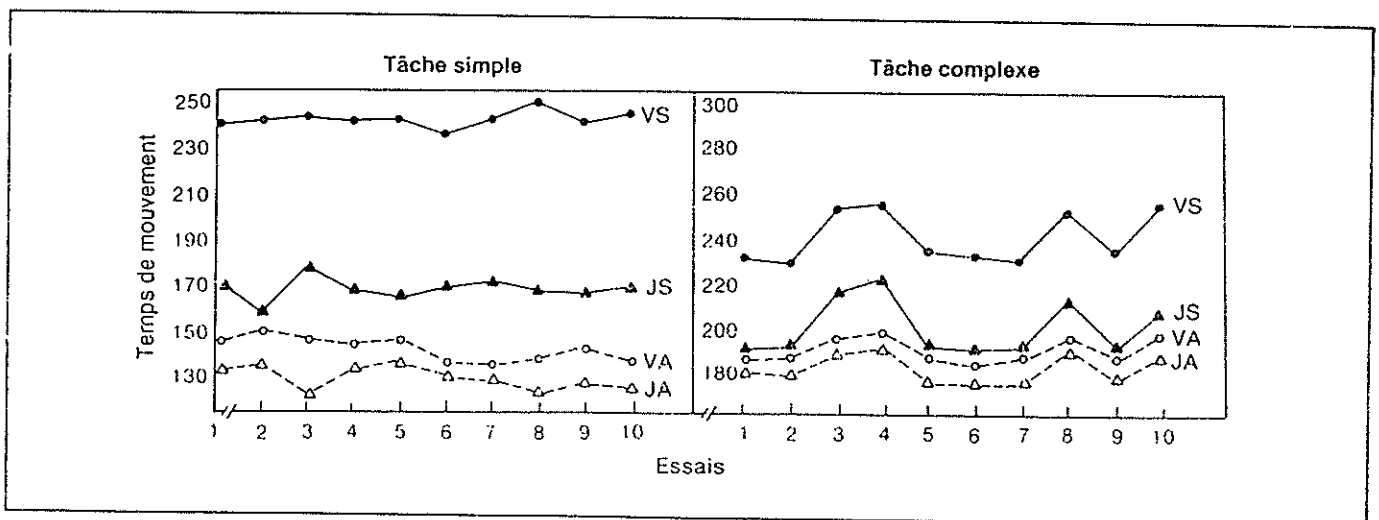


Figure 5 : Temps de mouvement au cours d'une tâche simple et d'une tâche complexe chez les jeunes (J) et les plus vieux (V) individus actifs (A).

Ces observations suggèrent qu'un mode de vie actif peut modifier significativement et positivement la fonction motrice à tout âge. On serait tenté d'avancer que le vieillissement biologique de certaines fonctions neuromusculaires est retardé par une participation régulière à des exercices physiques.

3 - 2 - 5 - NIVEAU METABOLIQUE

3-2-5-1- Métabolisme anaérobie.

Les activités qui sollicitent fortement le métabolisme anaérobie provoquent des adaptations spécifiques dans les systèmes de transfert d'énergie immédiat et à court terme :

- augmentation de la concentration de repos des substrats anaérobies ; comme l'indique le tableau I (32), on observe une augmentation significative de la concentration musculaire au repos d'ATP, de CP, de créatine et de glycogène ; c'est au moyen de biopsies musculaires réalisées avant et après un programme d'entraînement en force que ces résultats ont été établis.

VARIABLE	CONTRÔLE	POSTENTRAÎNEMENT	Δ %
C.P.	17,07	17,94	+ 5,1
Créatine	10,74	14,52	- 35,2
A.T.P.	5,07	5,97	+ 17,8
Glycogène	86,28	113,90	+ 32,0

Tableau I : Augmentation de la concentration de repos de CP de créatine d'ATP et de glycogène après 5 mois d'entraînement à la force.

- augmentation de la concentration et de l'activité d'enzymes clés dans la glycolyse anaérobie ; c'est au niveau des fibres musculaires rapides que l'on remarque les plus importantes modifications de la fonction enzymatique (49).

- augmentation de la capacité maximale de production d'acide lactique, probablement à cause de la plus forte concentration de glycogène et d'enzymes glycolytiques, ainsi qu'à une plus grande tolérance à la "douleur" aux cours d'exercices épuisants.

3-2-5-2- Métabolisme aérobie.

On a vu que c'est cette voie énergétique qui est la plus utilisée dans la vie de tous les jours ; on sait que les sujets entraînés ont une meilleure VO₂ Max que les sujets inactifs d'une même classe d'âge. Sur la figure 6 (37), on voit que, bien que la pente de décroissance de VO₂ Max en fonction de l'âge soit la même pour les actifs que pour les sédentaires, les premiers atteindront évidemment le "seuil invalidant" plus tardivement (figure 6).

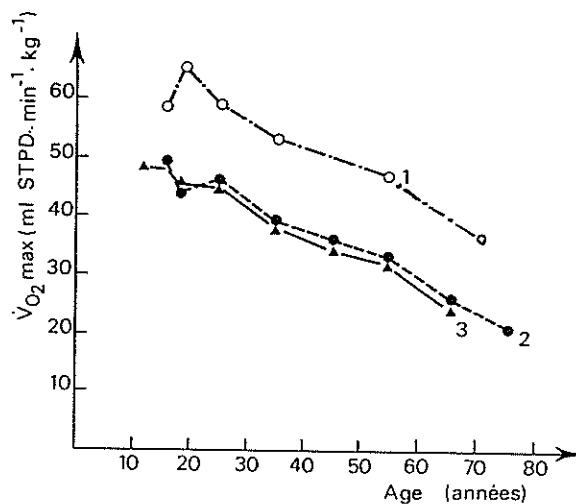


Figure 6 : Consommation maximale d'oxygène et âge.

1 : sujets très entraînés (Astrand, 1952)

2 : sujets sédentaires (Shephard, 1960)

3 : population française (Lacour et Flandrois, 1977)

En fait, un entraînement aérobie améliore une diversité de capacités fonctionnelles liées au système de transport et d'utilisation de l'oxygène. Les adaptations les plus remarquées au cours d'un entraînement aérobie sont les suivantes :

- les mitochondries d'un muscle squelettique entraîné ont une meilleure capacité de production aérobie d'ATP par phosphorylation oxydative (25)

- en même temps que les mitochondries consomment plus d'oxygène, leur taille et leur nombre augmentent et la concentration des enzymes aérobies peut doubler. De façon générale, cette adaptation est indépendante du processus de vieillissement.

- la quantité de myoglobine augmente chez l'animal jusqu'à 80%, ainsi la quantité d'oxygène intra-cellulaire est augmentée (la démonstration de ce phénomène n'est pas encore faite chez l'être humain) (40).

- le muscle entraîné possède une meilleure capacité de mobilisation et d'oxydation des graisses. Cela dépend d'une plus grande irrigation musculaire et d'une activité supérieure des enzymes. Ainsi, à toute intensité d'effort submaximal, un individu entraîné puise plus d'énergie dans ses acides gras libres qu'un individu non entraîné. Cela est très avantageux pour les athlètes d'endurance, car ils peuvent ainsi ménager leurs réserves glucidiques si importantes au cours d'un exercice prolongé (19).

- le muscle entraîné oxyde mieux ses sucres.

- l'entraînement aérobie occasionne des adaptations de chacun des types de fibres musculaires. On admet que la fibre musculaire ne modifie pas fondamentalement son type mais développe son potentiel aérobie (18).

3 - 2 - 6 - PRINCIPE DE REVERSIBILITE

Ces diverses adaptations s'inversent rapidement quand un individu ne fait plus d'exercice. Après seulement deux semaines d'arrêt, on peut observer une diminution significative de la capacité de travail et, en quelques mois seulement, on peut perdre plusieurs des adaptations acquises.

Le tableau II résume les résultats de plusieurs études consacrées aux effets de l'arrêt de l'entraînement sur des variables métaboliques et physiologiques (31).

On ne saurait donc trop conseiller une activité physique régulière tout au long de la vie.

N	SEXE	DURÉE L'ARRÊT (jours)	VARIABLE	PRÉ-ARRÊT	POST-ARRÊT	Δ, %
5	M	20	VO ₂ max, l/min	3,3	2,4	- 27
			Volume d'éjection systolique, ml	116	88	- 24
			Débit cardiaque, l/min	20	14,8	- 26
7	F	84	VO ₂ max, ml/(kg·min)	47,8	40,4	- 15,5
			V _E max, l/min	77,5	69,5	- 10,3
			Pouls d'oxygène, ml/batt	12,7	10,9	- 14,2
17	M	70	Total des battements cardiaques en 3 min	190	237	- 24,7
9	M	35	C.P., mmol/g humide	17,9	13,0	- 27,4
			A.T.P., mmol/g humide	5,97	5,08	- 14,9
			Glycogène, mmol/g humide	113,9	57,4	- 49,6
			Force des extenseurs du coude, N·m	52,6	34,4	- 34,6

Tableau II : Modifications de variables physiologiques et métaboliques consécutives à diverses durées d'arrêt d'entraînement.

4 - risques et pratique sportive du 3ème âge

Les nombreux bienfaits engendrés par la pratique physique au 3ème âge ne doivent pas masquer les risques spécifiques secondaires à l'affaiblissement de l'organisme. L'abord clinique des risques est double : en fonction de l'organe ou du système stimulé, en fonction des antécédents sportifs du sujet.

4 - 1 - RISQUES EN FONCTION DU SYSTEME

4 - 1 - 1 - SYSTEME OSTEO-ARTICULAIRE :

La pratique sportive peut être la source de pathologies dégénératives dont l'arthrose est un exemple caricatural. La répétition de micro-traumatismes use anormalement le système articulaire, ceci étant surtout vérifié pour des activités traumatiques pratiquées à forte intensité et pendant une longue durée. L'ostéoporose contre-indiquera tout exercice présentant un risque important de chute.

La perte de l'élasticité des ligaments et tendons prédispose ces structures aux périostites, tendinites...

Les disques vertébraux plus fragiles que chez le sujet jeune impliquent un plus grand risque de hernie discale. C'est pourquoi "l'échauffement" est primordial et sera d'autant plus long que le sujet sera plus âgé (9).

4 - 1 - 2 - SYSTEME CARDIO-VASCULAIRE

Le coeur étant moins stimuable, les coronaires moins élastiques et moins perméables, les besoins du myocarde en oxygène devront être limités pour éviter l'ischémie locale.

Les risques sont de deux types : rupture de cordage ou de pilier, infarctus du myocarde.

Ainsi, certains sports impliquant de hautes dépenses énergétiques sont à éviter chez le sujet âgé.

4 - 2 - RISQUES EN FONCTION DES ANTECEDENTS SPORTIFS

4 - 2 - 1 - LES "SPORTIFS DE TOUJOURS"

Ayant pratiqué une activité physique depuis l'enfance, ils ne posent pas de véritable problème car ils sont le plus souvent très conscients de la diminution de leurs possibilités et ont adapté leur pratique sportive à leurs moyens.

4 - 2 - 2 - LES "ANCIENS SPORTIFS"

Ceux-ci, après un arrêt de 10, 20 ou 30 ans, veulent reprendre le chemin du stade ou du gymnase et retrouver le plus vite possible leur niveau d'autrefois.

Ils représentent le groupe à risque. En effet, souvent persuadés de détenir le secret de la forme, et non satisfaits d'une pratique forcenée, ils se

comparent aux plus jeunes et essaient de les suivre ; ce sont les plus exposés aux accidents cardiaques ou traumatiques.

4 - 2 - 3 - LES "NEOPHYTES"

Ils découvrent les activités sportives au moment de la retraite et constituent une population à faible risque. Ignorant de leurs possibilités, ils se laissent guider par des cadres techniques. Leurs débuts sont très progressifs, l'avancement jugé sur leurs résultats et leurs capacités.

5 - surveillance médicale du sportif du 3ème âge.

C'est à partir de 60 ans que les risques dus à des efforts inadaptés sont les plus importants.

L'examen médico-sportif est donc toujours un problème difficile à résoudre : ne pas assez explorer le sujet risque de le mettre en danger, trop en faire peut représenter un obstacle à toute activité physique (beaucoup de personnes âgées redoutent en effet les investigations spécialisées souvent longues et astreignantes). Or, nous savons bien que le mouvement est toujours préférable à l'immobilisme (36).

Il paraît donc superflu de pousser à l'extrême les examens si la pratique sportive reste régulière et modérée.

Le médecin traitant devra conseiller certaines activités, travaillera autant que faire se peut en coordination avec l'enseignant d'éducation physique pour indiquer les éventuelles précautions à prendre et être tenu au courant des réactions pathologiques.

Il aura également un rôle dans le domaine hygiéno-diététique, afin de faire respecter certaines règles alimentaires par exemple.

Devant une affection aiguë, il pourra donner une contre-indication temporaire. Enfin, le côté sécurisant du médecin traitant est loin d'être négligeable.

5 - 1 - EXAMEN CLINIQUE

5 - 1 - 1 - INTERROGATOIRE

C'est un des aspects les plus importants de l'examen clinique. Il recherche les antécédents personnels, chirurgicaux et médicaux (en particulier hypertension artérielle, infarctus du myocarde, accident vasculaire cérébral, diabète...), les antécédents sportifs, les modifications de l'état général. Il sera attentif à toute symptomatologie apparaissant à l'effort (douleur thoracique, crampes du mollet, dyspnée).

Il essaiera enfin de déterminer les désirs et objectifs du sujet.

5 - 1 - 2 - EXAMEN PROPREMENT DIT

Son but est de mettre en évidence les anomalies ou déficiences fonctionnelles évidentes ou latentes exposant à un risque accru lors de la pratique sportive. Il comporte avant tout une prise de mensurations (taille, périmètre thoracique et abdominal, poids). Il apprécie la morphologie, l'attitude générale et l'aptitude à se mouvoir. Enfin, il comporte un examen méticuleux, pratiqué appareil par appareil.

5-1-2-1- Examen de l'appareil cardio-vasculaire.

- Il comporte l'auscultation classique du coeur et des artères à la recherche d'un trouble du rythme, d'un souffle ou d'un bruit anormal.

- Il comprend la mesure de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle debout et couché.

- L'électrocardiogramme de repos est également indispensable. L'existence de signes fonctionnels ou de signes physiques cardiologiques devront amener le sujet à consulter en milieu spécialisé pour des examens complémentaires (échocardiographie, Holter, voire épreuve d'effort).

5-1-2-2- Examen de l'appareil respiratoire.

- Il recherche avant tout une éventuelle déformation thoracique.

- Il comporte la mesure de la fréquence respiratoire et bien sûr l'auscultation pulmonaire.

- Enfin, un cliché thoracique peut être demandé.

5-1-2-3- Examen de l'appareil locomoteur.

Il a pour but d'évaluer l'intégrité et d'établir les limites du système ostéo-articulaire.

Il étudie la statique rachidienne, recherche des modifications de courbure (cyphose, lordose...) ou d'alignement des épaules et des crêtes iliaques (scoliose vraie ou attitude scoliotique), mesure la distance doigts-sol et vérifie la musculature paravertébrale et postérieure de la cuisse (ischio jambiers).

Au niveau des articulations périphériques, on apprécie la mobilité, les éventuelles déformations (genu varum...) et les points douloureux.

A noter la vérification possible de la statique de la jambe et du pied pratiquée sur podoscope pour les sports à contrainte podale (courses...).

5-1-2-4- L'examen neurologique.

Il étudie particulièrement les sensibilités, les réflexes ostéotendineux, la force musculaire, le tonus, mais aussi les fonctions sensorielles : appréciation de l'équilibre, de l'acuité visuelle, recherche d'une hypoacousie.

5-1-2-5- Le reste de l'examen.

Il recherche d'éventuelles pathologies :

- une conjonctivite allergique ou une affection oto-rhino-laryngologique pouvant contre-indiquer, au moins temporairement, la natation.
- une hernie limitant les activités qui augmentent la pression abdominale.

On profitera de cet examen pour vérifier la validité des vaccinations (notamment antitétanique).

5 - 2 - EXAMENS BIOLOGIQUES

5 - 2 - 1 - BILAN A PRATIQUER CHEZ LE SPORTIF AGE (21)

5-2-1-1- Dans le sang.

- Numération Formule Sanguine - Vitesse de sédimentation.
- Urée, glycémie, lipides.
- Acide urique, créatinine, protéinémie.
- Calcémie, phosphorémie.
- Natrémie, chlorémie, kaliémie.
- Transaminases, phosphatases alcalines.
- Taux de prothrombine.

5-2-1-2- Dans les urines.

- Albuminurie, glycosurie.
- Cytologie.
- Créatininurie.
- 17 cétostéroïdes.

Là encore la découverte d'anomalies pourra entraîner la poursuite des investigations.

5 - 2 - 2 -LES OBSERVATIONS (tableau III) (50)

5-2-2-1- Signes biologiques de l'effort.

5-2-2-1-1- Dans le sang.

- augmentation du nombre de globules rouges de 5 à 10 % (en rapport avec l'hémoconcentration).
- augmentation globale des leucocytes : les lymphocytes augmentent au cours d'efforts intenses et courts ; les neutrophiles augmentent au cours d'efforts prolongés ; les éosinophiles diminuent sous l'influence de la sécrétion des hormones surrénaliennes.
- la vitesse de sédimentation est légèrement ralentie chez le sujet entraîné en bonne condition physique.
- glucose sanguin légèrement diminué en cours d'effort et réascension rapide à l'arrêt ou même avant la fin de l'effort si celui-ci est prolongé. Chez le sujet non entraîné, les variations glycémiques sont à la fois plus profondes et plus prolongées.

- protides : en raison de l'hémoconcentration, les protides totaux augmentent de 5 % (mais on note une diminution des globulines). L'effort provoque une augmentation du catabolisme protidique se manifestant par une élévation passagère du taux de l'urée (jusqu'à 0,60 g/l), de l'uricémie et de l'ammoniémie.

- acide lactique : il représente le produit ultime de la contraction musculaire. Normalement, il disparaît rapidement, les 4/5ème étant réutilisés pour la resynthèse du glycogène. Au cours d'un effort intense et prolongé, ce mécanisme peut être débordé et on observe alors une élévation notable de la lactacidémie (jusqu'à 100-200 mg/l). Les possibilités d'adaptation sont considérables et un entraînement bien conduit réduit notablement le taux d'acide lactique après un effort d'intensité constante.

- pH sanguin : il diminue régulièrement pendant l'effort puis il diminue de nouveau brusquement dans les minutes qui suivent l'arrêt de celui-ci. Cette acidose, pouvant atteindre 7,25, est en partie imputable à l'élévation de la lactacidémie.

- électrolytes : on observe assez fréquemment une hyperkaliémie alors que les autres électrolytes sont peu modifiés. Chez le sportif entraîné, le potassium sanguin reste sensiblement normal.

5-2-2-1-2- Dans les urines.

Les dosages urinaires, quoique n'explorant que la partie terminale des métabolismes, sont souvent utilisés en médecine du sport en raison de la très grande commodité de prélèvement.

- la diurèse : elle augmente au cours des efforts brefs et diminue au cours des efforts prolongés (car abondance de sudation).

- déchets azotés : leur augmentation est le reflet du catabolisme protéique. Les taux de créatininurie et d'hydroxyprolinurie sont augmentés.

- pH : il diminue en raison de l'élimination des métabolites acides (acide lactique...).

- albumine urinaire : il peut apparaître chez le sujet sous-entraîné, après un effort musculaire intense et prolongé, une légère albuminurie avec cylindrurie et hématurie microscopique. Il s'agit d'un processus physiologique dû à des modifications de perméabilité glomérulaire consécutives à l'augmentation du débit sanguin rénal provoqué par le travail musculaire. Cette albuminurie d'effort disparaît rapidement sous l'effet du repos. Il va de soi que si l'albuminurie persiste en dehors de l'effort, un bilan rénal s'impose.

- hyperstimulation surrénalienne :

- . élévation des catécholamines urinaires jusqu'à 500 à 700 microgrammes/24H et élévation de l'acide vanyl-mandélique
- . légère élévation de l'aldostérone
- . légère élévation des 17 cétostéroïdes
- . légère diminution des 17 hydroxycorticoïdes
- . élévation de l'élimination de l'acide hydroxy-indolacétique, métabolite de la sérotonine.

Le retour à la normale de ces éliminations urinaires après l'effort témoigne de l'adaptation de l'organisme à l'effort.

5-2-2-1-3- Sueur :

La sudation peut être abondante, et est alors à l'origine d'une déperdition hydroélectrolytique importante qui doit être compensée par la boisson et l'alimentation.

Les modifications des constantes biologiques sanguines et urinaires sont le reflet de l'accroissement des processus métaboliques et de la mise en jeu de régulations complexes provoquées par l'activité musculaire.

Chez les sujets entraînés, l'effort physique ne provoque plus les mêmes modifications que chez le sujet sédentaire. Il semble que l'entraînement corresponde à une réaction d'adaptation à l'insuffisance cortico-surrénalienne, celle-ci constituant le point de départ de la fatigue et de sa symptomatologie humorale.

Chez les sujets entraînés, le travail musculaire déclencherait automatiquement une hypersécrétion surrénalienne d'adaptation qui éviterait ainsi l'apparition de l'insuffisance fonctionnelle surrénale avec ses conséquences.

5-2-2-2- Signes biologiques de la fatigue.

Le dépistage biologique de la fatigue est difficile : l'idéal serait de posséder un test témoignant d'un état de souffrance de l'organisme. Ce test reste malheureusement encore à découvrir. Des renseignements de grande valeur peuvent être cependant fournis par quelques examens biologiques sanguins et urinaires.

5-2-2-2-1- Dans le sang :

- Numération Formule Sanguine : légère anémie hypochrome avec neutropénie, éosinopénie et lymphopénie.
- Vitesse de sédimentation légèrement accélérée.
- glycémie légèrement abaissée.
- électrolytes : hyperkaliémie due au passage du potassium des liquides intra-cellulaires dans les liquides extra-cellulaires, hyponatrémie due au passage du sodium des liquides extra-cellulaires dans les liquides intra-cellulaires.
- élévation du taux d'acide pyruvique, lactique et citrique avec diminution concomitante du pH sanguin.
- élévation de l'ammoniémie.

5-2-2-2-2- Dans les urines :

- albuminurie de fatigue pouvant être accompagnée d'une cylindrurie et d'une légère hématurie microscopique.
- élévation de l'élimination des mucoprotéines (provenant du catabolisme du collagène).
- diminution du pH urinaire.
- créatininurie augmentant proportionnellement à l'amaigrissement.
- élévation de l'hydroxyprolinurie libre, des catécholamines, de l'acide vanylmandélique et de l'acide 5 hydroxyindo-lacétique.
- les 17 cétostéroïdes et 17 hydroxycorticoïdes sont augmentés dans la fatigue physiologique, mais sont tous les deux diminués dans la fatigue pathologique. Cet abaissement concomitant est un signe d'alarme de fatigue à ne pas négliger.

SANG	SUJET NORMAL	SUJET ENTRAINE	FATIGUE
Globules rouges	↑ de 5 à 10%	↑ jusqu'à 8 M	légère anémie hypochrome
Globules blancs	↑ jusqu'à 15 000	↑ jusqu'à 12 000	↓ avec neutropénie et lymphopénie
Ac. lactique	↑ jusqu'à 200mg/l	inchangé	↑ jusqu'à 400mg/l
V. sédimentation	peu modifiée	ralentie	accélérée
Glycémie	↓ +/- prolongée	légère ↓ puis normalisation	↓ jusqu'à 0,40 = syncope
Potassium	↑	inchangé	↑
Calcium			↓ signe de Schwostek
Urée	↑	↑	
URINES			
PH	↓	↓	↓
Albuminurie Cylindrurie Hématurie	transitoire	rare	+ prolongée
17 cétostéroïdes	↑ légère	inchangé	} ↑ dans fatigue physiologique ↓ dans fatigue pathologique
17 hydroxycorti- coïdes	↓ légèrement	↓ légèrement	
Créatininurie	↑	↑	↑
Catécholamines	↑	↑	↑ prolongée
Urée	↑	↑	↑ jusqu'à 55g/l

TABLEAU III - Variations biologiques lors de l'effort.

5 - 3 - TESTS MEDICO-SPORTIFS

Une attention toute particulière doit leur être portée car si le sportif âgé est plus exposé, par exemple aux accidents musculo-tendineux, ce n'est jamais grave sur le plan vital ; en revanche, l'accident cardiaque peut être dramatique.

Ces tests ont pour objectif d'observer le comportement cardiaque lors d'une épreuve d'effort reproduisant les exigences cardio-vasculaires et énergétiques du sport pratiqué ; ces épreuves, faites lors de l'examen médico-sportif, peuvent être groupées un peu arbitrairement en deux groupes :

5- 3 - 1 - LES EPREUVES D'APTITUDE COURTES (sans signification énergétique)

Pratiquées par les médecins du sport, elles permettent de différencier l'examen médical d'aptitude physique à l'effort de l'examen médical habituel en apportant une note sportive à l'examen.

Elles s'adressent à une population importante, tous les licenciés sportifs en principe, et doivent donc être économiques en temps, en matériel et facilement reproductibles.

Leur fiabilité doit être suffisante pour dépister les sujets inaptes et les orienter vers des examens plus poussés en milieu spécialisé.

les épreuves d'aptitudes classiques gardent une certaine valeur à condition de connaître leurs limites.

5-3-1-1- Le test de Ruffier (45)

C'est le plus utilisé : le sujet fait 30 flexions profondes des membres inférieurs en 45 secondes. L'examineur détermine la fréquence cardiaque avant l'exercice (P), le sujet étant debout, puis immédiatement à la fin de l'exercice (P') puis après une minute de repos debout (P").

L'indice de Ruffier est alors :

$$I = \frac{(P + P' + P'') - 200}{10}$$

Dickson (1950) a modifié légèrement cette formule qui, selon lui, laissait une part trop grande à la tachycardie émotionnelle ou neuro-végétative de repos (13). On obtient l'indice de Ruffier-Dickson :

$$I = \frac{(P' - 70) + 2 (P'' - P)}{10}$$

Le résultat est comparé à un tableau de cotation (tableau IV)

Classification	Indice de Ruffier	Indice de R. Dickson
Coeur athlétique	< 0	0 à 29
Coeur moyen		
-fort	0,1 à 5	
-bon	5,1 à 10	3 à 5,9
Coeur insuffisant		
-moyen	10,1 à 15	6 à 8
-faible	15,1 à 20	> 8

5-3-1-2- Le Step test

Il semble mieux adapté aux sujets âgés : il s'agit de faire exécuter au retraité 24 ascensions par minute d'une marche de 40 cm de hauteur pour un homme et de 33 cm pour une femme, durant 3 minutes. Ce test peut comprendre plusieurs niveaux en augmentant le nombre d'ascensions par minute.

Après l'exercice, et à la 3ème minute de récupération, on prend la fréquence cardiaque et la tension artérielle (23).

Il permet une approche de l'adaptation à l'effort. Certains ont même établi (Astrand et Ryhming) que ce test pouvait servir de méthode de mesure indirecte de la consommation maximale d'oxygène, ceci en fonction du poids du sujet et de la fréquence cardiaque en fin d'exercice.

5-3-1-3- Les limites de ces tests (34) (37)

La prédiction de la valeur physique globale d'un sujet à partir de ces épreuves est risquée. On sait que dans tous les cas le contexte de terrain, la température ambiante, l'anxiété, la prise d'excitants, de café, de tabac, l'entraînement ou l'exercice récent peuvent modifier les résultats. De plus, le calcul des indices est arbitraire et leur corrélation avec les grandeurs physiologiques paraît insuffisante.

Ces épreuves explorent le début de l'accrochage et du décrochage cardiaque au cours d'une phase très instable, variable d'un sujet à l'autre de façon relativement indépendante de ses performances cardiaques. La régulation de la fréquence cardiaque est alors nerveuse, peu adaptée aux besoins énergétiques au cours de ces exercices trop brefs et trop peu intenses.

Il n'en demeure pas moins vrai que ces épreuves, facilement réalisables au cabinet du praticien, gardent une valeur d'orientation dans la

recherche de l'aptitude minimale du sujet. Ils permettent l'établissement du certificat de non contre-indication à la pratique sportive et figurent d'ailleurs dans les protocoles d'examen établis par de nombreuses fédérations sportives.

5 - 3 - 2 - LES EXPLORATIONS FONCTIONNELLES

Elles sont réalisées en milieu hautement spécialisé (Centre Régional de Médecine du Sport, Cardiologie...). Leur intérêt se situe à 2 niveaux ; d'une part elles visent à approfondir les connaissances concernant les répercussions de la pratique des sports sur les différents appareils de l'organisme. Les connaissances ainsi acquises peuvent être fondamentales ou appliquées, c'est à dire que les conséquences de leur découverte peuvent ne pas être immédiates ou évidentes, mais sont nécessaires aux progrès des techniques sportives, à celles de l'entraînement, à la sécurité et au bien être du sportif.

D'autre part, l'exploration fonctionnelle est le complément de l'examen médical d'aptitude lorsque celui-ci ne permet pas de conclure sans ambiguïté à l'aptitude du sujet ou lorsque le sport pratiqué comporte des risques particuliers (20).

Parmi les épreuves d'exploration fonctionnelle, l'étude de la puissance maximale aérobie ou VO₂ Max, est fondamentale ; VO₂ Max est la quantité maximale d'oxygène que l'organisme peut prélever (poumon), transporter (coeur et vaisseaux) et consommer (muscles) pendant l'unité de temps.

Elle représente le facteur limitant de toutes les performances d'une durée supérieure à 3 minutes, impliquant la participation de groupes musculaires volumineux. Elle juge, en fait, de l'aptitude d'un sujet à des exercices intenses et prolongés et permet de le comparer soit à lui-même (surveillance médico-biologique de l'entraînement) soit à d'autres (niveau sportif).

La VO₂ Max est en somme l'expression de la puissance globale du moteur humain ; sa détermination peut être directe ou indirecte.

5-3-2-1- Mesure directe de la consommation maximale d'oxygène.

Lorsque l'on fait effectuer un exercice de puissance croissante, la consommation d'oxygène s'accroît jusqu'à une valeur maximale qui ne peut être dépassée malgré l'augmentation de la puissance et la poursuite difficile de l'exercice.

L'épreuve peut être pratiquée sur ergocycle ou sur tapis roulant, avec ou sans étude de la lactatémie (en vue d'apprécier le niveau maximal de l'effort susceptible d'être soutenu longtemps) (11) (28). L'ensemble de l'appareillage (sac de Douglas, analyseur d'O₂, analyseur de CO₂, spiromètre...) est lourd et onéreux.

On admet que la consommation maximale d'oxygène est atteinte lorsque (1) :

- la consommation d'O₂ et la fréquence cardiaque plafonnent en dépit d'une augmentation de la puissance de l'exercice.

- il existe une hyperventilation relative avec un quotient respiratoire supérieur à 1,1.

- la lactatémie est voisine de 10 mmoles/l.

La valeur de VO₂ Max mesurée est exprimée en litre d'oxygène consommé par minute (l.min⁻¹) et souvent rapportée au kilogramme de poids corporel (ml.min⁻¹.kg⁻¹).

L'intérêt de la mesure de VO₂ Max directe paraît moindre chez le sujet âgé que chez le sujet jeune (chez qui elle constitue un des plus importants critères d'aptitude à l'effort physique intense et prolongé).

Tout d'abord parce que les compétitions sportives et les efforts soutenus et durables, seuls susceptibles de justifier une mesure directe de VO₂ Max, ne sont pas souhaitables chez le retraité sportif.

Ensuite, parce que les épreuves d'effort maximal conduisant à la VO₂ Max sont difficiles à faire pratiquer à cet âge ; en effet, l'interruption de l'exercice par fatigue musculaire ou trouble du rythme cardiaque est fréquente avant l'apparition des critères habituels de validité (VO₂ stable ; $R = \frac{VCO_2}{VO_2} > 1,10$, lactatémie voisine de 10 mmole.l⁻¹ en fin d'exercice).

VO₂

Enfin, parce qu'une telle épreuve d'effort maximal n'est pas dénuée de risque. Un accident cardiaque survenant au cours d'un tel examen engagerait la responsabilité du médecin. Il doit donc être pratiqué en milieu hospitalo-universitaire (matériel de réanimation obligatoire) et non pas dans un centre médico-sportif "ordinaire" (42).

En revanche, ces épreuves d'effort maximal restent seules capables de donner une certaine sécurité dans le dépistage des insuffisances coronariennes. Elles sont donc tout à fait justifiées dans le cadre d'un diagnostic cardio-vasculaire.

5-3-2-2- Mesure indirecte

La détermination indirecte de la VO₂ Max repose sur l'exploitation d'une relation linéaire existant entre la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène ou la puissance.

Ainsi, s'il est possible de prévoir la fréquence cardiaque maximale théorique que peut atteindre le sujet, on peut, par la seule connaissance de la charge et de la fréquence cardiaque à l'état stable pour des efforts sous maximaux, évaluer par extrapolation la VO₂ Max du sujet (figure 7).

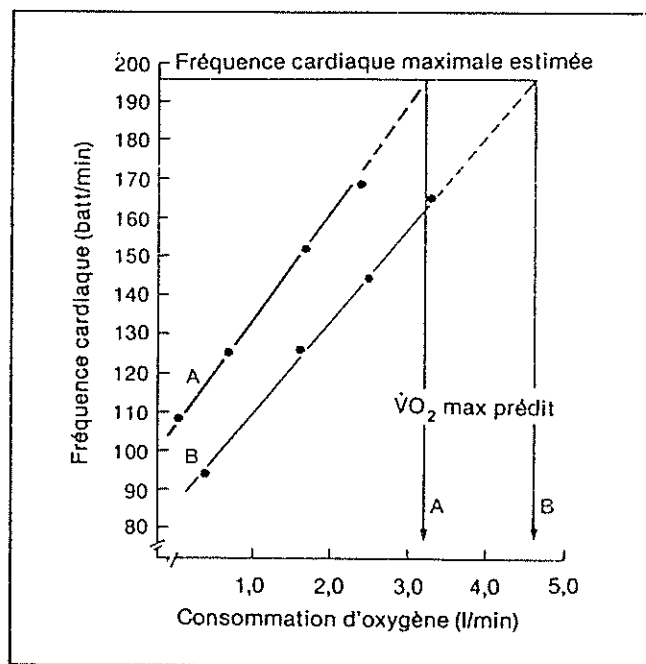


Figure 7 : Utilisation de la relation linéaire entre la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène sous-maximale pour estimer VO2 Max.

On a construit à partir de la figure 7 un nomogramme permettant la prédiction de la VO2 Max à partir de fréquences cardiaques sous-maximales (figure 8) (5) (8).

En fait, on sait que toute estimation de la capacité maximale aérobie à partir de la relation VO2 - fc et de la FMT (fréquence maximale théorique) est imprécise :

- l'augmentation linéaire de la fréquence cardiaque en fonction de la consommation d'oxygène est une donnée classique, mais dans certains cas, notamment lorsque l'exercice devient très intense, la consommation d'oxygène augmente relativement plus que la fréquence cardiaque (30).

- la détermination de la fréquence cardiaque maximale théorique pose également un problème important. On sait qu'elle diminue avec l'âge ; ainsi de nombreuses formules de calcul de la FMT ont été proposées (7) (46) (47), dont la plus célèbre est celle d'Astrand (1960) : $FMT = 220 - \hat{\text{age}}$. Quoi qu'il en soit, toutes ces formules ont une imprécision importante et l'on retrouve parfois un écart pouvant atteindre 20 battements par minute entre FMT et la fréquence maximale mesurée, l'écart étant d'autant plus grand que le sujet est plus âgé (1).

Il s'en suit donc des erreurs d'estimation de VO_2 Max allant le plus souvent dans le sens de la sous-estimation.

- enfin, dans le cas où l'on prédit la consommation maximale d'oxygène à partir de la puissance fournie, on admet que le rendement mécanique est invariable et identique pour tous. Or, il faut rappeler que ce rendement peut varier de + ou - 60 % (pour des exercices pratiqués sur bicyclette ergométrique).

Actuellement, il semble que les épreuves d'effort susceptibles de donner une bonne idée de l'aptitude physique chez une population âgée doivent être sous-maximales (mais pas trop), c'est à dire entraînant un rythme cardiaque à 80 % de la FMT, sans être inférieur à 130/min.

Ce serait là le meilleur moyen de détecter les contre-indications (surtout cardiaques) à l'effort physique, d'évaluer les capacités métaboliques et organiques à l'effort, de conseiller un régime d'entraînement et un type d'exercice adapté à chacun et, enfin, de surveiller les effets physiologiques de l'entraînement.

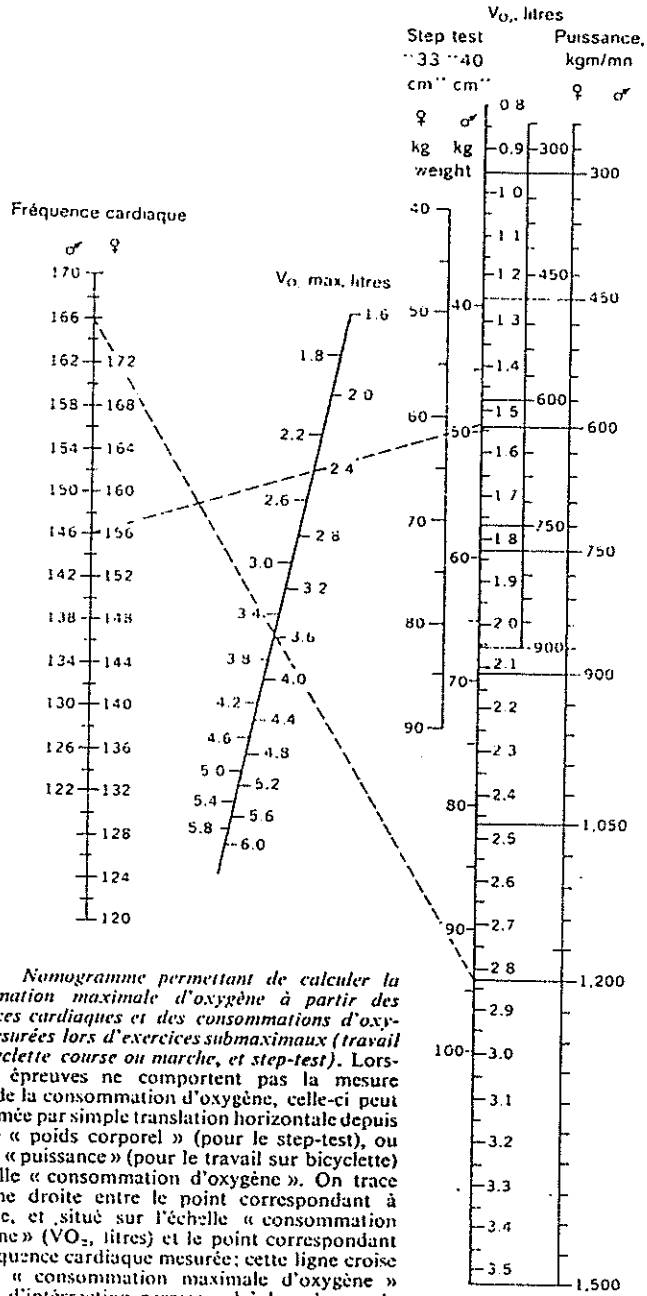


FIG. 8 : Nomogramme permettant de calculer la consommation maximale d'oxygène à partir des fréquences cardiaques et des consommations d'oxygène mesurées lors d'exercices submaximaux (travail sur bicyclette course ou marche, et step-test). Lorsque les épreuves ne comportent pas la mesure directe de la consommation d'oxygène, celle-ci peut être estimée par simple translation horizontale depuis l'échelle « poids corporel » (pour le step-test), ou l'échelle « puissance » (pour le travail sur bicyclette) à l'échelle « consommation d'oxygène ». On trace une ligne droite entre le point correspondant à l'exercice, et situé sur l'échelle « consommation d'oxygène » (VO_2 , litres) et le point correspondant à la fréquence cardiaque mesurée; cette ligne croise l'échelle « consommation maximale d'oxygène » le point d'intersection correspond à la valeur prédite pour le sujet. Un sujet féminin (61 kg) atteint une fréquence cardiaque de 156 lors d'un exercice de step-test; la consommation maximale prédite est de 2,4 litres/mn. Un sujet masculin atteint une fréquence cardiaque de 166 lors d'un exercice sur bicyclette à la puissance de 1 200 kgm/mn; la consommation maximale prédite est de 3,6 litres/mn (exemples représentés par les lignes en pointillé). (D'après I. ÅSTRAND, 1960.)

6 - matériels et méthodes (27)

6 - 1 - LES SUJETS

6 - 1 - 1 - PRESENTATION DE LA POPULATION ETUDIEE

72 sujets, tous affiliés à la F.F.R.S.* (Fédération Française de la Retraite Sportive) ont volontairement participé à cette étude : 62 femmes et 10 hommes.

Grâce à l'envoi d'un questionnaire, établi en vue de connaître l'état de santé, les activités pratiquées et les antécédents médicaux, une sélection a pu avoir lieu.

Ainsi, 7 femmes et 2 hommes ont été éliminés de l'étude statistique finale du fait d'un traitement susceptible d'intervenir dans les réactions cardiovasculaires (digitaliques, B bloquants...) ou du port d'un pace-maker (une personne).

La population étudiée s'établit donc comme suit : 55 femmes dont la moyenne d'âge est de 65 ans (âges extrêmes 54 et 84 ans), 8 hommes dont la moyenne d'âge est de 67 ans (âges extrêmes 62 et 73 ans). (tableau V)

Les activités sportives pratiquées sont très diversifiées et la durée hebdomadaire moyenne d'exercice physique par personne est de l'ordre de 3 heures. Il faut noter que 26 femmes (soit 47 % des femmes) et 4 hommes (soit 50 % des hommes) pratiquent au moins 2 sports, la moyenne hebdomadaire s'élevant alors à 4 heures (tableau VI).

40 femmes (72 % des femmes) et 2 hommes (25 % des hommes) n'avaient jamais pratiqué d'activités sportives avant la retraite.

* La F.F.R.S. s'est créée, en collaboration avec le Ministère de la Jeunesse et des Sports et le Secrétariat d'Etat aux Personnes Agées, pour promouvoir et développer les activités physiques aux 3ème âge. Elle regroupe aujourd'hui environ 40 000 membres actifs.

NOMBRE DE SUJETS	FEMMES = 55	HOMMES = 8
Age moyen	65	67
Taille moyenne	158	170
Poids moyen	60	74

TABLEAU V - Caractéristiques générales de la population observée.

ACTIVITES SPORTIVES	NOMBRE DE PARTICIPANTS		DUREE MOYENNE HEBDOMADAIRE EN HEURES
	FEMMES	HOMMES	
Gymnastique	55	7	2
Natation	18	1	1,5
Marche	10	2	2,5
Cyclisme	0	2	2
Yoga	1	0	1
Danse	2	0	1
Tir à l'arc	1	0	1
Stretching	1	0	1
Equitation	1	0	1
2 ou + disciplines	26	4	4

TABLEAU VI - Activités physiques pratiquées.

6 - 1 - 2 - PATHOLOGIES ASSOCIEES

Parmi la population, une seule femme se disait être en "mauvaise santé", tous les autres sujets se déclarant en "bonne" ou "très bonne santé".

Certains présentaient néanmoins une pathologie plus ou moins nettement caractérisée ; on a noté : 3 insuffisances coronariennes dont une séquelle d'infarctus du myocarde, 4 troubles du rythme (3 arythmies complètes par fibrillation auriculaire corrigées sous traitement et une encore présente le jour de la consultation), 10 hypertensions artérielles modérées, 18 hypercholestérolémies, 1 diabète, 36 problèmes rhumatologiques, 1 dysthyroïdie, 1 bronchite chronique (tableau VII).

TABLEAU VII - Pathologie observée dans la population étudiée.

PATHOLOGIES	NOMBRE DE SUJETS	
	FEMMES	HOMMES
Insuf. coronarienne	1	2
Tr. du rythme	4	0
H.T.A.	9	1
Cholestérol	17	1
Diabète	1	0
P. Rhumatologique	33	3
P. Thyroïdienne	1	0
Bronchite chronique	1	0

Le jour de l'examen, on a retrouvé, outre une séquelle d'infarctus du myocarde et une arythmie complète déjà citées, un sujet présentant quelques extrasystoles auriculaires, un sujet présentant de rares extrasystoles ventriculaires, 2 blocs incomplets de branche droite, 3 blocs incomplets de branche gauche. Tous les autres tracés étaient normaux, et toutes les personnes venues consulter ont pu effectuer le test proposé. Nous n'avons pas relevé de contre-indication clinique ou électrocardiographique formelle.

6 - 1 - 3 - CHOIX DE LA BICYCLETTE ERGOMETRIQUE

Le choix s'est porté sur cet instrument car il ne demande aucune adresse particulière et chacun peut s'y adapter facilement. Les sujets âgés préféreront de toute façon ce genre d'exercice à des épreuves d'accroupissement que l'on retrouve dans le test de Ruffier-Dickson, voire même aux épreuves de montée et descente de marches comme dans le Step test.

La bicyclette ergométrique permet de connaître avec précision la puissance fournie ; elle fonctionne avec un frein mécanique (bicyclette Monark par exemple) et elle est donc peu coûteuse et, par ailleurs, facile à déplacer.

Enfin, compte-tenu du fait que le sujet effectuant un exercice sur bicyclette ergométrique travaille en position assise avec les membres supérieurs et le thorax relativement immobiles, il devient facile de recueillir de bons tracés électrocardiographiques.

6 - 2 - DESCRIPTION DU TEST

Pratiqué sous contrôle électrocardiographique permanent (scopie), le test consiste en une épreuve d'effort modérée sur bicyclette ergométrique.

La durée totale de l'épreuve est de 12 minutes. Deux paliers de faible puissance (25 watts) encadrent un palier de 50 watts. La durée de chaque palier est de 4 minutes (figure 9).

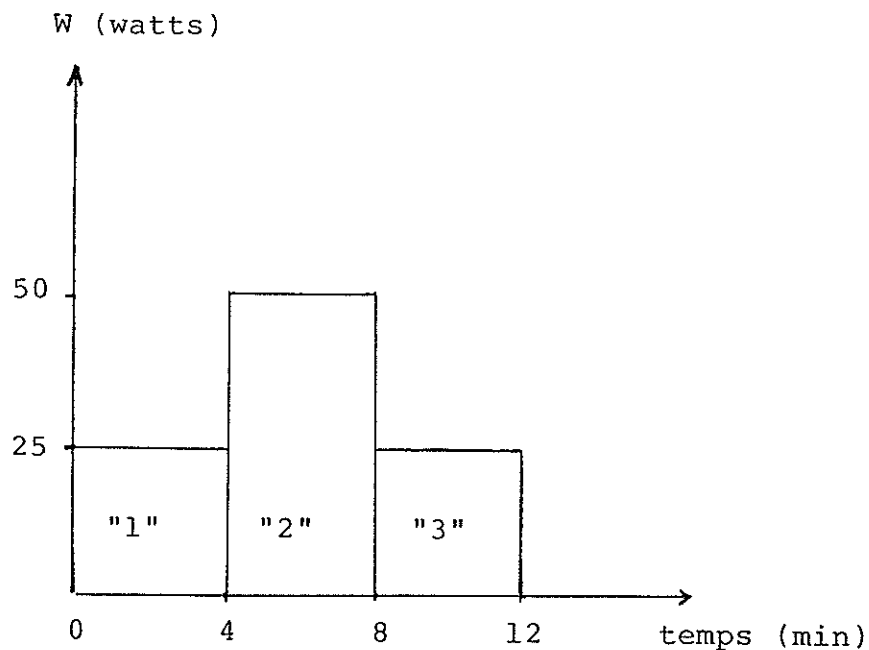


Figure 9 : Représentation schématique de l'épreuve d'effort proposée : "1" et "3" de même intensité, 25 watts, encadrent "2", 50 watts.

6 - 3 - OBSERVATIONS

Les mesures effectuées ont été les suivantes : prise de la fréquence cardiaque au repos et à la fin de chaque palier de 4 minutes, prise de la tension artérielle au repos et à la fin du palier de 50 watts.

Le test d'effort susceptible d'être interrompu sur des signes de fatigue (douleurs thoraciques, poussées hypertensives ou apparition d'anomalies au scope) ne l'a été chez aucun patient quels que soient les antécédents. La pression artérielle n'a été significativement modifiée que dans de rares cas et n'a jamais dépassé 18/10. Seules quelques extrasystoles ventriculaires non péjoratives sont apparues au cours de deux examens.

Les tableaux VIII et IX expriment les fréquences cardiaques observées au repos et à la fin de chaque palier.

Sujet F	Age ans	Taille cm	Poids Kg	Fc repos	Fc 25W1	Fc 50 W	Fc 25 W2
SAD	69	155	50	76	129	153	141
JAY	64	160	65	68	102	125	105
LEG	64	165	52	63	80	106	90
MEA	61	170	75	81	105	119	106
VAL m	64	153	52	68	95	125	91
VAL e	67	159	54	71	108	132	118
GAB ml	58	155	52	71	89	110	95
STA	64	158	65	79	110	125	117
GAB s	62	155	52	72	101	121	106
BOU	69	162	56	59	73	94	86
GRA	61	155	66	73	111	120	110
CON mad	66	162	62	65	93	126	105
VIG 1	65	165	70	75	96	116	100
VIL	67	158	53	72	94	115	102
VAN	68	162	65	60	130	151	106
CHO	76	153	70	62	84	94	86
MER	60	152	50	56	77	92	74
ABO	60	163	65	60	82	94	89
VIG 2	54	157	47	71	92	109	97
MIL	68	155	63	75	98	120	101
CHI	55	156	49	77	88	109	93
CUR	63	160	54	72	101	139	111
HEL	61	157	59	77	116	134	121
ALL	58	160	62	78	112	129	116
PER	57	163	60	68	96	121	107
DES	61	155	52	68	97	112	95
BLA	64	158	66	79	98	107	97
LEC	73	153	52	56	86	118	88
CAC	62	168	60	67	76	90	92

suite page suivante

Sujet F	Age ans	Taille cm	Poids Kg	Fc repos	Fc 25W1	Fc 50 W	Fc 25 W2
VAR	71	151	43	65	86	105	94
ROB	62	156	53	65	81	106	83
JUL	63	156	70	68	104	127	122
PER	76	165	65	59	101	113	102
TUQ	68	163	47	83	101	137	110
PRA	67	158	51	68	100	121	108
BRE	65	155	53	61	85	112	85
MON	67	160	55	68	91	106	94
DES	64	160	85	82	116	131	118
PIC	61	160	53	75	98	112	102
LAP	63	162	61	64	84	99	86
KHU	66	155	55	70	108	122	119
PON	64	158	67	71	93	112	90
VER	58	153	58	89	108	125	111
REQ	63	160	56	71	93	121	109
FRA	67	156	72	82	105	130	116
JUD	84	163	56	73	109	125	119
BOU y	59	157	69	83	103	137	130
OLL	65	159	50	66	91	110	99
MOI	65	152	62	85	98	110	104
NIC	78	160	57	76	110	119	112
JAR	58	155	84	77	107	117	115
RIC	64	153	70	73	90	103	101
MAZ	65	170	70	76	100	109	96
BAL	65	159	82	63	104	122	119

Tableau VIII : Caractéristiques générales de la population féminine étudiée, fréquences cardiaques observées au repos et à la fin de chaque palier de 4 minutes.

Sujet H	Age ans	Taille cm	Poids Kg	Fc repos	Fc 25W1	Fc 50 W	Fc 25 W2
FER	73	167	79	59	80	96	83
MOI	64	175	83	62	89	97	88
CLU	65	171	72	69	80	103	90
HEL	62	166	69	60	74	85	81
VIG	66	170	70	68	96	108	92
VAL	69	165	78	86	105	124	105
PIC	69	173	69	76	105	115	110
REQ	65	170	68	72	97	107	102

Tableau IX : Caractéristiques générales de la population masculine, fréquences cardiaques observées au repos et à la fin de chaque palier de minutes.

6 - 4 - TRAITEMENT DES OBSERVATIONS

6 - 4 - 1 - APPRECIATION DES REACTIONS CARDIO-VASCULAIRES

6-4-1-1- Détermination indirecte de WFMT (puissance maximale correspondant à FMT)

La figure 10 montre le mode de détermination graphique :

WFMT est obtenu par extrapolation de la relation linéaire théorique fréquence cardiaque-puissance.

En pratique, "WFMT" peut être calculée à l'aide de l'expression suivante issue de la figure 10 :

$$\text{WFMT} = 25 \frac{(\text{FMT} - \text{fc } 25)}{\text{fc } 50 - \text{fc } 25} + 25$$

L'imprécision des formules permettant d'obtenir la fréquence cardiaque maximale théorique en fonction de l'âge (cf paragraphe 5-3-2-2-) nous a amené à exprimer WFMT suivant 3 estimations de FMT : selon Astrand (1960), selon Scheffield (1970) et selon Alabouvette (1984) (1).

La figure 11 représente la décroissance de la FMT en fonction de l'âge d'après ces 3 auteurs (à noter que seul Scheffield tient compte du sexe pour une plus grande précision).

6-4-1-2- Appréciation de la récupération

La récupération est appréciée par un indice de récupération = IR.

Celui-ci est calculé simplement de la façon suivante :

$$\text{IR} = \text{fc } 25 \text{ watts (12 min)} - \text{fc } 25 \text{ watts (4 min)}$$

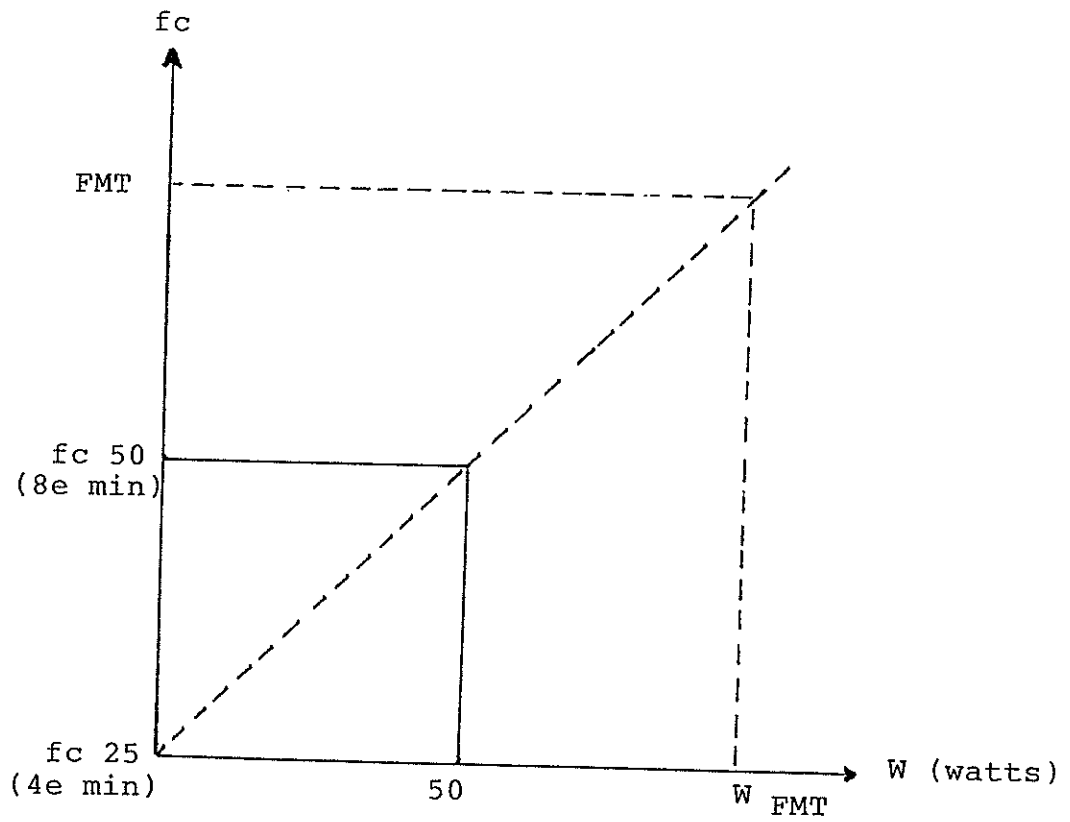


Figure 10 : Détermination graphique ; WFMT est obtenue en prolongeant jusqu'à FMT la droite passant par les points d'intersection 25 W - fc (4e min) et 50 W - fc (8e min).

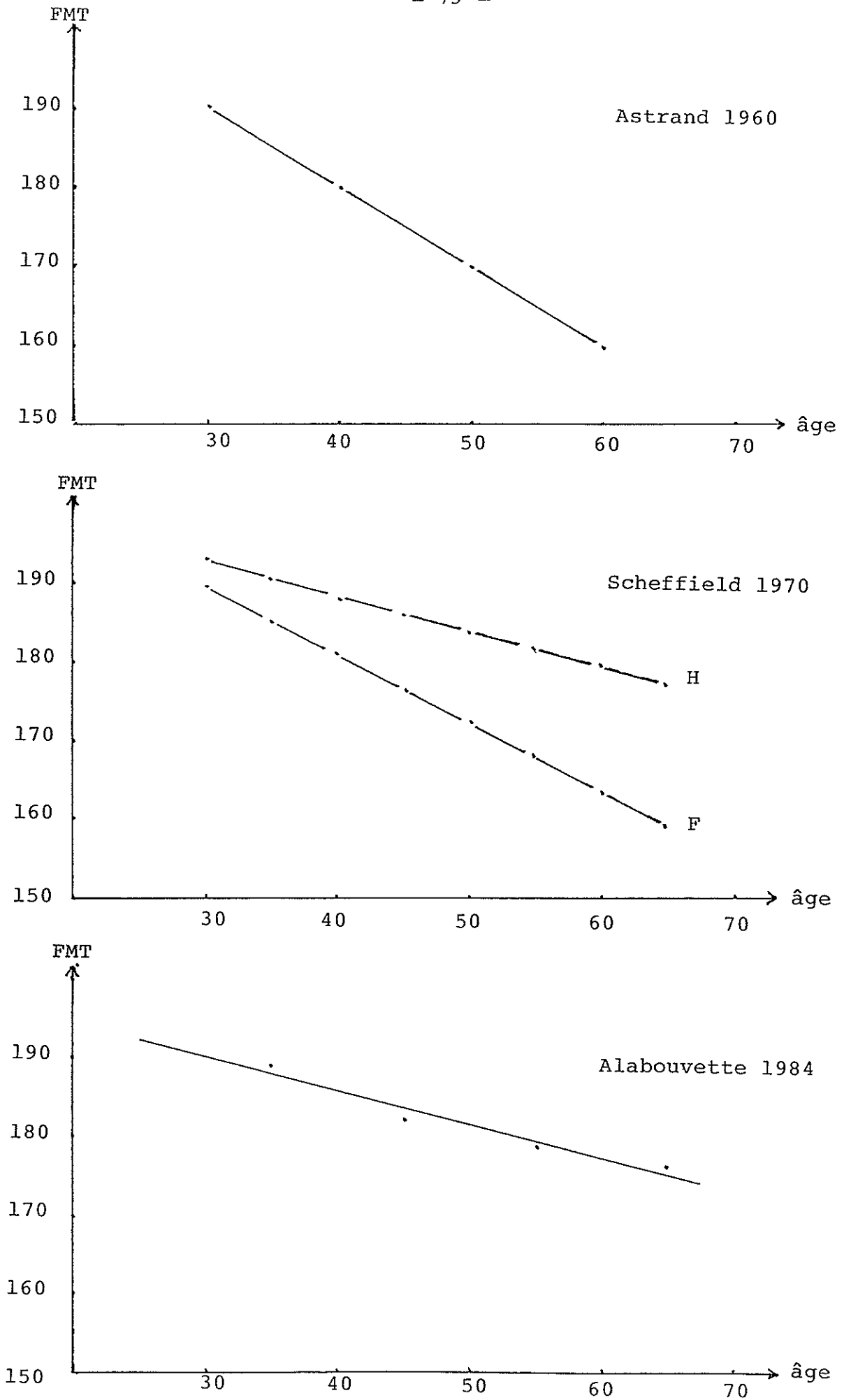


Figure 11 : Décroissance de la FMT en fonction de l'âge

6 - 4 - 2 - APPRECIATION BIO-ENERGETIQUE DE L'EFFORT
FOURNI AU COURS DU TEST PROPOSE

La consommation d'oxygène (VO₂) et la fréquence cardiaque (fc) ayant été mesurées dans le laboratoire (28) dans les mêmes conditions d'exercice (paliers d'effort croissants de 4 minutes sur bicyclette ergométrique) chez 13 femmes (64 + ou - 3 ans) et 14 hommes (62 + ou - 5 ans) appartenant à la même population que celle observée au cours du présent travail (sujets affiliés à la Fédération Française de la Retraite Sportive) (tableaux X et XI), une estimation indirecte du coût énergétique de l'effort demandé au cours du test proposé est apparue possible.

6-4-2-1- Estimation du coût énergétique de l'exercice en
fonction de la puissance

Les calculs ont été effectués à partir des données des tableaux X et XI.

1 ml d'O₂ correspond à 20,17 joules (37), le coût énergétique de l'effort fourni par la population prise en référence a été calculé à l'aide de l'expression :

$$C \text{ (ml O}_2\text{.kg}^{-1}\text{.W}^{-1}\text{)} = \frac{\text{VO}_2 \text{ (ml.kg-1.min-1)} \times 20,17 *}{\text{W (watt)} \times 60}$$

Les tableaux XII et XIII donnent alors le coût énergétique net (C_n : coût brut - VO₂ repos) de l'exercice pour les différentes puissances développées.

* En pratique, l'expression devient :

$$C \text{ (ml O}_2\text{.kg}^{-1}\text{.W}^{-1}\text{)} = 0,336 \frac{\text{VO}_2 \text{ (ml.kg-1.min-1)}}{\text{W (watt)}}$$

W	Age ans	Poids Kg	Taille cm	Repos		30 W		50 W		75 W	
				fc	VO2 ml/min	fc	VO2 ml/min	fc	VO2 ml/min	fc	VO2 ml/min
Sujets F											
ANG	68	57	148	70	171	98	701	107	889	128	1106
BEL	52	72	165	95	367	114	835	128	1058	142	1303
BES	66	57	160	85	211	123	616	144	792	165	1117
CEN	59	67	162	95	228	115	744	125	824	150	1085
CHA	64	56	156	75	213	105	728	110	851	120	1081
COU	67	60	165	80	222	100	678	114	888	131	1098
FOU	73	52	155	61	203	90	744	99	967	120	1196
GAN	64	60	154	75	246	104	714	115	870	139	1128
JUL	61	76	156	105	312	123	760	135	988	147	1201
PEY	69	93	172	87	288	95	781	104	939	120	1283
PLA	65	62	160	78	254	102	725	112	924	132	1178
PUY	63	73	176	84	314	100	730	109	898	124	1066
TOU	63	57	156	90	302	119	901	131	918	161	1226
Y MOY	64	65	160	83	256	107	743	118	908	137	1159
Ecart Type	5	11	8	12	56	11	70	13	71	15	78

Tableau X : Fréquences cardiaques et consommations d'oxygène mesurées chez les femmes lors d'un précédent travail (28).

W	Age ans	Poids Kg	Taille cm	Repos		30W		50W		75W		100W		125W		150W	
				fc	VO2 ml/min	fc	VO2 ml/min	fc	VO2 ml/min	fc	VO2 ml/min	fc	VO2 ml/min	fc	VO2 ml/min	fc	VO2 ml/min
Sujets H																	
BEL	57	116	174	88	550	100	1170	103	1450	114	1530	118	1760	130	2140		
BES	53	93	172	76	420	97	990	100	1220	109	1320	121	1600	135	2020	148	1990
BRO	61	83	173	73	290	86	780	96	960	103	1240	119	1550	135	1930		
CHD	69	86	160	69	380	84	840	91	1080	104	1340	117	1630				
CHA	60	84	177	75	340	83	700	89	950	100	1250	113	1630	129	1810	151	2150
CHZ	59	57	161	78	120	109	570	117	770	136	1110	157	1450				
FRA	64	67	160	95	330	109	790	117	1010	134	1180	148	1520				
FRU	67	67	164	75	320	86	760	93	970	104	1210	121	1520	139	1820		
JUL	68	76	177	79	340	86	740	90	880	99	1150	110	1410	121	1750		
KUH	63	72	164	57	310	70	790	76	1010	86	1320	98	1660				
LAU	66	76	171	104	410	113	850	118	970	129	1270	151	1550				
NEG	58	70	176	102	370	116	770	122	960	134	1170	149	1450	162	1610		
PAG	61	69	165	86	340	105	870	114	980	123	1210	143	1540				
PLA	65	68	163	72	340	93	820	101	1050	114	1280	127	1560				
Y MOY	62	77	168	81	347	96	817	102	1019	114	1256	128	1559	136	1869	150	2070
Ecart Type	5	15	7	13	92	14	138	14	159	16	104	18	93	13	177	2	113

Tableau XI : Fréquences cardiaques et consommations d'oxygène mesurées chez les hommes lors d'un précédent travail (28).

COUT NET SUJET H	30 W	50 W	75 W	100 W	125 W	150 W
	BEL	0,060	0,052	0,038	0,035	0,037
BES	0,069	0,058	0,043	0,043	0,046	0,038
BRO	0,066	0,054	0,051	0,051	0,053	
CHD	0,060	0,055	0,050	0,049		
CHA	0,048	0,049	0,049	0,052	0,047	0,048
CHZ	0,088	0,077	0,078	0,078		
FRA	0,077	0,068	0,057	0,060		
FRU	0,074	0,065	0,060	0,060	0,060	
JUL	0,059	0,048	0,048	0,047	0,050	
KUH	0,075	0,065	0,063	0,063		
LAU	0,065	0,050	0,051	0,050		
NEG	0,064	0,057	0,051	0,052	0,048	
PAG	0,086	0,062	0,057	0,058		
PLA	0,079	0,070	0,062	0,060		
Y moy	0,069	0,059	0,054	0,054	0,049	0,043

COUT NET SUJET F	30 W	50 W	75 W
	ANG		
BEL	0,104	0,085	0,074
BES	0,073	0,065	0,058
CEN	0,080	0,069	0,071
CHA	0,086	0,060	0,057
COU	0,103	0,077	0,069
FOU	0,085	0,075	0,065
GAN	0,117	0,099	0,086
JUL	0,087	0,070	0,066
PYU	0,066	0,060	0,052
PEY	0,059	0,047	0,048
PLA	0,085	0,073	0,067
PUY	0,064	0,054	0,046
TOU	0,118	0,073	0,073
Y moy	0,087	0,070	0,064

Tableaux XII et XIII : Coûts énergétiques nets calculés (à partir des données des tableaux X et XI) chez les femmes et les hommes.

La figure 12 montre quant à elle que l'évolution de ce coût énergétique net en fonction de la puissance d'exercice [$C_n = f(W)$] peut être représentée par une exponentielle décroissante avec l'augmentation de la charge, dans la gamme des puissances explorées chez les femmes et chez les hommes.

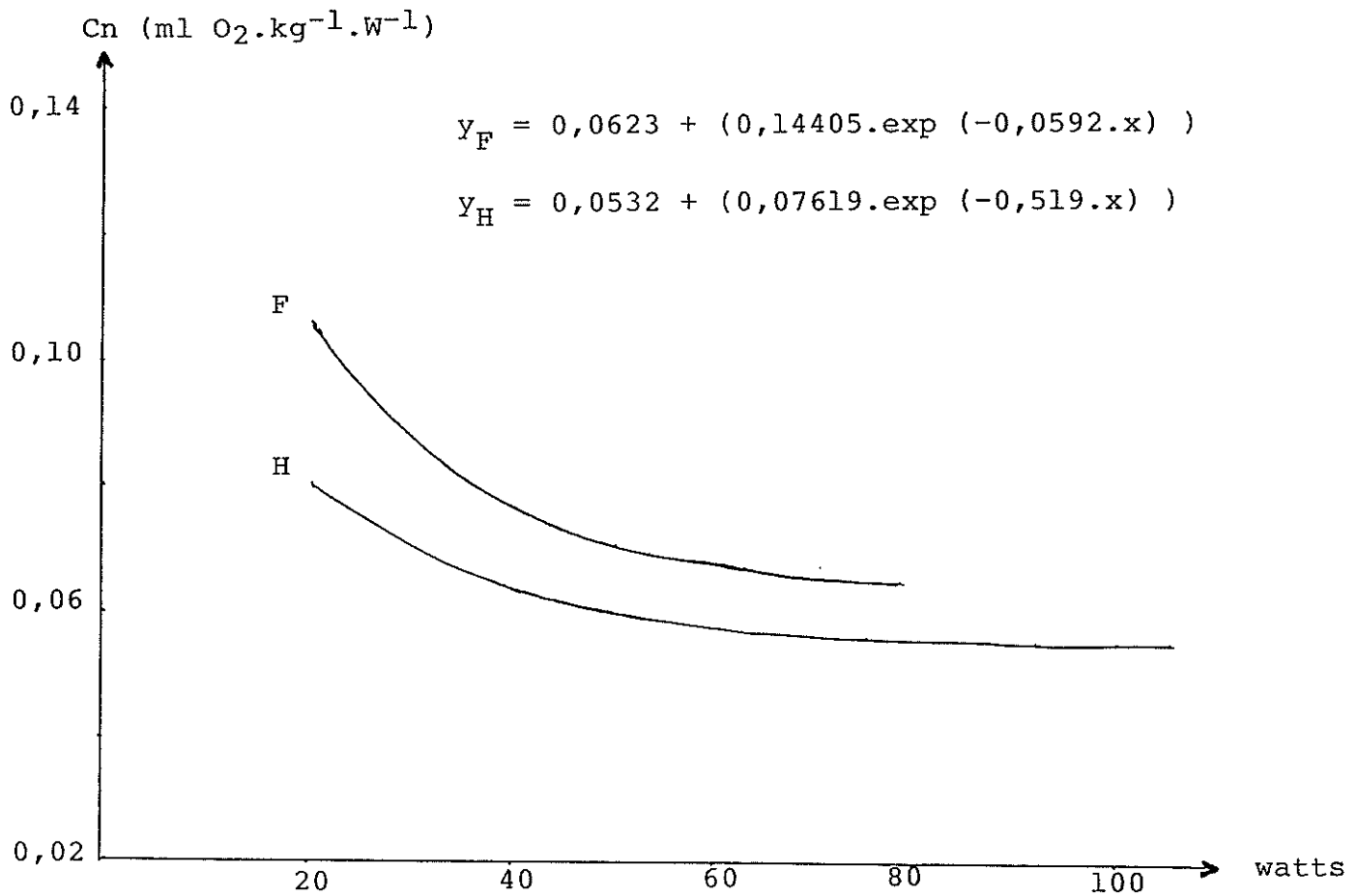


Figure 12 : Evolution du coût énergétique net (C_n) chez 13 femmes et 14 hommes d'un exercice par palier croissant de 4 minutes chacun en fonction de la puissance développée.

6-4-2-2- Validité des expressions représentatives de

$C_n = f(W)$

Les tableaux XIV et XV et les figures 13 et 14 montrent l'erreur introduite par l'utilisation des expressions représentatives de $C_n = f(W)$.

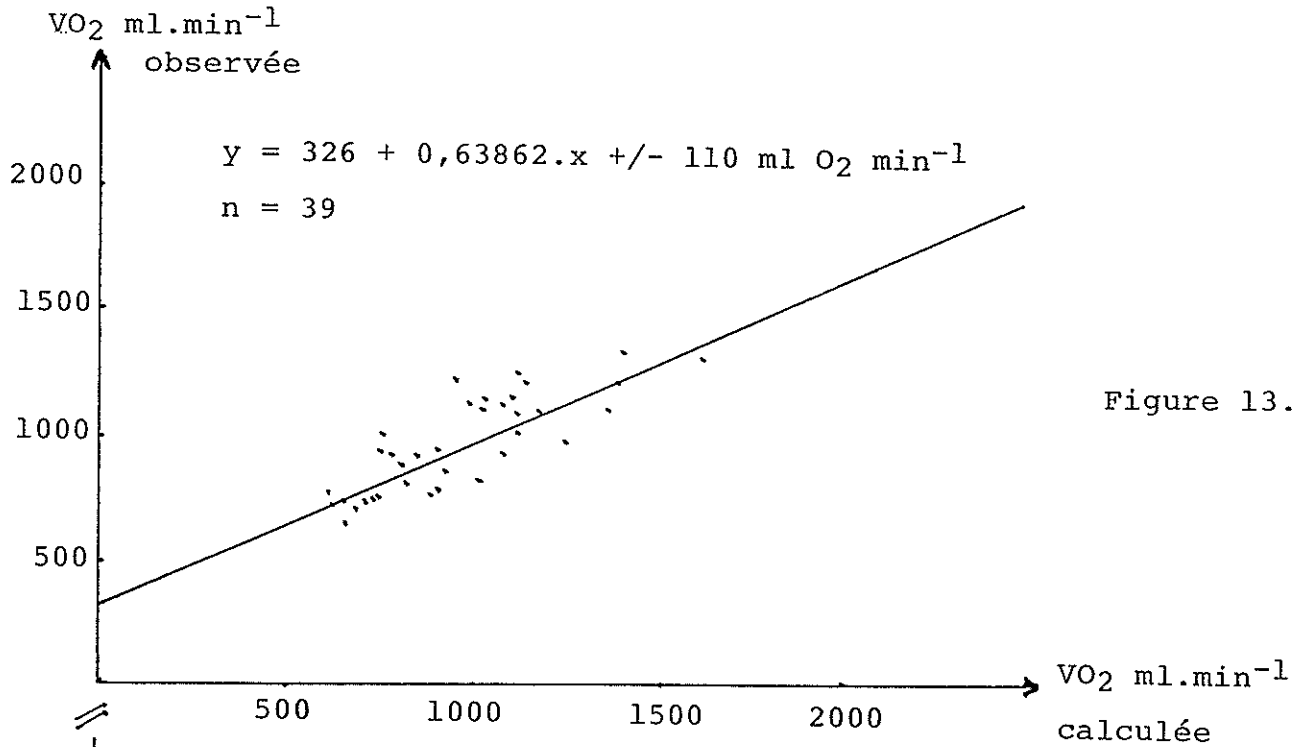


Figure 13.

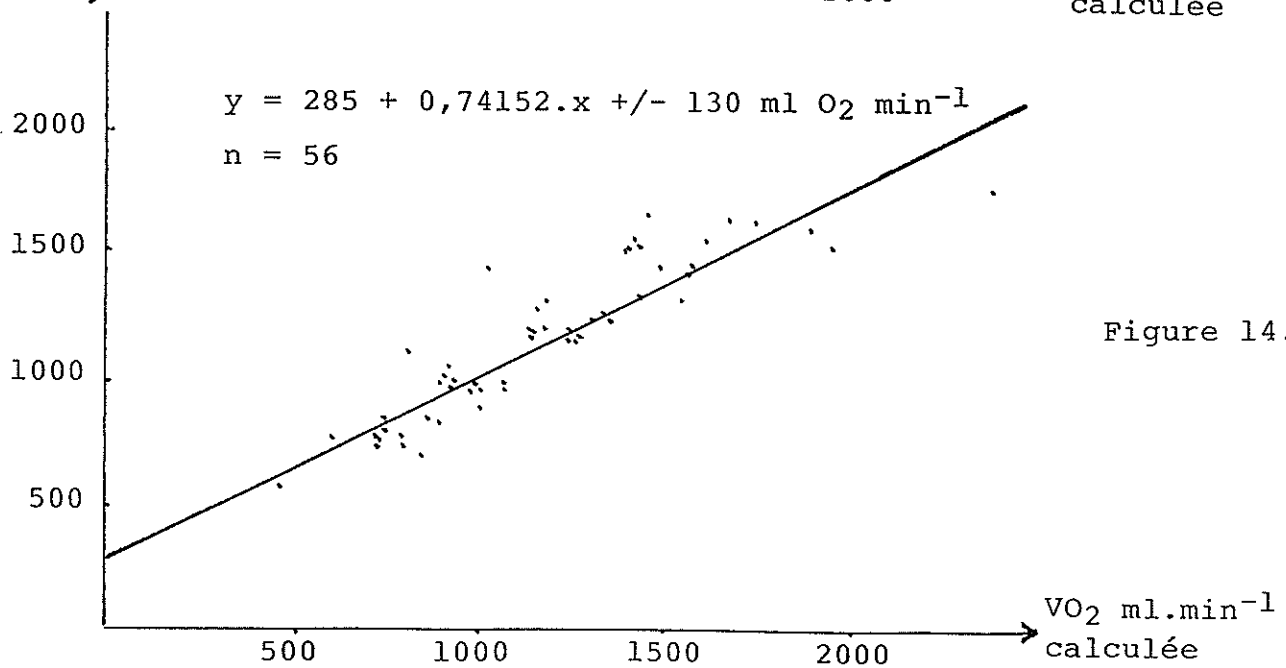


Figure 14.

Figures 13 et 14 : Validation de l'expression représentative de $C_n = f(W)$ chez la population féminine (13) et masculine (14). VO₂ observée à 30, 50, 75 et 100 watts est exprimée en fonction de VO₂ calculée.

Sujets F	W Repos ml/min	30W			50W			75W			dt % 30 W	dt % 50 W	dt % 75 W
		VO2			VO2			VO2					
		Obs.	Calc.	d	Obs.	Calc.	d	Obs.	Calc.	d			
ANG	171	701	612	-89	889	763	-126	1106	985	-121	-12.7	-14.2	-10.9
BEL	367	835	924	89	1058	1115	56	1303	1396	93	10.7	5.3	7.1
BES	211	616	652	36	792	803	10	1117	1025	-92	5.9	1.3	-8.2
CEN	228	744	746	3	824	923	99	1085	1185	100	0.4	12.0	9.2
CHA	213	728	646	-82	851	794	-57	1081	1013	-68	-11.2	-6.7	-6.3
COU	222	678	686	8	888	845	-43	1098	1079	-19	1.2	-4.9	-1.7
FOU	203	744	605	-138	967	743	-225	1196	946	-250	-18.6	-23.2	-20.9
GAN	246	714	710	-4	870	869	-1	1128	1103	-25	-0.5	-0.1	-2.2
JUL	312	760	900	140	988	1101	113	1201	1397	197	18.4	11.4	16.4
PEY	288	781	1008	227	939	1254	314	1283	1617	333	29.0	33.5	26.0
PLA	254	725	734	9	924	898	-26	1178	1140	-38	1.2	-2.8	-3.2
PUY	314	730	879	149	898	1072	174	1066	1357	291	20.4	19.4	27.3
TOU	302	901	743	-157	918	894	-24	1226	1116	-109	-17.5	-2.6	-8.9
Y MOY	256	743	758	15	908	929	20	1159	1181	22	2.1	2.2	1.8
Ecart Type	56	70	130	115	71	158	136	78	200	171	14.8	14.6	14.6

Tableau XIV : VO2 observée et VO2 calculée pour chaque puissance

chez les femmes.

d = VO2 calculée - VO2 observée

dt % = estimation de l'erreur introduite en pourcentage.

W	Repos VO2 ml/min	30W			50W			75W			100W			dt % 50 W	dt % 75 W	dt % 100W	
		VO2			VO2			VO2			VO2						
		Obs.	Calc.	d	Obs.	Calc.	d	Obs.	Calc.	d	Obs.	Calc.	d				
Sujets H																	
BEL	550	1170	1268	98	1450	1568	118	1530	1970	440	1760	2404	644	8.4	8.1	28.7	36.6
BES	420	990	996	6	1220	1236	16	1320	1558	238	1600	1907	307	0.6	1.3	18.1	19.2
BRO	290	780	804	24	960	1018	58	1240	1306	66	1550	1617	67	3.1	6.1	5.3	4.3
CHD	380	840	912	72	1080	1135	55	1340	1433	93	1630	1755	125	8.6	5.1	6.9	7.6
CHA	340	700	860	160	950	1077	127	1250	1368	118	1630	1683	53	22.9	13.4	9.5	3.2
CHZ	120	570	473	-97	770	620	-150	1110	818	-292	1450	1031	-419	-17.0	-19.5	-26.3	-28.9
FRA	330	790	745	-45	1010	918	-92	1180	1150	-30	1520	1401	-119	-5.7	-9.1	-2.5	-7.8
FRU	320	760	735	-25	970	908	-62	1210	1140	-70	1520	1391	-129	-3.3	-6.4	-5.8	-8.5
JUL	340	740	811	71	880	1007	127	1150	1270	120	1410	1555	145	9.5	14.4	10.5	10.3
KUH	310	790	756	-34	1010	942	-68	1320	1191	-129	1660	1461	-199	-4.3	-6.8	-9.8	-12.0
LAU	410	850	881	31	970	1077	107	1270	1340	70	1550	1625	75	3.6	11.0	5.5	4.8
NEG	370	770	803	33	960	984	24	1170	1227	57	1450	1489	39	4.3	2.5	4.9	2.7
PAG	340	870	767	-103	980	945	-35	1210	1185	-25	1540	1443	-97	-11.8	-3.5	-2.1	-6.3
PLA	340	820	761	-59	1050	937	-113	1280	1172	-108	1560	1427	-133	-7.2	-10.8	-8.4	-8.5
Y MOY	347	817	827	9	1019	1027	8	1256	1295	39	1559	1585	25	0.8	0.4	2.5	1.2
Ecart Type	92	138	173	76	159	209	95	104	258	175	93	312	252	10.1	10.1	13.3	15.5

Tableau XV : VO2 observée et VO2 calculée pour chaque puissance

chez les hommes.

d = VO2 calculée - VO2 observée

dt % = estimation de l'erreur introduite en pourcentage.

Comme on peut le constater, l'erreur moyenne introduite est de l'ordre de 2 % aussi bien chez les femmes que chez les hommes, avec un écart type inférieur à 15 % pour les séries de mesures allant de 30 à 100 watts.

6-4-2-3- Estimation indirecte des dépenses énergétiques au cours du test proposé

6-4-2-3-1- Valeurs absolues.

Les valeurs individuelles à 25 watts et 50 watts sont estimées à l'aide des expressions de la figure 12.

6-4-2-3-2- Valeurs relatives.

Ces mêmes valeurs sont exprimées en regard de VO₂ FMT obtenue par extrapolation des couples de valeurs fc - VO₂ à 25 et 50 watts.

La figure 15 montre le mode de détermination graphique : VO₂ FMT est obtenue par extrapolation de la relation linéaire théorique fréquence cardiaque - consommation d'oxygène.

En pratique, VO₂ FMT peut être calculée à l'aide de l'expression suivante issue de la figure 15 :

$$\text{VO}_2 \text{ FMT} = (\text{VO}_2 50 - \text{VO}_2 25) \frac{(\text{FMT} - \text{fc } 25)}{\text{fc } 50 - \text{fc } 25} + \text{VO}_2 25$$

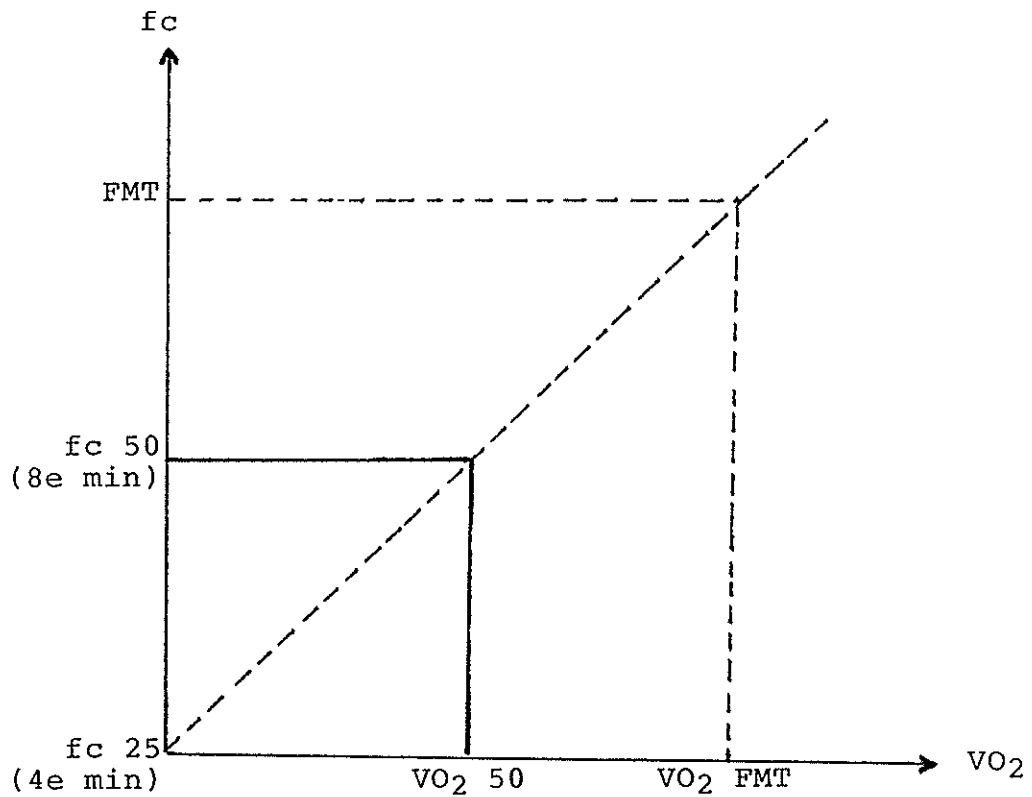


Figure 15 : Détermination de VO2 FMT : la consommation d'oxygène (VO2) est en abscisse, la fréquence cardiaque (fc) en ordonnée. VO2 FMT est obtenue en prolongeant jusqu'à FMT, la droite passant par les points d'intersection VO2 25 - fc (4 min) et VO2 50 - fc (8 min)

7 - résultats

.....

7 - 1 - REACTIONS CARDIO-VASCULAIRES A L'EFFORT

Les tableaux XVI et XVII montrent les résultats des calculs de puissance maximale correspondant à FMT suivant les 3 déterminations de FMT (Astrand, Scheffield, Alabouvette).

Nous rappelons que ces calculs sont issus de la formule :

$$\text{WFMT} = 25 \frac{(\text{FMT} - \text{fc } 25)}{\text{fc } 50 - \text{fc } 25} + 25$$

On retrouve également dans ces tableaux les résultats du calcul de l'indice de récupération :

$$\text{IR} = \text{fc } 25 \text{ watts (12 min)} - \text{fc } 25 \text{ watts (4 min)}$$

Avant que les sujets de notre population ne soient revus en consultation (afin d'évaluer les éventuelles modifications des réactions à notre test après plusieurs mois), un premier essai de cotation a été effectué pour interpréter les premiers résultats obtenus.

Pour WFMT une échelle de valeurs a été proposée en fonction des observations (tableau XVIII).

Pour l'appréciation de la récupération, celle-ci étant une fonction inverse de la différence $\text{fc (12e min)} - \text{fc (4e min)}$, l'indice de récupération a été comparé aux valeurs exprimées dans le tableau XIX.

Les résultats sont exprimés dans les tableaux XX et XXI. Ils permettent de faire les constatations suivantes : en fonction de la cotation utilisée (tableau XVIII et XIX), l'adaptation à l'effort exprimée par WFMT paraît satisfaisante dans la population observée, aussi bien chez les hommes que chez les femmes.

En effet, seulement 5 ou 6 femmes (selon les différentes estimations de FMT) obtiennent une WFMT classée P, c'est à dire inférieure à 70 watts. Tous les autres sujets se situent dans les classes AB, B ou TB.

La récupération, selon notre mode d'approche, paraît par contre relativement moins bonne puisque dans la même population, 27 femmes et 2 hommes sont notés insuffisants.

Sujet F	WFMT (220-âge)	WFMT (Scheffield)	WFMT (Alabouvette)	IR
SAD	48	52	72	12
JAY	84	88	105	3
LEG	98	102	117	10
MEA	121	127	154	1
VAL _m	76	79	93	-4
VAL _e	72	76	95	10
GAB _{ml}	112	115	132	6
STA	102	108	135	7
GAB _s	96	101	120	5
BOU	118	123	145	13
GRA	158	167	208	-1
CON _{mad}	71	74	87	12
VIG1	99	104	125	4
VIL	95	100	121	8
VAN	51	56	79	-24
CHO	182	195	253	2
MER	163	168	193	-3
ABO	187	193	225	7
VIG2	133	136	154	5
MIL	86	90	111	3
CHI	117	120	135	5
CUR	62	64	75	10
HEL	85	90	110	5
ALL	99	103	124	4
PER	92	95	108	11

suite page suivante

Sujet F	WFMT (220-âge)	WFMT (Scheffield)	WFMT (Alabouvette)	IR
LAN	121	129	163	0
DES	128	133	158	-2
BLA	186	197	242	-1
LEC	73	77	93	2
CAC	171	179	205	16
VAR	108	114	139	8
ROB	102	106	121	2
JUL	83	87	104	18
PER	115	125	171	1
TUQ	60	63	75	9
PRA	88	92	114	8
BRE	89	92	108	0
MON	128	135	165	3
DES	91	96	125	2
PIC	134	139	166	4
LAP	146	151	178	2
KHU	107	114	144	11
PON	107	111	134	-3
VER	104	108	127	3
REQ	82	84	99	16
FRA	73	77	95	11
JUD	67	76	117	10
BOU y	67	69	80	27
OLL	109	113	135	8
MOI	143	150	185	6
NIC	113	127	191	2
JAR	162	170	202	8
RIC	151	157	190	11
MAZ	177	186	233	-4
BAL	95	100	123	15

Tableau XVI : Calculs des puissances maximales correspondant à FMT (suivant les 3 estimations de FMT) et de l'indice de récupération IR chez les femmes.

Sujet H	WFMT (220-âge)	WFMT (Scheffield)	WFMT (Alabouvette)	IR
FER	130	172	169	3
MOI	234	303	297	-1
CLU	107	130	128	10
HEL	216	264	259	7
VIG	146	194	190	-4
VAL	86	118	116	0
PIC	140	202	197	5
REQ	170	225	220	5

Tableau XVII : Calculs des puissances maximales correspondant à FMT (suivant les 3 estimations de FMT) et de l'indice de récupération IR chez les hommes.

WFMT	COTATION
> 110	TB
110-90	B
90-70	AB
< 70	P

TABLEAU XVIII

Appréciation de WFMT
en watts

IR	COTATION
< 0	TB
0-5	B
> 5	I

TABLEAU XIX

Appréciation de la récupération

Abréviations :

- TB : très bien
- B : bien
- AB : assez bien
- P : passable
- I : insuffisant

SUJETS FEMMES	TB	B	AB	P
WFMT 220-A	22	15	12	6
WFMT Scheffield	26	13	11	5
WFMT Alabouvette	39	10	6	0
SUJETS HOMMES	TB	B	AB	P
WFMT 220-A	6	1	1	0
WFMT Scheffield	8	0	0	0
WFMT Alabouvette	8	0	0	0

TABLEAU XX - Nombre de sujets appartenant à chaque classe de cotation de l'adaptation cardio-vasculaire en fonction des 3 estimations de WFMT.

IR	TB	B	I
Sujets femmes	8	21	26
Sujets hommes	2	4	2

TABLEAU XXI - Nombre de sujets appartenant à chaque classe de cotation de l'indice de récupération.

7 - 2 - ESTIMATION BIO-ENERGETIQUE

Les tableaux XXII et XXIII donnent les différentes valeurs de consommation d'O₂ estimée au repos, à 25 watts et 50 watts ainsi que les fréquences cardiaques correspondantes observées au cours du test.

Les dépenses énergétiques relatives à VO₂ FMT figurent également dans ces 2 tableaux selon les 3 estimations de FMT (Astrand, Scheffield, Alabouvette).

Les consommations d'O₂ sont ici exprimées en ml.min⁻¹.

A partir des valeurs figurant sur les tableaux XXII et XXIII, une représentation graphique de la relation existant entre fréquence cardiaque et VO₂ calculée a été faite chez les hommes et chez les femmes (figures 16 et 17).

Nous avons fait apparaître sur la figure 17 (population masculine) 4 points représentatifs de 4 couples de valeurs observées chez 4 hommes lors d'un précédent travail (28).

Nous rappelons que ces 4 sujets avaient subi une épreuve d'effort à puissance croissante, ceci jusqu'à détermination de la fréquence cardiaque maximale réelle observée et avec mesure directe de la VO₂ correspondante.

Le fait que ces 4 points s'intègrent parfaitement au sein de notre représentation graphique apporte un certain crédit à l'estimation bio-énergétique effectuée.

Sujet F	TEST						F.M.T.					
	REPOS		25 W		50 W		220-AGE		SCHEFFIELD		ALABOUVETTE	
	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂
SAD	76	199	129	552	153	718	151	704	155	732	174	863
JAY	68	258	102	718	125	933	156	1223	160	1260	176	1410
LEG	63	206	80	574	106	746	156	1077	160	1103	176	1209
MEA	81	298	105	828	119	1076	159	1785	162	1838	177	2103
VAL _m	68	218	95	607	125	789	156	977	160	1001	176	1098
VAL _e	71	214	108	596	132	775	153	932	157	961	175	1096
GAB _{ml}	71	206	89	574	110	746	162	1172	165	1196	179	1311
STA	79	258	110	718	125	933	156	1377	160	1435	176	1664
GAB _s	72	206	101	574	121	746	158	1064	162	1099	177	1228
BOU	59	222	73	619	94	804	151	1306	155	1341	174	1509
GRA	73	262	111	729	120	947	159	1892	162	1964	177	2328
CON _{mad}	65	246	93	685	126	890	154	1064	158	1089	175	1194
VIG ₁	75	278	96	773	116	1005	155	1457	159	1504	176	1701
VIL	72	210	94	585	115	761	153	1079	157	1113	175	1264
VAN	60	274	130	762	151	990	152	1001	156	1044	175	1251
CHO	62	282	84	784	94	1019	144	2194	149	2312	171	2829
MER	56	199	77	552	92	718	160	1471	163	1504	178	1870
ABO	60	258	82	718	94	933	160	2116	163	2169	178	2438
VIG ₂	71	187	92	519	109	675	166	1198	168	1216	180	1327
MIL	75	250	98	696	120	904	152	1207	156	1244	174	1415
CHI	77	195	88	541	109	703	165	1135	168	1158	180	1251
CUR	72	214	101	596	139	775	157	860	161	879	177	954
HEL	77	234	116	652	134	847	159	1118	163	1161	177	1313
ALL	78	258	112	718	129	933	162	1350	165	1388	179	1565
PER	68	238	96	663	121	861	163	1194	166	1217	179	1320
LAN	73	242	97	674	111	875	151	1449	155	1507	174	1780
DES	68	206	97	574	112	746	159	1285	162	1319	177	1491
BLA	79	262	98	729	107	947	156	2134	160	2231	176	2618
LEC	56	206	86	574	118	746	147	902	152	929	173	1042
CAC	67	238	76	663	90	861	158	1823	162	1879	177	2091

suite page suivante

Sujet F	TEST						F.M.T.					
	REPOS		25 W		50 W		220-AGE		SCHEFFIELD		ALABOUVETTE	
	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂
VAR	65	171	86	475	105	617	149	946	154	983	173	1125
ROB	65	218	81	607	106	789	158	1168	162	1197	177	1306
JUL	68	278	104	773	127	1005	157	1273	161	1308	177	1451
PER	59	258	101	718	113	933	144	1488	149	1578	171	1972
TUQ	83	187	101	519	137	675	152	740	156	757	174	835
PRA	68	202	100	563	121	732	153	990	157	1022	175	1167
BRE	61	210	85	585	112	761	155	1041	158	1061	175	1172
MON	68	218	91	607	106	789	153	1359	157	1408	175	1626
DES	82	341	116	950	131	1234	156	1707	159	1764	176	2086
PIC	75	210	98	585	112	761	159	1352	162	1390	177	1578
LAP	64	242	84	674	99	875	157	1652	160	1692	176	1907
KHU	70	218	108	607	122	789	154	1205	158	1257	175	1478
PON	71	266	93	740	112	962	156	1476	159	1511	176	1710
VER	89	230	108	641	125	832	162	1248	165	1281	178	1427
REQ	71	222	93	619	121	804	157	1042	160	1062	176	1167
FRA	82	286	105	795	130	1033	153	1252	157	1290	175	1461
JUD	73	222	109	619	125	804	136	931	142	1001	168	1301
BOU y	83	274	103	762	137	990	161	1151	164	1171	178	1265
OLL	66	199	91	552	110	718	155	1111	158	1137	175	1286
MOI	85	246	98	685	110	890	155	1659	158	1710	175	2000
NIC	76	226	110	630	119	818	142	1298	147	1403	170	1883
JAR	77	333	107	928	117	1206	162	2457	165	2540	178	2902
RIC	73	278	90	773	103	1005	156	1951	159	2004	176	2308
MAZ	76	278	100	773	109	1005	155	2191	158	2268	175	2706
BAL	63	326	104	906	122	1177	155	1674	158	1719	175	1975

Tableau XXII : Fréquences cardiaques et consommations d'oxygène estimées correspondantes, au repos à 25 W, à 50 W et suivant les 3 estimations de FMT chez les femmes.

Sujet H	TEST						F.M.T.					
	REPOS		25 W		50 W		220-AGE		SCHEFFIELD		ALABOUVETTE	
	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂	Fc	VO ₂
PER	59	332	80	795	96	1052	147	1871	174	2305	169	2225
MOI	62	291	89	835	97	1106	156	3105	178	3850	176	3782
CLU	69	295	80	634	103	839	155	1302	177	1499	175	1481
HEL	60	282	74	694	85	919	158	2412	179	2842	177	2801
VIG	68	300	96	704	108	932	154	1806	177	2243	175	2205
VAL	86	314	105	805	124	1066	151	1437	176	1780	174	1753
PIC	76	314	105	694	115	919	151	1729	176	2292	174	2247
REQ	72	295	97	684	107	906	155	1972	177	2460	175	2416

Tableau XXIII : Fréquences cardiaques et consommations d'oxygène estimées correspondantes, au repos à 25 W, à 50 W et suivant les 3 estimations de FMT chez les hommes.

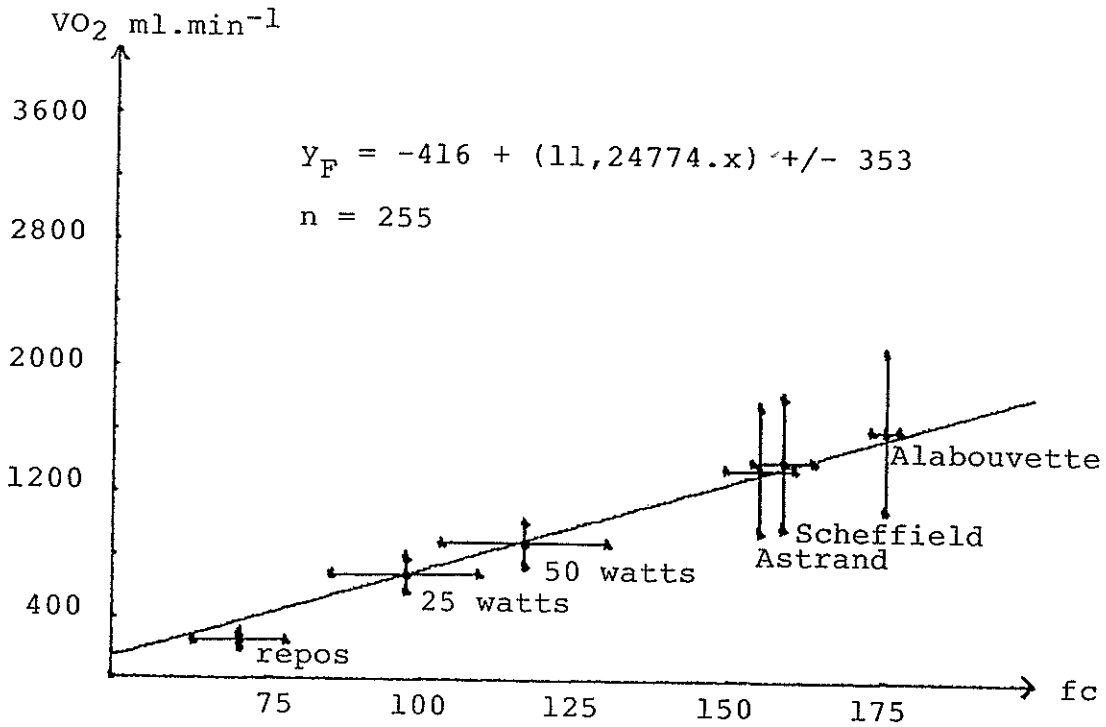


Figure 16 : Représentation de la relation fc - VO₂ calculée de la population féminine.

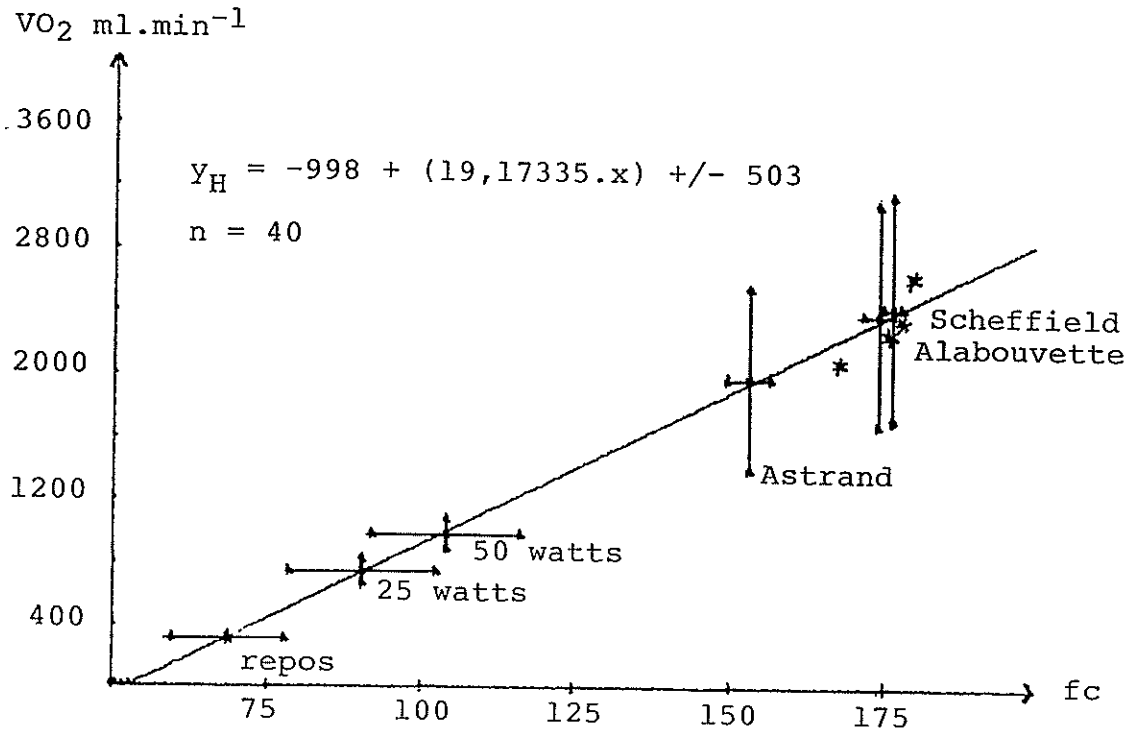


Figure 17 : Représentation de la relation fc - VO₂ calculée de la population masculine.

* : ces 4 points représentent les 4 couples de valeurs fc Max - VO₂ Max observées (mesures effectuées lors d'un précédent travail (28))

8 - discussion et conclusion

Un essai de corrélation entre l'adaptation à l'effort (exprimé par WFMT) et la consommation d'oxygène à FMT d'une part, et entre la "récupération" (IR) et cette même consommation d'oxygène d'autre part, a été tenté.

Ce travail n'a pu être réalisé que pour la population féminine, trop peu d'hommes (8 seulement) ayant subi notre petit test.

Par commodité de présentation, nous n'avons travaillé ici que pour $FMT = 220 - \hat{\text{age}}$.

De plus, nous avons exprimé la consommation d'oxygène en $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

La figure 18 et le tableau XXIV montrent l'existence d'une relation évidente entre les cotations utilisées pour juger de l'adaptation cardiovasculaire (voir paragraphe 7-1-) et la consommation d'oxygène à FMT ($220 - \hat{\text{age}}$).

On note toutefois pour la cotation "TB" un écart type supérieur ; ceci vient du fait que cette cotation correspond à toutes les valeurs de WFMT au delà de 110 watts.

Nous n'avons, en revanche, pas pu établir de corrélation nette entre les cotations utilisées pour estimer la "récupération" et l'aspect métabolique (tableau XXV).

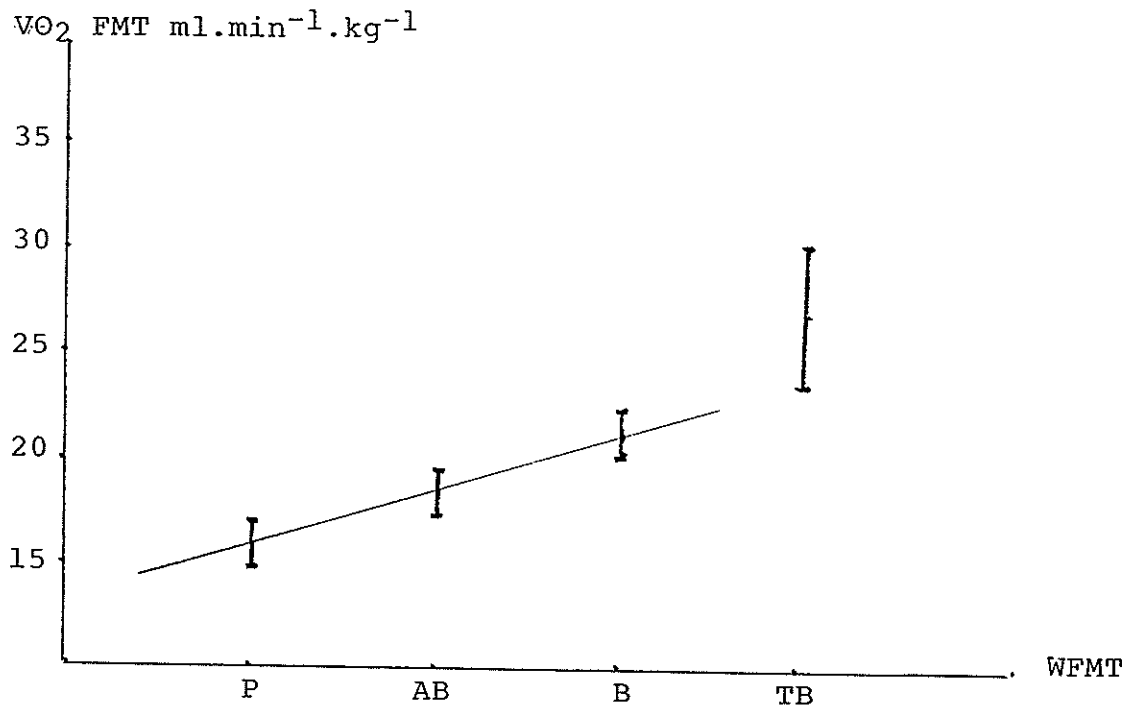


Figure 18 : Relation entre le système de cotation de l'adaptation cardio-vasculaire et la consommation maximale d'oxygène à FMT.

COTATION DE WFMT	VO2 FMT ml.min. ⁻¹ .kg ⁻¹
P	16 + ou - 1
AB	18 + ou - 1
B	21 + ou - 1
TB	27 + ou - 3

Tableau XXIV : VO2 FMT correspondant aux différentes cotations de l'adaptation cardio-vasculaire.

IR	VO2 FMT ml.min. ⁻¹ .kg ⁻¹
I	21 + ou - 5
B	22 + ou - 3
TB	25 + ou - 6

Tableau XXV : VO2 FMT correspondant aux différents indices de récupération.

En conclusion, ce petit test d'aptitude à un exercice physique modéré (correspondant à l'activité recherchée par les sujets âgés) présente certains avantages.

C'est un test d'effort sous-maximal court qui n'implique pas nécessairement d'être réalisé à proximité d'une unité de soins intensifs : la charge de travail, modeste, est suivie sous contrôle ECG permanent.

La bicyclette ergométrique utilisée est un instrument auquel tout le monde ou presque peut s'adapter ; elle permet de plus une référence quantitative de l'effort fourni par le sujet.

Les observations faites sont évidemment insuffisantes pour conclure notamment sur la validité des cotations utilisées. Une rectification pourra éventuellement être faite, par exemple en définissant des indices de cotation différents en fonction du sexe.

L'amélioration de la méthode d'approche énergétique et de la prévision de VO_2 FMT semble, quant à elle, passer par une expression de VO_2 en $ml.min^{-1}.kg^{-1}$.

En effet, la référence au kilogramme de poids corporel doit permettre de mieux prendre en compte les différences individuelles et d'envisager une meilleure comparaison entre les femmes et les hommes.

Pour ces raisons, un plus grand nombre d'observations est indispensable. Il est d'ailleurs prévu d'effectuer une deuxième série de mesures sur la même population et avec le même test.

Ce sera l'objet d'un prochain travail.

B I B L I O G R A P H I E

- 1 - ALABOUVETTE G., BERTHOLON M., HELFRE G., CHATARD J.C., GEYSSANT A. et LACOUR J.R.
Effort maximal, fréquence cardiaque maximale et lactacidémie en électrocardiographie d'effort. Etude comparative.
Arch. Mal. Coeur, 77ème année, 1984, n°12, 1301-1306.
- 2 - ALABOUVETTE Co. et Coll.
Aptitude physique, état cardio-vasculaire et entraînement de fond chez le sujet âgé de plus de 60 ans.
La Revue de Gériatrie, déc. 1987, tome 12, n°10, 456-462.
- 3 - ALABOUVETTE G., CHATARD J.C., DENIS C., LACOUR J.P.
Effet de l'entraînement physique sur l'état cardio-vasculaire et musculaire du sujet âgé.
Retraite Active Sportive. Chiron.
- 4 - ALIX L., MOST Ph., MEYER S., ALIX G.
Bénéfices organiques et phycho-sociaux des activités physiques et sportives au 3ème âge.
Sport Médecine 36, 1989, 31-36.
- 5 - ASTRAND I.
Aerobic work capacity in men and women with special reference to age.
Acta Physiol. Scand., 49 (suppl. 169), 1960.
- 6 - ASTRAND P.O.
Quantification of exercise capability and evaluation of physical capacity in man.
Progress in Cardiovascular Diseases, 1976, XIX, n°1, 51-67.
- 7 - ASTRAND P.O., CUDDY T.E., SALTIN B., STENBERG J.
Cardiac output during maximal and submaximal work.
J. Appl. Physiol., 1964, 19, 268-274.
- 8 - ASTRAND P.O., RHYMING I.
A nomogram of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work.
J. Appl. Physiol., 1954, 7, 218.
- 9 - BENEZIS C., SIMERAY J., SIMON L.
Le sportif à 50 ans.
Masson 1988, 224 pages.
- 10 - BUSSEL B., RIBEYRE J.P.
Le muscle sénile.
Gaz. Médi. Fr 1975, Vol 82 n°3.

- 11 - CHASSAIN A.P.
Méthode d'approche objective de la tolérance de l'organisme à l'effort :
application à la mesure des puissances critiques de la fréquence cardiaque
et de la lactatémie.
Sciences et Sports, 1986, 1, 41-48.
- 12 - CHATARD J.C., CHAPPARD D., ALABOUVETTE G.
Influence de l'activité physique sur le métabolisme osseux des sujets
de plus de 60 ans.
Retraite Active, Retraite Sportive, Chiron.
- 13 - DICKSON J.
L'utilisation de l'indice cardiaque de Ruffier dans le contrôle médico-
sportif.
Méd. Educ. Phys. Sport, 1950, 2, 65-80.
- 14 - ERNOULT J.P.
Situation et perspectives des activités physiques du 3ème âge en France :
politique suivie par le Ministre Temps libre - Jeunesse et sport.
La Revue de Gériatrie, 1983, T 8, 9, 443-446.
- 15 - ERNOULT J.P.
Quelle prévention par l'activité physique ?
Gérontologie et Société, 92-96, cahier n°38.
- 16 - FORMARIS E., VANUXEM P., DUFLOT J.C., GRIMAUD Ch.
La sénescence de l'appareil respiratoire.
Méd. du Sport, mars 1983, 34-98, 37-101.
- 17 - GERSENBLITH G., LAKATTA E.G., WEISFELDT M.L.
Age changes in myocardial function and exercise response.
Progress in Cardiovascular Diseases, 1976, 19, 1-21.
- 18 - GOLLNICK P. et al.
Effects of training on enzyme activity and fiber composition of human
skeletal muscle.
J. Appl. Physiol., 1973, 34:107.
- 19 - GOLLNICK P. and SALTIN B.
Significance of skeletal muscle oxidative enzyme enhancement with
endurance training.
Clin. Physiol., 1983, 2:1.
- 20 - GUILLET R., GENETY J., BRUNET-GUEDY E.
Médecine du sport.
Masson 4è e., 1984, 520 pages.
- 21 - GUILLET R. GENETY J.
Abrégé de médecine du sport.
Masson 2è e, 1975, 394 pages.
- 22 - HARICHAUX P.
Activité physique et âge libre.
Le Courrier du Corps, janvier 1988, n°78, 9-16.

- 23 - JETTE M.
An exercise prescription program for use conjunction with canadian home fitness test.
Can. J. Public. Health, 1975, 66, 461-464.
- 24 - KARLSSON J., et al.
Muscle lactate, ATP and CP levels during exercise after physical training in man.
J. Appl. Physiol., 1972, 33:199.
- 25 - KIESSLING K.
Effects of physical training on ultrastructural features in human skeletal muscle.
In Muscle Metabolism During Exercise. Edited by B. Pernow and B. Saltin.
New York, Plenum Press, 1971.
- 26 - KJELLBERG S. et al.
Increase of the amount of hemoglobin and blood volume in connection with physical training.
Acta Physiol. Scand., 1949, 19:146.
- 27 - LABROUSSE A., MEYER S., ANTONINI M.T., SAUVAGE P., CHASSAIN A.P.
Test d'adaptation fonctionnelle à une activité physique modérée chez le sujet âgé.
Mémoire 1990.
- 28 - LABROUSSE A., BLANC P., ANTONINI M.P., MEYER S., DALMAY F., CHASSAIN A.P.
Puissance plafond en aérobiose stricte chez le sujet de 60 ans.
Sport Médecine Actualités, 1989, 36, 13-22.
- 29 - LEHMANS J.M.
Spécificité des problèmes psychomoteurs des personnes âgées.
La psychomotricité en Gériologie, 1980, Vol. 4, 105-117.
- 30 - MAC ARDLE W.D. and Coll.
Reliability and interrelation ships between maximal oxygen uptake, physical work capacity, ans step test scores in college women.
Med. Sci. Sports, 1972, 4:182.
- 31 - MAC ARDLE W.D., KATCH F., KATCH V.
Exercice physiology 2ème ed., 1986, Leact Febiger.
- 32 - MAC DOUGALL J.D. et al.
Biochemical adaptation of human skeletal muscle to heavy resistance training and immobilization.
J. Appl. Physiol., 1977, 43:700.
- 33 - MAGEL J.R. et al.
Metabolic and cardiovascular adjustment to arm training.
J. Appl. Physiol., 1978, 45:75.

- 34 - MARQUET P., KINIFFO F., CHASSAIN A.P.
Apports et limites des épreuves d'effort chez le sujet sain à partir de 60 ans.
RBM, 1989, Vol. 11, n°5, 291-294.
- 35 - MEYER S., BLANC P., LABROUSSE A., TESSIER J.F., ALIX L., JUNKA D., ERNOULT J.P., CHASSAIN A.P.
Examen médico-sportif du retraité - Certificat d'aptitude à l'activité physique après la retraite.
Médecine du Sport 1988, 17-20.
- 36 - MEYER S., LABROUSSE A., TESSIER J.F., SAUVAGE P.
L'examen médico-sportif du retraité.
Sport Médecine 36, 1989, 9-12.
- 37 - MONOD H., FLANDROIS R.
Physiologie du sport.
Masson 2è ed., 1989, 225 pages.
- 38 - MORGANROTH J. et al.
Comparative left ventricular dimensions in trained athletes.
Ann. Intern. Med., 1975, 82:521.
- 39 - FIGURE 30-4 : pourcentage de graisse et âge.
(PARIZKOVA J. : body composition and exercise during growth and development.
Dans Physical Activity : Human Growth and Development. Coordonné par G.L. RARICK. New York, Academic Press, 1974).
- 40 - PATTENGAL P.K., and HOLLOSKY J.O.
Augmentation of skeletal muscle myoglobin by programs of treadmill running.
Am. J. Physiol., 1967, 213:783.
- 41 - PILARDEAU P.
Manuel pratique de médecine du sport.
Masson 1987, 190 pages.
- 42 - PLAS F.
Réflexions sur la pratique des épreuves d'effort en médecine du sport.
Médecine du Sport, 1972, 1, 35-40.
- 43 - PLAS F., PORTE G.
Examen cardiologique et sport au 3ème âge.
Tonus 81, n°550.
- 44 - ROHMAN D., JONES W.B., SHEFFIELD L.T.
Comparison of submaximal exercise ECG test with coronary cineangiogram.
Ann. Intern. Med., 1970, 72, 641.
- 45 - RUFFIER J.E.
Traité pratique de gymnastique médicale.
Physis. Ed. Paris, 1950.

- 46 - SCHEFFIELD L.T.
Exercise stress testing in braunwald, heart disease, a textbook of cardiovascular medicine.
Edit W.B. Saunders Company, 1980, 1, 258-278.
- 47 - SCHEFFIELD L.T., HOLT J.H., REEVES T.J.
Exercise graded by heart rate in electrocardiographic testing for Angina Pectoris Circulation, 1965, 32, 622-629.
- 48 - SPIRDUSO W.W.
Reaction and movement time as a function of age and physical activity level.
J. Gerontol., 1975, 30:435.
- 49 - THORSTENSSON A. et al.
Enzyme activities and muscle strength after sprint training in man.
Acta Physiol. Scand., 1975, 94:313.
- 50 - WULLAERT P.
Guide pratique de médecine du sport.
Masson 1984, 247 pages.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	12
1 - GENERALITES	14
2 - NOTION DE VIEILLISSEMENT	18
2-1- Niveau cellulaire	20
2-2- Niveau tissulaire	20
2-3- Niveau organique	21
2-3-1 Modifications morphologiques et anatomiques	21
2-3-2 Modifications respiratoires essentielles	22
2-3-3 Modifications cardio-vasculaires	23
2-3-4 Modifications neuro-musculaires	23
2-3-5 Modifications des métabolismes	24
3 - INTERET DES ACTIVITES PHYSIQUES CHEZ LE SUJET AGE	28
3-1- Préservation du "bien être" psychologique	29
3-2- Lutte contre le vieillissement	29
3-2-1 Niveau ostéo-articulaire	30
3-2-2 Niveau cardio-vasculaire	30
3-2-3 Niveau du système respiratoire	32
3-2-4 Niveau neuro-musculaire	33
3-2-5 Niveau métabolique	34
3-2-6 Principe de réversibilité	37
4 - RISQUES ET PRATIQUE SPORTIVE DU 3ème AGE	38
4-1- Risques en fonction du système	39
4-1-1 Système ostéo-articulaire	39
4-1-2 Système cardio-vasculaire	40

4-2- Risques en fonction des antécédents sportifs	40
4-2-1 Les "sportifs de toujours"	40
4-2-2 Les "anciens sportifs"	40
4-2-3 Les "néophytes"	41
5 - SURVEILLANCE MEDICALE DU SPORTIF DU 3ème AGE	42
5-1- Examen clinique	44
5-1-1 Interrogatoire	44
5-1-2 Examen proprement dit	44
5-2- Examens biologiques	46
5-2-1 Bilan à pratiquer chez le sportif âgé	46
5-2-2 Les observations	47
5-3- Tests médico-sportifs	53
5-3-1 Les épreuves d'aptitude courtes (sans signification énergétique)	53
5-3-2 Les explorations fonctionnelles	56
6 - MATERIEL ET METHODES	62
6-1- Les sujets	63
6-1-1 Présentation de la population étudiée	63
6-1-2 Pathologies associées	65
6-1-3 Choix de la bicyclette ergométrique	66
6-2- Description du test	66
6-3- Observations	67
6-4- Traitement des observations	71
6-4-1 Appréciation des réactions cardio-vasculaires	71
6-4-2 Appréciation bio-énergétique de l'effort fourni au cours du test proposé	74

7 - RESULTATS	84
7-1- Réactions cardio-vasculaires	85
7-2- Estimation bio-énergétique	91
8 - DISCUSSION ET CONCLUSION	96
BIBLIOGRAPHIE	102
TABLE DES MATIERES	107

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les moeurs ni à favoriser les crimes.

Reconnaissant envers mes maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes confrères pour des frères et s'ils devaient entreprendre la Médecine ou recourir à mes soins, je les instruirai et les soignerai sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné à jamais de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole, et que je me parjure, puissè-je avoir un sort contraire.