**République Algérienne Démocratique et populaire**

**Ministère de l’enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Larbi Ben M’Hidi Oum El Bouaghi**

**Institut des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives**

|  |
| --- |
| **Théorie et Méthodologie de l’entrainement** |

**Cours destinés aux étudiants de 1èer année Master «  Préparation Physique »**

**Semestre 2**

**Programme avalisé par le CPND et le MERS**

**Réalisé par Dr Ghennam Noureddine**

**Sommaire**

**1ère Partie :**

**« Savoirs physiologiques et techniques d’entrainement »**

**I/ Notion de VO2 max**

**II/ Notion de Seuils**

**III/ Notion de dette d’oxygène**

**IV/ Fréquence Cardiaque**

**V/ Notion de charge d’entrainement**

**2eme Partie**

**«  Savoirs anthropométriques et techniques d’entrainements »**

**I/ Notion de poids**

**II/ Notion de régimes de travail en relation avec le type de contraction**

**3eme Partie**

**« Optimisation de la musculature »**

**I/ Apport des connaissances**

**II/ Analyse fonctionnelle des mouvements**

**III/ Notion d’hypertrophie musculaire**

**IV/ Notion de force musculaire.**

**1ère Partie**

**Savoirs physiologiques et techniques d’entrainement**

**Notion de VO2 max**

**"Le" ou "la" VO2max ?**  
A l’écrit et en abrégé, la consommation maximale d’oxygène devient LE VO2max et non la VO2max.   
Pour montrer qu’il n’est pas fait référence à un volume (en litres) mais bel et bien à un débit (en litres par minute).   
De surcroît un point doit être inséré sur le ‘’V’’ de VO2max, mais qui est souvent oublié que ce soit par négligence ou pour raison pratique.

**Définition**

Le VO2max représente la capacité de l’organisme à inhaler, transporter et utiliser l’oxygène afin de permettre la libération d’énergie des différents substrats.

Autres définitions :

La consommation maximale d’oxygène symbolisée par le fameux sigle [VO2max](javascript:void(window.open('popup-glossaire--105.html%20%20%20','','resizable=yes,location=no,menubar=no,scrollbars=no,status=no,toolbar=no,fullscreen=no,dependent=no,width=400,height=400,left=400,top=400'))), représente le débit maximum d’oxygène qu’un individu est amené à consommer sur un moment précis. C’est la puissance maximale du renouvellement énergétique via la filière aérobie, c’est la non moins fameuse [PMA](javascript:void(window.open('popup-glossaire--158.html%20%20%20','','resizable=yes,location=no,menubar=no,scrollbars=no,status=no,toolbar=no,fullscreen=no,dependent=no,width=400,height=400,left=400,top=400'))). L’aptitude d’un individu à réaliser un exercice intense d’une durée supérieure à deux minutes dépend grandement de sa capacité à prélever puis transporter et ensuite utiliser l’oxygène depuis l’air ambiant jusqu’aux fibres musculaires actives, et qui détermine son VO2max.  
  
**La consommation maximale d’oxygène : pour quelles valeurs ?**   
La consommation maximale d’oxygène est exprimée en valeurs absolues (l.min-1) ou en valeurs relatives (ml.min-1.kg-1).

[**Les facteurs qui influent sur le VO2max**](http://www.nutri-site.com/actualite-entrainement--vo2-augmenter-performances-sportives-actu-02-2013--2--324.html)

**L’âge et le sexe**

Jusqu’à l’adolescence, la consommation maximale d’oxygène augmente progressivement, chez les filles comme chez les garçons, puis elle stagne, tout d’abord vers quinze ans chez les filles et vingt ans environ chez les garçons. Comment expliquer cette différence et notamment le fait que finalement, à l’âge adulte, les femmes possèdent généralement des VO2max inférieurs de 30 % aux hommes ?   
Dans un premier temps, l’augmentation des dimensions corporelles favorise l’apport et l’utilisation d’une plus grande quantité d’oxygène vers et par les muscles. Puis, progressivement, la croissance s’arrêtant, le VO2max stagne, tout d’abord chez les filles, puis chez les garçons. Par ailleurs, les femmes possèdent une plus faible quantité d’hémoglobine. Or, c’est ce pigment qui fixe l’oxygène sur le globule rouge et le transmet aux muscles pour subvenir aux besoins énergétiques. La consommation maximale d’oxygène stagne donc dès quinze (chez les filles) ou vingt ans environ (chez les garçons) puis, progressivement, dès l’âge de trente ans, diminue à raison de 10 % par décade. La perte de masse musculaire et la baisse de la capacité oxydative des muscles expliquent aussi ce phénomène.

**L’entrainement et la masse grasse**

**- L'entraînement** : si celui-ci est bien conduit, il peut l'augmenter considérablement. A l'inverse, un repos forcé, pour une blessure par exemple, la diminue.  
**- La masse grasse :** plus celle-ci est élevée, moins la VO2 max le sera.

**Le VO2max, un indicateur de performance**

La VO2 max peut être considérée comme un critère d'évaluation de la performance physique. Il donne une indication du niveau de forme et d'endurance d'un sportif. Plus sa valeur est élevée, plus le sportif est capable de maintenir un effort d'une certaine intensité sur la durée. Si le sportif augmente son VO2max par un entraînement, il pourra courir soit plus vite pour une même distance soit plus longtemps pour une même intensité.

Le VO2max peut ainsi être vue comme un facteur limitant des capacités sportives. Il constitue en effet une limite infranchissable en termes de débit d'oxygène. Le volume d'oxygène apporté à l'organisme augmente avec l'effort mais au-delà de VO2max, il ne peut plus augmenter. Cela ne veut pas dire pour autant que la puissance maximale développée par le sportif ou sa vitesse maximale est atteinte. Il peut aller au-delà mais pour un temps très court (quelques secondes ou minutes tout au plus).

La performance en  sport d'endurance dépend de trois facteurs.   
Elle peut être traduite par la formule :

**Vitesse *de course = F.VO2max / CE***

où :

- VO2max est la consommation maximale d’oxygène.  
- F est la puissance critique.  
- CE le coût énergétique.  
La consommation maximale d’oxygène, c’est donc le débit maximum d’oxygène qui peut être consommé par un individu. C’est la ‘’cylindrée’’ du sportif.   
La puissance critique représente la fraction d’utilisation du VO2max, c’est-à-dire la capacité pour un sportif de soutenir un certain pourcentage de sa puissance maximale, le VO2max. Sur marathon par exemple, certains coureurs pourront soutenir 85 % de leur VO2max, d’autres ‘’seulement’’ 80 %.  
Le coût énergétique constitue la dépense énergétique pour parcourir une distance donnée. Il est influencé par de nombreux facteurs, dont l’aspect technique par exemple.  
**Ne confondez pas !**  
Le VO2max, qui est la consommation maximale d’oxygène avec la Vitesse Maximale Aérobie ([VMA](javascript:void(window.open('popup-glossaire--180.html%20%20%20','','resizable=yes,location=no,menubar=no,scrollbars=no,status=no,toolbar=no,fullscreen=no,dependent=no,width=400,height=400,left=400,top=400')))) qui représente la vitesse du coureur lorsqu’il atteint sa consommation maximale d’oxygène.  
Deux coureurs peuvent posséder un même VO2max mais avoir des VMA différentes. Pour l’expliquer, reprenons notre formule : Vitesse de course = F.VO2max / CE. En l’adaptant à la situation, elle devient : Vitesse Maximale Aérobie = VO2max / CE. Le F qui exprime la puissance critique a disparu. A VMA, la fraction d’utilisation du VO2max est en effet égale à 1  
Le lien entre le VO2max et la VMA est donc évident : le coût énergétique.   
La différence de VMA qui peut exister entre deux coureurs de même VO2max s’explique par le fait qu’ils ne dépensent pas la même quantité d’énergie pour parcourir une distance donnée (i.e., coût énergétique différent).

**Effets protecteurs d'un niveau convenable de VO2max**

Une valeur basse de VO2 max est un signe de déconditionnement physiologique ; cette baisse est d'ailleurs observée avec l'âge (environ 1% par an après 30 ans). On n’estime qu'un VO2 max de 15 à 18 ml/kg/mn est nécessaire pour maintenir une vie autonome. Le surpoids et la sédentarité font chuter les valeurs. Le VO2 max peut-être augmenté, y compris après 70 ans, par des programmes simples d'activités physiques. Il s'agit de l'un des meilleurs moyens pour atténuer les effets du vieillissement et améliorer les profils de maladie à partir de 50 ans.

**Mesure de la VO2 max.**

Il existe des moyens de mesures dites directes, très précises mais nécessitant un plateau technique important avec du matériel très coûteux et ayant un prix pour le sportif. L'exercice est effectué sur tapis, vélo ou rameur selon la spécialité du sport à étudier, et les échanges respiratoires sont analysés au fur et à mesure de l'exercice jusqu'à l'effort maximal ou la consommation d'oxygène n'augmente plus (VO2 max) ; pour cela, le sportif effectue un effort de difficulté croissante (augmentation de la vitesse du tapis) jusqu'à l'épuisement en respirant dans un embout ou un masque relié à l'analyseur de gaz.   
Le grand intérêt de ce type de test est aussi de déterminer le seuil anaérobie très utile pour les plans d’entraînement. Ce seuil peut aussi être obtenu par des mesures de lactates à partir de micro prélèvements sanguins effectués au cours de l'épreuve ; cette méthode dite " lactique " attribue le seuil à une valeur de 4 milli mole par litre.

Les moyens de mesure indirecte font une estimation de la VO max : il existe des tests en milieu médical ou le sportif exécute un effort, la plupart du temps sur bicyclette ; le VO2 max est alors estimé à partir de table par un rapport entre la puissance de l'exercice et la fréquence cardiaque. La marge d'erreur peu atteindre 20 %.  
Il existe aussi des tests dits de terrain, sur piste, comme le test de Cooper ou celui de Leger-boucher (navette).

**La détermination de la VO2max par la méthode directe est la forme la plus précise**

Elle s'effectue à l'aide d'un analyseur d'échange gazeux qui enregistre la consommation en oxygène (VO2) au cours de l'effort. Ce protocole se réalise généralement en laboratoire sur ergo cycle ou tapis roulant. Il consiste, après un échauffement de 3 minutes, d'augmenter régulièrement (chaque minute généralement) l'intensité de l'exercice (15 à 20 watts ou 1 km/h pour les sédentaires à 30 watts ou 2 km/h pour les sportifs) de façon à durer dans une fourchette de travail de 10 à 12 minutes. Il est important de respecter cette durée. En effet, un effort trop long fausserait les valeurs du fait de la fatigue musculaire.

On considère que l'épreuve d'effort est maximale, lorsque les conditions suivantes sont atteintes:

    - Fc maximale théorique (220- âge)

    - plafond des valeurs de VO2max, malgré l'augmentation de la charge,

    - QR (VCO2/VO2 = quotient respiratoire) > 1.1

    - impossibilité du sportif à continuer l'épreuve, malgré les encouragements !

**La détermination de la VO2max par le VAMEVAL**

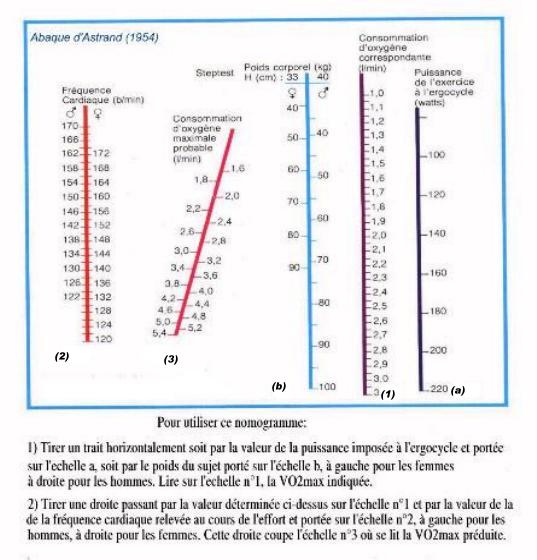
Vous démarrez sur tapis à 8km/h durant 2 minutes avec une pente de 1%, l’incrémentation ou l’augmentation de l’effort est de 0,5 km/h chaque minute ; votre fréquence cardiaque s’accélère, l’amplitude de la ventilation ainsi que sa fréquence vont augmenter. Il arrivera un moment où votre corps ne pourra pas consommer davantage d’oxygène, vous serez à votre VO2max.

 Par ailleurs, il existe depuis quelques années, un système de mesure portatif. Ce dernier a le très précieux avantage de permettre l'évaluation ldu sportif "sur le terrain".

Au cours de ces différentes épreuves, on peut aussi déterminer les [seuils ventilatoires.](http://physiomax.com.free.fr/les_seuils_ventilatoires____.htm)

**On peut déterminer aussi leVO2max par plusieurs méthodes indirectes.**

**Sur un ergo cycle**, à l'aide de l’[abaque Astrand](http://physiomax.com.free.fr/images/astrand.JPG).



Cette méthode consiste à extrapoler la puissance d'un l'exercice physique de 6 minutes donnant une fréquence cardiaque stabilisée (entre 130 et 165 batt/min) avec le VO2max prédite.

3) **Sur le terrain**, plusieurs tests peuvent être utilisés. Classiquement on travaille avec le test de Cooper ou celui de Léger et Bouchet. Ces derniers sont souvent utilisés par les entraîneurs car bon marché et très facile d'utilisation pour un grand nombre de sujets

De nombreux tests ont été réalisés afin de pouvoir évaluer la condition physique. Cependant, ils doivent être effectués en l'absence de toute contre-indication médicale à la pratique du sport.

Parmi les plus utilisés on note:

**\* Le test de Cooper:**

Ce type d'évaluation consiste à faire courir ou marcher un sujet pendant 12 minutes sur une piste d'athlétisme et de mesurer la distance maximale parcourue exprimée en mètres (**D**). A partir de ce résultat, on va pouvoir estimer la VO2max du sportif.

\* VO2max (ml/min.kg) = 0.022 x **D** - 10.39

=> Pour les athlètes déjà bien entraînés en endurance, une équation plus adaptée permet une meilleure estimation:

\*  VO2max (ml/min.kg) = 0.011 x **D** + 21.9

**\* Le test de Léger et Boucher:**

Dans ce cas, on demande à un sujet de courir sur une piste d'athlétisme à une vitesse croissante en palier successif jusqu'au moment où la vitesse atteinte ne peut plus être soutenue. La vitesse à atteindre est signalée par un bip sonore, délivrée en différents points (habituellement des plots), que le coureur doit atteindre en des temps précis. Le dernier palier terminé permet d'obtenir sa vitesse maximale aérobie ([VMA](http://physiomax.com.free.fr/vo2max.htm)). Les divers paliers sont étalonnés à vitesse croissante de 6 à 22.8 km/h.

\* VO2max (ml/min.kg) = 14.49 + 2.143 x VMA + 0.0334 X VMA 2

**\* Evaluer sa Fréquence cardiaque d'entraînement:**

Partant du principe qu'il existe une relation linéaire entre la fréquence cardiaque (Fc) et la consommation en oxygène (VO2), on peut estimer la VO2max à partir de la Fc maximale (Fcmax).

Ainsi,

Fcmax de réserve = Fcmax - Fcrepos

donc,

Fcmax = Fcmax de réserve + Fcrepos

Si on veut travailler efficacement en choisissant une intensité d'au moins 60 % de la VO2max, on applique l'équation suivante:

Fc d'entraînement = 0.6 X Fcmax de réserve + Fcrepos

Soit:

Fc d'entraînement =  0.6 x (Fcmax - Fc repos) + Fcrepos.

 Rappel: si l'on ne mesure pas la Fcmax sur le terrain on l'estimer à partir d'une équation théorique. Soit Fcmax théorique = 220 - âge

**\* Le test de Ruffier Dickson:**

Bien que ce test soit relativement ancien, il est reste encore utilisé dans de nombreux centres. Il ne permet pas de déterminer la VO2max mais constitue un bon indicateur de l'adaptation à l'effort. Ce test se réalise après une période de repos et doit être reproduit toujours dans les mêmes conditions. Il est basé sur la fréquence cardiaque (Fc).

Fc1 = Fc de repos

Fc2 = Fc mesurée après 30 flexions complètes des jambes (buste bien droit) exécutées en 45 secondes en respectant une même cadence (métronome à 80).

Fc3 = Fc prise après 1 minute de récupération, c'est-à-dire 1 minute 45 secondes après le début de l'effort.

**=> En appliquant la formule  ci-dessous, on obtient un indice qui "chiffre" la condition physique:**

**((Fc1 + Fc2 + Fc3) - 200) / 10 = indice**

Exemple: Fc1 = 60, Fc2 = 120, Fc3 = 60

((60 + 120 + 60) - 200) / 10 = 4

- Les résultats:

Indice < ou = 0: très bonne condition physique

Indice de 0 à 5: bonne condition physique

Indice de 5 à 10: condition physique moyenne

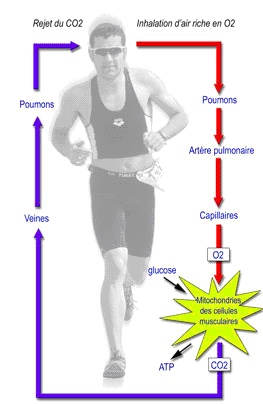
Indice de 10 à 15: condition physique insuffisante

Indice > 15: consulter un cardiologue

**Le VO2max sous influence ?**   
Prendre connaissance des facteurs qui influencent la consommation maximale d’oxygène, c’est s’interroger sur le type d’entraînement à réaliser pour progresser. Trois systèmes limitent potentiellement le VO2max. Ce sont les systèmes respiratoire, cardiovasculaire et musculaire.   
Le système respiratoire ne limite que très peu le VO2max. L’entrée d’air dans les poumons et son passage dans le sang sont suffisamment efficaces pour la plupart des coureurs. Une situation particulière contredit nos propos : l’hypoxémie induite par l’exercice (voir paragraphe ci-dessous).  
La capacité à apporter l’oxygène aux fibres musculaires, par le système cardiovasculaire, est clairement le facteur qui influence le VO2max. Elle dépend du débit cardiaque maximal, c’est-à-dire le produit de la fréquence cardiaque maximale et du volume d’éjection systolique (i.e., le volume de sang éjecté à chaque battement du cœur), et du contenu artériel en oxygène (qui dépend de la quantité sanguine en hémoglobine et de la saturation artérielle en oxygène, c’est-à-dire la quantité d’oxygène fixée sur [l’hémoglobine](javascript:void(window.open('popup-glossaire--80.html%20%20%20','','resizable=yes,location=no,menubar=no,scrollbars=no,status=no,toolbar=no,fullscreen=no,dependent=no,width=400,height=400,left=400,top=400'))) des globules rouges). Le système musculaire limite également le VO2max, spécialement chez les individus peu entraînés et chez les personnes âgées. La capacité à utiliser l’oxygène dépend en effet du nombre d’enzymes oxydatives, de la densité des mitochondries, du pourcentage de fibres lentes, etc.

***L’hypoxémie induite par l’exercice***

Chez certains sportifs très entraînés, la saturation artérielle en oxygène n’est que de 90 % voire moins au cours des efforts intenses (alors que théoriquement, elle se situe aux alentours de 95-98 %). Ce phénomène s’appelle hypoxémie qui est induite par l’exercice et signifie que la teneur sanguine en oxygène est réduite. Il pourrait être expliqué par le fait que ces sportifs ventilent une telle quantité d’air que l’oxygène n’aurait pas le temps de diffuser des alvéoles pulmonaires au sang. Une explication parmi tant d’autres…   
Grâce à ce schéma, on comprend aisément que les limites individuelles de VO2max peuvent se situer à plusieurs niveaux :



CONSOMMATION OXYGÈNE O2

1. système ventillatoire
2. diffusion alvéole-artère
3. système cardiovasculaire
4. transport d'O2 par le sang (artères)
5. diffusion capillaire-cellule musculaire
6. mitochondries (taille et nombre)

Type de fibres musculaires (fibres lentes, rapides ou intermédiaires)

REJET GAZ CARBONIQUE CO2

1. retour CO2 par les veines
2. système cardiovasculaire
3. diffusion veine-alvéole
4. système ventillatoire

[**Boostez votre VO2max…**](http://www.nutri-site.com/actualite-entrainement--vo2-augmenter-performances-sportives-actu-02-2013--2--324.html)

**En optant pour l’intermittent**  
Le travail intermittent est sans aucun doute le moyen le plus efficace pour faire progresser son VO2max. Cette méthode a été démocratisée par l’athlète Emile Zatopek au milieu du XXème siècle et est aujourd’hui largement utilisée. Le travail intermittent peut être réalisé sous différentes formes : l’interval-training, le fractionné, le fartlek, etc. Toutes ses méthodes font en réalité référence à la même chose : répéter des fractions d’effort, entrecoupées par des périodes de récupération. Seuls quelques éléments les différencient : durée d’effort et de récupération fixés ou non à l’avance, durée stable des répétitions, etc.   
  
**Ses principes généraux**   
Le travail intermittent consiste, au cours d’une même séance, à alterner :  
 - des fractions d’effort dont l’intensité est maximale avec….  
 - …des fractions de récupération (contre-effort) réalisées à faible intensité.   
  
***Ses objectifs***   
L’objectif du travail intermittent est de solliciter de manière intense l’appareil cardiovasculaire. Le stress engendré par ce type d’entraînement permet un travail plus intense qu’une séance continue à faible intensité : les périodes de récupération entre les fractions d’effort permettent une récupération partielle, le volume global de travail peut ainsi être élevé (vs travail en continu), tout en maintenant certaines variables physiologiques (fréquence cardiaque, consommation d’oxygène…) à un niveau supérieur à celui de repos.   
  
***Ses buts***Parce que l’intensité des fractions d’effort est maximale, à long terme, les séances d’intermittent engendrent des adaptations centrales : augmentation du débit cardiaque maximal, donc d’un apport plus grand d’oxygène vers les muscles squelettiques.   
 ***Ses avantages***Le travail intermittent est un procédé d’entraînement très efficace car il permet :   
- l’amélioration assez rapide de la capacité de performance de l’athlète.  
- de progresser avec un investissement temporel assez faible : une séance de 35 à 45 minutes peut tout à fait être efficace pour progresser.   
- l’augmentation de la quantité de travail à haute intensité : la sollicitation de l’appareil cardiovasculaire par la répétition de courtes périodes d’effort intenses est plus efficace qu’une sollicitation peu intense et longue, pratiquée par de nombreux coureurs.  
- le renforcement psychologique : la motivation, la confiance, la résistance à la douleur, la concentration sont des capacités mentales qui sont travaillées spécifiquement au cours des séances d’intermittent servent grandement lors des compétitions.  
- un entraînement ‘’ludique’’ (…!) : l’enchaînement de répétitions à haute et faible intensité est varié, l’ennui est rarement présent (de toute manière, on n’a pas le temps de s’ennuyer !).  
  
**Construire une séance**   
Il n’existe pas de séance-type de travail intermittent. Vous pouvez inventer autant de séances que vous le permet votre imagination. Afin d’atteindre l’objectif recherché, l’amélioration du VO2max, certains éléments doivent néanmoins être respectés :  
 - le nombre de séries et de répétitions dans chaque série : le volume de la séance dépend de l’objectif recherché (maintien ou progression), de vos capacités, de votre âge, de la période de la saison, etc. Généralement, la durée d’une séance est comprise entre 20 et 45 minutes (dans cette durée, est seulement comprise la partie spécifique, c’est-à-dire les fractions d’effort et de contre-effort. Sont exclus l’échauffement et la récupération de la séance). Une durée inférieure à 20 minutes sollicite insuffisamment l’organisme, alors qu’au-delà de 45 minutes, l’intensité du travail n’a pas été assez élevée.  
 - la durée et l’intensité de l’effort (nous les détaillons ci-après).   
 - la durée de la récupération : égale ou légèrement inférieure au temps d’effort.  
 - l’intensité de la récupération : la récupération est active, comprise entre 50 et 65 % de la vitesse maximale Aérobie.  
  
Les séances d’intermittent ayant pour objectifs l’amélioration du VO2max, on différencie :   
 - l’intermittent court : les fractions d’effort sont inférieures à 45 s, réalisées entre 100 et 120 % de la VMA.  
 - l’intermittent moyen : les fractions d’effort sont comprises entre 45 s à 3 minutes à 95-100 % de la VMA.  
De tous ces éléments pour la construction des séances d’intermittent, deux sont essentiels : l’intensité de l’effort et de la récupération.  
  
**L’intensité de l’effort et de la récupération et leur contrôle**   
L’intensité de l’effort et de la récupération sont les paramètres qui vont   
directement influencer les autres éléments de la séance (nombre de répétitions, de séries…) : plus elles seront élevées, moins grand sera le volume de la séance. Il est donc très important de les calibrer et de les respecter.   
  
**A l’effort :**  
L’effort doit suffisamment stimuler l’appareil cardiovasculaire, il sera donc intense :   
 - l’intensité est maximale, c’est-à-dire…  
 - 95 à 120 % de la VMA.  
 - 95 à 100 % de la fréquence cardiaque maximale (FCmax).  
 - la respiration est soutenue, toute conversation est impossible.   
 - l’intensité soutenue ne peut être maintenue qu’entre 1 à 5 minutes.  
  
   **A la récupération :**  
 - sous-maximale, c’est-à-dire…  
 - 50 à 60 % de la VMA.  
 - 60 à 70 % de FCmax.  
 - la respiration est aisée, la conversation est tout à fait possible.   
  
La récupération permet la restauration incomplète des réserves énergétiques et le retour partiel de certains paramètres physiologiques (équilibre acido-basique…).   
  
**Programmer et planifier les séances d’intermittent**   
Les séances d’intermittent doivent être planifiées tout au long de l’année. Le volume des séances est fonction de l’objectif recherché (amélioration vs maintien de VO2max) mais une séance minimale par semaine est essentielle : les progrès enregistrés par un cycle de travail sont réversibles si la sollicitation est insuffisante.   
Nombreux sont les entraîneurs qui conseillent de planifier les séances d’intermittent après une longue période foncière. Leur raisonnement est simple : avoir une bonne base foncière pour ‘’encaisser’’ ces séances. Personnellement, nous préconisons (en partie) l’inverse : travailler spécifiquement la VO2max, via les séances d’intermittent, dès le début de la préparation. Pourquoi ? Les intensités utilisées au cours de ces séances sont si intenses qu’après un cycle foncier, comme c’est communément le cas, l’athlète est fatigué, las. Bien souvent, il ne parvient donc pas à trouver les ressources physiques et mentales nécessaires pour suffisamment stresser son organisme. Par conséquent, la qualité du travail est moindre et le risque de blessures est supérieur. Evidemment, nous ne préconisons pas de débuter un cycle de travail intermittent immédiatement après une longue période d’inactivité (quoique si le volume des séances n’est pas excessif …) mais à la suite d’une courte période de reprise. Par contre, les séances d’intermittent augmentent rapidement le niveau de performance. Il s’agit donc de gérer efficacement l’entraînement d’après cycle d’intermittent afin de ne pas arriver trop tôt au top de ses capacités physiques.   
Pour la programmation, et plus particulièrement la fréquence des séances d’intermittent, elle dépend de l’objectif recherché : si l’objectif est le développement de la VO2max, deux à trois séances par semaine (voire davantage) peuvent être programmées, une seule si le maintien de la VO2max est l’objectif du cycle d’entraînement. Un cycle de trois à quatre semaines de développement peut être planifié tous les deux à trois mois.

**La notion de seuils**

Les seuils **SV1** et **SV2** sont assez difficiles à appréhender. Chez un sujet relativement entraîné, il y a une corrélation forte entre la lactatémie et ces seuils. Chaque seuil pour des raisons "chimiques" correspond à une montée de CO2 ou d'acide lactique, donc à des modifications importantes de l'apport d'O2 ou de la production de CO2; logiquement on a une modification importante du comportement de la respiration.

Les seuils lactiques sont représentés par deux "cassures" dans la cinétique de la lactatémie au cours d'une [épreuve maximale](http://physiomax.com.free.fr/methode_directe.htm) réalisée en laboratoire.

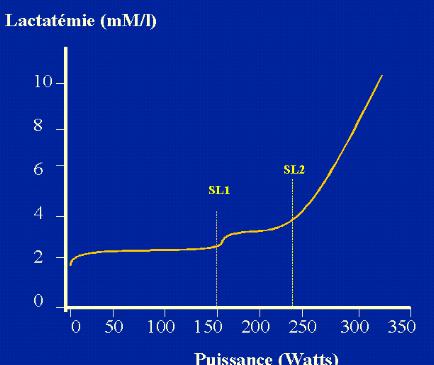
On parle de premier seuil lactique (première cassure de la cinétique du lactate par rapport à sa valeur de repos (SL1). Ce dernier représente un bon marqueur du potentiel endurant. Il serait en relation avec le premier seuil ventillatoire ([SV1](http://physiomax.com.free.fr/les_seuils_ventilatoires____.htm)).

Dans ces conditions, le seuil lactique (SL1) constitue un passage clé entre les systèmes métaboliques aérobie et anaérobie. Des prélèvements sanguins (oreilles, bout du doigt ou encore voie veineuse) sont nécessaires pour déterminer ce seuil lactique. Le point de cassure n'étant pas toujours visible, les chercheurs ont arbitrairement choisi une concentration sanguine en lactate de 2 mmol/l pour le définir. Ce dernier point reste encore controversé !

Enfin, un seuil lactique secondaire (SL2) est déterminé à partir d'une seconde rupture (beaucoup plus brutale que pour SL1) qui correspond habituellement à une valeur en lactate de 4 mmol/l. Ce dernier serait en relation avec  le deuxième seuil ventillatoire ([SV2](http://physiomax.com.free.fr/les_seuils_ventilatoires____.htm)). Dans la littérature courante, la terminologie de ces seuils reste controversée. En effet, certains parlent de seuil aérobie, voire anaérobie pour SL1 et de seuil d'accumulation en lactate ou anaérobie pour SL2 ?

D'un point de vue pratique, la détermination de SL1 et de SL2 est un outil intéressant pour programmer et réajuster des entraînements spécifiques.

En effet, SL1 converti en fréquence cardiaque dirigerait les sportifs vers un seuil minimum d'entraînement en endurance ([dit aérobie](http://physiomax.com.free.fr/type_aerobie.htm)), alors que SL2 les conduirait vers un seuil minimum d'entraînement beaucoup plus difficile ([dit anaérobie](http://physiomax.com.free.fr/type_anaerobie.htm)).



La détermination des seuils ventilatoires fait suite à une épreuve maximale réalisée en laboratoire. On parle alors de premier seuil ventillatoire (SV1) et de deuxième seuil ventillatoire (SV2).

**SV1 représenterait le "seuil d'adaptation ventillatoire".**

Ce dernier est un bon indice de la capacité endurante (aérobie) ou autrement dit de l'endurance maximale aérobie. En travaillant au-dessus de SV1, on travaille efficacement son [endurance](http://physiomax.com.free.fr/type_aerobie.htm). Il sert aussi de référence pour ré-entraîner certains malades (insuffisants cardiaques, diabétiques, asthmatiques, ...).

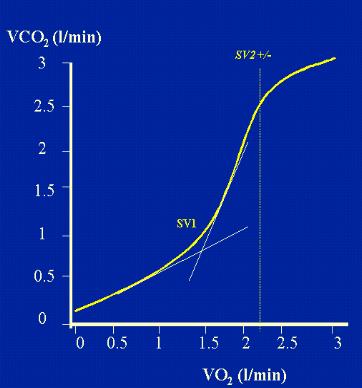
Chez un sportif "endurant", SV1 se situe au-delà de 55 % de la VO2max.

**Comment déterminer ces seuils ?**

**Deux méthodes** sont classiquement employées en physiologie du sport.

**- La méthode de "Beaver ",** consiste à tracer les droites de courbe sur le graphe VC02/VO2. Cette dernière est généralement utilisée pour déterminer SV1. En effet, avec cette méthode, le calcul de SV2 est souvent très difficile.

Une fois SV1 déterminé, on peut l'exprimer en VO2, % de la VO2max, en puissance ou vitesse. Toutefois, l'équivalent du SV1 en fréquence cardiaque est la traduction la plus pratique pour le sportif et son entraîneur.

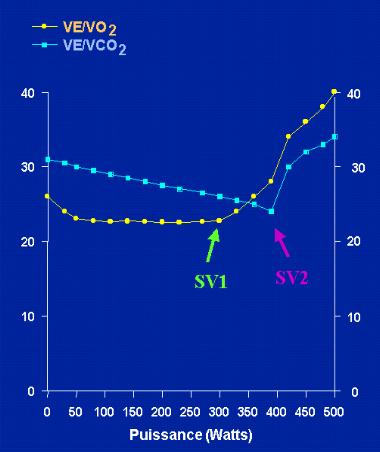


**- La méthode de "Wasserman",** est basée sur les équivalents respiratoires en oxygène (VE/VO2) et en dioxyde de carbone (VE/VCO2). Ces derniers sont le rapport de la ventilation (l/min) sur la quantité d'O2 ou de CO2 échangée (l/min).

Pour déterminer SV1, on note l'élévation du rapport VE/VO2 sans augmentation concomitante  du rapport VE/VCO2. Dans ces conditions, l'augmentation de VE/VO2, indique que l'élévation de la ventilation (VE) pour éliminer le CO2 est disproportionnée par rapport aux besoins de l'organisme en O2.

Pour déterminer SV2, on note l'élévation du rapport VE/VCO2. On préférera utiliser cette méthode à celle de Beaver, pour déterminer SV2.

Dans les deux cas, la lecture de la ventilation (représentée par une cassure nette), nous aide à affiner la détermination de ces seuils.



A partir de la lactatémie (concentration sanguine en lactate), on peut déterminer [les seuils lactiques](http://physiomax.com.free.fr/les_seuils_lactiques___.htm).

Enfin, Il existerait une "relation" entre les différents seuils

Ce dernier point reste toutefois controversé. En effet la qualité et les moyens de détermination influencent fortement le résultat.

Ces valeurs sont toutefois modifiées en fonction de la discipline pratiquée et de l'intensité de l'effort. En effet, l'entraînement va permettre de déplacer ces seuils vers la droite, c'est à dire, permettre à l'organisme de mieux tolérer les exercices longs et/ou intenses.

**Notion de dette d’oxygène**

La dette d’oxygène est l’oxygène excédentaire(O2) consommé durant la phase de récupération après exercice (au repos).Il s’agit donc du surplus par rapport à la consommation au repos.

Cette dette d’oxygène va être proportionnelle à la quantité d’oxygène qui aura fait défaut durant l’exercice.

Il faut savoir que **l’air contient 20% d’oxygène** qui est capté par notre appareil respiratoire pour passer dans le sang au niveau des alvéoles pulmonaires.

Cet air que l’on expire contient **16% d’oxygène et 4% de CO2.**

Cela nous permet de constater qu’en fait **nous ne consommons que peu d’oxygène !**

Elle va augmenter (notre consommation d’oxygène) avec l’intensité des exercices physiques que l’on va faire (notamment car il **pénètre nos cellules pour brûler les lipides** et le glucose et est incontournable lors de contractions musculaires).

Le but de l’entraînement chez un sportif est **d’augmenter la dette d’O2** afin que ce dernier puisse **augmenter l’intensité de son travail** et réaliser de réels progrès.

C’est d’ailleurs pourquoi l’échauffement est très important car il permet **d’élever le rythme cardio-pulmonaire** et d’éviter d’avoir une dette d’O2 au démarrage de l’activité ou de l’épreuve et cela risquerait de provoquer une gêne musculaire importante et donc d’avoir de moins bonnes performances sportives.

Au cours d’un exercice ou d’une activité physique d’intensité modérée, notre système respiratoire va s‘adapter à l’exercice que nous pratiquons.

**Au début d’un exercice ou d’une activité demandant un effort rapide et violent ; le corps ne peut compter que sur ses réserves locales pour fournir de l’énergie au muscle.**

On peut donc déjà noter une dette d’O2 au moment du démarrage brutal d’un exercice d’intensité modérée ou lors d’exercices d’aérobies dont l’intensité dépasse un certain pourcentage de la puissance maxi (de 60 à 85%).

**Comment « payer » cette dette ?**

Le « remboursement » de la dette se fait dès que **l’apport d’oxygène est supérieur à la demande** donc, en d’autres mots, lors d’une **baisse d’intensité** ; une **descente de rythme** ou de **l’arrêt de l’effort.**..  
Il y a en fait deux « remboursements » (que nous ne développerons pas ici) qui sont :

1. le remboursement rapide (2 à 3 minutes)
2. le remboursement lent (plusieurs heures)

C’est pourquoi **après une séance intense, les pulsations restent plus hautes** de l’ordre de 20 à 30 pulses que pendant l’état de repos avant effort.

En d’autres mots, lorsque vous cessez votre effort physique, votre consommation d’oxygène revient, bien entendu, tout doucement à la valeur qu’elle avait au repos mais bien qu’il n’y ait **plus d’efforts fournis**, notre organisme va **continuer à consommer une quantité d’oxygène** plus important qu’au repos « normal ».

Cette dette d’oxygène (O2 consommé en excès pendant la phase de récupération) va donc nous permettre de continuer à brûler du glucose et des lipides !

**Autre définitions :**

**A/** La dette d'O2 se crée lorsque l'on dépasse la filière aérobie (effort avec utilisation d'O2) et que l'on passe à la filière anaérobie (effort sans utilisation d'O2). Et c'est parce qu'on a utilisé une filière sans O2 qu'il faudra ensuite rembourser cette dette.

Ceci peut nous informer sur la condition physique d'un individu et nous permettre d'adapter l'entraînement du sportif afin d'améliorer sa condition physique.

**B/** Lorsque le sportif commence son échauffement, le métabolisme anaérobie lactique va tout de suite se mettre en route, alors que l’aérobiose va mettre quelques minutes à démarrer. L’augmentation de la production d’acide lactique provoque alors une augmentation de l’acidité sanguine, qui se traduit par une augmentation de la pression en CO2, ce qui provoque directement l’hyperventilation ou essoufflement.

Il y a une notion de dette en oxygène, car en effet l’essoufflement n’apparaît pas immédiatement après le début de l’effort, du fait des délais d’adaptation nécessaires à l’appareil cardio-respiratoire. Le glycogène consommé est donc remplacé en absence d’O2, ce qui signifie que l’organisme a, en quelque sorte, ouvert un crédit en oxygène en utilisant la filière anaérobie. Cette dette sera réglée pendant la phase de récupération

.

**Du débit cardiaque à la consommation maximale d’O2**

**Définition du débit cardiaque**

Le débit cardiaque (DC) est la quantité de sang éjecté par chaque ventricule en une minute. Il est égal à la fréquence cardiaque (FC) multipliée par le volume d’éjection systolique (VES). Le volume d’éjection systolique est le volume de sang éjecté par un ventricule à chaque contraction. Le débit cardiaque normal chez l’adulte humain est d’environ 5,25 L/min, soit environ le volume sanguin total.

Le débit cardiaque varie en fonction des besoins de l’organisme. Le DC maximum est normalement d’environ quatre fois le DC au repos, mais chez certains athlètes, il peut atteindre 7 fois la valeur de repos. Ainsi, la réserve cardiaque, correspondant à la différence entre le DC à l’effort et le DC au repos, augmente avec l’entraînement.

Le volume systolique, dont dépend en partie le débit cardiaque, est égal à la différence entre le volume télé diastolique (VTD), c’est-à-dire le volume à la fin du remplissage, et le volume télé systolique (VTS), c’est-à-dire le volume à la fin de la contraction. Le VTD est en grande partie déterminé par la durée de la diastole ventriculaire et la pression veineuse, alors que le VTS dépend de la force de la contraction, qui elle dépend de l’étirement de la paroi, donc du remplissage. Ainsi, lorsque la fréquence cardiaque augmente au-delà d’un certain point, le débit cardiaque diminue en raison d’une diminution du temps de remplissage et d’une diminution de l’étirement de la paroi du ventricule. La fréquence cardiaque des personnes entraînées en endurance est moins élevée, tant au repos qu’à l’effort. Comme la paroi du ventricule gauche de leur cœur est plus épaisse, la contraction produite est plus forte, ce qui diminue le VTS; une faible fréquence cardiaque permet en plus d’augmenter le VTD par un allongement de la durée du remplissage ventriculaire (diastole). De cette façon, ils obtiennent un débit cardiaque plus élevé avec une fréquence cardiaque plus faible, ce qui fatigue moins le cœur et lui permet de fonctionner plus longtemps.

**Le volume d’éjection systolique**

Le VES est le volume sanguin pompé à chaque battement cardiaque par le ventricule gauche, exprimé en millilitre (ml) de sang par battement cardiaque (bt).

**La fréquence cardiaque maximale**

**Fréquence cardiaque :**

**Définition**

La fréquence cardiaque correspond au **nombre de battements du cœur pendant un laps de temps donné**, une minute généralement. Elle varie sous l'impact de nombreux paramètres :

* le sexe ;
* l'âge ;
* la forme physique ;
* la corpulence ;
* la présence d'une pathologie ;
* les émotions ;
* la prise de médicaments, etc.

On estime que chez l'adulte, au repos, **une fréquence cardiaque normale est comprise entre 60 et 100 battements par minute (bpm)**.

* Elle est légèrement plus élevée chez les femmes que chez les hommes.
* Le cœur des enfants bat plus rapidement : chez le nouveau-né, entre 120 et 160 fois par minute !
* Au contraire, chez les sportifs, la fréquence cardiaque peut s'abaisser à des niveaux très faibles, jusqu'à 40 bpm.

Lorsqu'on pratique un exercice physique, la fréquence cardiaque augmente, et ce d'autant que l'effort est soutenu. Les muscles sont ainsi mieux approvisionnés en oxygène et éléments nutritifs. La fréquence cardiaque atteint toutefois un seuil qu'elle ne peut dépasser, qui correspond à la **fréquence cardiaque maximale**. De façon théorique, elle peut être estimée par le calcul suivant :

* pour une femme : 226 – âge, soit 196 pour une femme de 30 ans ;
* pour un homme : 220 – âge, soit 190 pour un homme de 30 ans.

Mesure de la fréquence cardiaque

Il est possible de mesurer sa fréquence cardiaque de façon très simple :

• Placez deux doigts (l'index et le majeur) sur une artère, au niveau du poignet par exemple, ou du cou.

• Comptez le nombre de battements ainsi ressentis pendant une minute précisément.

• Pour gagner en précision, renouvelez l'opération trois fois de suite puis faites une moyenne des résultats obtenus.

Un appareil, le cardiofréquencemètre, peut également être utilisé à cette fin ; il est notamment utile pour les sportifs d'endurance, afin de doser au mieux leur effort.

Un cardiologue sera en mesure de calculer la fréquence cardiaque à partir d'un électrocardiogramme (ECG), tracé qui retranscrit l'activité électrique du cœur.

**Bradycardie : fréquence cardiaque faible**

Lorsqu'une fréquence cardiaque est **inférieure à 60 bpm**, on parle de bradycardie. Si elle est normale chez les sportifs ou chez les personnes âgées, elle peut également être liée à :

* la prise de certains médicaments comme les bêtabloquants, les inhibiteurs calciques utilisés pour traiter des troubles cardiaques, etc. ;
* une pathologie cardiaque ;
* une pathologie non cardiaque, comme l'hypothyroïdie ;
* de l'hypertension intracrânienne ;
* un déficit en potassium, etc.

**Tachycardie : fréquence cardiaque élevée**

La tachycardie correspond au contraire à une **augmentation de la fréquence cardiaque**. En dehors de l'effort, elle peut être liée à :

* de la fièvre ou un état inflammatoire ;
* une hyperthyroïdie ;
* une anémie ;
* une hypovolémie, c'est-à-dire une réduction du volume sanguin (en cas d'hémorragie par exemple) ;
* la prise de drogues ou de boissons excitantes comme le café ou l'alcool ;
* une embolie pulmonaire ;
* une pathologie cardiaque, etc.

**Régulation de la fréquence cardiaque de base**

Plusieurs facteurs influencent la fréquence cardiaque de base. Par exemple, le stress et l’exercice activent le système nerveux sympathique qui entraîne une augmentation de la FC et une intensification de la contraction. Ces deux effets concourent à une augmentation du DC. L’adrénaline, libérée dans des circonstances semblables, a le même effet. Une augmentation de la pCO2 et une diminution du pH détectés par les chimiorécepteurs de la crosse aortique et ceux du bulbe rachidien entraînent une augmentation de fréquence cardiaque et une vasoconstriction systémique. Le résultat est une augmentation de la pression artérielle qui contribue à accélérer le retour veineux (dans le but d’accélérer le passage du sang dans les poumons).

**Notion de charge d’entrainement**

**Introduction**

Compte-tenu des calendriers des Championnats et des Coupes les joueurs sont soumis à des cadences infernales; cela se traduit sur le plan comptable à une moyenne de trente-cinq matchs en club et près de quarante-cinq matchs pour les joueurs internationaux par saison, ce qui représente un match par semaine sur une période de dix mois. Ainsi, il est primordial **d’être capable de contrôler, de mesurer et quantifier avec le maximum de précision les charges d’entraînements afin de prévenir les risques de fatigue, de surentraînement et de blessures.**

Aussi, pour s’adapter aux exigences actuelles du haut niveau, les préparateurs physiques doivent disposer d’**outils** leur permettant d’établir un **suivi extrêmement précis** de la quantification de la charge pour chaque jour d’entraînement et de tenir à jour un suivi hebdomadaire, mensuel et annuel, tant sur le plan individuel que sur le plan collectif.

**La quantification ou calcul de la charge**

La charge d'entraînement dépend :

* de la durée des exercices ;
* de leur intensité ;
* des temps de récupération placés entre eux.

La complexité et la spécificité ne rentrent pas à proprement dit dans le calcul puisque c'est plutôt la forme des exercices qui traduit ces facteurs.  
Un entraînement de longue durée ne se traduit pas forcément par une valeur de charge élevée si son intensité est faible, alors qu'un entraînement très intense atteindra une valeur de charge élevée même sur une période courte. De même, un entraînement sollicitant intensivement mais partiellement et localement la musculature (en musculation par exemple) ne se traduira pas forcément par une valeur de charge aussi élevée qu'un entraînement mobilisant l'ensemble de la masse musculaire générale (en course par exemple).  
Le calcul des charges est un sujet qui a fait se creuser la tête à pas mal d'entraîneurs et de chercheurs, car en plus des paramètres facilement quantifiables que peuvent être le volume et l'intensité, intervient un coefficient de difficulté. Celui-ci lié directement au rapport effort - récupération n'est pas si aisé à quantifier que cela. Si le calcul de charge ne prenait en compte que les paramètres volume et intensité on trouverait une charge équivalente pour un exercice continu ou intermittent. Un 5000m à 80% de la VMA serait équivalent à 10 x 500m à 80% VMA entrecoupés de 2mn de récupération.  
Un coefficient pondérateur prenant en compte la difficulté estimée de l'exercice doit donc être inclus au calcul. Plusieurs méthodes de quantification de l'entraînement ont été proposées, certaines d'entre elles utilisées avec un certain succès, mais il n'existe à ce jour aucune méthode polyvalente permettant de quantifier efficacement la charge d'entraînement pour les activités mixtes. Il est particulièrement difficile d'apprécier correctement la charge associée à des activités d'entraînement ou de compétition réalisées à des intensités supra-maximales où la fréquence cardiaque ne peut être utilisée (sprints, pliométrie, confrontation, etc.).

* **Pourquoi contrôler la charge ?**

***« Pour bien planifier, il faut d’abord bien quantifier. »***

Pour atteindre des objectifs, il est primordial de bien planifier la saison sportive. **Les outils de mesure** de la charge d’entraînement, il existe des moyens de mesures directes, très précis mais nécessitant un matériel technique :

* **Monitoring « Charge d’entraînement » :** un outil efficace pour contrôler et quantifier la charge d’entraînement.

Le Monitoring « charge d’entraînement » est un dispositif qui fait appel à des outils permettant de quantifier la charge de travail. Les différentes informations recueillies vont permettre à l’encadrement de réguler à la fois collectivement et individuellement le volume et l’intensité des séances d’entraînements et la récupération. L’ensemble des éléments contribue à optimiser les ressources personnelles du joueur, pour répondre à la double logique de prophylaxie (diminution des risques de blessures) et de performance.

Le but du Monitoring « charge d’entraînement » est de calibrer au mieux les efforts fournis et d’ajuster les contenus afin de contrôler cette charge d’entraînement.

Il existe d’autres moyens plus simples et ne nécessitant pas beaucoup de moyens :

* **L’Utilisation de la méthode RPE pour contrôler l’entraînement**

**Le Choix de la méthode RPE :**

– **Validité scientifique**

Le résultat de nombreuses études scientifiques montrent l’efficacité de la **méthode RPE** pour le contrôle de la charge d’entraînement notamment en sports collectifs.

– **Facilité d’utilisation**

De manière concrète la méthode RPE permet d’évaluer très simplement l’intensité des entraînements. La méthode RPE s’appuie sur l’**échelle modifiée de Foster. A partir de cette échelle les joueurs attribuent une note à l’entraînement.** Cette note, mise en relation avec la durée de l’exercice, permet de déterminer la charge d’entraînement selon le modèle de BANNISTER (charge d’entraînement = durée de l’exercice en minutes \* intensité de l’exercice). La sommation des différentes charges d’entraînements de la semaine permet d’obtenir la charge d’entraînement hebdomadaire.

– **Permet de Programmer les charges d’entraînement, de les ajuster quotidiennement pour respecter les charges prévues.**

Elle permet aux préparateurs physiques et aux entraîneurs de **contrôler les perceptions individuelles des charges d’entraînement par les joueurs et de suivre la périodisation de l’entraînement**.

– **Optimisation de la performance et approche prophylactique (prévention et diminution des risques de blessure, détection des risques de surentraînement).**

Le but de la méthode RPE est d’améliorer la planification et d’atteindre de meilleures performances individuelles et collectives, mais également de jouer un rôle préventif par une approche prophylactique afin de conserver des joueurs en bonne santé.

**Les avantages de la méthode RPE :**

– **Diversité de mesure selon les activités d’entraînements**

Cette méthode RPE mesure les différentes activités d’entraînements : physique (Musculation, énergétique, vitesse…), technique, séance spécifique, séance tactique ou stratégique.

– **Possibilité de détection précoce du surentraînement**

Plusieurs études montrent qu’avec la méthode RPE, il est possible de détecter de manière précoce le surentraînement chez les sportifs.

– **Possibilité de quantifier des séances mixtes**

La méthode RPE permet de quantifier les séances mixtes qui couplent **travail Physique** *(Energétique, Force, Vitesse…)* & **techniques / tactique et/ou stratégie**.

**Explication de la méthode RPE :**

La méthode-RPE nécessite que chaque joueur donne sa perception de la difficulté de l’effort (RPE, *Rating of Perceived Exertion*) pour chaque séance d’entraînement avec une mesure de la durée de la séance (Foster et al., 2001). Pour calculer **l’intensité de la séance, les joueurs sont questionnés dans les 30 minutes suivant la fin de la séance** par une présentation de l’échelle modifiée de Foster et donnent la note qui correspond au ressenti sur la séance. La charge d’entraînement est ensuite calculée en multipliant l’intensité de la séance (Tableau 1) par la durée de la même séance (en minutes).

**Charge d’Entraînement CE = RPE de la séance x durée (min)**

Par exemple, pour calculer la charge d’entraînement pour une séance de 60 minutes avec des joueurs ayant donné une RPE de 5, les calculs suivants sont effectués : CE = 5 x 60 = 300 UA (Unités Arbitraires)

**Tableau 1.** L’échelle modifiée de RPE (*rating of perceived exertion*, ou note de fatigue perçue : utilisée par les joueurs pour classifier leur perception de l’intensité de chaque séance d’entraînement, Foster et al. (2001).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Perceived Exertion Scale / Echelle de l’effort perçu** | | |
| **0** | **NOTHING AT ALL** | **ACCESSOIRE** |
| **1** | **VERY VERY LIGHT** | **INSIGNIFIANT** |
| **2** | **VERY LIGHT** | **TRES FAIBLE** |
| **3** | **FAIRLY LIGHT** | **ASSEZ LEGER** |
| **4** | **MODERATE** | **MOYEN** |
| **5** | **SOMEWHAT HARD** | **ASSEZ INTENSE** |
| **6** | **HARD** | **INTENSE** |
| **7** |  |  |
| **8** | **VERY HARD** | **TRES INTENSE** |
| **9** |  |  |
| **10** | **MAXIMAL** | **MAXIMAL** |

* **Le contrôle des charges réalisées par rapport aux charges prévues**

On peut tirer de nombreuses informations à partir du contrôle des entraînements de(s) joueur(s) par rapport à la charge prévue et prescrite par les préparateurs physiques. En effet, en contrôlant le niveau d’adéquation entre la charge programmée et la charge réellement perçue par les joueurs, le préparateur physique assiste et accompagne l’entraîneur pour qu’il puisse mieux maîtriser l’intensité et la durée de ses entraînements. Il arrive ensuite à déterminer si son entraînement a été conduit correctement, si les joueurs sont fatigués, etc.

En fonction des observations et des résultats de la charge d’entraînement, les préparateurs physiques sont extrêmement vigilants. Ils s’adaptent quotidiennement pour mieux appréhender la charge d’entraînement mais également pouvoir l’inscrire dans une planification précise des phases de préparation (la pré-saison) et de compétition (en saison).

* **Les indicateurs de la charge**

La méthode RPE utilise des formules et des indicateurs. Le suivi de leurs variables offre un moyen simple et efficace de contrôler l’adaptation à la charge d’entraînement et de détecter l’apparition du surentraînement au plan individuel.

**Charge d’entraînement**= difficulté de la séance auto évaluée par l’athlète (0-10) x durée (minutes); indicateur lié aux adaptations POSITIVES provoquées par la charge d’entraînement.

On peut identifier et mesurer plusieurs charges d’entraînement :

–**Charge d’entraînement équipe** : nous nous appuyons principalement sur cet indicateur pour contrôler la charge et mesurer l’écart entre charge prévue et charge réalisée.

– **Charge d’entraînement équipe incluant le match** : elle est judicieuse et importante car elle prend en compte la charge globale du travail sur la semaine.

– **Charge d’entraînement pour les joueurs n’ayant pas participé à la compétition** : elle représente la charge des joueurs qui ne sont pas dans le groupe pour le match de la semaine ; c’est un indicateur intéressant surtout lorsque des joueurs restent plusieurs semaines d’affilées sans jouer de match.

– **Charge individuelle :** c’est un élément incontournable pour faire un suivi individualisé de chaque joueur notamment sur le suivi des joueurs en réathlétisation.

**Monotonie ou uniformité de la charge** = écart-type de la charge hebdomadaire; cet indicateur mesure la variation de la charge de travail et est lié aux adaptations

NÉGATIVES. Plus cet indicateur est bas, meilleure est la réponse.

**Contrainte**= charge hebdomadaire ou quotidienne x Monotonie; cet indicateur est lié aux adaptations NÉGATIVES et au SURENTRAÎNEMENT.

Il a été démontré qu’un grand nombre de blessures et problèmes de santé surviennent dans les 10 jours qui suivent un pic de contrainte.

* **Définir une Charge d’entraînement Hebdomadaire optimale**

Les préparateurs physiques en concertation avec les entraîneurs doivent définir une charge optimale sur la semaine en fonction de la programmation et de la planification de la saison, mais également d’autres paramètres (blessures, résultats, objectifs etc.) et éventuellement des échéances prioritaires (cibler des matchs à gagner).

**Il existe donc 3 niveaux d’intensités de charge pour chaque semaine en fonction de la programmation:**

– Semaine intensité Haute

– Semaine intensité modérée

– Semaine intensité faible

**Les différentes charges d’entraînement.**

Selon la période de la saison, nous distinguons plusieurs charges d’entraînement.

En effet, la charge d’entraînement hebdomadaire est différente en fonction des périodes de la saison. Tout d’abord, nous avons **la charge d’entraînement en pré-saison,** pendant la phase de préparation, avant la compétition. Cette charge hebdomadaire est particulièrement élevée avec une part importante du travail consacrée à la préparation physique qui éprouve les organismes et fatigue considérablement les joueurs. Ce travail doit leur permettre d’aborder la saison dans les meilleures dispositions en particulier sur la composante physique.

En pré-saison, nous pouvons différencier 2 charges d’entraînement hebdomadaire :

– La charge hebdomadaire de pré-saison « classique » (semaine de 7 jours).

– La charge hebdomadaire de pré-saison avec un match amical en fin de semaine (vendredi/samedi/dimanche).

**En compétition, la charge d’entraînement hebdomadaire diminue considérablement pour permettre d’aborder le match avec un bon niveau de fraîcheur physique.** Et la charge de la semaine est également très différente en fonction du nombre de jours de récupération entre deux rencontres. Le travail réalisé entre un match à 5 jours (match un dimanche puis le vendredi d’après comme ça peut être le cas) ou un match à 7 jours (deux samedis consécutifs) est complétement différent. Le rugby, contrairement à d’autres sports collectifs (volley, hand et même football), est un sport de combat (gros engagement physique, virulence des chocs/contacts, le poids et la vitesse des gabarits…) qui engendre une fatigue physique et nerveuse. Il est quasiment impossible de jouer tous les 2 ou 3 jours ; c’est pour cette raison que les grandes compétitions se déroulent sur une période assez longue de 5/6 semaines.

**Dans cette logique, nous devons absolument distinguer une fourchette de charge optimale pour chaque période et configuration de matchs (nombre de jours de récupération entre 2 matchs) :**

La charge d’entraînement doit donc être comprise dans **la fourchette de charge.**

**En pré-saison,** cette fourchette tient compte de l’intensité de la semaine. En-dessous de la fourchette, nous considérons que les joueurs ne travaillent pas suffisamment. En-dessus, les organismes sont tellement fatigués que nous augmentons considérablement les risques de blessures articulaires et surtout musculaires.

**En saison**, comme nous l’avons dit précédemment, la charge diminue, elle doit se maintenir dans une fourchette. Et le haut de la fourchette doit faire l’objet d’une surveillance accrue car elle est représentative du niveau de fraicheur de l’équipe pour un match de rugby. En dépassant cette fourchette, on augmente les risques de blessures, de fatigue et de contre-performance.

**Il est également possible de vérifier la charge d’entraînement à l’intérieur même de la semaine d’entraînement en découpant la semaine en 3 phases :**

**La phase 1 de récupération post match**

Où il faut faire particulièrement attention à appliquer des charges quotidiennes légères (usuellement moins de 200 UA) au cours des 2 jours suivant le match (jusqu’à 48 heures du match).

**La phase 2 de préparation pour le prochain match ;** c’est au cours de cette phase que les préparateurs physiques et entraîneurs doivent appliquer communément les charges les plus élevées (jusqu’à 600-800 UA) – Cela correspond à 3-4 jours avant le prochain match c’est-à-dire mardi-mercredi pour un match le samedi.

**La phase 3 de recherche de fraicheur** (48 heures avant le prochain match) : il faut absolument réduire la charge les 2 jours qui précèdent le prochain match pour permettre une bonne récupération et une recherche de fraîcheur favorable à une performance sur le match (une charge de 250 U.A soit max 500 U.A pour l’avant-veille et la veille du match).

Une attention particulière doit être apportée sur chacune de ces trois phases en respectant les fourchettes de charge à l’intérieur de la semaine entre 2 matchs.

* **Critères permettant de définir la fourchette de charge d’entraînement**

Les études de **Coutts** montrent qu’un point de saturation est fixé. Au-delà de celui-ci, une augmentation des charges d’entraînements ne sera plus tolérée et les adaptations de performance n’auront plus lieu.

La fourchette de charge en fonction des différentes phases et intensités de la charge d’entraînement a été définie grâce à des échanges avec de nombreux préparateurs physiques issus du rugby, mais surtout grâce à une longue analyse de données enregistrées depuis 5 saisons. Ces informations ont été recoupées avec le monitoring « état de forme » à l’aide du questionnaire d’auto-évaluation du niveau de fatigue et de courbatures, mais aussi une analyse chiffrée sur le nombre de blessures sur les semaines d’entraînements et les jours du match. Nos résultats montrent qu’un dépassement de 10% des fourchettes hautes peut avoir des répercussions dramatiques. L’analyse des données sur les 5 saisons indiquent que lorsque nous dépassons la fourchette de charge, nous observons une augmentation de plus de 30 % des blessures sur le match et plus de 50% pour des blessures graves dépassant 3 mois d’indisponibilité pour le joueur. D’où la nécessité de respecter au maximum les charges d’entraînements et les fourchettes de charge.

* **Recueil, analyse des données et prise de décision**

Dans la pratique, le préparateur physique assiste à l’entraînement, donne aux entraîneurs le timing « minutage » de la séance, puis note avec précision le temps de chaque entraînement (sans compter l’échauffement qui n’est pas inclus dans la charge d’entraînement). A la fin de l’entraînement, le préparateur physique montre à chaque joueur l’**échelle RPE modifiée de Foster** allant **de 1 à 10** (d’accessoire à très intense) afin de l’aider **à attribuer une note** **correspondante** à **l’intensité perçue de l’entraînement.** Les données sont ensuite enregistrées sur un document Excel permettant de mesurer et contrôler la charge hebdomadaire,

Nous vous proposons **3 documents qui permettent de formaliser et synthétiser cette quantification de la charge d’entraînement :**

* **Document 1 :** présente l’intégralité du travail de chaque joueur sur la semaine. Ce tableau Excel avec le nom de chaque joueur et les séances réalisées chaque jour, nous permet de connaître le travail de chaque joueur sur la semaine et calculer une charge d’entraînement individuelle pour l’ensemble des joueurs qui composent l’effectif. Les feedbacks du joueur sont importants et permettent de suivre le ressenti d’une séance par le joueur. Ce suivi individuel peut permettre une meilleure compréhension de sa tolérance à l’entraînement. Par exemple, nous pouvons exploiter des données au plan individuel et collectif. On vérifie les notes et les résultats d’un joueur en les comparants à l’équipe. Nous pouvons par exemple identifier rapidement un résultat surprenant par rapport au reste du groupe et ensuite analyser les raisons qui ont conduit un joueur à s’attribuer une note différente des autres (fatigue, retour de blessure, maladie, lassitude…)
* **Document 2** présente la charge d’entraînement collective et mesure également le temps d’entraînement sur la semaine. Elle intègre aussi la charge des joueurs qui ne sont pas dans le groupe pour le match (Non 23), la charge spécifique des trois-quarts et des avants, et également la charge hebdomadaire avec le match. Elle inclue aussi les indices de Monotonie et Contrainte. Ce document permet de mesurer les écarts entre charge prévue et charge réalisée en fin de chaque journée et en milieu de semaine, pour mieux calibrer les efforts réalisés et vite réguler en adaptant les entraînements sur la fin de semaine. De plus, suivre les données de Monotonie et Contrainte au niveau hebdomadaire ne prend que quelques minutes à l’aide d’Excel. Et derrière, il est facile d’obtenir des courbes intéressantes pour le suivi et la compréhension des entraînements.
* **Document 3** : il s’agit d’un document récapitulatif qui permet d’inscrire **la quantification de la charge d’entraînement dans la périodisation de l’entraînement sur la saison**. Il est composé d’un **tableau présentant chaque semaine d’entraînement (avec le nom de l’équipe affrontée, le résultat de la rencontre, le respect de la charge et une alerte en cas de dépassement)** et d’un **graphique mesurant la charge de travail et comparant charge prévue / charge réalisée.** Sur le long terme, nous pouvons calibrer avec plus de précision l’intensité des séances qui vont être mises en place en fonction des résultats sportifs mais aussi des échéances à venir.

**L'utilité du calcul de charge**

Calculer une charge de travail a l'intérêt de faire coïncider les niveaux de sollicitation avec l'effet résultant attendu : grande ou très grande sollicitation pour un développement des qualités, sollicitation moyenne pour une stabilisation, etc.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Composantes de la charge d'un exercice** | | | **Effets résultants** |
| **Intensité** | **Volume** | **Sollicitation** |
| Très grande | Grand | Supra maximum | Surentrainement |
| Moyen | Maximum | Forme de compétition |
| Faible | Très grand | Développement |
| Grande | Grand |
| Moyen | Grand |
| Faible |
| Moyenne | Très grand | Développement / stabilisation |
| Grand | Moyen | Stabilisation |
| Moyen | Faible | Récupération |
| Faible | Grand | Très faible | Désentrainement |
| Moyen | Récupération |

**La dynamique des charges**

La modulation des niveaux de charges des microcycles permet de développer ou stabiliser le niveau des ressources.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Dynamique progressive** | **Dynamique ondulatoire** | **Dynamique linéaire** | **Dynamique dégressive** |
| Développement | Développement | Développement et stabilisation | Stabilisation |
| Dynamique de charge progressive | Dynamique de charge ondulatoire | Dynamique de charge linéaire | Dynamique de charge dégressive |
| La progression se fait en augmentant un paramètre tel que le volume par exemple, puis tout en maintenant celui-ci au même niveau, on augmente un autre paramètre, tel que intensité ou complexité | Il y a une alternance des charges importantes et des charges moyennes | Le niveau identique des charges permet de donner un niveau résultant moyen facilement calculable. En enchaînant plusieurs unités de charges importantes, une stimulation de l'organisme sera visée, alors qu'un niveau moyen des charges permettra une stabilisation des capacités | L'unité de charge la plus importante est placée en tête pour bénéficier d'un état de fraicheur, surtout si le cycle suit une phase de récupération. Les charges vont ensuite baisser de niveau pour conserver cet état de fraicheur |

**Conclusion**

Les outils et suggestions présentés dans ce document sont fondés sur des recherches scientifiques et le fruit d’une expérience personnelle. Nous espérons que vous les trouverez utiles et qu’elles vous permettront d’accompagner vos athlètes dans l’optimisation de leur préparation et d’atteindre les objectifs sportifs fixés en communs (athlètes / encadrement Staff sportif). Nous aimerions que ces outils servent de bases à d’’autres travaux d’études.

**2eme Partie**

**Savoirs anthropométriques**

**et techniques d’entrainements**

**Notion de poids**

**Nature du poids**

Le poids est en première approximation, l'expression de la loi de gravitation universelle de [Newton](http://d.villafruela.free.fr/dictionnaire/N/newton.htm) appliquée aux objets situés aux voisinages de la terre. En simplifiant on peut dire que le poids est la force d'attraction exercée par la [masse de la terre](http://d.villafruela.free.fr/dictionnaire/T/terre.htm) sur la masse de l'objet considéré. La masse étant répartie en volume, le poids est aussi une force répartie.

**Représentation du poids**

**Sens et direction du poids**

Le fil à plomb est suspendu, le fil posé sur une poulie de faible diamètre, libre de tourner autour d'un point de la tige. Le plomb est abaissé jusqu'à ce que le plomb touche la surface d'un récipient contenant de la farine. Pour bien visualiser la verticale du point de suspension, verser une goutte d'eau iodée dans le cratère formé par la pointe du plomb sous l'effet de son poids le plomb tombe en chute libre et à l'équilibre on brûle le fil de suspension. Le plomb s'enfonce dans la farine à l'endroit exact où se trouvait la tache bleu noir.

La chute du plomb montre que :

Le poids est une force dont la droite d'action est verticale, dirigée vers le bas.

**Point d'application.**

Un solide est suspendu par une boucle de fil passant par un point quelconque : A. Par le même point A on fait passer le fil du fil à plomb. Si on écarte le solide de sa position d'équilibre, il y retourne par un simple mouvement de rotation :

le poids, réparti en volume, peut être représenté par une force opposée à la tension du fil de suspension son point d'application se trouve sur la droite verticale passant par A.

On repère au feutre effaçable la direction de cette verticale passant par A, A partir d'un point B, on renouvelle l'expérience une deuxième fois. Le point de concours des deux droites tracées est donc le point d'application du poids, appelé centre de gravité, et noté G ; Ce que l'on vérifie en posant le solide sur une pointe de compas appliquée en G :  
le solide reste en équilibre quelle que soit son orientation.

L'expérience peut être renouvelée à partir d'un troisième point C, afin de vérifier que le point G est unique

**Relation masse poids**

A l'aide d'un dynamomètre on mesure l'intensité du poids qui s'exerce sur diverses masses marquées

Dans le langage de tous les jours personne ne fait la différence entre le poids et la masse d'un objet. Mais c'est une erreur car le poids et la masse sont deux grandeurs différentes qui ne rendent pas compte du même phénomène!

**Examinons ces différences :**

La masse d'un objet mesure simplement la quantité de matière contenue dans cet objet c'est à dire la masse des particules qui constituent cet objet (atomes ou molécules) Cette quantité de matière (donc la masse) sera la même quel que soit l'endroit où se trouve l'objet dans l'univers.

L'unité de masse est le kilogramme (kg)

Le poids mesure, lui, la force d'attraction qu'exerce un astre sur un objet et cette force d'attraction sera d'autant plus grande que cet astre aura une masse élevée. Ce qui signifie que le poids d'un objet varie dans l'univers et dépend de l'astre où il se trouve.

L'unité de poids est le Newton (N) (C'est Newton le premier qui s'est aperçu que la Terre attirait les objets vers elle).

Si cet objet se situe à une distance extrêmement grande d'un astre il ne subira quasiment aucune attraction et son poids sera quasiment nul. On dit que l'objet est en apesanteur. La légende de Newton : c'est d'une pomme qui lui serait tombée sur la tête qu'aurait jailli son inspiration Masse et poids sont des grandeurs différentes mais sont quand même reliées l'une à à l'autre par la relation suivante :

Poids = Masse x g

Où g représente ce que l'on appelle l'accélération ou l'intensité de la pesanteur qui a une valeur différente selon l'astre où l'on se trouve.

Exemple: g sur la Terre est environ 6 fois plus grand que g sur la Lune c'est à dire que la Terre attirera les objets 6 fois plus vers elle que la Lune et que leur poids sera 6 fois plus grand sur la Terre que sur la Lune.

**Surpoids et obésité: définitions**

Le surpoids et l’obésité sont définis comme ''une accumulation anormale ou excessive de graisse qui présente un risque pour la santé''.

**Mesurer le surpoids et l’obésité**

Il est difficile d’élaborer un indice simple qui permette de mesurer le surpoids et l’obésité chez les enfants et les adolescents car leur organisme subit un certain nombre de changements physiologiques en cours de croissance. En fonction de l’âge, on dispose de différentes méthodes de mesure du poids corporel:

**Pour les enfants entre 0 et 5 ans**

Les Normes OMS de croissance de l’enfant, lancées en avril 2006, comportent des mesures du surpoids et de l’obésité pour les des enfants de moins de 5 ans.

* [Normes de croissance de l'enfant](http://www.who.int/entity/childgrowth/fr/index.html)
* [Base de données de l'OMS sur les normes de croissance et la malnutrition - en anglais](http://www.who.int/entity/nutgrowthdb/en/index.html)

**Pour les 5-19 ans**

L’OMS a élaboré des données de référence sur la croissance pour les 5-19 ans. Il s’agit d’une reconstruction des données de référence National Center for Health Statistics (NCHS)/WHO de 1977 qui utilise les données originales du NCHS complétées par des données tirées de l’échantillon des normes OMS de croissance de l’enfant pour les moins de 5 ans.

* [Normes de croissance pour les 5-19 ans - en anglais](http://www.who.int/entity/growthref/en/index.html)
* [Enquête mondiale sur la santé des étudiants - en anglais](http://www.who.int/entity/chp/gshs/en/index.html)

**Pour les adultes**

La mesure du surpoids et de l’obésité la plus communément utilisée est **l’indice de masse corporelle (IMC)** - un indice simple qui permet d’estimer le surpoids et l’obésité chez les populations et les individus adultes.

Il correspond au poids en kilogrammes divisé par le carré de la taille exprimée en mètres (kg/m2).

L’IMC s’applique aux deux sexes et à toutes les tranches d’âge adultes. Il doit toutefois être considéré comme une indication approximative car il ne correspond pas nécessairement au même pourcentage de masse graisseuse selon les individus. L’IMC n’est pas encore utilisable dans le cas des enfants.

* [Principaux repères sur l'obésité et le surpoids](http://www.who.int/entity/mediacentre/factsheets/fs311/fr/index.html)

**Que sont le surpoids et l’obésité?**

Le surpoids et l’obésité se définissent comme une accumulation anormale ou excessive de graisse corporelle qui peut nuire à la santé.

L’indice de masse corporelle (IMC) est une mesure simple du poids par rapport à la taille couramment utilisée pour estimer le surpoids et l’obésité chez l’adulte. Il correspond au poids divisé par le carré de la taille, exprimé en kg/m2.

**Adultes**

Pour l’adulte, l’OMS définit le surpoids et l’obésité comme suit :

* il y a surpoids quand l’IMC est égal ou supérieur à 25; et
* l’il y a obésité quand l’IMC est égal ou supérieur à 30.

L’IMC est la mesure la plus utile du surpoids et de l’obésité dans une population car, chez l’adulte, l’échelle est la même quels que soient le sexe ou l’âge du sujet. Il donne toutefois une indication approximative car il ne correspond pas forcément au même degré d’adiposité d’un individu à l’autre.

Pour les enfants, il faut tenir compte de l’âge pour définir le surpoids et l’obésité.

**Enfants de moins de 5 ans**

* le surpoids est un poids par rapport à la taille debout supérieur à deux écarts-types au-dessus de la médiane des normes OMS de croissance de l’enfant; et
* l’obésité est un poids par rapport à la taille debout supérieur à trois écarts-types au-dessus de la médiane des normes OMS de croissance de l’enfant.
* [Poids-pour-taille debout](http://www.who.int/entity/childgrowth/standards/weight_for_height/fr/index.html)

**Enfants de 5 à 19 ans**

Pour les enfants âgés de 5 à 19 ans, le surpoids et l’obésité se définissent comme suit:

* le surpoids est un IMC pour l’âge supérieur à un écart-type au dessus de la médiane de la croissance de référence de l’OMS; et
* l’obésité est un IMC pour l’âge supérieur à 2 écarts-types au dessus de la médiane de la croissance de référence de l’OMS.
* [Poids-pour-taille debout](http://www.who.int/entity/childgrowth/standards/weight_for_height/fr/index.html)

**Informations sur le surpoids et l’obésité**

D’après les estimations mondiales récentes de l’OMS:

* En 2014, plus de 1,9 milliard d’adultes – personnes de 18 ans et plus – étaient en surpoids. Sur ce total, plus de 600 millions étaient obèses.
* Globalement, environ 13% de la population adulte mondiale (11% des hommes et 15% des femmes) étaient obèses en 2014.
* En 2014, 39% des adultes – personnes de 18 ans et plus – (38% des hommes et 40% des femmes) étaient en surpoids.
* La prévalence de l’obésité a plus que doublé au niveau mondial entre 1980 et 2014.

En 2014, on estimait que 41 millions d’enfants de moins de 5 ans étaient en surpoids ou obèses. Autrefois considérés comme des problèmes spécifiques des pays à haut revenu, le surpoids et l’obésité sont désormais en augmentation dans les pays à revenu faible ou intermédiaire, en particulier en milieu urbain.

En Afrique, le nombre d’enfants en surpoids ou obèses a pratiquement doublé, passant de 5,4 millions en 1990 à 10,6 millions en 2014. Près de la moitié des enfants de moins de 5 ans en surpoids ou obèses vivaient en Asie en 2014.

À l’échelle mondiale, le surpoids et l’obésité sont liés à davantage de décès que l’insuffisance pondérale. Il y a plus de personnes obèses qu’en insuffisance pondérale, et ce dans toutes les régions à l’exception de certaines parties de l’Afrique subsaharienne et de l’Asie.

**Quelles sont les causes de l’obésité et du surpoids?**

La cause fondamentale de l’obésité et du surpoids est un déséquilibre énergétique entre les calories consommées et dépensées. Au niveau mondial, on a constaté:

* une augmentation de la consommation d’aliments très caloriques riches en lipides; et
* une augmentation du manque d'activité physique en raison de la nature de plus en plus sédentaire de nombreuses formes de travail, de l’évolution des modes de transport et de l’urbanisation croissante.

L’évolution des habitudes en matière d’alimentation et d’exercice physique résulte souvent de changements au niveau de l’environnement et de la société et d’une absence de politiques dans certains secteurs, comme la santé, l’agriculture, les transports, l’urbanisme, l’environnement, la transformation des aliments, la distribution, le marketing et l’éducation.

**Quelles sont les conséquences les plus fréquentes du surpoids et de l’obésité?**

La hausse de l’IMC est un facteur de risque majeur pour certaines maladies chroniques comme:

* les maladies cardiovasculaires (principalement les cardiopathies et les accidents vasculaires cérébraux), qui étaient déjà la première cause de décès en 2012;
* le diabète;
* les troubles musculo-squelettiques, en particulier l’arthrose – une maladie dégénérative des articulations, très invalidante;
* certains cancers (de l’endomètre, du sein, des ovaires, de la prostate, du foie, de la vésicule biliaire, du rein et du colon).

Le risque de contracter des maladies non transmissibles augmente avec l'IMC.

On associe à l’obésité de l’enfant un risque accru d’obésité, de décès prématuré et d’incapacité à l’âge adulte. Mais, en plus de ces risques pour l’avenir, les enfants obèses peuvent avoir des difficultés respiratoires, un risque accru de fractures, une hypertension artérielle, une apparition des premiers marqueurs de maladie cardiovasculaire, une résistance à l’insuline et des problèmes psychologiques.

**Une double charge de morbidité**

De nombreux pays à revenu faible ou intermédiaire sont aujourd’hui confrontés à une «double charge» de morbidité.

* Alors qu’ils continuent de faire face aux problèmes des maladies infectieuses et de la dénutrition, ils connaissent également une augmentation rapide des facteurs de risque pour les maladies non transmissibles, comme l’obésité et le surpoids, notamment en milieu urbain.
* Il n’est pas rare d’observer simultanément la dénutrition et l’obésité dans un même pays, une même communauté, voire une même famille.

Dans les pays à revenu faible ou intermédiaire, les enfants risquent davantage de ne pas recevoir une alimentation adaptée à leur âge, que ce soit au stade prénatal, à celui du nourrisson ou du jeune enfant. Parallèlement, ils sont exposés à des aliments riches en lipides, en sucre, en sel, très caloriques, mais pauvres en micronutriments, qui tendent à être moins chers, mais aussi de qualité nutritionnelle inférieure. Ces habitudes alimentaires, associées à la sédentarité, entraînent une augmentation marquée de l’obésité chez l’enfant alors que les problèmes de malnutrition ne sont toujours pas résolus.

**Comment réduire la charge du surpoids et de l’obésité?**

Le surpoids et l’obésité, ainsi que les maladies non transmissibles qui y sont associées, peuvent être en grande partie évités. Des environnements et des communautés propices sont cruciaux pour induire les choix des populations, en facilitant celui d’aliments plus sains et d’une activité physique régulière en termes d’accessibilité, de disponibilité et de coût, et ainsi agir en prévention du surpoids et de l’obésité.

Au niveau individuel, on peut:

* limiter l’apport énergétique provenant de la consommation des lipides totaux et de sucres;
* consommer davantage de fruits et légumes, de légumineuses, de céréales complètes et de noix;
* avoir une activité physique régulière (60 minutes par jour pour un enfant et 150 minutes par semaine pour un adulte).

La responsabilité individuelle ne peut pleinement jouer son rôle que si on a accès à un mode de vie sain. Il est donc important qu’au niveau de la société, l’individu soit aidé à appliquer les recommandations énoncées ci-dessus, par la mise en œuvre durable de politiques reposant sur des bases factuelles à l’échelle des populations qui rendent les choix de l’activité physique régulière et de meilleures habitudes alimentaires disponibles, financièrement avantageux et facilement accessibles pour tout un chacun, y compris les plus pauvres.

Une taxe sur les boissons sucrées est un exemple de ce type de politiques.

L’industrie agro-alimentaire peut jouer un rôle important de promotion des régimes alimentaires sains:

* en réduisant la teneur en graisse, en sucre et en sel des aliments préparés;
* en proposant à tous les consommateurs des produits sains et nutritifs à un prix abordable;
* en limitant la commercialisation d’aliments riches en lipides, en sel et en sucre, notamment ceux qui sont destinés aux enfants et aux adolescents; et
* en veillant à proposer des aliments sains et à favoriser la pratique d’une activité physique sur le lieu de travail.

**La mesure du tour de taille**

Cette mesure permet de détecter une obésité abdominale. Simplement à l'aide d'un mètre de couturier, il est possible de se surveiller :

**Vous êtes un homme**

Si votre tour de taille est supérieur à 100 cm, il vous faut consulter.

Haut du formulaire

**Calcul du pourcentage de graisse selon le poids et la stature :**

* **Formule de peronnet:**

1 Définition de l'indice de stature par rapport à la circonférence du poignet en centimètre (table de conversion). 0= stature large à 4= stature très mince.  
2 Par rapport au sexe, une valeur H ou F. Homme=115, Femme=125.

**(indice de stature + poids(en kg)+ valeur H où F)-taille (en cm)  
=estimation du pourcentage de graisse**

*Exemple pour un homme 1.74m, 68kg et un tour de poignet de 17cm. (2+68+115)-174=11.  
Soit 11% de graisse.*

**Rapport du poids à la taille**

* **Formule de Lorentz**

A=4 chez l'homme, a=2 chez la femme.

**(Taille (en cm)-100)-((taille (en cm)-150)/a)=Poids idéal théorique**  
*pour un homme 1.74m. (174-100)-((174-150)/4)=68 kg. Son poids idéal serait donc de 68kg.*

Voici une autre méthode pour définir votre type de morphologie. Cet indice a été créé au 19 ème siècle par un belge, Adolphe Quételet (1796-1874).Cet indice est très connu et souvent utilisé.

Relevez votre I M C et définissez votre morphologie grâce au tableau qui suit:

Tableau des résultats pour l'I M C

* **Formule de Quétellet**Bas du formulaire

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Âge (années) | 15-19 | 15-19 | 20-29 | 20-29 | 30-39 | 30-39 | 40-49 | 40-49 | 50-59 | 50-59 | 60-69 | 60-69 |
| Sexe | Homme | Femme | Homme | Femme | Homme | Femme | Homme | Femme | Homme | Femme | Homme | Femme |
| maigre | <20 | <19 | <21 | <19 | <22 | <20 | <23 | <21 | <24 | <22 | <24 | <22 |
| mince | 20-21 | 19-20 | 21-22 | 19-20 | 23-24 | 21-22 | 24-25 | 21-22 | 24-25 | 22-23 | 24-25 | 23-24 |
| normal | 21-22 | 20-22 | 23-24 | 21-22 | 24-26 | 22-23 | 25-27 | 23-25 | 25-27 | 24-26 | 26-27 | 24-26 |
| Embonpoint | 22-23 | 22-23 | 25-26 | 22-23 | 26-28 | 24-25 | 27-28 | 25-27 | 27-28 | 26-28 | 27-28 | 27-28 |
| Obèse | >24 | >24 | >27 | >24 | >28 | >26 | >29 | >28 | >29 | >29 | >29 | >29 |

**Poids (en kg)/taille (en mètres)au carré=indice de masse corporel (IMC).**

*Pour un homme, 1.74m, 68 kg, 35 ans.68/(1.74\*1.74)=22. Avec cet indice de 22 et par rapport au tableau de conversion, cet homme possède donc un profil mince*.

Un coureur à pied doit pouvoir définir son poids de forme

C'est le poids qui lui permettra pendant la compétition d'atteindre une performance optimale.  
  
**Si trop lourd** -> Baisse de la [VO2max](javascript:PopIt('VO2max.html',%20'500',%20'300')), usure accélérée des articulations.  
**Si trop léger** -> Fonte musculaire -> perte de puissance, de rendement, fragilité et risques accrus d'infection.  
  
Après la compétition, il se préoccupera surtout de recharger au mieux ses réservoirs physiologiques (eau, glucide, sels minéraux, vitamines...)  
Le poids de forme diffère selon les coureurs.  
En effet, selon l'épaisseur du squelette, le type morphologique, le poids idéal entre deux sujets de même taille pourra différer (10 kilos sont possibles, voir plus).  
D'où l'importance de la nutrition et d'une approche globale de la course à pied.  
On se pèse le matin, à jeun et après avoir "évacués" tous les trop pleins physiologiques.  
Des variations journalière de 1 kilos sont courantes et s'il n'y a pas eu d'excès où de maladie la veille, jamais significatives.  
Pour éviter ces amplitudes, on fait une moyenne sur les pesées de la semaine.  
On réitèrera ces pesées de temps en temps.  
On dit qu'un sportif est affuté lorsqu'il atteint son poids de forme.   
Cela signifie aussi qu'il est très sensible aux microbes et autres agression virale extérieur.  
Le poids de forme, c'est une limite parfois délicate à maintenir longtemps.   
Pour cette raison, il est préférable de ne gérer son poids que dans l'optique d'objectifs préalablement définie et qui ne couvriront pas toute l'année.  
La quête de ce poids de forme et surtout la manière d'y parvenir efficacement peut prendre des mois, plus souvent des années aux coureurs débutants.  
On considère qu'un pourcentage de graisse de 8% à 10% est généralement un excellent taux pour les coureurs.  
De 15 à 17% pour les coureuses  
Voici quelques formulaires automatiques qui peuvent vous être utiles pour vous situer..."adipeusement" parlant. :-))

**Notion de régimes de travail en relation avec le type de contraction**

**La contraction excentrique**

L’exercice excentrique est un moyen efficace d’induire des changements structuraux important du complexe muscle-tendon  et des adaptations de la commande nerveuse.

**Modalité**

La contraction excentrique implique une récession contrôlée sous l’effet de charges très puissantes, voire supra maximales. Au cours de ce processus, **le muscle absorbe l’énergie développée par une charge externe,** ce qui vaut au travail excentrique le nom de travail négatif. A ce mode de contraction correspond un travail mécanique, W = F x (-D) avec W en joules, F en Newton, D en mètre. L’énergie absorbée peut-être :

* Dissipée sous forme de chaleur, dans ce cas le muscle à une fonction d’amortisseur
* Stockée temporairement en énergie élastique pouvant être restituée (pliométrie)

Lors de sollicitations musculaires excentriques, le système nerveux met en place des stratégies d’activation centrale spécifiques à ce mode d’action. En effet la différence de programmation des contractions excentriques et concentriques, mesurés par électroencéphalographie indique une activité corticale plus importante et plus précoce lors de contractions excentriques.

**Complexe muscle-tendon**

Le tendon riche en collagène (80% de la masse du tissu organique) possède un comportement viscoélastique.

L’élasticité du muscle est due aux interactions actine-myosine, au tissu conjonctif et au système élastique de filaments structurant le sarcomère. Ce régime de contraction **permet de renforcer le complexe muscle-tendon** en stimulant la synthèse de collagène et en activant les gènes impliqués dans le développement et  la croissance cellulaire.

Le stockage d’énergie qui réside dans les propriétés élastiques du tendon et du muscle, qui permettent l’allongement de ces structures en réponse à l’étirement, produit une force additionnelle sans consommation d’ATP. Associé à un recrutement d’unités motrices (UMs), il **permet une économie de l’énergie totale utilisé par le muscle.**

Les hauts niveaux de tensions qui accompagnent l’allongement forcé de ce complexe, s’explique par l’incapacité du système nerveux centrale à recruter de façon maximale toutes les UMs d’un muscle induisant la répartition du stress mécanique sur un plus faible nombre d’UMs. **La tension unitaire par fibre active est donc plus élevée en mode excentrique**, ce qui entraîne des micro-lésions des fibres musculaires. Ces dommages se caractérisent par une désorganisation de certains sarcomères et une perturbation de de l’orientation linéaire de la ligne Z, associées à des lésions au niveau du sarcolemme, des tubules transverses et du réticulum sarcoplasmique. Succédant à un processus inflammatoire responsable de l’apparition progressive de douleurs à effet retardé ou ***delayed onset muscular soreness* (DOMS)**.

L’exercice excentrique est le principal pourvoyeur de courbatures. La théorie du dommage musculaire stipule que **la cellule musculaire endommagée est un facteur responsable de la croissance musculaire**. Une nouvelle cellule musculaire est créée par les cellules satellites, fusionnées avec les fibres musculaires existantes qui ont la capacité d’augmenter la synthèse de protéines ou de fusionner entre elles.

**Gains de force musculaire**

Par rapport à un entrainement concentrique, plusieurs études montrent que ce type d’entrainement semble être un moyen efficace pour augmenter les capacités de production de force maximale.

La force excentrique maximale se situe en 30 et 40% de la force maximale relevé en isométrique, et entre 10 à 30% en concentrique. En effet, l’appareil contractile est sollicité au maximum, grâce aux hauts degrés de couple de force musculaire.

Un gain de force isométrique (valeur étalon) maximale **3.5 fois plus important après 6 semaines d’entrainement excentrique** des fléchisseurs du genou en comparaison d’un entrainement concentrique de même durée. Ces résultats ont été confirmés avec des durées d’entrainement plus longues (**+24.6% versus +12% en concentrique**). Ainsi la composante excentrique est **essentielle pour augmenter la force musculaire**, grâce à un des processus adaptatifs importants induit par l’entrainement excentrique, le gain de masse musculaire. En effet une augmentation de 25% de la force maximale résulte d’une augmentation de 10% de la masse musculaire.

**L’hypertrophie musculaire**

Un des processus adaptatifs importants induit par l’entrainement excentrique est le gain de masse musculaire.

En effet au-delà de six à huit semaines d’entrainement, l’amélioration des capacités de production de force musculaire s’accompagne d’une augmentation de la masse musculaire. une **augmentation importante de la surface de section transversale du quadriceps après dix semaines d’un entrainement excentrique** par rapport à un entrainement en régime concentrique. L’exercice excentrique représente, pour les cellules musculaires, une contrainte mécanique particulière qui peut modifier l’expression de plusieurs gènes, via les voies de mécano- transduction constituées de protéines sensibles au statut mécanique de la cellule musculaire

. **A partir de six heures post-effort, il y a activation progressive des gènes de la croissance cellulaire et du développement**, impliqués dans le processus d’hypertrophie cellulaire chez l’homme. Les exercices excentriques semblent être le meilleur moyen pour optimiser la prise de masse.

**Prévention des blessures, phénomène de protection lié à l’entrainement excentrique**

Le travail excentrique est avantageux dans plusieurs domaines par rapport aux différents types de contraction car permet d’intervenir sur l’élasticité de la fibre musculaire.

**Suite à une lésion musculaire, un tissu cicatriciel se forme**. Si aucun exercice n’est réalisé, le tissu s’organise de façon anarchique. Le travail musculaire excentrique **permet de lutter contre cette anarchie** en réorientant les fibres du tissu cicatriciel et en activant la maturation du collagène. On observe un remodelage du corps musculaire et une amélioration de sa résistance.

Le mécanisme de protection musculaire précédant un entrainement excentrique semble être le résultat d’une augmentation du nombre des sarcomères en série. Cette adaptation permet de protéger ultérieurement le muscle lors d’un effort excentrique. En effet, pour une même position segmentaire, le muscle travaillerait en étant moins étiré. Il y a une diminution de la contrainte au niveau du sarcomère, contrainte à l’origine des lésions musculaires :

Les lésions tendineuses traumatiques : les luxations, ruptures se produisent toujours lors d’une activité frénatrice.

**La contraction concentrique**

**Modalité**

La contraction concentrique implique un raccourcissement musculaire avec accélération, de manière à surmonter une résistance. La tension musculaire exercée est supérieure à la charge extérieure.

C’est le type d’entrainement le plus fréquent dans la pratique sportive, elle consiste à induire un développement de la force de raccourcissement avec rapprochement des insertions musculaires.  Le mot « concentrique » signifie littéralement « avec le centre ». Le muscle se mobilise vers son centre.

Si cette force de traction est suffisamment forte, la contraction concentrique peut se manifester de trois façons : le muscle peut soit tracter l’os A vers l’os B, soit tracter l’os B vers l’os A soit tracter les deux os A et B. Il devient *moteur* ou *agoniste.*

**Notions de Biomécanique**

Quand on regarde les muscles des membres, le segment le plus léger est toujours le plus distal.

Au membre supérieur, la main est plus légère que l’avant-bras, l’avant-bras est plus léger que le bras… Si nous poussons plus loin l’exploration de la contraction concentrique on se rend compte que l’insertion qui bouge habituellement  est située sur le segment le plus léger. En d’autres termes, quand le muscle se contracte en concentrique, il mobilise généralement son insertion distale. On appelle ces actions ” l’action motrice standard du muscle”. En sport il est possible et fortement conseillé de travailler également en « inversion de point fixe » :

Par exemple : Si la main se tient à un objet inamovible tel qu’une barre de traction, étant donné que la main est fixe, l’avant-bras aussi est fixe et ne peut pas bouger, à moins que la barre soit arrachée du mur. Le bras sera mobilisé vers l’avant-bras et le sportif fera une *traction* ou *pull up*.

**Le recrutement des UMs, facteur déterminant de la force en contraction concentrique**

L’activité électromyografique (EMG) mesurée à la surface de la peau, lors d’actions musculaires concentriques est supérieure à l’activité des autres types de contraction.

L’innervation des fibres musculaires s’effectue par l’intermédiaire de motoneurones alpha. Un seul motoneurone peut innerver plus de 2000 fibres musculaires. Le système nerveux central semble, dans le cas d’une contraction concentrique, capable de recruter de façon maximale les UMs. Dans cette situation, l’élaboration de la force au niveau du muscle entier repose sur deux modalités stratégiques qui seront plus ou moins combinées : le nombre d’UMs recrutées (recrutement spatial) et la fréquence d’activation de ces UMs (recrutement temporel).

Prenons à titre d’exemple, l’éclairage de néons :

1er cas :    Un temps variable s’écoule entre la commande (l’appui sur l’interrupteur) et l’allumage effectif de tous les néons, tous les néons ne s’allume pas absolument simultanément= vitesse de la conduction nerveuse, donc vitesse de contraction = stratégie de recrutement temporel.

2ème cas :  Un même interrupteur ne permet pas l’allumage de tous les néons : il faut en actionner d’autres pour que l’ensemble des néons s’allument.  Ainsi, si tous sont allumés la lumière est plus forte = stratégie de recrutement spatial.

Cette commande varie selon la taille et le type de muscle.

Dans le cas de gros muscles, le mécanisme de codage principal de la force est le recrutement spatial des UMs. Par contre, dans les petits muscles où la force doit être ajustée avec précision, le codage en recrutement temporel semble être le mécanisme principal. En effet, pour certains muscles de la main Milner-Brown et al. ont démontré que le codage se fait prioritairement par l’augmentation de la fréquence d’activation des UMs.

**Théorie de l’accumulation des substrats**

Lors du travail concentrique, il existe une consommation importante d’ATP (versus excentrique) pour permettre les cycles de liaisons et ruptures entre les molécules d’actine et de myosine.

A l’état pur, l’entrainement en concentrique utilise un maximum d’énergie et du même coup génère une vascularisation importante. Le corps répond en stimulant le processus métabolique produisant l’énergie nécessaire pour contracter les muscles.

Cette augmentation de l’activité métabolique apporte une accumulation de plusieurs produits dérivés du métabolisme.

Pour la plupart, il s’agit d’acide lactique. L’acide lactique est démontré comme un **stimulant de la sécrétion de la testostérone** et probablement joue un rôle comme stimulant de l’hormone de croissance (Prévôt, 1998). Ces efforts intensifs stimulent le système nerveux central **produisant de l’adrénaline et de la noradrénaline**, hormones à effet potentiellement anabolisant.

**Notion de force, de travail, de vitesse et de puissance**

Quand tous ces facteurs sont réunis, la force exercée par le muscle est le produit de la masse déplacée (M) par l’accélération (A) :

F(N)= M (kg) x A (m.s-2) (*N : Newton, l’unité de mesure de la force*)

Lorsque la charge est déplacée, il y a travail, défini comme le produit de la force (F) par la distance (d) :

T (J) = f (N) x d (m) (*J : joule, l’unité de mesure du travail*)

Le travail (T) mesuré par unité de temps (t) défini la puissance. La Puissance (P) est le rapport du  travail (T) sur le temps (t) mis pour le réaliser :

P(W) = T(J)/t(s) (*W : Watt, l’unité de mesure de la puissance*)

Comme le rapport de la distance (d) sur le temps (t) représente la vitesse :

V (m.s-1) = d(m)/t(s)

La puissance peut être définie aussi comme le produit de la force par la vitesse :

P(W) = F x V ; pour explorer la puissance plus en détail voir :

**La contraction isométrique**

**Modalité**

Lors d’une contraction isométrique ou statique, le travail au point de vue de la physique est nul puisque le produit de la force par le déplacement est nul.

Il n’y a pas de raccourcissement ni d’étirement du muscle visible. Néanmoins une augmentation de la tension du muscle. Cette tension musculaire (T.musc) est inférieure ou égale à la charge extérieure (Ch.ext).

**Force et isométrie**

Dans les conditions de sollicitations musculaires isométriques, les investigations ont clairement montré que le mode d’activation des UMs était dépendant de la longueur à laquelle le muscle se trouve au moment de sa contraction.

Zatsiorki mentionnait déjà (1966) que le gain de force dû à l’isométrie était spécifique de la position de travail :

Les travaux ont mis en relation la longueur des sarcomères avec celle du muscle entier et l’angle articulaire. La diminution de la force observée lorsque le muscle est raccourci s’explique principalement par une réduction du nombre de ponts entre filaments d’actine et de myosine consécutive au raccourcissement des sarcomères. **Toute augmentation de la longueur du muscle s’accompagne d’une augmentation de la force** jusqu’à une longueur optimale témoignant de la plus grande tension exercée par chaque pont jusqu’à leur point de rupture mécanique. Ainsi, **toute diminution de la longueur est associée à une réduction de la tension développée**. Lorsque le muscle atteint une longueur critique de raccourcissement, celui-ci deviendrait « activement déficient », conduisant alors à une réduction de la commande nerveuse sur les neurones moteurs spinaux. Ces auteurs spéculent qu’une augmentation de l’inhibition du pool des neurones moteurs associée à la moindre capacité des UMs à produire de la force serait présente lorsque la longueur du muscle est réduite.

**Adaptation cardiovasculaire en condition isométrique**

Pendant la contraction isométrique, le débit de perfusion au niveau du muscle contracté est un facteur important du temps limite.

En effet les réactions cardiovasculaires déclenchées par la contraction isométrique tendent à améliorer les conditions de perfusion du muscle contracté, alors que celui-ci **écrase mécaniquement ses vaisseaux nourriciers**. Dans ces conditions le temps de maintien maximal d’une contraction musculaire isométrique dépend du niveau de force développé et des possibilités de renouvellement énergétique liées à l’adaptation cardiovasculaire pendant la contraction.

L’occlusion vasculaire est totale à 50% de la force maximal volontaire (FMV) pour le biceps, à 70% de la FMV pour le quadriceps (Gaffney et al, 1990),

La désoxygénation musculaire n’est pas plus importante à 100% de la FMV qu’à 50%. L’accélération cardiaque reflexe contribue à augmenter le débit cardiaque. **On observe après la fin de l’effort une élévation importante de l’hématocrite**.

**Modification biologique locale en isométrique**

Au cour de la contraction isométrique on observe une accumulation du potassium (K+), une baisse de la pression partielle d’oxygéne (pO2) , une baisse du pH, et une augmentation  de la pression partielle de gaz carbonique (pCO2). La baisse du pH serait liée à l’apparition des ions H+ en raison de la production d’acide lactique.

La contraction isométrique améliore les facultés tampon de manière à réguler l’acidité, et de fait améliore la résistance musculaire.

**Synthèse**

L’entrainement excentrique permet des sommets de tension musculaire qui dépassent de loin les valeurs de force maximale en concentrique ou en isométrique.

De fait le mode excentrique permet l’augmentation de la force maximale, l’augmentation de la section transversale des muscles, des tendons et des ligaments. Leurs capacités à emmagasiner/restituer l’énergie mécanique augmente du même  coup. Dosé correctement, il permet de prévenir certaines lésions musculaires. A l’état pur cette méthode ne peut se pratiquer qu’en période de préparation. En effet son mode d’action a une forte tendance à provoquer des courbatures dues aux microlésions qu’il occasionne, ce qui prédispose à de véritables lésions.

Dans la condition de contraction concentrique, la méthode entraîne chez le sportif la plus haute  capacité d’innervation volontaire maximale (versus excentrique) et se prête bien à l’entrainement en période de compétition.

Elle produit une amélioration de la coordination neuromusculaire. En effet, nous avons vu précédemment que le contre mouvement (phase excentrique) par les propriétés élastiques du complexe muscle-tendon améliore la performance concentrique. Il en résulte qu’une contraction purement concentrique suppose, pour une performance comparable, une activité électrique plus importante qu’une forme mixte excentrique et concentrique. Cela permet d’entraîner la force maximale, la force vitesse, la force endurance, et la masse musculaire dans une moindre mesure que le mode excentrique.

Quant à la méthode isométrique, elle ne doit pas être utilisée seule pour l’amélioration de la force maximale.

Cependant c’est une  méthode efficace pour profiter de la bonne activation des UMs et de la capacité neuromusculaire, quand elle est en liaison avec un entrainement pliométrique, concentrique, ou excentrique qui lui succède. Toute fois l’angle de travail aura une importance particulière. De plus, l’adaptation cardiovasculaire suscitée par ce stimulus permet d’améliorer le débit de perfusion musculaire, et la résistance musculaire due aux modifications biologiques locales.

**Les régimes de contraction en vidéo dans le cadre d’une préparation physique spécifique**

**Contraction isométrique, excentrique et concentrique  
Trois régimes de contraction peuvent être utilisés dans vos programmes d'entraînement et chacun vous aidera à travailler une qualité musculaire différente. Mais il y a aussi les types de contractions : vélocité, puissance, ultra lente, ...**

Pour bien comprendre [les muscles](http://www.all-musculation.com/muscle-musculation/) et l'usage que l'on en fait en musculation, il peut être intéressant de comprendre les **différents régimes de contraction musculaire**.  
  
Même si on n'y réfléchit pas forcément quand on s'entraîne, il y a différentes façons de contracter les muscles et il peut être parfois utile de jouer sur ces régimes de contraction sur les [qualités musculaires](http://www.all-musculation.com/musculation/muscle-musculation/qualites-musculaires.html) qu'on cherche à développer en priorité. Cela sera notamment utile si vous recherchez la force, ou si votre objectif est avant tout la préparation physique et non pas le bodybuilding.

**Contraction concentrique : phase positive**

La contraction concentrique est la plus utilisée : c'est celle qu'on réalise lorsqu'on contracte un muscle pour soulever un poids, par exemple lors de la flexion des bras sur les exercices de biceps.  
  
On l'appelle aussi le plus souvent la **phase positive**. C'est le type de contraction le plus courant, celui qu’on réalise sur tous les exercices sans même s’en rendre compte.  
  
La **contraction concentrique** est la contraction d'un muscle qui entraîne un mouvement lié à son raccourcissement. Son principe est donc de contracter le muscle en rapprochant les points d'insertion provoquant ainsi son raccourcissement.  
  
En musculation, c’est le moment actif, celui où vous soulevez le poids.  
  
A noter que la phase concentrique est celle pendant laquelle nous avons le moins de force : il est bien plus facile de tenir un poids immobile (contraction isométrique), ou de ralentir la descente, plutôt que de le soulever.

**Avantages de la contraction concentrique**

Suivant comment on fait travailler le muscle, cette technique de contraction va avoir plusieurs avantages :

* Au bout de 6 répétitions, cette technique sera bénéfique car elle agira sur le système nerveux
* Au bout de 10 répétitions, cette technique permettra de **gagner en volume** (augmentation de la taille des fibres)
* au bout de 15 répétitions, cette technique permettra d'améliorer son **endurance** et sa **coordination intramusculaire**

À noter que même si la contraction concentrique est celle pendant laquelle on est le plus faible, c’est la seule à même de développer correctement la masse musculaire. Les deux autres vont agir principalement sur la force.

**Exemple contraction concentrique**

Un exemple de contraction concentrique est la flexion de l'avant-bras sur le bras lors du travail des biceps. En effet, par la contraction du biceps et du brachial antérieur, le bras va se plier et l'action concentrique du muscle va le faire se rétrécir et ainsi provoquer la flexion de l'avant-bras.  
  
Dans l'exercice de [curl barre](http://www.all-musculation.com/exercices-musculation/biceps/curl-barre-supination.html), la phase de montée de la barre correspond à une contraction concentrique du biceps : le muscle se contracte, se raccourcit et permet ainsi de monter la barre.  
  
Ou alors la phase de poussée sur le squat ou le développé couché, ou de tirage sur tous les exercices pour le dos.

**Contraction excentrique : phase négative**

Le principe du régime de **contraction excentrique** est que le muscle se contracte en s’éloignant des points d'insertion : donc il se contracte pendant qu'il s'étire. Pourquoi il se contracte ? Tout simplement pour retenir la charge, par exemple lors de la descente de la barre au développé couché, pour éviter de vous faire écraser par le poids ou de le faire rebondir sur vos côtes.

C'est le mouvement contraire de la contraction concentrique pendant laquelle le muscle se contracte pendant qu'il se raccourcit. Dans ce type de contraction le but est donc simplement d'essayer de ralentir l'étirement du muscle, on essaie juste de retenir le poids et non pas de le soulever.

**Avantages de cette contraction**

Les avantages de la contraction excentrique sont les suivants :

* sollicite différentes [fibres musculaires](http://www.all-musculation.com/musculation/muscle-musculation/fibres-musculaires.html)
* efficacité prouvée lorsque c'est couplé avec une contraction concentrique, il ne faut donc pas trop accélérer l'excentrique, pour bien profiter de l'étirement
* tension supérieure à l'isométrique

À noter de plus que ce type de contraction peut être intéressant dans une phase de rééducation pour étirer les muscles et pour aider à soulager les tensions musculaires ou les contractures. Il peut être aussi utilisé dans le cadre de l'apprentissage d'un exercice si vous n’avez pas assez de force pour le réaliser en concentrique.  
  
Par exemple, vous pouvez faire des tractions en excentrique (donc ne faire que la phase négative c'est-à-dire la descente, en faisant la montée à l'aide d'une chaise), ce qui vous permettra petit à petit d'augmenter votre force pour réussir ensuite à faire la phase positive. En effet, vous avez plus de force quand vous essayez simplement de vous retenir que si vous essayez de vous soulever.

**Inconvénients de cette contraction**

Voici les inconvénients de cette contraction :

 elle demande une **récupération importante** car elle est bien plus fatigante au niveau musculaire et articulaire

 elle requiert l'utilisation de charges lourdes, car on a plus de force avec cette méthode   
désadaptation importante, il ne faut donc pas s'entraîner exclusivement en excentrique

 et enfin, ce n'est pas la méthode la plus efficace pour la prise de masse musculaire si elle est utilisée seule

**Exemple**

Un exemple de régime de contraction excentrique est la **course à pieds en descente**. En effet, il faut sans arrêt essayer de se ralentir pour ne pas partir en avant et tomber. Ainsi, la force de contraction du muscle est inférieure à la force de résistance qui est de nous attirer vers l'avant.  
  
Un autre exemple de contraction excentrique est l'[exercice du squat](http://www.all-musculation.com/exercices-musculation/quadriceps/squat-barre.html). En effet, lorsqu'on fléchit les jambes et qu'on amène les fesses vers le sol, les muscles réalisent une contraction de type excentrique (à condition bien sûr de faire le mouvement correctement, c'est-à-dire de retenir la descente).

**Contraction isométrique : statique**

Le principe de la **contraction isométrique** est que les muscles se contractent, mais les leviers ne bougent pas et les points d'attache sont fixes.

Le but est donc de faire du statique, de ne pas bouger, de simplement réussir à immobiliser la charge. C'est donc une contraction très puissante, mais sans bouger.  
  
Les [exercices de gainage](http://www.all-musculation.com/programmes-musculation-pour-chaque-muscle/gainage/) de même que l'exercice de la chaise sont un excellent exemple de contraction isométrique. On prend une position et on la tient un certain temps. Les muscles travaillent sans qu'il y ait de mouvements, mais là on est du statique facile, avec des contractions « faibles ».  
  
A l'inverse une isométrie maximale a une intensité de 95 à 120% et ne doit durer que 3 à 6 minutes. Ce qui veut dire que vous pouvez utiliser un poids 20% plus lourd que votre force maximale !  
  
Une isométrie totale a une intensité de 50 à 90% et doit durer jusqu'à la fatigue (ne pas dépasser 20 sec).

**Avantages**

Les avantages de cette façon de travailler sont nombreux :

 permet de travailler des positions difficiles : si certaines parties du mouvement sont plus dures pour vous, entraînez-vous en statique sur ces parties de manière à dépasser ces points durs ;

 **exercices faciles à mettre en oeuvre**

 exercices ne nécessitant pas de matériel particulier

 **activation des muscles de façon maximale** grâce à la fatigue

 pas d'action sur la vascularisation

 on travaille la force : le statique est le type de contraction dans lequel on a le plus de force. On peut donc s'entraîner avec des charges supra maximales, c'est-à-dire plus lourde que notre charge maximale : il est tout à fait possible de faire du statique avec 110 ou 120 % de sa RM.

**Inconvénients**

Les inconvénients de cette méthode de travail sont également assez nombreux :

* on travaille **uniquement la force** : cette méthode ne travaille pas du tout la masse musculaire
* méthode de travail complémentaire, donc doit être accompagné d'autres exercices pour ceux qui pratiquent le bodybuilding
* ne dure pas longtemps, quelques secondes seulement
* diminution de la vitesse de contraction
* les charges lourdes augmentent le risque de blessure ;

Mais le plus gros inconvénient se situe au niveau de la récupération : comme on peut soulever des charges excessivement lourdes, la récupération musculaire, articulaire et nerveuse va être plus longue. Il faut donc apprendre à l'utiliser avec précaution.

**Autres types de contractions musculaires**

Il existe différents types de contraction musculaire tels que la vélocité, la puissance, l’ultra lente, la statique ou encore la dynamique. Voici un petit lexique de quelques termes utilisés.

**Vélocité :**     
La vélocité définit la vitesse d'exécution de la contraction musculaire.  
  
Même si ce terme est relativement peu employé, il est possible de le trouver de temps en temps, surtout dans les ouvrages un peu « vieux ». Actuellement, on préfère parler tout simplement de vitesse.

**Puissance :**    
La puissance est une **relation entre la force et la vitesse**. Elle fait référence à une contraction très rapide dans la phase positive (concentrique) du mouvement. La puissance est recherchée notamment par les pratiquants de power lifting, d'haltérophilie, les sprinters ou les boxers.

Au niveau mathématique, on peut dire que la puissance est le produit de la masse et de la vitesse.  
  
On comprend bien que pour soulever très vite un objet très lourd, il faut énormément de puissance. Par contre, une fois en mouvement, cet objet acquiert une grande force, il sera donc difficile à arrêter (comme le coup de poing d'un boxer poids lourd par exemple).

**Ultra lente (super slow):**  
Le super slow est une méthode d'entraînement particulière : la phase positive et négative du mouvement est faite **très lentement**. C'est-à-dire que vous allez prendre entre 3 et 10 secondes pour monter le poids, et autant pour le baisser.  
Cette méthode oblige à prendre plus léger, mais augmente le temps sous tension. C'est une bonne alternative si vous n'avez pas assez de poids, ou souhaitez ménager vos articulations.

**Dynamique :**   
Aussi appelée **isotonique**. Elles sont de deux types : **concentrique** et **excentrique**. C'est le type de travail classique

**3eme Partie**

**Optimisation de la musculature**

**Analyse fonctionnelle des mouvements**

Le rôle de l’éducateur sportif est de connaître :

1. L**’anatomie** pour comprendre, expliquer et corriger le geste du pratiquant afin de l’optimiser, le tout, dans un cadre sécuritaire
2. Où et comment s’appliquent les **forces**
3. Les différents types de **leviers**
4. Les différents types de **contractions musculaires**
5. Les **courses (= amplitude) articulaires et musculaires** par rapport aux mouvements

Haut du formulaire

**Qu’est-ce qu’un levier ?**

**En biomécanique, un levier est un système rigide (os) sur lequel agit une force (musculaire) pour vaincre une résistance (en général la gravité)** **en prenant appui sur un point fixe (articulation).**

Nb : la force ne s’applique pas directement au muscle mais à son insertion (le tendon). C’est pour cela que l’on se fait des tendinites lorsque les tendons sont trop fragiles ou pas assez échauffés.

Les **notions de leviers**

La grande majorité des mouvements en musculation sont des **leviers inter puissant**.

**Glossaire :**

* **F = Force : la force est exercée par votre muscle**
* **R = Résistance : la résistance provient de la gravité ou bien d’un poids couplé à la gravité.**Prenons l’exemple d’un curl biceps. Lorsque vous faites une flexion de votre avant-bras (même sans haltère), votre biceps se contracte légèrement. Ceci provient de la gravité. Si vous avez un haltère, votre biceps se contracte davantage, mais ceci est toujours lié à l’effet de la gravité sur l’haltère.

**La force et la résistance sont donc toujours en opposition, en duel. Si c’est la force qui remporte le duel, vous parvenez à faire votre mouvement (votre curl biceps). Si c’est la résistance qui l’emporte, vous n’arrivez plus à soulever votre haltère et votre bras retombe. La résistance remporte le duel.**

* **A = Articulation**
* **Newton**: unité de mesure de force (1kg = 10N environ (9,81 exactement))
* **Centre de gravité**: c’est le point où agit la force de gravité terrestre (la pesanteur) sur l’organisme.

**Chez l’homme = L3 (3ème vertèbre lombaire)** – si le centre de gravité  tombe dans le **polygone de sustentation**, on est en équilibre.

=> On élargit le polygone de sustentation si on écarte les pieds (plus de stabilité)

* **Polygone de sustentation**: zone virtuelle délimitée par les bords des points d’appui
* **Moment** **cinétique** (que l’on nomme : M0) : si une R (Résistance) agit à une distance d’un point, on dit que cette R exerce un moment cinétique (contrainte) par rapport à ce point.

**=> M0 = Résistance x Longueur du levier**

Ex : Richard fait un curl biceps avec un haltère de 5kg, donc environ 50 N (50 Newton). Son avant-bras fait 30 cm de long, soit 0,3 mètre. Le moment cinétique fait donc 50 x 0,3 = 15 N/m (15 Newton par mètre). Le moment cinétique est plus important que celui exercé par Babeth, dont l’avant-bras fait 20cm (M0 = 50 x 0,2 = 10 N/m). L’haltère paraîtra donc plus lourd si vous avez un avant-bras long.

Comment se calcule la force nécessaire à développer en fonction de la résistance, du levier et du bras de levier ?

**F = (R x L1) / L2**

Avec F la Force, R la Résistance et :

* L1 = la longueur du levier, c’est-à-dire la longueur de l’os (ce que l’on a vu dans le moment cinétique)
* L2 = le bras de levier, c’est-à-dire la distance entre l’articulation et l’insertion musculaire.

=> Cette différence entre levier et bras de levier est fondamental. Il est important de la connaître. Le bras de levier est une distance, en général, courte, entre une articulation et l’insertion musculaire. Par exemple, dans le cadre du biceps brachial, le bras de levier est la distance entre l’articulation du coude et l’insertion du biceps sur le radius, soit en général quelques centimètres.

Ex : un sportif veut faire un curl biceps. Le bras de levier de son biceps brachial (distance entre son coude et l’insertion de son biceps sur le radius) est de 5cm (soit 0,05 mètre). Pour soulever un haltère de 5 kg (soit 50 Newton), avec son avant-bras qui fait 30cm (soit 0,3m), il va avoir besoin d’une force de (50 x 0,3)/0,05 = 300 Newton (soit environ 30kg).  
Si un autre sportif qui a l’avant-bras aussi long mais un bras de levier plus long (l’insertion de son biceps se fait plus loin du coude), disons 10cm (soit 0,1m), il aura besoin d’exercer une force de seulement (50 x 0,3)/0,1 = 150 Newton (soit environ 15kg).

=> Globalement, on a plus de force si notre levier est petit (avant-bras court) et si notre bras de levier est important (distance entre l’insertion du muscle et l’articulation). Ceci explique pourquoi dans des sports tels que l’haltérophilie, la gymnastique ou le CrossFit, les athlètes de petite taille et/ou avec des bras de levier importants (plus difficile à savoir) ont un avantage compétitif naturel.

Si l’on développe un peu la formule pour calculer la force

F = (R x L1) / L2, on obtient

F = M0 / L2 car le moment cinétique M0 est égal à R x L1.

L’équilibre se trouve donc lorsque F x L2 = R x L1

**Biomécanique et travail concentrique, excentrique et isométrique**

Lorsqu’il y a **équilibre** entre la force et la résistance, les leviers osseux sont immobiles. La force exercée par un muscle contrebalance parfaitement la résistance. Il n’y a aucun raccourcissement. C’est ce qu’on appelle un **travail isométrique**.

Lorsqu’il y a un **déséquilibre** entre la force et la résistance, on obtient soit :

* Si la force est supérieure à la résistance (votre muscle arrive à soulever la charge), vous faites un **travail concentrique**. Les insertions du muscle se rapprochent (par exemple, pour un curl biceps, votre avant-bras se rapproche de votre épaule).
* Si la force est inférieure à la résistance (votre muscle n’arrive pas à soulever la charge,), vous faites un **travail excentrique**. Les insertions du muscle s’éloignent.  
  Bien entendu, le travail excentrique peut être volontaire si vous êtes capable de soulever la charge mais que vous exercez volontairement une force moindre.

=> Un curl biceps est théoriquement un travail concentrique (lorsque l’avant-bras se rapproche de l’épaule) puis excentrique (lorsque l’avant-bras s’éloigne de l’épaule). Dans le jargon, on va simplifier en disant que l’on fait un travail concentrique.

Les courses de mouvement  
En biomécanique, on distingue 4 courses de mouvement :

* Course interne = raccourcissement (travail concentrique)
* Course externe = allongement (travail excentrique)
* Course totale = course interne + course externe
* Course moyenne = à mi-chemin  
  Ex : je vais un demi curl biceps ou un demi squat

Dans l’ordre décroissant de force (on a le plus de force sur la premier mouvement et le moins de force sur le dernier), nous avons le travail :

* Excentrique (travail négatif)
* Isométrique
* Concentrique
* Pliométrique

Un exercice pliométrique consiste à faire travailler en puissance et explosivité un ou plusieurs muscles du corps. Un exercice pliométrique est constitué d’un étirement rapide des  agonistes, suivi d’une contraction maximale, utilisant principalement le poids du corps comme outil.

Nb : le muscle antagoniste (= muscle opposé) se contracte même dans la phase concentrique du muscle agoniste (= celui qui travaille principalement). Il permet de contrôler le mouvement. Sans lui, il n’y aurait pas de maîtrise. Par exemple, sans le triceps brachial, la phase concentrique du curl biceps serait dangereuse : on risquerait de se prendre la barre dans le nez.

**Biomécanique et plans (frontal, sagittal et horizontal)**

Les mouvements sont définis à partir de la position de référence : la **position anatomique.**

Dans cette position de référence, le corps est debout, le pieds réunis, parallèles et les bras le long du corps, paumes tournées vers l’avant.

Les mouvements se définissent en direction et en amplitude sur les 3 plans suivant :

* Frontal
* Sagittal
* Horizontal ou transversal

**Il est indispensable pour l’examen que vous compreniez bien les 3 plans et que vous soyez capables de dire sur quel plan se fait un mouvement.**

**Le plan frontal**

Il divise le corps entre sa partie antérieure (visage, poitrine, ventre, quadriceps…) et sa partie postérieure (nuque, dos, fessiers, ischio-jambiers, mollets…). C’est le plan dans lequel se font les mouvements principalement visibles de face.

Pour savoir quels mouvements vous pouvez faire sur un plan frontal, imaginez-vous que vous êtes coincés **entre 2 murs parallèles**, **l’un devant votre visage, l’autre derrière votre tête.**

Quels mouvements pouvez-vous faire dans ce cas ?

Vous pouvez par exemple faire des élévations latérales des membres supérieurs (abduction et adduction des « bras »), des abductions/adductions des membres inférieurs, un développé nuque ou clavicule.

**Le plan sagittal**

Il divise le corps par une ligne médiane entre sa partie gauche et droite.  
Les 2 parties sont donc à peu près symétriques (un membre inférieur, un membre supérieur, un œil, une oreille…). C’est le plan dans lequel se font les mouvements principalement visibles de profil.

Pour savoir quels mouvements vous pouvez faire sur un plan sagittal, imaginez-vous que vous êtes coincés **entre 2 murs parallèles**, **l’un à votre gauche, l’autre à votre droite.**

Quels mouvements pouvez-vous faire dans ce cas ?

Vous pouvez par exemple faire des flexions de jambes (squats), des fentes, des élévations antérieures ou des rétropulsions des membres supérieurs (bras vers l’avant ou vers l’arrière).

**Le plan horizontal ou transversal**

Il divise le corps entre sa partie supérieure et inférieure.  
C’est le plan dans lequel se font les mouvements principalement visibles d’en haut ou d’en bas.

Il s’agit en général des **rotations**, par exemple les rotations du buste par rapport aux membres inférieurs ou à l’inverse le twist (sur une plaque tournante, rotation des jambes alors que le buste reste fixe).

**Biomécanique et types de mouvements**

Ces mouvements seront abordés plus en détail dans les paragraphes suivants, mais pour synthétiser, il existe 6 mouvements principaux :

* La flexion
* L’extension
* L’abduction
* L’adduction
* La rotation interne
* La rotation externe

Les mouvements peuvent de plus parfois être combinés. Par exemple, on parle de rotation + flexion si l’on fait un Crunch abdos coude/genou opposé (afin de mobiliser davantage les obliques).

On peut parler également de rotation + extension si l’on travaille ses lombaires au banc à lombaires et qu’on y intègre une rotation externe.

Dans le cas de **l’épaule**, on parle également :

* D’**antépulsion**: on lève les bras tendus vers l’avant (ex : élévations antérieurs aux haltères pour travailler principalement le deltoïde antérieur)
* De **rétropulsion**: on envoie les bras tendus vers l’arrière

Dans le cas du buste ou du tronc, on parle également **d’inclinaison** latérale. Ce n’est en fait rien d’autre qu’une flexion latérale suivie d’une extension latérale pour revenir.

**Flexion** : il s’agit généralement du **rapprochement entre 2 segments osseux** **sur le plan sagittal**. Par exemple, la partie concentrique du curl biceps est une flexion de l’avant-bras sur le bras. Un squat, lorsque l’on passe de la position debout à la position fléchie, est une flexion de la cuisse sur la jambe.

**Extension**(par opposition à flexion) : il s’agit généralement de **l’éloignement de 2 segments osseux** **sur le plan sagittal**. Par exemple, la partie excentrique du curl biceps est une extension de l’avant-bras sur le bras. Un squat, lorsque l’on passe de la position fléchie à la position debout, est une extension de la cuisse sur la jambe.

**Abduction** : il s’agit de l’**éloignement d’un membre par rapport à l’axe du corps, visible depuis le plan frontal** (si l’on est placé en face ou derrière). Par exemple, les élévations latérales aux haltères, dans leur partie concentrique (on lève les haltères jusqu’à hauteur des épaules), est une abduction du membre supérieur. De même, on parle d’abduction du membre inférieur lorsque ce dernier s’éloigne de l’axe du corps.

**Adduction** (par opposition à abduction) : il s’agit de **rapprochement** **d’un membre par rapport à l’axe du corps, visible depuis sur le plan frontal**. Par exemple, les élévations latérales aux haltères, dans leur partie excentrique (on rabaisse les haltères de la hauteur des épaules jusqu’en bas), est une adduction du membre supérieur. De même, on parle d’adduction du membre inférieur lorsque ce dernier se rapproche de l’axe du corps.

*Moyens mnémotechniques : si comme moi, vous avez des difficultés à vous rappeler de la différence entre abduction et adduction, je vous donne 2 astuces qui pourraient vous aider à mieux retenir :*

* *Dans l’alphabet****, « b » vient avant « d »****. De même on commence par éloigner un membre de l’axe du corps (abduction) avant de le rapprocher (adduction)*
* ***« d » comme « dedans****» : on force « dedans », pour ramener le membre le membre supérieur ou inférieur (les adducteurs sont situés en « dedans » de la cuisse)*

**Rotation interne**: lorsque la rotation se fait « en dedans ».  
Par exemple, en partant de la position anatomique, lorsque le pouce se rapproche de l’axe du corps via la rotation du coude, ou encore lorsque le gros orteil se rapproche de l’axe du corps via une rotation de la hanche.

**Rotation externe**(par opposition à rotation interne) : lorsque la rotation se fait « en dehors ».  
Par exemple, lorsque vous avez les bras tendus et paumes de main vers vos cuisses, si vous souhaitez vous mettre dans la position anatomique, vous allez faire une rotation externe du coude. De même, si vous souhaitez passer un ballon avec votre pied devant vous, vous allez au préalable effectuer une rotation externe de la hanche.

**Biomécanique et mouvements par segment du corps**

**Le rachis dorsal et lombaire**

Mouvements possibles :

* Principaux muscles sollicités : grand droit et obliques
* Principaux muscles sollicités : para vertébraux, principalement dans la région lombaire. L’extension du rachis redresse la cyphose dorsale et accentue la lordose lombaire
* Principaux muscles sollicités : obliques
* **Rotation + flexion.** Principaux muscles sollicités : grand oblique + petit oblique opposé (car ses fibres sont orientées dans le sens opposé).  
  Ex : si l’on fait une rotation + flexion du coude droit vers le genou gauche (Crunch avec rotation), c’est le grande oblique droite (agoniste) qui travaille et le petit oblique gauche (antagoniste).
* **Rotation + extension**(ex : relevé lombaire où l’on part sur un côté). Principaux muscles sollicités: para vertébraux du même côté

Nb : les vertèbres lombaires sont beaucoup plus mobiles que les vertèbres dorsales

**La ceinture scapulaire (épaules)**

Mouvements possibles :

* **Antépulsion** (on lève le « bras » en avant). Principaux muscles sollicités : le deltoïde antérieur.
* **Rétropulsion** (on lève le « bras » en arrière). Principaux muscles sollicités : le deltoïde postérieur
* **Abduction** (élévation latérale qui écarte le « bras » du corps). Principaux muscles sollicités : deltoïde moyen et sus épineux. Le sus-épineux fait partie des 4 muscles de la coiffe des rotateurs.
* **Adduction** (rapproche le « bras » du centre du corps lorsqu’il est sur le côté).  Principaux muscles sollicités : grand pectoral + grand dorsal + grand rond.  
  nb : ce dernier mouvement est très rarement travaillé alors qu’il est très important pour l’équilibre de la ceinture scapulaire. On peut le travailler par exemple avec des poulies vis-à-vis ou des élastiques.
* **Rotation externe**(pouce va vers l’extérieur) : cela porte l’avant-bras en dehors en rapprochant l’omoplate du rachis. Principaux muscles sollicités : sous-épineux + petit rond (2 des 4 muscles de la coiffe des rotateurs)
* **Rotation interne** (pouce va vers l’intérieur) : cela porte l’avant-bras derrière le tronc avec une projection du moignon de l’épaule en avant. Principaux muscles sollicités : sous-scapulaire + grand pectoral + grand dorsal + grand rond

**Le coude**

Mouvements possibles :

* **Flexion** (rapproche l’avant-bras du bras). Principaux muscles sollicités : biceps brachial, brachial antérieur et long supinateur.  
  Ex : Curl biceps
* **Extension** (éloigne l’avant-bras du bras). Principaux muscles sollicités : triceps brachial et anconé.
* **Rotation interne (ou pronation)**: c’est le mouvement qui porte la paume de la main vers le bas. Principaux muscles sollicités : rond pronateur et carré pronateur.
* **Rotation externe (ou supination)**: c’est le mouvement qui porte la paume de la main vers le haut. Principaux muscles sollicités : biceps brachial et long supinateur
* **Prono-supination**: elle oriente la main autour de l’axe longitudinal de l’avant-bras, lorsque le coude est fléchi

Nb : dans le langage courant, le coude désigne souvent l’olécrane, situé sur le cubitus.

**La main**

Mouvements possibles  au niveau du poignet :

* **Flexion** (rapproche la face palmaire de la face antérieure de l’avant-bras). Principaux muscles sollicités : les **épi trochléens** (muscles fléchisseurs du poignet)
* **Extension** (réalise le mouvement opposé en éloignant la face palmaire de la face antérieure de l’avant-bras). Principaux muscles sollicités : les **épicondyles** (muscles extenseurs du poignet)
* **Inclinaison radiale (ou abduction)**: elle éloigne l’axe longitudinal de la main de l’axe du corps. Principaux muscles sollicités **: les épicondyléens**
* **Inclinaison cubitale (ou adduction) :** elle éloigne l’axe longitudinal de la main de l’axe du corps. Principaux muscles sollicités : les **épi trochléens**

**Les membres inférieurs**

Mouvements possibles :

* **Flexion** (jambe tendue) : elle porte la cuisse vers l’avant et vers le haut. Principaux muscles sollicités : psoas, iliaque et droit antérieur (quadriceps)
* **Extension** (jambe tendue) : elle porte la cuisse vers l’arrière. Principaux muscles sollicités : grand fessier
* **Abduction**: elle porte la cuisse en dehors. Principaux muscles sollicités : petit et moyen fessier, fascia lata
* **Adduction**: elle porte la cuisse en dedans. Principaux muscles sollicités : adducteurs
* **Rotation externe**: jambe tendue, elle oriente le pied vers l’extérieur. Principaux muscles sollicités : **pelvi-trochantériens**, grand fessier
* **Rotation interne**: jambe tendue, elle oriente le pied vers l’extérieur. Principaux muscles sollicités : petit fessier

**Le genou**

Mouvements possibles :

* **Flexion**: elle rapproche la cuisse de la jambe (ex : talon fesse). Principaux muscles sollicités : ischios-jambiers + poplité.
* **Extension**: elle éloigne la cuisse de la jambe. Principaux muscles sollicités : Quadriceps
* **Rotation** externe sur genou fléchi : elle oriente le pied en dehors. Principaux muscles sollicités : les ischios-jambiers (le long biceps, et le tenseur du fascia-lata.
* **Rotation** interne sur genou fléchi : elle oriente le pied en dedans. Principaux muscles sollicités : le couturier + les ischios-jambiers (demi-tendineux et le droit interne
* **Rotation externe** sur genou fléchi : elle oriente le pied en dehors. Principaux muscles sollicités : petit fessier.

**La cheville**

Mouvements possibles :

* **Flexion** (on remonte les orteils vers le haut) : elle rapproche le dos du pied de la face antérieur de la jambe. Principaux muscles sollicités : **extenseurs des orteils** et **jambier antérieur**
* **Extension** (lorsque l’on se met sur la pointe des pieds). Principaux muscles sollicités : **triceps sural** (jumeaux et soléaire), jambier postérieur, péroniers latéraux et fléchisseurs des orteils .

**Les mouvements de plusieurs segments**

Lors du mouvement sportif, plusieurs articulations sont mises en jeu et donc plusieurs groupes musculaires. Ces actions sont dites synergiques. On y retrouve communément les mouvements que l’on appelle « fonctionnels ».

**Notion d’hypertrophie musculaire**

**L’hypertrophie ou la prise de masse/volume**

L’hypertrophie…

On en parle beaucoup, on entend souvent parler à la place de prise de masse ou de prise de volume.

Qu’est-ce donc que cette fameuse hypertrophie ? … Et quels sont les critères principaux à

**Qu’est-ce que l’hypertrophie ?**

**L’hypertrophie**, c’est l’augmentation :

* De la **taille des fibres** via l’augmentation du **volume** et du **nombre** de **myofibrilles  
  *Nb : attention, il n’y a pas d’augmentation du nombre de fibres musculaires en elles-mêmes !!!***
* Du **sarcoplasme** (liquide cellulaire)
* Des **stocks** (glycogène, graisses, protéines, sels minéraux…)
* De la **capillarisation** (densification du réseau de capillaire)
* De la **densité osseuse***nb : il est donc de ce fait intéressant de travailler l’hypertrophie pour lutter contre l’ostéoporose*.

**Parlez-vous d’hypertrophie sarcoplasmique ou d’hypertrophie myofibrillaires ?**

**L’hypertrophie sarcoplasmique**

**L’hypertrophie sarcoplasmique** est un type d’hypertrophie que l’on peut qualifier de « **superficielle**».

Elle est de **courte durée** (quelques heures) et elle est principalement due à l’**accumulation de fluide (sarcoplasme**, d’où son nom**) dans le muscle**. Ce n’est clairement pas celle qui est recherchée sur le **long terme** par un culturiste.

A court terme, en revanche, elle augmente la sensation de congestion provoquée par l’utilisation de charges importantes, soulevées jusqu’à épuisement.

*Nb : quand vous regardez vos muscles congestionnés dans le miroir en fin de séance, c’est ce type d’hypertrophie que vous voyez.*

**L’hypertrophie myofibrillaires**

**L’hypertrophie myofibrillaires** est clairement le type d’hypertrophie que tout culturiste recherche sur le long terme. Elle entraîne des changements structuraux via l’accroissement de la taille des fibres musculaires (via l’augmentation du nombre et de la taille des **myofibrilles**, d’où son nom).

*Nb : je me répète mais c’est primordial. Attention, il n’y a pas d’augmentation du nombre de fibres musculaire mais du nombre de myofibrilles.*

**Hypertrophie des fibres 1, 2A et 2X**

Pour faire simple, **plus les fibres sont dites « rapides », plus elles sont hypertrophiables.**

Dans l’ordre, des plus au moins hypertrophiables, nous avons donc :

* Les fibres 2X
* Les fibres 2A
* Les fibres 1

**Un cycle d’hypertrophie augmente-t-il la force ?**

Bien-sûr ! Via l’augmentation du nombre et de la taille des myofibrilles.

**Pourquoi donc prévoir en plus un cycle de force ?**

Car un cycle de force permet d’augmenter le **nombre d’unités motrices** recrutées lors d’un même mouvement et d’améliorer la **synchronisation intramusculaire** ainsi que la **coordination intermusculaire**.

On travaille donc ici davantage sur le **système nerveux**.

Cycles d’hypertrophie et cycles de force sont donc **complémentaires** dans le développement général de la force.

**Les critères à respecter dans un cycle d’hypertrophie**

* Charges : **70 à 85% de la RM1** (ce qui correspond d’après la table de Bergé, à un nombre de répétitions comprises entre **6 et 15**). On privilégie souvent davantage 8 à 12 reps.
* Temps de récupération : **1’30 à 3mn**
* Vitesse d’exécution : **lente à modérée**
* Durée du cycle : généralement **4 à 6 semaines**, sauf dans des cas spécifiques
* Nombre total de répétitions par groupe musculaire (cf. tableau ci-dessous) :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Groupes musculaires | Nb total reps | Nb de séries si 10 reps | Nb d’exercices si 4 séries par exercice |
| Cuisses | 120-150 | 12 à 15 | 3 à 4 |
| Dos | 120-150 | 12 à 15 | 3 à 4 |
| Pecs | 100-120 | 10 à 12 | 3 |
| Epaules | 80-100 | 8 à 10 | 2 à 3 |
| Triceps | 80-100 | 8 à 10 | 2 à 3 |
| Biceps | 60-80 | 6 à 8 | 2 |
| Mollets |  |  |  |

**Notion de force musculaire**

**Quand a-t-on le plus de force ?**

Le régime concentrique est celui où l'on a le moins de force. Nous avons plus de force en phase excentrique, et encore plus en phase isométrique.  
   
Donc pour pouvoir utiliser ces méthodes correctement, il faudra adapter les poids en conséquence.

**Les fibres musculaires  
Les fibres musculaires composent les muscles et permettent la contraction de ce dernier lorsqu’elles se rétrécissent. Les fibres ne se contractent pas toutes en même temps afin de mieux répartir la fatigue lors d’un exercice (fibres asynchrones). Les types de fibres blanches et rouges sont les plus importantes alors que les roses de type lla ou de type llb sont moins importantes.**

Par : Foenix - Fondateur de AM , le 02/05/2011

Les **fibres musculaires** sont les composantes essentielles du [muscle](http://www.all-musculation.com/muscle-musculation/). Ce sont de grandes cellules de forme oblongue qui en se rétrécissant raccourcissent le muscle et permettent ainsi sa contraction. Et à l'inverse, en s'étirant elles permettent aux muscles de s'étirer eux aussi, pendant la phase négative du mouvement par exemple.  
  
Un muscle est composé d'un nombre très important de fibres. Chaque fibre musculaire est de très petite taille (une cellule), donc une fibre ne compose qu'une infime partie du muscle (une seule fibre ne peut pas faire toute la longueur du muscle).  
  
La croissance de la taille d'un muscle se fait par la croissance de la taille de ses fibres musculaires : en grossissant, elles font en même temps grossir le muscle.  
  
Une **contraction musculaire est donc due à la contraction partielle d'une partie des fibres musculaires du muscle**.    
  
En effet le muscle n'utilise pas 100% de ses fibres sur une seule contraction. Seulement une **petite partie des fibres est contractée**, ce qui permet au muscle de faire se **contracter les fibres à tour de rôle**, donc de répartir la fatigue au fur et à mesure de l'exercice. Ainsi les fibres ayant travaillées sur la première contraction peuvent ensuite se " reposer " partiellement. On dit que les fibres sont asynchrones, ce qui permet de retarder la fatigue et d'économiser de l'énergie.  
  
Par contre, il est possible de forcer le muscle à utiliser un nombre plus important de fibres et de faire que chaque fibre utilisée se contracte plus intensément :

* En utilisant un poids plus lourd
* En augmentant le temps sous tension, ce qui va obliger le muscle à solliciter de plus en plus de fibres, au fur et à mesure de la fatigue des premières fibres contractées.

Si le muscle utilise plus de fibres musculaires, la croissance sera bien entendu plus importante.  
  
Mais attention, même en utilisant ses méthodes, vous n'arriverez jamais à contracter 100 % de vos fibres musculaires, mais toujours qu'une infime partie. Autre point important à souligner : vous ne pouvez contracter que les fibres qui sont « innervées », donc qui sont « branchés » à votre système nerveux (pour simplifier). Et pour augmenter le nombre de fibres branchées, la seule solution est de faire à intervalle régulier des cycles de force.  
Par la suite, cela vous permettra donc de contracter un plus grand nombre de fibres musculaires, et donc d'augmenter votre capacité à faire grossir vos muscles.

**2 grands types de fibres musculaires**   
On compte deux grands types de fibres musculaires :

* **fibres blanches (ll b)** : grande vitesse de contraction, beaucoup de force mais peu d'endurance (fibres rapides). Ce sont donc les fibres utilisées en priorité lors des efforts brefs et intenses.
* **fibres rouges (l)** : peu de vitesse et peu de force, mais grande endurance (fibres lentes), c'est donc tout l'inverse des fibres blanches.

Chacune de ces fibres sont globalement en quantités équivalentes chez un non sportif. Mais au fur et à mesure de la pratique de la musculation, les fibres de types 1 peuvent se transformer en fibres de type 2, et ainsi faire monter le taux de ce type de fibres. Peu à peu, le sportif va donc améliorer sa capacité à travailler de manière explosive.  
  
Et à l'inverse pour les pratiquants de sports d'endurance. Donc même si on né avec une certaine répartition de ces fibres musculaires, il est possible de modifier cette répartition avec le temps et l'entraînement.  
  
En plus de ces fibres rouges et blanches, on compte deux types de fibres dites  intermédiaires : les fibres roses :

* **fibres roses de type lla** : rapides et endurance moyenne ;
* **fibres roses de type llab** : rapides et faible endurance ;

La répartition des fibres et donc la composition des muscles est programmée génétiquement pour 50%. Il est donc possible de modifier 50% de ses fibres musculaires. On pourrait donc imaginer qu'un entraînement de musculation spécifique pourrait mener à terme à une répartition de 25% de fibres lentes et 75% de fibres rapides.  
  
Mais ne rêvez pas, si à la base vous n'avez pas la bonne répartition pour un sport de force, même avec l'entraînement, vous ne pourrez jamais rattraper quelqu'un qui a la bonne répartition et le même entraînement que vous.  
  
Par contre, vous pourrez devenir infiniment plus fort que ce que vous étiez à vos débuts sans aucun souci !

**Qualités musculaires  
Il existe 3 qualités musculaires. Tout d’abord la force est la capacité du muscle à se contracter pour fournir une tension importante. Puis, la résistance se situe entre l’endurance et la force et est idéal pour une prise de masse. Enfin, l’endurance est la capacité d’un muscle à résister sur la durée. A côté de ces 3 qualités majeures, il y a la souplesse, l’étirement et l’assouplissement.**

* La **force**
* La **résistance**
* L'**endurance**

Comprendre ces différentes notions est important, voire essentiel pour définir correctement un [programme de musculation](http://www.all-musculation.com/programme-musculation/programmes-all-musculation/programme-musculation-full-body.html) : en effet, pour des progrès les plus rapides possible, mais surtout les plus importants possibles, il faut travailler ces trois qualités, car chacune peut vous apporter des gains.

**Musculation et développement de la force**

La force musculaire est la capacité motrice qui permet à l’homme de vaincre une résistance ou de s’y opposer par un effort intense de sa musculature.

En fonction du type de résistance, la contraction sera différente :

La contraction sera **concentrique,** si l’athlète peut déplacer la résistance : cette contraction implique un rapprochement des insertions musculaires du muscle concerné. Le squat fait travailler le quadriceps d’une manière concentrique lors de la remontée.

Si l’athlète ne peut pas déplacer cette résistance (elle est fixe ou trop lourde), la contraction sera **isométrique** : elle s’effectue dans une position déterminée et se caractérise par une contraction musculaire sans raccourcissement ou rallongement des insertions.

Le travail isométrique s’effectue avec ou sans charge.

Si l’athlète résiste à une charge en freinant le déplacement de celle-ci, la contraction sera **excentrique** : elle est caractérisée par un accroissement en longueur du muscle et donc par un allongement des insertions.

Le squat dans la phase de descente provoque un travail excentrique du quadriceps.

On peut également définir la force en relation avec ses modalités : F maximale, F vit et F endurance

**La F max** est la force la plus grande que l‘on peut développer par une contraction volontaire. Elle renvoie donc à une charge que l’on peut soulever une fois ou un nombre réduit de fois. On parlera de RM répétition maximale : 1RM = ,1 répétition max ; 3 RM = 3 répétition maximale.( la charge sera donc différente).

La **F vit** se travaille sans charge ou avec des charges modérées inférieures à 50% de 1 RM où l’on recherche la plus grande vitesse de déplacement de la barre.

F vit et F max s’appuient sur la filière anaérobie alactique (travail à) intensité max sur des temps inférieurs à 15 secondes.

**La F end** est définie par la capacité que possède l’organisme de résister à la fatigue lors d’effort de F de longue durée c’est à dire au-delà de 15 répétitions et donc avec des charges réduites.

**I : Les mécanismes de la force: bases physiologiques.**

Différents facteurs interviennent dans le processus de développement de la force. Ils sont de 3 ordres :

- les facteurs structuraux

- les facteurs nerveux

- les facteurs d’étirement

**A) les facteurs structuraux :**

Ils touchent à la composition même du muscle. (Fibres, myofibrilles, enveloppes musculaires).

Ici, l’augmentation de la force est obtenu par l’augmentation du volume musculaire c’est à dire par une hypertrophie des fibres musculaires.

En effet la force musculaire dépend en partie de la section du muscle : plus un muscle sera volumineux, plus il pourra être fort.

**a) causes de l’hypertrophie :**

L’hypertrophie serait obtenue par la régénération des dommages causés par les exercices avec charges.

Ainsi, des charges importantes provoqueraient des micro- lésions. Ces réparations permettraient de multiplier les myofibrilles ou de les consolider.

Microlésion

Réparation

Régénération

Augmentation du nombre de myofibrilles.

**b) conséquences pratiques :**

Il a été démontré l’influence du nombre de répétition sur le développement de la masse musculaire. C’est avec 10 répétitions que l’on obtient le meilleur développement de la masse et ce sur 6 à 10 séries.

On distingue 3 zones :

- au-delà de 15 répétitions, le travail de renforcement musculaire développe essentiellement les facteurs énergétiques et plus précisément l’endurance à la force.

- De 3 à 12 répétitions, le développement de la force s’accompagne du développement du volume musculaire, avec une efficacité très grande pour des série de 10 répétitions pour développer l’hypertrophie.

- De 1 à 3 RM, l ‘amélioration de la force est essentiellement due aux facteurs nerveux et n’engendre pas d’augmentation du volume musculaire.

Remarque : le nombre de répétitions réalisables dépend de la charge à soulever.

Il est possible de réaliser :

1 x 100%, 6 x 85 %

3 x 95 % 8 x 80 %

4 x 90 % 10 x 75 %

La charge de travail doit être suffisante et efficace pour permettre une augmentation de la Force.

La charge se définit par :

- une intensité de travail

- un volume de travail c’est à dire par un nombre de répétitions et de séries.

- Un temps de récupération afin de recharger les substrats énergétiques utilisés (Phospho créatine ou glycogène).

Ainsi un entraînement efficace en musculation est un entraînement qui construit une charge optimale de travail. Une charge optimale est une charge qui implique un certain niveau de fatigue musculaire (sensation de brûlure musculaire) et donc des courbature le lendemain et surlendemain. Il conduit à un épuisement des réserves énergétiques et donc à une surcompensation.

**B) Les facteurs nerveux.**

Ils portent sur :

- 1) le recrutement des fibres

- 2) la synchronisation des unités motrices (UM) ou coordination intramusculaire

- 3) la coordination intermusculaire

1) le recrutement des fibres.

**a) rappel sur les fibres :**

Ils existe 2 types de fibre dans le muscle : les fibres lentes de type I

et les fibres rapides de type II

Les fibres de type I sont lentes, interviennent essentiellement dans le métabolisme aérobie (donc pour des efforts longs), sont très vascularisées et nécessitent une faible stimulation pour être activées.

Les fibres de type II sont divisées en fibre II A et fibres II B.

Les fibres II B sont rapides, utilisées pour des exo à intensité maximale comme la vitesse, peu vascularisées et nécessitent une forte stimulation pour être activées.

Les fibres II A sont intermédiaires entre les I et les II B.

**b) loi de Henneman**

Elle montre que les fibres lentes sont recrutées avant les fibres rapides et ce quel que soit le type de mouvement.

Une charge légère entraîne un recrutement des fibres lentes

Une charge moyenne entraîne un recrutement des fibres lentes et II A Une charge lourde entraîne un recrutement des fibres lentes II A et II B

Remarque : Cette loi n’est plus valable pour les mouvements de type pliométrique

**c) conséquences pratiques 1 : l’intensité du travail**

Pour mobiliser les fibres de type II B et donc les développer (celle du sprinter ou de tout exercice de force explosive), les charges devront être importantes:

A Intensité supérieures à 60 % de 1 RM (répétition max) pour un débutant

A intensité supérieures à 80 % de 1 RM pour un confirmé.

Ex: si vous êtes capable de soulever 1 fois 100 Kg en Squat, il faudra W à 60 Kg au minimum (débutants) pour recruter les fibres II B et 80 Kg pour confirmés.

**d) conséquences pratiques 2 :**

Pour recruter et développer les fibres musculaires, l’entraînement doit s’inscrire sur du long terme et développer progressivement l’intensité des charges (passer d’une I de 60 % à 70 % puis 80 % selon le niveau) ainsi que le volume de travail (faire plus de série).

On différencie alors le niveau des pratiquants : plus le niveau de performance est élevé, moins le bénéfice de l’entraînement est important pour une même charge de travail.

- à un niveau débutant n’importe quel travail permettra de réaliser des progrès

- à un niveau expert seul un travail construit et important permettra des progrès.

**2) la synchronisation des unités motrices (UM) ou coordination intramusculaire :**

**3) la coordination intermusculaire.**

Une UM est constitué d’une fibre nerveuse (axone) et de l’ensemble des fibres musculaires qui en dépendent (de quelques fibres à plusieurs milliers pour les gros muscles)

Elle renvoie à la coordination de tous les éléments à l’intérieur du muscle ; on entend par là, l’action synchrone des différentes fibres; plus la coordination intra musculaire fonctionne, plus le nombre de fibres musculaires innervées simultanément est important, de telle sorte que même celles qui ont une vitesse de contraction différente (fibres lentes et fibres rapides) atteignent au même moment la force maximale de leurs actions.

Elle renvoie à la capacité de contracter uniquement le muscle concerné par le mouvement et de relâcher ceux qui ne le sont pas (les antagonistes).

**C) Les facteurs de l’étirement :**

Cet étirement correspond à une contraction excentrique.

Il met en jeu le réflexe myotatique (contraction réflexe d’un muscle suite à son propre étirement).

Il s’effectue dans les mouvements de force explosive donc par exemple les bondissements.

Principes à connaître : un muscle réagit d’autant mieux qu’il a été préalablement étiré.

Ainsi l’étirement optimise les facteurs nerveux et structuraux en jouant sur les composantes élastiques du muscle.

**II) Les différentes méthodes de musculation: avantages et inconvénients.**

**A) La méthode de type concentrique**

**1) classification de Zatziorski.**

Pour développer la force, il faut créer dans le muscle des tensions maximales.

Cela peut s’obtenir de 2 manières

- avec charges maximales a) efforts maximaux - sans charges maximales jusqu’à la fatigue b) efforts répétés à vitesse max c) efforts dynamiques

**4) effets**

***a) les efforts maximaux***

c’est à dire 1 à 3 répétitions d’un charges lourdes (90 à 100 % de 1 RM (4 à 6 séries)) aura un effet sur :

• les facteurs nerveux ; en particulier sur la synchronisation des UM (plus de fibres sont stimulées et elles sont mieux stimulées) et un peu

• sur la coordination intra musculaire

• peu d’effet sur le volume musculaire.

***b) les efforts répétés joueront sur***

• la synchronisation des UM ( coordination intra M),

• sur la coordination inter musculaire et sur

• l’augmentation du volume musculaire

On proposera 6 à 10 séries de 5 à 10 répétitions (à 60 à 80 % de 1 RM selon le niveau).

***c) les efforts dynamiques développeront :***

• la montée de force, c’est à dire sur la capacité d’exprimer beaucoup de force en très peu de temps, sur

• la coordination intermusculaire et intra musculaire

• pas d ‘effet sur le volume.

Ces efforts développent les qualités dynamiques de l’athlète.

Ex : 6 séries de 6 répétitions à 50% de la charge max (1 RM).

Autres avantages du W concentrique:

- il permet de W à une vitesse proche du mouvement de compétitions

- la récupération est assez rapide (3 jours de courbature au maximum et selon le niveau).

- C’est un mouvement facile pour les débutants.

**5) autres méthodes connues et pratiquées :**

**a) la méthode pyramidale**

On augmente progressivement la charge en réduisant le nombre de série :

10 x 60%, 8 x 70%, 6 x 80%, 4 x 85%, 3 x 90%

**b) la méthode bulgare :**

On associe des charges lourdes à des charges plus légères :(4 x 90 % + 10 x 60 %) x 5

**c) la pré fatigue :**

on pré fatigue le muscle avec un travail sur un autre appareil par exemple leg-extension pour mettre en jeu le quadriceps) puis on réalise le mouvement souhaité (par exemple le squat).

**B) La méthode excentrique :**

C’est un travail de freinage qui s’effectue :

- soit avec des charges supra max (120 % par exemple ou l’on cherche à freiner la descente et on se fait aider pour la remonter) ;

• ex de séance : 4 x 4 répétitions à 120 % , 6 sec de freinage sur la descente de la barre.

- soit idem mais avec 80 % de 1 RM pour des débutants

- soit en alternant. Exemple : 120%-80 %.

Effet : ce travail développe la F max, implique une hypertrophie, développe la coordination intra musculaire

Cependant, il est dangereux car peut aboutir à des micro lésions plus importantes donc à des blessures.

**C) La méthode isométrique :** c’est un travail statique.

Efficace pour la rééducation.

On développe la force uniquement sur l’angle de travail

Aucun effet sur la coordination inter musculaire.

**D) La méthode pliométrique.**

Cette méthode associe le travail excentrique au W concentrique mais dans un temps très bref.

L’entraînement pliométrique consiste en sauts de toute sortes avec ou sans charge.

Le travail doit se faire sur des secteurs musculaires différents avec une priorité sur les angles de flexion qui prédominent dans la discipline.

***1) avantages :***

- forte amélioration de la coordination intra musculaire sans augmentation du poids du corps.

- adapté à tous niveaux (bien évidemment, pas de charge pour les débutants) - forte amélioration de la coordination inter musculaire

- développement important de la F vitesse.

***2) inconvénients :***

- risque de lésions ou de courbatures - faible développement de la F max

**Conclusion.**

Le progrès renvoient soit

- à une modification structurelle : augmentation du volume musculaire

- à une mobilisation mais également augmentation des réserves énergétiques sur

En fonction des caractéristiques du sport pratiqué, des secteurs différents de la force devront être développés:

Le sprinter devra développer essentiellement les facteurs de F max et de F vit.

Le rameur axera son travail sur le développement de la F endurance associée à la F maximale..

L’entraînement moderne optimise le travail en alternant les différentes méthodes et les différents types de contractions musculaires afin de lutter contre l’effet d’accoutumance qui provoque des barrières de progression.

Ainsi, l’entraînement de la Force évolue au fil de l’année et répond à quelques principes de bases :

- L’entraînement doit être régulier et il faut augmenter progressivement les charges

- L’entraînement va du volume vers l’intensité, c’est à dire de la quantité vers de la qualité

- L’entraînement s’inscrit dans une programmation ce qui nécessite une planification et des objectifs à plus ou moins long terme.

L'endurance musculaire est la capacité d'un muscle ou un groupe de muscles à exercer plusieurs reprises force contre une résistance. Réalisation de multiples répétitions d'un exercice est une forme de l'endurance musculaire, comme la course ou la natation. Si vos muscles doivent se contracter en un modèle similaire plus d'une fois que vous utilisez l'endurance musculaire.

**Endurance musculaire**

De nombreux facteurs contribuent à l'endurance musculaire, y compris la force, le type de fibre, la formation et l'alimentation. Un plus grand muscle, plus fort, peut effectuer la même tâche en charge plus de fois qu’un muscle plus faible. Un plus gros muscle détient également plus de glycogène, le sucre que vous utilisez pour l'énergie, de sorte qu'il sera en mesure de soutenir une série de contractions - ou effectuer des travaux - pour une période plus longue.

**Types de fibre musculaire**

Plusieurs types de fibres musculaires forment vos muscles. Les fibres lentes ne génèrent pas autant de force, mais sont beaucoup plus résistant à la fatigue. Les fibres rapides, résistant à la fatigue génèrent plus de force et peuvent maintenir cette capacité au fil du temps, mais pas aussi longtemps que les fibres lentes. Les fibres rapides génèrent le plus de force, mais se usent le plus rapide. Un muscle est composé de tous les types de fibres, mais certains muscles tels que le soléaire, l'un des muscles du mollet, a un pourcentage élevé de fibres lentes et est très résistant à la fatigue. Certains des muscles responsables de la mise au point de l'œil ont un pourcentage très élevé de fibres rapides. Heureusement, il prend moins d'une seconde à se concentrer l'élève.

**Endurance-Optimisation Diététique**

Les fibres de vos muscles que la fatigue peut échouer à cause d'un manque d'énergie. Glycogène, ou de sucre, est nécessaire à la fois de pointe et l'effort musculaire soutenu. Une alimentation faible en glucides peut parfois rendre difficile de maintenir l'endurance musculaire. Donc, si vous souhaitez avoir l'endurance musculaire optimale, vous avez besoin de manger beaucoup de fruits et légumes. Hydrates de carbone supplémentaires suivantes une séance d'entraînement peuvent vous aider à récupérer plus rapidement et de promouvoir l'endurance musculaire ainsi. Monohydrate de créatine, que votre corps produit naturellement, peut aussi aider à l'endurance musculaire à court terme.

**Formation pour Endurance**

La formation peut promouvoir l'endurance musculaire, en supposant que vous mettez dans un effort supplémentaire. Ne vous contentez pas d'allonger les séances de formation existants; effectuer une autre séance d'entraînement sur votre prochaine journée de congé, mais former avec seulement 60 pour cent du volume et 60 pour cent de l'intensité. Cela permettra non seulement vous aider à récupérer en augmentant le flux sanguin vers vos muscles, mais aidera à promouvoir l'endurance en augmentant votre niveau de tolérance pour le volume de la formation. Combiné avec une bonne alimentation, la formation soigneusement calibrée aidera à augmenter votre endurance musculaire pour les sports de compétition ou des activités récréatives.

**Bibliographie**

**Beaurivage M.** : [*Effets d’un entrainement en musculation à l’aide de mouvements de différentes durées en phase excentrique sur l’hypertrophie des muscles du membre supérieur*](http://depot-e.uqtr.ca/3122/1/000668307.pdf)*. Université du Québec* 2000.

**Didier Reiss ; Pascal Prévost :** *La bible de la préparation physique ; édition amphora 2013.*

**Guilhem G., C. Cornu, A. Guével** : [*Adaptations neuromusculaire et musculo-tendineuses à l’exercice excentrique isotonique et isocinétique*](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877065710000898). Pages 319–341, 2010 Elsevier.

**Giroux M-A. -Metges** : [*Adaptations de la commande nerveuse du muscle en fonction des conditions dynamiques de sa contraction*](http://m2slab.com/theses/mametges/Commande%20du%20muscle%20et%20contraction%20dynamique.pdf)*. UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE FACULTE DE MEDECINE* 2003.

**Jean Férré ; Philippe Leroux :** *Préparation aux diplomes d’éducation sportive ; Tome 1 ; édition amphora 2009.*

**Jouanin JC et al** : *Influence de l’ischémie provoquée sur le contraction statique maintenue, aspect cardiovasculaire et métabolique* 1991.

**Jouanin JC et al** : *Etude de l’oxygénation musculaire en contraction isométrique. Application de la spectroscopie infrarouge de l’hémoglobine* 1998.

**Jidovtseff B., J-L. Croisier, J-M. Crielaard** :  *[Influence of bench press exercise modality on the iso-inertial performance](http://www.em-consulte.com/en/article/48044" \t "_blank). Science & Sports Volume 21, n° 3pages 159-162*2006.

**Landjerit B., M. Thourot** : [*Analyse de l’action musculaire isométrique chez le sportif*](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0765159787800096)*.* Elsevier Pages 147–157 1987.

**R. Lynn, J. Talbot, D. Morgan** : [*différences in rat skeletal muscles after incline and decline running*](http://jap.physiology.org/content/85/1/98)*.*Journal of Applied Physiology Published Vol. 85no. 1,98-1041998.

**Maquet D., F. Delvaux, J-L. Croisier** : [*Entrainement concentrique ou excentrique, transfert des gains*](http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/14637)*. Masson Pages 35-44 2009*

**Matkowski B.** : [*Adaptation neuromusculaires des muscles extenseurs du genou, contractions fatigantes uni vs. bilatérales*](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00796850/document) *2010*.

**Michaut A., M. Pousson** : [*Adaptation mécaniques et neurophysiologiques induites par la sollicitation musculaire excentrique, l’effet protecteu*r](http://www.em-consulte.com/en/article/28077). Science et Sports Volume 19, n° 6 pages 286-295, 2004.

**Middleton P., C. Montero** : [*Le travail musculaire excentrique, intérêts dans la prise en charge thérapeutique de sportif*](http://www.em-consulte.com/en/article/26736)*. Annales de réadaptation et de médecine physique  Volume 47, n° 6  pages 282-289* 2004.

**Pasquet B.** : [*Etude de la spécificité de la commande motrice et de sa régulation pendant différents types de contractions musculaire*](https://www.ulb.ac.be/rech/inventaire/unites/ULB386.html) 2009

**Poulain P., J-C. Leyleire, E. Pertuzon** : [*Effets à court et moyen termes de séances de musculation excentrique sur les propriétés mécaniques du muscle squelettique humain.*](http://visio.univ-littoral.fr/revue-staps/pdf/89.pdf)*Laboratoire d’étude de la motricité humaine Lille II. Laboratoire de physiologie neuro-musculaire Lille I*.

**TW Ryschon, M Fowler, RE wysong, A. Anthony, R. Balaban** : [*efficiency of human skeletal muscle in vivo, comparison of isometric, concentric, and eccentric muscle action*](http://jap.physiology.org/content/jap/83/3/867.full.pdf)*.J Appl Physiol 83:867-874,* 1997

**J. Weineck** : [*Manuel d’entrainement*](http://www.amazon.fr/MANUEL-DENTRAINEMENT-Physiologie-d%C3%A9veloppement-lentra%C3%AEnement/dp/2711412989) *4e édition Vigot*