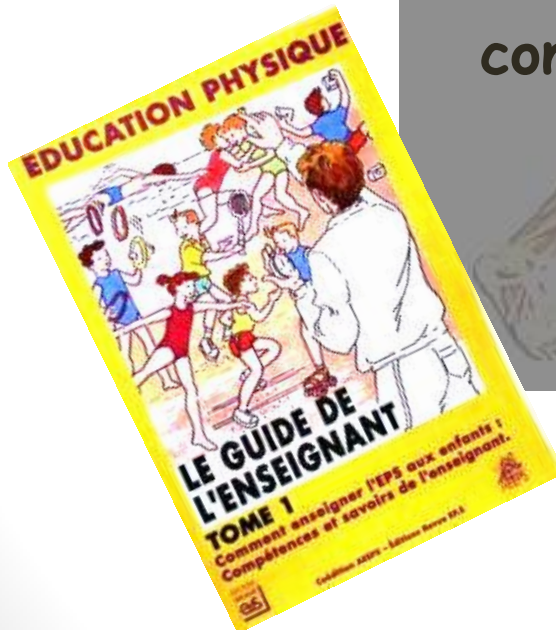


Médecine et Santé

Connaissances
d'ordre physiologique
et
conséquences sur l'entraînement



<http://prevost.pascal.free.fr/>

PLAN (liens pour accéder directement aux sections)

- L'échauffement (principes et intérêts, échauffement en milieu scolaire)
- La VMA et les activités physiques
- Le muscle (structure et fonctionnement)
- Sport et alimentation
- Aller plus loin dans la conception d'exercices avec ces nouvelles connaissances

Retour sur la première
séance et prolongements

L'ECHAUFFEMENT

L'échauffement

Son but principal est de réaliser un **réveil proprioceptif *** et de **préparer l'organisme** à faire face aux différentes contraintes liées par l'exercice physique.

Il s'agit plus précisément :

- *pour l'élève ou le sportif* : d'une préparation autant **physique** que **psychologique** à la réalisation d'un exercice physique ou d'une performance ; *pour l'enseignant ou l'entraîneur* : d'un instant privilégié où il va **prendre en charge le groupe** après une brève présentation de la séance ; ce premier contact conditionnera toute la dynamique de la séance à venir car si l'échauffement est manqué, la séance a de grandes chances d'être improductive.
- On distingue deux types d'échauffement : *général* = il permet la sollicitation globale de l'organisme avec des exercices appropriés (cf. ci-dessous) ; *spécifique* = il se fait par la répétition d'habiletés motrices pour lesquelles l'exécutant se prépare.
- Habituellement, l'échauffement général précède **toujours** l'échauffement spécifique. Nous ne parlerons pas de ce dernier car il faudrait préparer alors un type d'échauffement par APS ! L'entraînement spécifique visera plus particulièrement les groupes musculaires sollicités par l'activité physique.

- * La proprioception (du latin proprius signifiant "propre" et du mot "perception") désigne l'ensemble des récepteurs, voies et centres nerveux impliqués dans la sensibilité profonde, qui est la perception de soi-même, consciente ou non, c'est-à-dire de la position des différents membres et de leur tonus, en relation avec la situation du corps par rapport à l'intensité de l'attraction terrestre. "Kinesthésie" (du grec) : kinesis signifiant "mouvement" et aisthesis : sensibilité) est un autre terme utilisé parfois à la place de proprioception. La kinesthésie est une perception consciente de la position et des mouvements des différentes parties du corps.

Au niveau physiologique (1)

élévation du débit ventilatoire par :

- augmentation de la **fréquence respiratoire** et du **volume courant**;
augmentation des **échanges gazeux** au niveau de l'alvéole pulmonaire
- ➔ il permet d'éliminer le CO_2 produit pendant l'exercice physique et d'absorber de l' O_2 dont les cellules musculaires ont besoin pour une production énergétique optimale

élévation du débit cardiaque :

- **accroissement de la fréquence cardiaque (FC)** dès le début de l'exercice **et du volume d'éjection systolique (VES)** pendant l'exercice physique ; mais il peut y avoir une diminution de VES si la température du corps dépasse une certaine marge de tolérance comme c'est souvent le cas lors d'épreuves se déroulant dans une ambiance thermique élevée (la canicule d'une journée d'été par exemple) ;

Au niveau physiologique (2)

élévation de la température interne du muscle :

- **augmentation de la vitesse des réactions du métabolisme énergétique** grâce à un effet facilitateur sur l'action des enzymes qui contrôlent ces réactions (Weineck, J. (1992). Biologie du sport. Vigot: Paris, pp. 788.)
- **accroissement de l'extensibilité** musculaire et **diminution des tensions internes** (également liée à la viscoélasticité musculaire) ;
- **augmentation de l'excitabilité du muscle** (la vitesse de conduction nerveuse);
- **augmentation de la vitesse de raccourcissement des fibres musculaires** impliquant une diminution du temps de contraction des fibres musculaires, qui dépend évidemment des deux points précédents ;
- **augmentation de la production de force** de l'ordre de 2% par degré.

amélioration de l'efficacité du mouvement :

- **mobilisation progressive** des différents groupes musculaires concernés par les principales habiletés travaillées ;
- **amélioration des sensations proprioceptives** car la réactivité des fuseaux neuromusculaires (important pour la coordination musculaire) est plus élevée si la température musculaire est au-dessus de 38°C ; si cette température est de 27°C (celle du repos) alors la sensibilité de ces fuseaux diminue de 50%, et si elle est de 15-20°C (ambiance thermique froide), les fuseaux n'ont plus de sensibilité ;
- **amélioration des synergies musculaires** c'est-à-dire de l'action coordonnée des muscles qui s'associent, s'opposent ou concourent à la réalisation d'un mouvement ;
- **rafraîchissement de la "mémoire motrice" et du contrôle moteur** associés à la représentation du corps (schéma corporel) grâce, entre autres, aux sensations proprioceptives.
- **protection des articulations** car après un effort de courte durée, le cartilage hyalin est momentanément plus épais (12 à 13%) grâce à l'absorption du liquide synovial ; ce phénomène est réversible dans l'heure qui suit la fin de l'exercice.

Au niveau psychologique

pour l'élève ou le sportif :

- **diminution de l'appréhension** due
 - 1) à la préparation d'une séance difficile,
 - 2) à la reprise d'activité physique suite à une blessure,
 - 3) avant la réalisation d'une performance maximale ; **mise en confiance** par la réalisation de gestes déjà bien maîtrisés et qui permettent de reprendre le contrôle de son corps au cours d'actions motrices simples, avant de passer aux mouvements plus difficiles ; préparation à la **réalisation** d'exercices musculaires éprouvant physiquement et psychologiquement (renforcement de la motivation intrinsèque si on se sent bien préparé, liée au sentiment de compétence - cf. Decy et Rian) ;

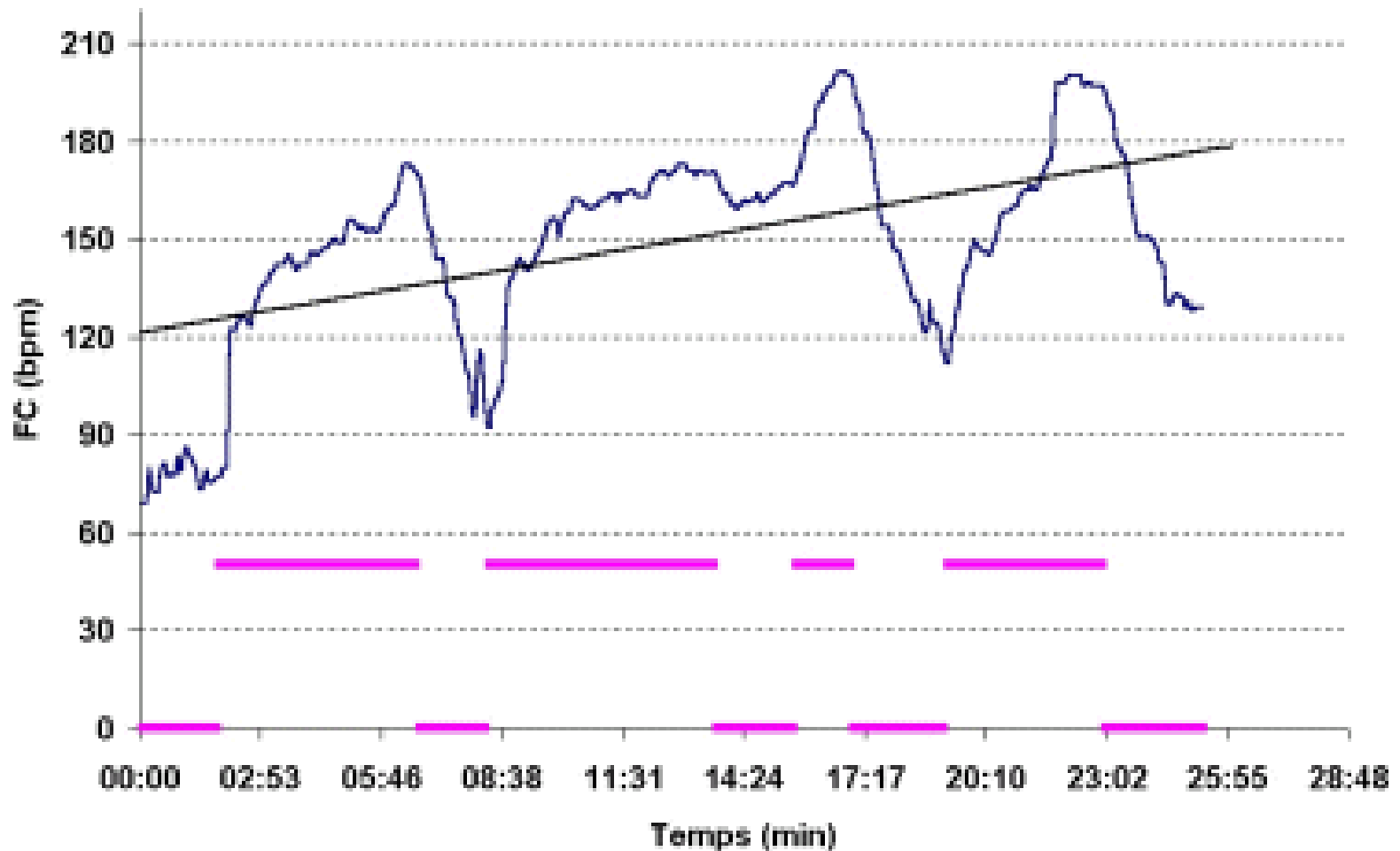
pour l'enseignant ou l'entraîneur :

- **première prise de contact avec le groupe** : elle est *primordiale* pour le bon déroulement de la séance à venir.
- **dynamisme de la séance** : en règle générale, l'expérience de terrain montre qu'il dépend directement de celui donné à l'échauffement ; si l'activité du groupe n'est pas guidée et contrôlée dès l'échauffement, alors il y aura des répercussions sur l'organisation de toute la séance. Pour les plus grands (lycée), il est possible de viser néanmoins une certaine autonomie s'ils connaissent et respectent les principes de l'échauffement exposés plus loin (il convient toutefois de s'assurer du bon choix et de la bonne réalisation des éléments qui le composent) ;
- **phase intermédiaire entre l'état de repos et l'exercice physique** où l'enseignant doit conquérir la confiance de l'élève grâce à sa totale maîtrise de la mise en route de l'organisme.

Règles à respecter dans la préparation de l'échauffement

Hormis le **rassemblement** du groupe et les **explications** relatives à la séance (objectif et dominante), il est obligatoire de respecter les deux principes suivant :

- **principe de l'ALTERNANCE** : il est impératif d'alterner les exercices mobilisant le système cardio-respiratoire (courses, multi-bonds, etc.) avec ceux mobilisant les différents groupes musculaires et des chaînes segmentaires (exercices de stretching par contracter-relâcher notamment) si l'on veut **maintenir la température corporelle** atteinte après une période de course par exemple ;
- **principe de PROGRESSIVITE** : on doit s'assurer que le choix des exercices permet bien d'**augmenter de façon progressive l'intensité** tout au long de l'échauffement jusqu'au début de la séance proprement dite, **sans pour autant provoquer l'épuisement**.
- Si non respect de ces deux principes :
 - ➔ soit la température corporelle est trop basse, soit la phase "statique", souvent trop longue, empêche d'atteindre une température corporelle suffisamment élevée ou entraîne la chute de la température. Pour savoir si le contrat est rempli, il suffit de **contrôler la fréquence cardiaque** à différents moments de l'échauffement : si elle se maintient en moyenne entre 150 et 160 bpm (mini 140 et maxi 180), l'objectif principal de l'échauffement est atteint.
 - Par contre, la sudation n'est pas un paramètre suffisant car le taux de sudation varie beaucoup d'un individu à l'autre.



On peut remarquer que **les deux principes fondamentaux d'organisation de l'échauffement ont été respectés**. Il y a à la fois **alternance** entre des phases dynamiques et les phases statiques, et **progressivité** dans l'intensité des exercices comme le montre la droite de régression ajoutée à la courbe.

L'attitude de l'enseignant

- Il doit avoir une attitude **dynamique, ouverte, attentive, d'écoute**.
- Il doit donner au groupe des **consignes claires, concises et précises** (critères de réussites explicites) et évite les coupures à répétition qui casse le rythme de l'échauffement. C'est d'ailleurs à lui de dynamiser l'échauffement en donnant le rythme d'exécution et le nombre de répétition des exercices proposés.
- Il doit s'assurer du **respect des consignes** en contrôlant la justesse des mouvements réalisés (positions segmentaires, vitesses d'exécution,...) et en intervenant individuellement, si le besoin s'en fait sentir, au près de certains élèves n'arrivant pas à bien réaliser le mouvement demandé. Si trop d'élèves font d'erreurs, la (les) consigne(s) ont mal été comprise(s). Les explications n'étaient pas claires ou insuffisamment précises. Dans ce cas, il est impératif d'arrêter l'exercice afin de préciser les critères de réussite, au besoin en s'appuyant sur une démonstration.
- Il doit **alterner** les exercices **dynamiques** et les exercices **plus statiques**, afin de **maintenir la température corporelle** à un niveau compatible avec l'exercice physique et/ou la séance qui va suivre.
- Il doit **limiter la part donnée aux étirements** (voir diapo étirements), lors de l'échauffement afin de **ne pas entraîner une trop forte diminution de la raideur musculaire** car cela va à l'encontre des effets recherchés.
- Il doit veiller à **bien se placer** par rapport au groupe pour être vu de tous et voir tout le monde en fonction de la forme de répartition groupe dans l'espace de travail (cercle, carré, en vague successive, dispersée, etc.). Attention à prendre en compte le soleil en extérieur (valable pour toutes les consignes !)
- Il doit proposer, à chaque échauffement, des **exercices** suffisamment **variés** voire amusants afin d'éviter la monotonie, surtout avec un public de jeunes enfants.

Exemple de contenu de l'échauffement d'une durée minimum de 25 min pour des sujets adultes (idéal le jour J)

1. Course 20 min d'intensité faible à modérée :

- le délai d'environ 20 à 25 minutes est nécessaire pour que la température du muscle avoisine les 38°C alors qu'il ne faut que 10 à 15 minutes seulement pour que la température du noyau centrale (tête-tronc) arrive à 39°C . Cet exercice permet de mobiliser rapidement le système cardio-respiratoire (la course est préférable aux pommades, massages et bains chauds car l'échauffement n'est que périphérique dans ces cas-là)
- elle met en jeu les plus grosses masses musculaires de l'organisme, à savoir celles des membres inférieurs, qui représentent environ 50% de la masse musculaire totale. Et puisque chaque contraction musculaire est TOUJOURS associée à une libération de chaleur (25% de l'énergie utilisée par le muscle est transformée en énergie mécanique et 75% en énergie calorifique), celle produite par les membres inférieurs contribue grandement à l'élévation de la température corporelle globale

2. Alternance pendant 13 à 15 min d'exercices :

- dynamiques de type sauts pieds joints, cloche-pieds, multi-bonds, courses sur 20 m, jeux à deux, etc. (chacun durant 2 min environ)
- limiter les étirements avant l'effort.

Les enfants et l'échauffement

- **Sur le plan énergétique**

Chez l'enfant, la capacité à répéter un exercice de type intermittent est supérieure à celle de l'adulte. Cela s'explique par le fait que l'enfant privilégie en permanence la production d'ATP à partir des processus aérobie. Cela permet, entre autres, de resynthétiser la créatine, qui à son tour permet de renouveler l'ATP utilisé par le muscle dans un effort maximal. L'acidité musculaire (mesurée par le pH) reste stable pendant toute la durée de la séance

CONSEQUENCE : là où, pour un adolescent ou un adulte, il faut 8-10 min de récupération pour refaire un exercice à intensité maximale, un enfant n'a besoin que de 30s.

Il lui est impossible d'atteindre le même niveau d'intensité absolue que l'adulte... faute d'une production d'ATP en quantité suffisante puisque le processus anaérobie alactique ne peut fonctionner à plein régime .

- **Sur le plan musculaire**

Non seulement les enfants ont une masse musculaire plus petite que celle de l'adulte, mais ils ont en plus une extensibilité supérieure à celui-ci liée, en partie, à la nature du collagène présent dans le squelette des fibres musculaires. Or, il a été démontré que les courbatures surviennent plus chez les personnes qui possèdent des muscles raides.

- **Au niveau des tendons et ligaments**

Tout comme pour les muscles, les enfants ont des tendons et ligaments plus extensibles que ceux de l'adulte car le collagène qu'ils renferment n'est pas arrivé au même degré de maturité.

Concernant les os et le cartilage

C'est en quelque sorte leur tendon d'Achille. Les problèmes surviennent uniquement lorsqu'il y a sur-utilisation par traction ou compression des zones cartilagineuses. En effet, ce n'est pas le tendon (capable de bien encaisser les contraintes), mais le périoste ou le cartilage de croissance qui vont être la cible des traumatismes. Le périoste est cette membrane protectrice entourant l'os à travers laquelle se font la plupart des échanges permettant la croissance et l'entretien de l'os. D'où l'importance d'être à l'écoute des petites douleurs anodines qui pourraient être le signe avant-coureur d'une microlésion tissulaire.

Conséquences

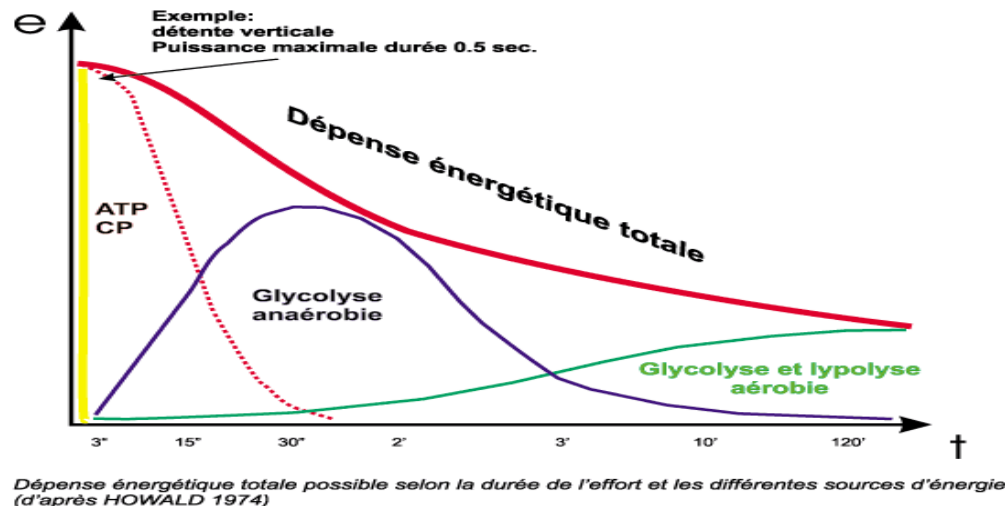
- **Physiologiquement**, rien ne justifie d'imposer aux enfants un échauffement à chaque début de séance, toute activité ou genre confondu. Ils sont largement capables de s'engager dans une activité de façon directe et spontanée (en témoigne leur activité en cour de récréation...).
- L'EPS vise néanmoins une éducation à la santé. Cela passe par un apprentissage de meilleures pratiques qui permettront aux enfants-futurs-adultes de préserver le plus longtemps possible leur intégrité physique tout au long de la vie. Plusieurs raisons peuvent alors être invoquées pour recommander la pratique de réchauffement chez les enfants :
 - 1 - Cet apprentissage participera ainsi à la prévention, avec le temps, de l'apparition de certains traumatismes en pratiquant un échauffement en début de séance.
 - 2 - Dans ce cadre, il s'avère intéressant qu'ils puissent s'approprier les fondamentaux qui sous-tendent cette partie de la séance et acquièrent, par là-même, une certaine autonomie par l'usage de routines simples qui pourront être variées et complexifiées au fur et à mesure... pour leur laisser ensuite une totale indépendance dans le choix des exercices qui leur conviennent le mieux (autonomie).
 - 3 - Cette phase est également un moment important dans la prise en charge d'un groupe. Elle permet de canaliser leur énergie pour présenter la séance.
- Notre expérience de terrain nous a permis de constater qu'une durée optimale (entre 10 et 12 min) pour cette mobilisation via des activités ludiques et progressives suffisait largement.

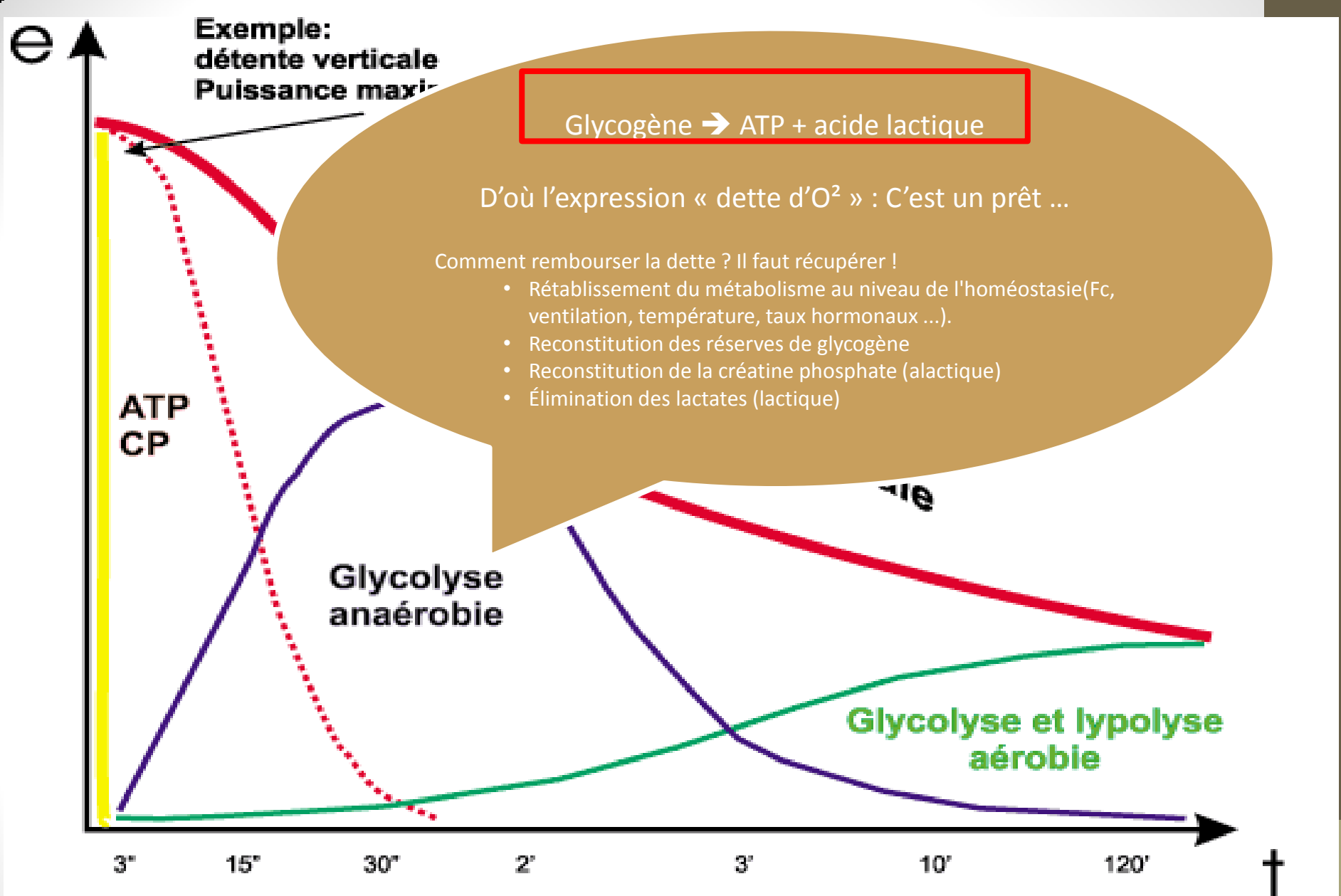
Retour sur la dernière séance

- VMA, VO^2 Max, PMA
- Filières énergétiques

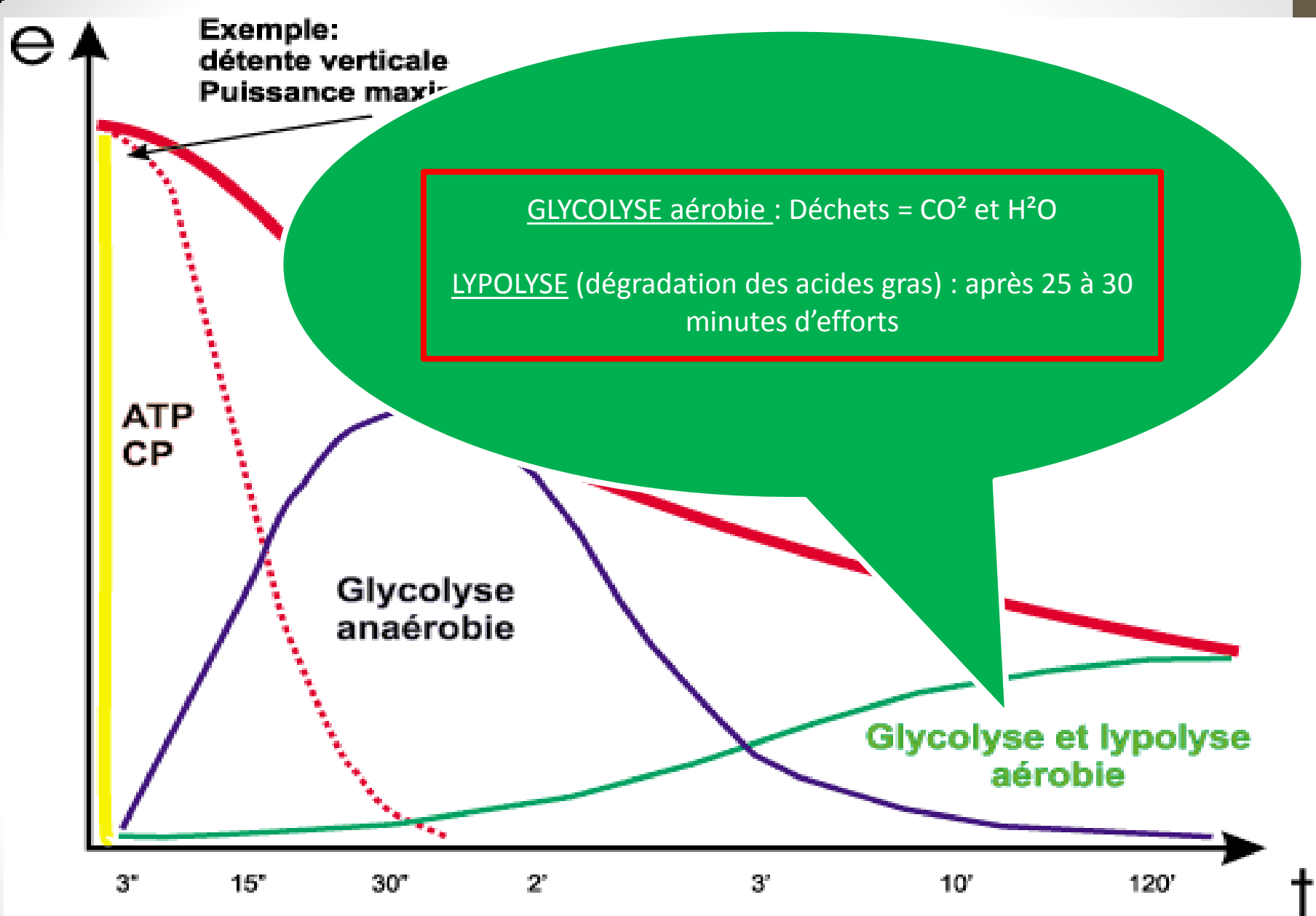
VMA et activités physiques

- La **vitesse maximale aérobie**, ou **VMA**, est la vitesse à partir de laquelle une personne consomme le maximum d'oxygène, c'est-à-dire atteint la $VO_2\text{Max}$. En deçà de cette limite, la consommation d'oxygène croît avec l'intensité de l'effort et la plupart de l'énergie provient du métabolisme aérobie. Au-delà, la consommation d'oxygène reste constante et la puissance supplémentaire est assurée par la filière anaérobie lactique.
- La Puissance Maximale Aérobie (PMA) est la puissance développée par un individu pour atteindre la VMA. Ce paramètre est très utilisé en cyclisme car la VMA est un critère qui dépend de la vitesse de déplacement donc du terrain ainsi que du vent, et on ne peut pas l'utiliser en pratique. On utilise la PMA, mesurée avec un capteur de puissance.
- La VMA est utilisée en sport, par exemple pour la course à pied. À sa VMA, un sportif peut tenir 4 à 8 minutes. À ce rythme environ 85% de l'énergie est produite par le métabolisme aérobie et 15% provient de la filière anaérobie lactique. C'est la production d'acide par la filière anaérobie lactique qui diminue la capacité de contraction du muscle et produit l'épuisement





Dépense énergétique totale possible selon la durée de l'effort et les différentes sources d'énergie (d'après HOWALD 1974)



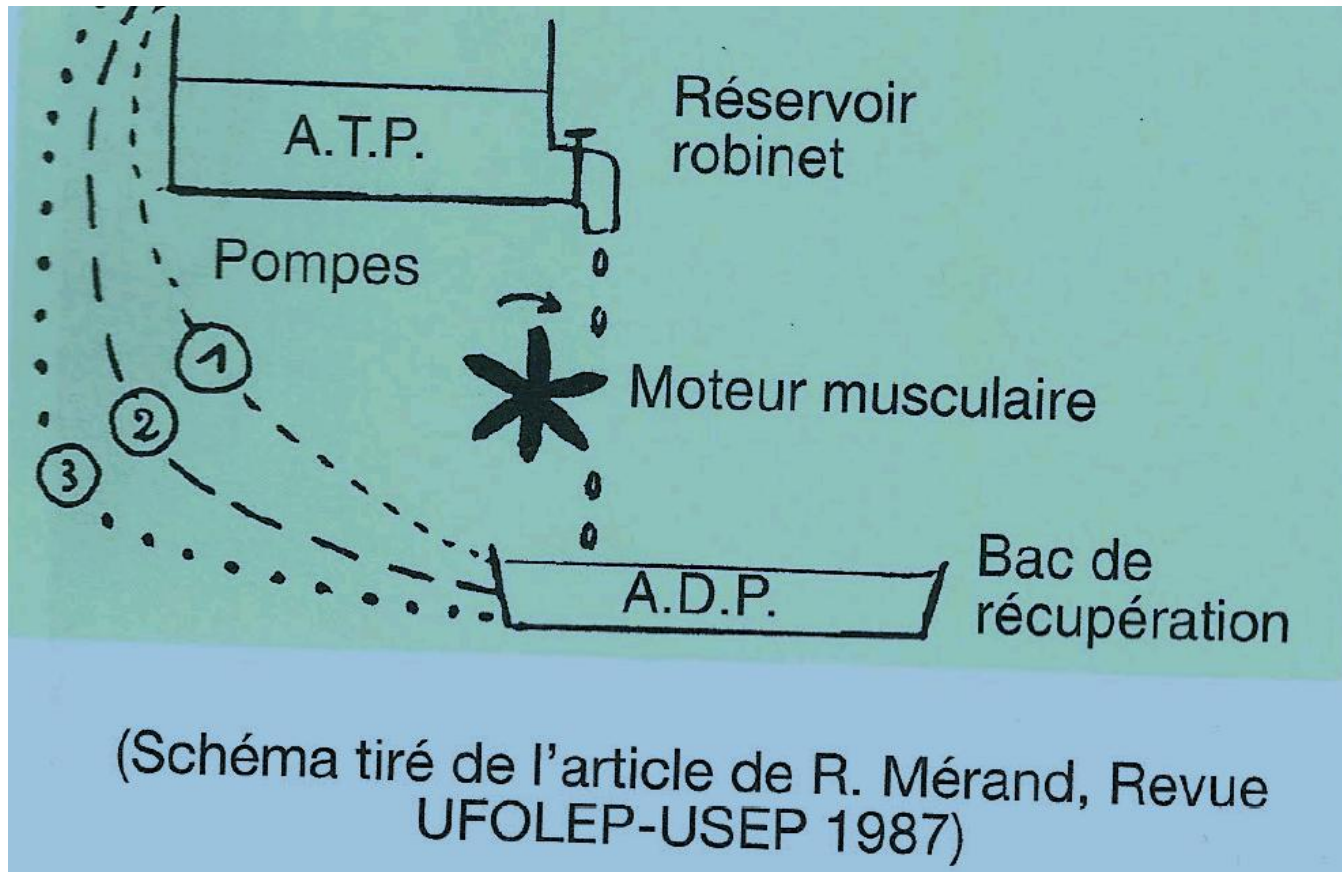
Dépense énergétique totale possible selon la durée de l'effort et les différentes sources d'énergie (d'après HOWALD 1974)

VMA et activités physiques

- La VMA est une bonne indication de la performance qu'un sportif peut réaliser sur des épreuves de l'ordre de 5 à 10 minutes, qui correspondent au demi-fond en course à pied. Pour des efforts plus longs comme la course de fond, la VMA permet d'avoir un ordre de grandeur de cette performance, avec une certaine incertitude dépendant de l'endurance du coureur. Pour des efforts de moins de 5 minutes comme le sprint, la VMA peut donner une indication avec une grosse marge d'erreur dépendant du métabolisme anaérobie lactique. Le test navette Léger-Boucher est fiable et facilement réalisable en milieu scolaire.
- L'amélioration de la VMA est visée par tous les sportifs en endurance (fond et demi-fond) ; cela se fait notamment grâce à des entraînements « fractionnés » ou « par intervalles » incluant une succession d'efforts intenses aux alentours de la VMA (95-110%) et de courts repos (inférieurs à la durée de l'effort et calculés pour ne permettre qu'une récupération semi-complète).

Filière	Type d'effort	Substrat	Effort type (Dépend des possibilités de l'individu)
Anaérobie Alactique	Intensité : très forte Durée : très courte (env 10 sec)	Créatine phosphate	100m pour un sportif Sprints courts + lancers
Anaérobie lactique	Intensité : forte Durée : courte (2 à 4 min)	glycogène musculaire avec déchets : notamment l'acide lactique	400m ou 800m pour un sportif Courir pour attraper son bus.
Aérobie	Intensité : faible à modérée Durée : courte à très longue	L'oxygène fourni par la respiration et le glucose en réserve, puis les lipides et protéines.	Marche en montagne Footing Tous les efforts de courte ou longue durée modérés Remarque : un élève en grande difficulté peut commencer par une marche sportive...

La métaphore du moulin à eau



« L'eau contenue dans le réservoir s'appelle A.T.P. Lorsqu'elle est dans le bac, après avoir mobilisé le moteur musculaire, elle est A.D.P. (adénosine diphosphate).

Le réservoir a une capacité très limitée et pour que le mouvement puisse se poursuivre, il faut reconstituer l'A.T.P., c'est-à-dire pomper l'eau du bac pour la monter dans le réservoir. »

APPORT D'ÉNERGIE

Processus Aérobie	Processus Anaérobie	Distance de course
10 à 15%	85 à 90 %	100 m
25 à 35 %	65 à 75 %	400 m
40 %	60 %	800 m
60 %	40 %	1 500 m
75 à 80 %	15 à 20 %	3 000 m
90 à 95 %	5 à 10%	10 000 m

D'après Astrand et Rodhal – Connaissance de l'exercice physique - 1980

Et les enfants ?

Substrats	Au repos : Comparaison avec des individus plus âgés	Vitesse d'utilisation au cours de l'exercice
A.T.P.	Pas de modification avec l'âge	Identique à celle de l'adulte
Créatine phosphate (C.P.)	Plus faible chez l'enfant	Identique ou inférieure à celle de l'adulte
Glycogène	Plus faible chez l'enfant	Beaucoup plus basse que chez l'adulte

*Eriksson, B.O., Karlsson, J. & Saltin, B. (1971) Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. Acta Paediatr. Scand., **217** (suppl.) : 154-157.*

On constate que les ressources en glycogène au repos sont plus faibles chez les enfants. Ils mettent plus de temps à l'utiliser. **On déconseille donc de mettre en jeu le processus anaérobie lactique.**

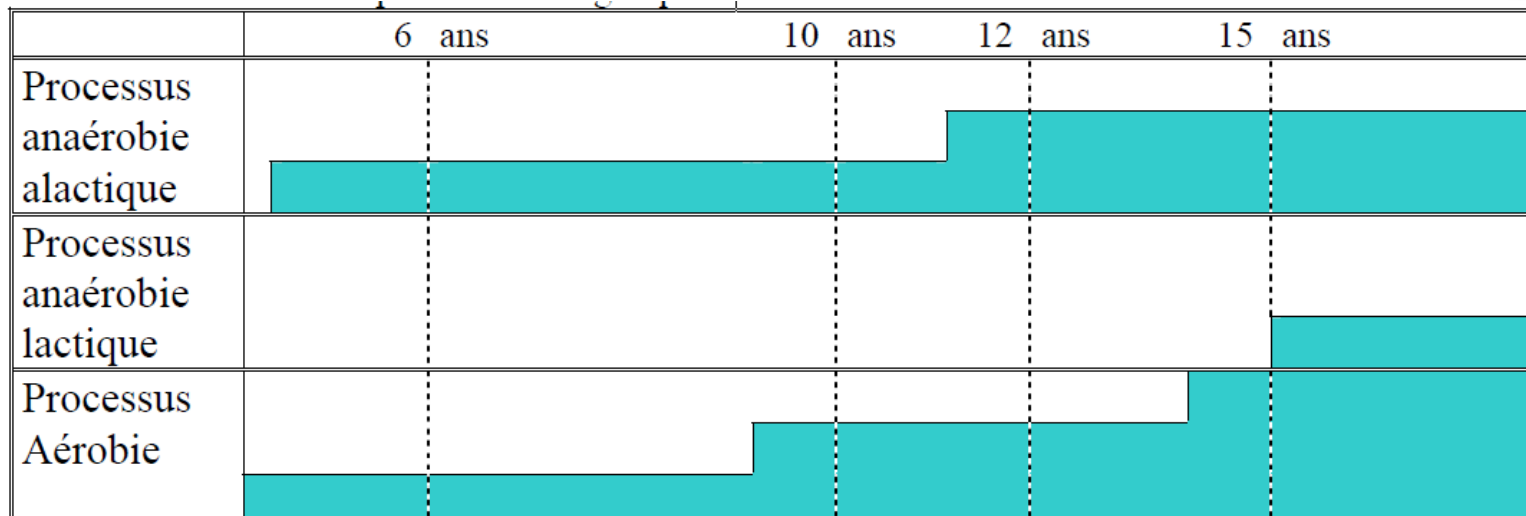
Enfants et adultes, quelles différences ?

- Chez l'enfant, la capacité à répéter un exercice de type intermittent est supérieure à celle de l'adulte.

Si l'on prend comme référence une séance de 10 sprints sur ergocycle de 10s à 50% de la force de friction optimale (*protocole utilisé par Ratel et coll. (2002, 2003) pour mettre en évidence les différences entre les enfants, adolescents et adultes lors d'un exercice intermittent*), les enfants sont capables de maintenir l'intensité à 300 W sur 10 répétitions (voire plus) alors que cette intensité passe de 1100 W à 850 W chez l'adulte entre la 1ère et la 10ème répétition.

- Cela s'explique par le fait que l'enfant privilégie en permanence la production d'ATP à partir des processus aérobie → L'acidité musculaire (mesurée par le pH) reste stable pendant toute la durée de la séance.
- Conséquence : là où, pour un adolescent ou un adulte, il faut 8-10 min de récupération pour refaire un exercice à intensité maximale, un enfant n'a besoin que de 30s.

selon G. Gacon (La course d'endurance - 1987), il existe des périodes optimales pour solliciter les différents processus énergétiques



Selon Van Praagh (dossier EPS n°35), entre 8 et 12 ans, la puissance aérobie croît de 50 %, le volume du coeur gauche augmente de 52% et la masse pulmonaire augmente de 58%.

Conséquences de l'entraînement chez l'enfant

Ex : programme d'entraînement de 6 à 32 mois chez enfant de 6 à 11 ans (Berthoin et Gerbeau – 1999)

Améliorations	témoin	entraînés	Différence
• Volume cardiaque	+ 36%	+ 43%	7%
• Capacité vitale	+34%	+ 58%	24%
• PMA	+37%	+55%	18%

Remarque : Ces données sont retrouvées dans des études longitudinales sur de vrais jumeaux (homozygotes)!

Le test VMA pour les élèves

- Le test navette se met facilement en place et est considéré comme fiable (Attention, il est important que vous connaissiez les autres tests)
- On ne démarre pas à 8 mais à 5 km/h pour des CM (environ 5 km/h sous la VMA présumée la plus basse)
- Ecrire les consignes pour qu'elles soient claires (objectif du test, déroulement, quand s'arrêter ?) et encourager au maximum l'élève pendant la réalisation. Leur signifier que la VMA correspond au dernier pallier entièrement réalisé !

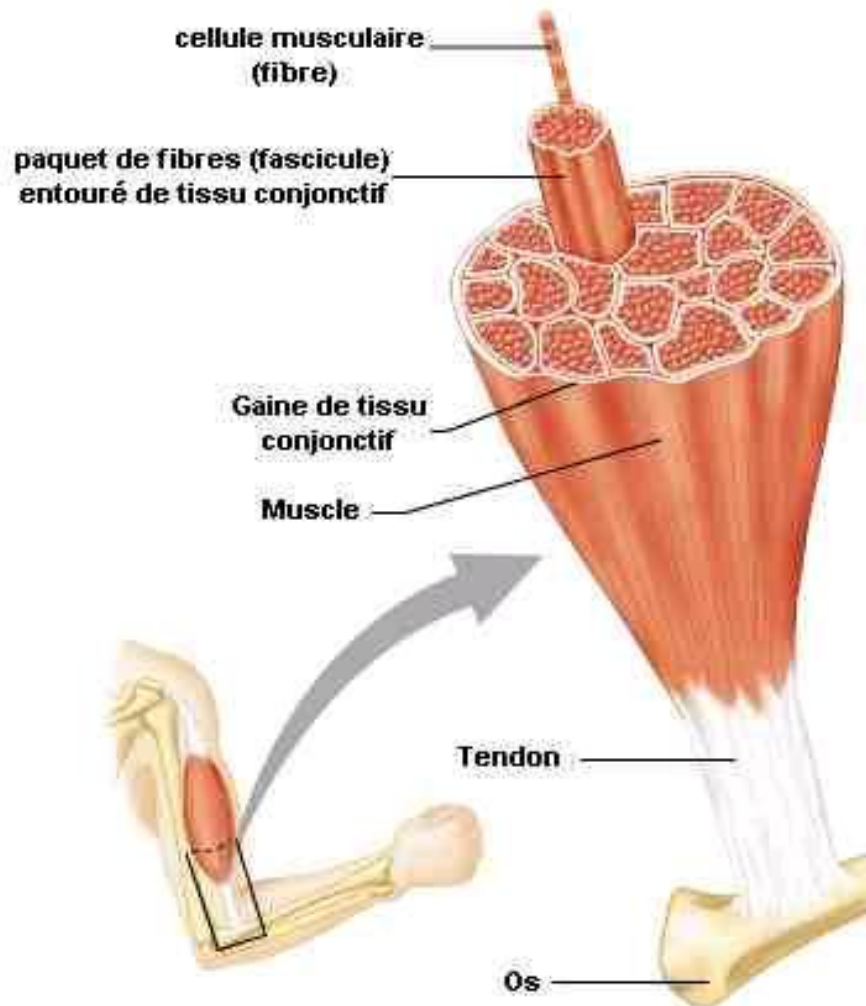
Le muscle

Source d'énergie (rappel)

La contraction des filaments des myofibrilles nécessite la présence d'un carburant spécial, l'Adénosine Tri Phosphate (ATP). Mais celui-ci s'épuise très vite, en une ou deux secondes. Si l'effort musculaire continue, il faut que l'organisme puisse fournir immédiatement de l'ATP, à partir d'autres voies métaboliques, donc d'autres sources d'énergie.

1. La première réserve est constituée par une molécule présente dans le muscle, la créatine-phosphate, qui se dégrade facilement en ATP, et constitue en quelque sorte le deuxième réservoir. Mais celui-ci va s'épuiser vite également, en cinq ou six secondes. C'est cette réserve que l'athlète consomme lors des efforts violents et courts, comme un sprint.
2. Si l'effort continue, il faut que le muscle ait accès à une source d'énergie plus durable. Celle-ci est constituée par le glucose et le glycogène, qui est la forme sous laquelle est stockée le glucose à l'intérieur de l'organisme, notamment dans le foie. Lorsque l'effort persiste, le muscle a recours au glycogène, qui, à la suite de nombreuses réactions enzymatiques (la glycolyse), se dégrade et forme une nouvelle source de carburant, et donc de l'énergie pour le muscle. En se dégradant, le glycogène donne naissance à deux composés, l'acide pyruvique et l'acide lactique. Cette voie métabolique s'ouvre très rapidement, car il ne faut que quelques secondes pour que les précédentes s'épuisent. Ce deuxième réservoir est utilisé pour les efforts de moyenne durée, par exemple une course de quatre cent mètres.

Structure hiérarchique du muscle



Le muscle possède une structure qui pourrait être comparée à celle d'une poupée russe. Il est constitué de groupes de cellules (fibres) regroupées en paquets appelés **fascicules ou faisceaux**. Chaque niveau de structure est enveloppé par une gaine conjonctive.

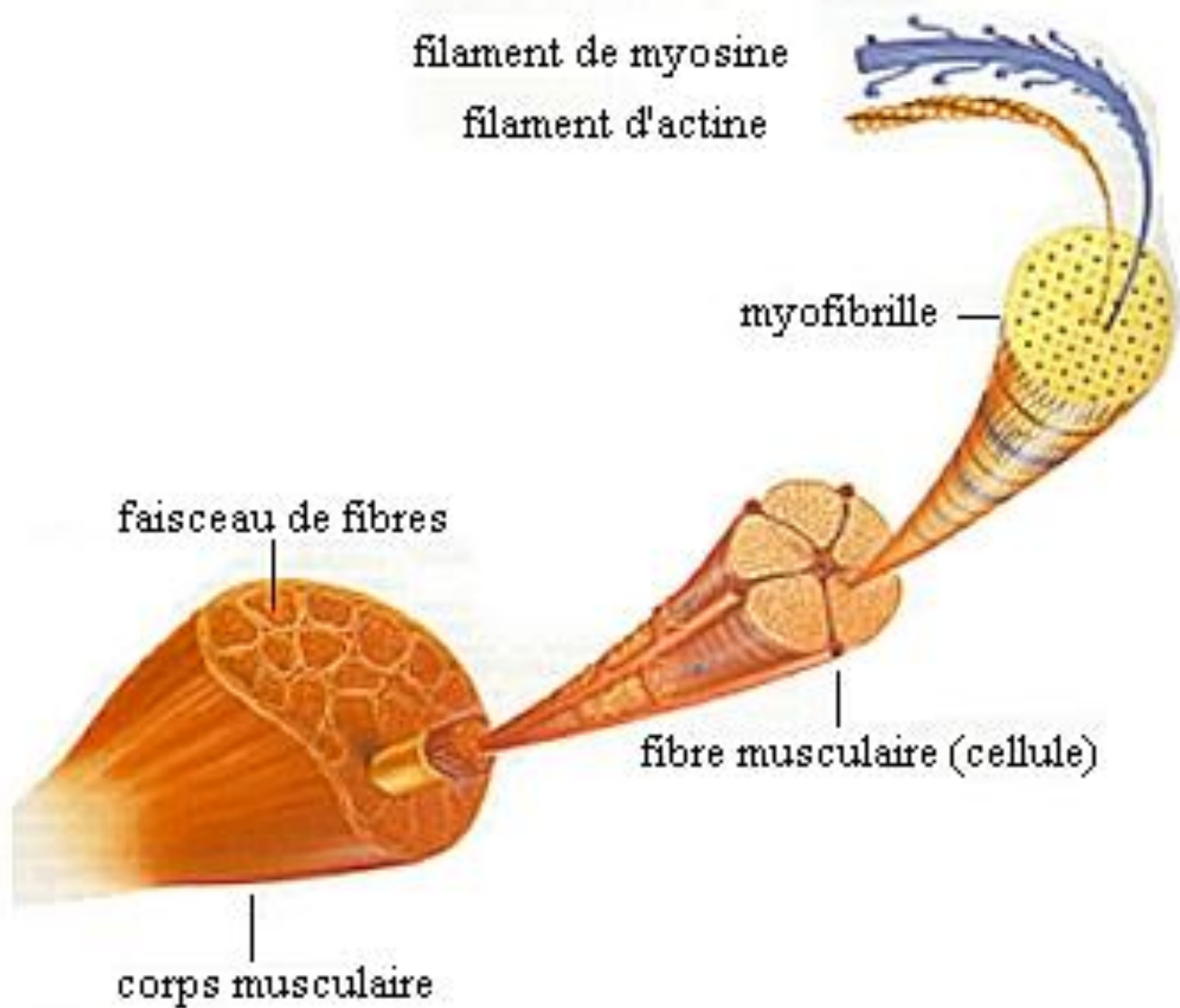
filament de myosine
filament d'actine

myofibrille

faisceau de fibres

fibre musculaire (cellule)

corps musculaire



Analyse du muscle

- On distingue les fibres musculaires striées, qui forment la musculature squelettique, et les fibres musculaires lisses qui sont le principal composant des viscères et assurent, en particulier, les contractions de l'intestin, sous le contrôle du système nerveux végétatif.
- les muscles de la locomotion, de la statique et du mouvement, sont en grande partie sous le contrôle du système nerveux volontaire. Le muscle est constitué d'un groupement de faisceaux, formés eux-mêmes d'un ensemble de fibres musculaires, serrées les unes contre les autres. Chacune de ces fibres est une cellule musculaire de très grande taille, qui comprend plusieurs noyaux. Une fibre musculaire peut atteindre plusieurs dizaines de centimètres dans les grands muscles du dos ou des membres inférieurs.
- Un muscle est composé de fibres musculaires. Selon la fonction du muscle et sa position il est composé d'un mélange de différents types de fibres. On en distingue 2 catégories dites lentes et rapides.

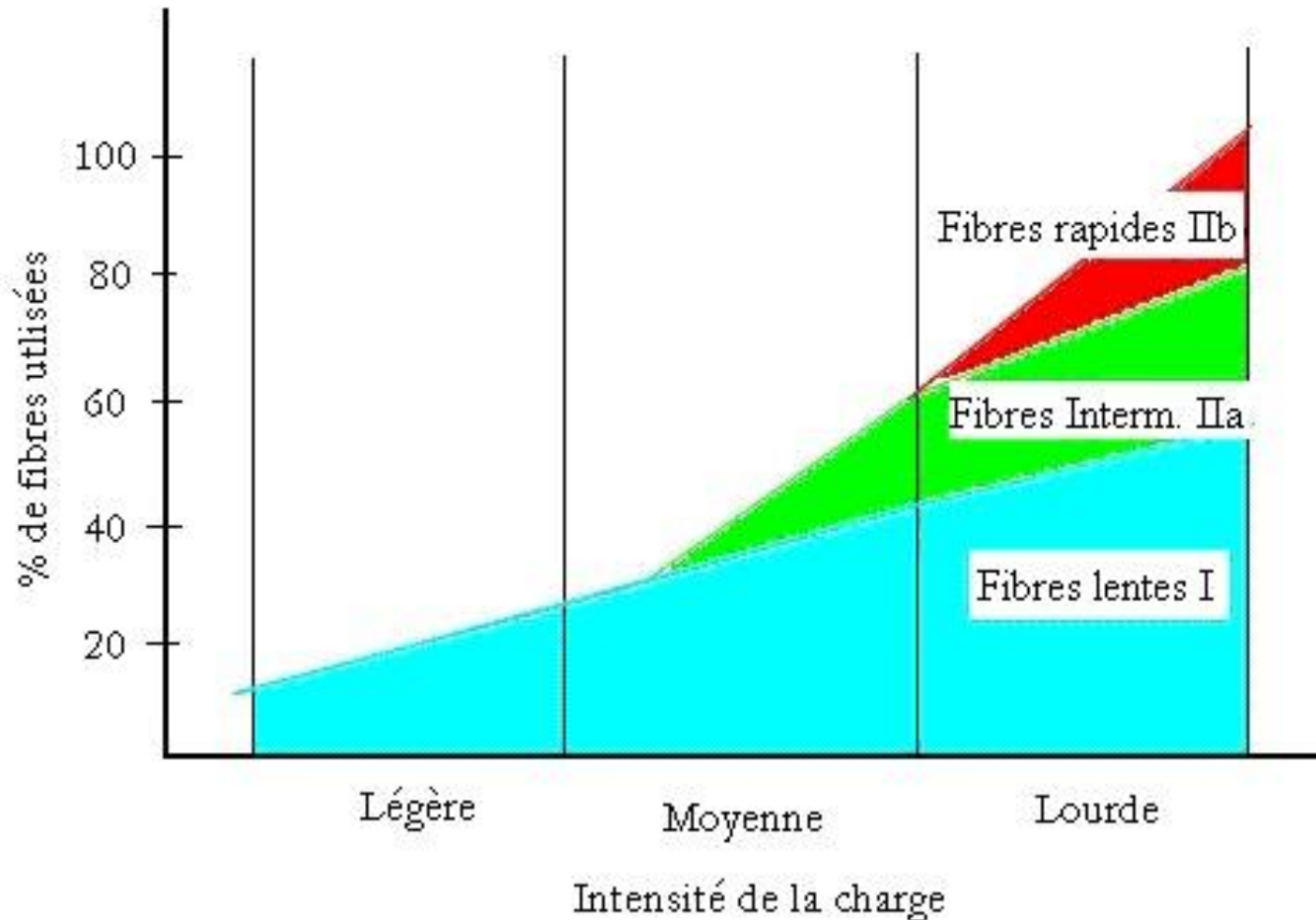
LENTES - Type I (ST)

Les fibres lentes sont de petites tailles. Elles participent aux efforts longs de faibles intensités. Elles ont la particularité d'être peu fatigables. Ces fibres sont la panacées des sports d'endurance. Elles sont fortement capillarisées d'ou leur couleur caractéristique rouge.

RAPIDES - Type II (FT)

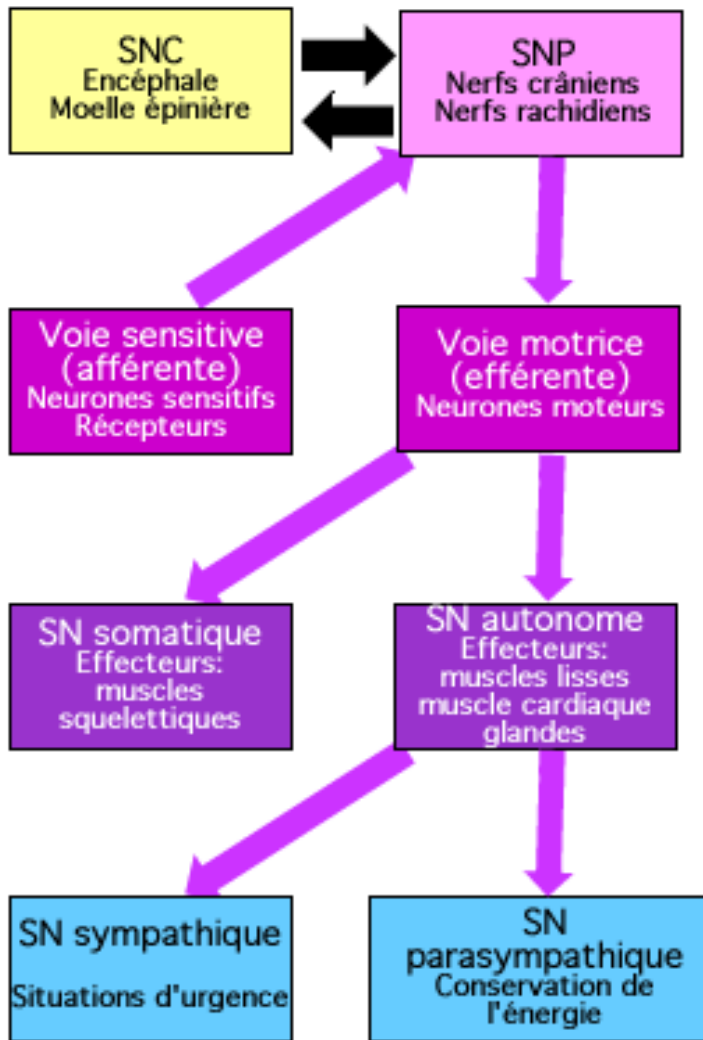
Type IIb c'est la fibre rapide qui permet des contractions élevées. Elle ne participe qu'à des efforts brefs et intenses. Elles fonctionnent surtout un mode anaérobie. Elles sont de couleur blanche.

Recrutement des fibres en fonction de l'intensité de charge (Costill 1980)



Le SNC active en premier les UM lentes, intermédiaires puis rapides. En clair même lors d'un sprint on utilise ses fibres lentes.

Le système neuro-musculaire



- Le cerveau et la moelle épinière forment le système nerveux central (**SNC**). C'est la moelle épinière qui donne les ordres au système nerveux périphérique (**SNP**) en "excitant les motoneurones (c'est la câblage électrique humain). Ces motoneurones acheminent les signaux électriques qui vont permettre au muscle de se contracter.

Sport et alimentation

L'alimentation du sportif (source : médecine et santé.com)

Il faut assurer un bon équilibre alimentaire avec **55% de glucides, 30% de lipides, 15% de protides**. L'apport calorique est en moyenne de 3000/3500 calories pour les hommes et 2400/2800 calories pour les femmes, mais tout dépend du sport et de son niveau et cela peut aller jusqu'à 4500-5000 calories(marathonien, cyclisme professionnel...).

En périodes de compétition, il faut enrichir les repas en glucides à index glycémique bas (pâtes alimentaires, semoule) et dans les 3 jours qui précèdent passer à 70% de glucides.

Deux à trois heures avant l'effort, prendre un repas normal enrichi en glucides à index glycémique moyen : riz, pommes de terre ou légumes secs, mais ceux-ci peuvent fermenter (sauf éventuellement les lentilles). Eviter les graisses de digestion plus lente.

Pas de sucre rapide juste avant l'effort (il déclenche une sécrétion d'insuline favorisant l'hypoglycémie).

Pendant l'effort, il est important de boire : 150 CC d'eau (3/4 gorgées) tous les 1/4 d'heure, voire plus en fonction de l'effort et de la température ambiante, même si on n'a pas soif. La température de l'eau sera d'environ 10° pour ne pas accélérer le transit intestinal. Un apport de glucides rapides est profitable (fruits secs, ...).

Vers l'entraînement

Que faire précisément pendant les 3 grandes étapes de préparation ?

- Les pages suivantes sont à mettre en relation avec le document « préparer le 1500m. » et les 3 grandes phases
- la préparation physique générale (PPG)
- la préparation physique auxiliaire (PPA)
- la préparation physique spécialisée (PPS).

Vous vous reporterez alors aux tableaux suivants selon ce que vous souhaitez travailler. Chaque entraînement devra prendre en compte différentes variables que nous déclinons maintenant.

Concevoir des exercices : les variables

- Type d'effort :
 - ☐ Continu
 - ☐ Intermittent (intensité varie → déterminer nombre de répétitions, de séries et temps et forme de récupération *)
- Intensité de l'effort (en % de la VMA)
- Durée de l'effort
- Nature de l'effort
- Cadre de pratique
 - ☐ Exercice continu : un seul effort à une intensité donnée
 - ☐ Exercice intermittent de type long-long : effort et récup (< ou = course) longs + plusieurs répét. voire séries
 - ☐ Exercice intermittent de type court-court : effort et récup (< ou = course) courts

Quelques exemples pour les adultes dans les diapos suivantes... D'une manière générale, **le travail en puissance privilégie la qualité du travail, un travail en capacité privilégie la quantité de travail.**

* Rappel : la récupération active permet d'éliminer l'acide lactique produit par la filière anaérobie alactique

Développer la capacité aérobie par des efforts continus

Type d'effort	Vitesse	Durée
Intensité élevée	+ / - 85 % de la VMA	20 à 30 minutes
Intensité moyenne	+ / - 75 % de la VMA	+ ou – 45 minutes
Endurance fondamentale	+ / - 50 à 60 % de la VMA	Plus d'une heure

Développer la capacité aérobie par des efforts intermittents

Vitesse à VMA	Durée	Répétitions	Récupération entre répétitions
80 %	12 minutes	2	5 minutes marchées
90 %	6 minutes	4	

Développer la puissance aérobie

Type d'effort	Vitesse	Durée	Récupération	Nombre de répétitions
continu	80 à 95 % de la VMA	20 à 45 minutes	/	1
Intermittent long, moyen ou court	> à la VMA (varier en fonction de la durée)	15 sec. à 3 minutes	Toujours active [1'30 , 3']	6 à 15
		Exemple pour 1 minute	2'30	8 à 10
		Exemple pour 3 minutes	3'	6
Court - court	= ou > à la VMA	15 à 30 sec.	15 à 30 sec.	5 à 15 répétitions dans une série entrecoupées d'une récup. active de plusieurs minutes, temps de travail > 10 min.
		Exemple pour 15 sec.	15 sec	
		Exemple pour 25 sec.	25 sec.	

Développer la filière anaérobie lactique

Puissance / capacité	Vitesse	Durée	Récupération	Répétitions
capacité	85 à 95 % de la VMA	Entre 45 sec. et 3/4 minutes	Active, entre 2 et 8 minutes	10 répétitions
puissance	VMA ou supérieur	Entre 15 et 45 sec.	Peu active, entre 5 et 30 minutes	Tant que la qualité du travail se maintient.

Développer la capacité anaérobie alactique

Forme	Durée	Récupération	Séries
Course	3 x 3 '	3' de marche	1 à 2 séries (selon le niveau), entrecoupées de 5' récup passive
	1'30 puis 45 sec. après récup	Active, 2 minutes	5 ou 6 séries, entrecoupées d'une récup active de 6 minutes

Comment calculer les séries et répétitions dans les exercices de type « fractionné » ?

Soit vous vous référez aux tableaux précédents, soit vous appliquez la procédure suivante : **le nombre de séries dépend du nombre de répétitions N :**

- Quand N est **< 8**, il n'y a qu'une seule série;
- Quand N est compris [8,15[, il y a deux séries de répétitions;
- Quand N compris [15,24[, il y a trois séries de répétitions;
- Quand N est **> 24** répétitions, il y a quatre séries de répétitions

N	Nombre de séries
3	une seule série
4	
5	
6	
7	
8	2 (2 × 4)
9	2 (5 + 4)
10	2 (2 × 5)
11	2 (6 + 5)
12	2 (2 × 6)
13	2 (7 + 6)
14	2 (2 × 7)
15	3 (3 × 5)
16	3 (6 + 5 + 5)
17	3 (6 + 6 + 5)
18	3 (3 × 6)
19	3 (7 + 6 + 6)
20	3 (7 + 7 + 6)
21	3 (3 × 7)
22	3 (8 + 7 + 7)
23	3 (8 + 8 + 7)
24	4 (4 × 6)
25	4 (7 + 6 + 6 + 6)
26	4 (7 + 7 + 6 + 6)
27	4 (7 + 7 + 7 + 6)
28	4 (4 × 7)
29	4 (8 + 7 + 7 + 7)
30	4 (8 + 8 + 7 + 7)

Source : "Le marathon" de F. Peronnet p 350 2^eédition Ed Vigot Decarie

Remarques concernant les types d'exercices et les filières sollicitées

- Revoir le plan d'entraînement en fonction de la qualité ou de la quantité de travail.
- ❑ Pour la qualité (puissance), observer la constance des performances entre les répétitions/séries. Sinon, réguler en faisant varier les temps de récup.
- ❑ Pour la quantité (capacité), l'état de fatigue est un bon indicateur, il faut « puiser dans ses réserves ». Le fait de ne pas pouvoir réaliser une répétition à une intensité souhaité est un bon indicateur de cet état de fatigue. Les récupérations peuvent (doivent ...) être moins complètes...

Conclusion : Les récupérations sont à définir en fonction des objectifs poursuivis, et à adapter éventuellement durant la séance.

Du côté des enfants ...

- S'appuyant sur les travaux de nombreux auteurs, GERBEAUX et BERTHOIN, dans « *Aptitude et pratique aérobies chez l'enfant et l'adolescent* » (1999 – PUF), concluent « *les adaptations cardio-respiratoires rapides et la grande activité des enzymes oxydatifs justifient d'emblée chez l'enfant à l'entraînement, l'utilisation de puissances aérobies maximales et supramaximales (100 à 120% de la VMA) sous forme de répétitions courtes. Ces exercices correspondent aux caractéristiques biologiques de l'enfant. Ils vont produire des effets plus nets et engendrer des progrès plus faciles à mettre en exergue(...)* Physiologiquement, l'enfant semble mieux équipé pour récupérer suite à la réalisation d'exercices à forte puissance aérobique (100 à 120% de la VMA) que pour récupérer à la suite d'exercices longs à puissance faible (70-80 à 95-99% de la VMA). A partir de l'adolescence, les exercices longs à faible puissance aérobique seront mieux tolérés psychologiquement et physiologiquement(...) **L'entraînement aérobique des enfants devrait donc s'organiser pendant la croissance de la puissance vers la capacité et non l'inverse comme c'est le cas actuellement (...)** Toutes ces conclusions sont en contradiction avec les pratiques scolaires actuelles ». |
- Plusieurs points sont importants à retenir lorsqu'il s'agit de développer la VMA :
 - Les séances doivent être **individualisées** en fonction de la VAM des sujets
 - **L'amélioration est proportionnelle à la fréquence des séances**
 - **L'entraînement intermittent** est plus intéressant que le travail en continu afin d'améliorer la VAM

ANNEXES

	6 à 10 ans	11 à 15 ans	16 ans et +
Individualisation	VAM	VAM	VAM + TLIM
Objectifs	Développement de la puissance	Développement de la puissance	Développement de la puissance et de la capacité
Exercices	Court/court (10") Long-Long (2 à 3')	Court/court (10 à 15") Long-Long (2 à 5')	Court/court (10 à 30") Long-Long (2 à 10') Travail en continu suivant la pratique sportive

Tableau 1, progression de l'entraînement entre 6 et 20 ans, in « Aptitude et pratique aérobies chez l'enfant et l'adolescent, Gerbeaux & Berthoin, PUF, 1999.

Jeu de relai intermittent (organisation dans l'espace diapo suivante)

Répartition par équipe de 3 hétérogènes en VMA intra-équipe et homogènes en VMA inter-équipe.

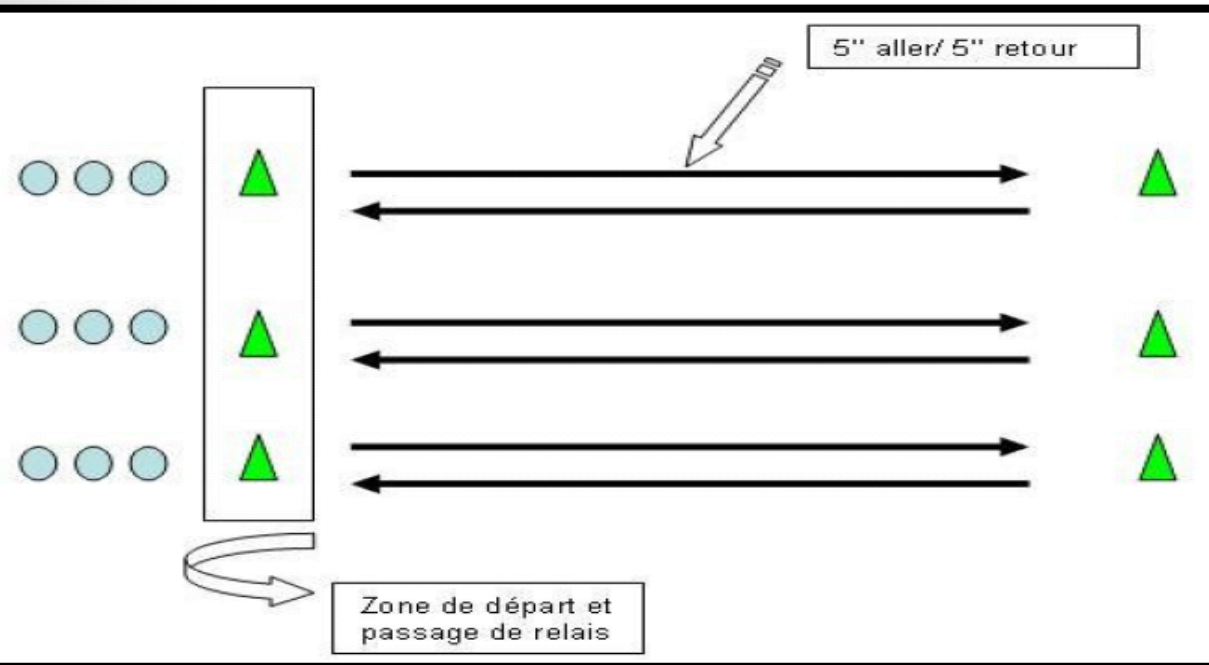
Forme de travail : IT 107 r 20"

Principe : IT 10"/ r 20"

Intensité : 120 à 130%

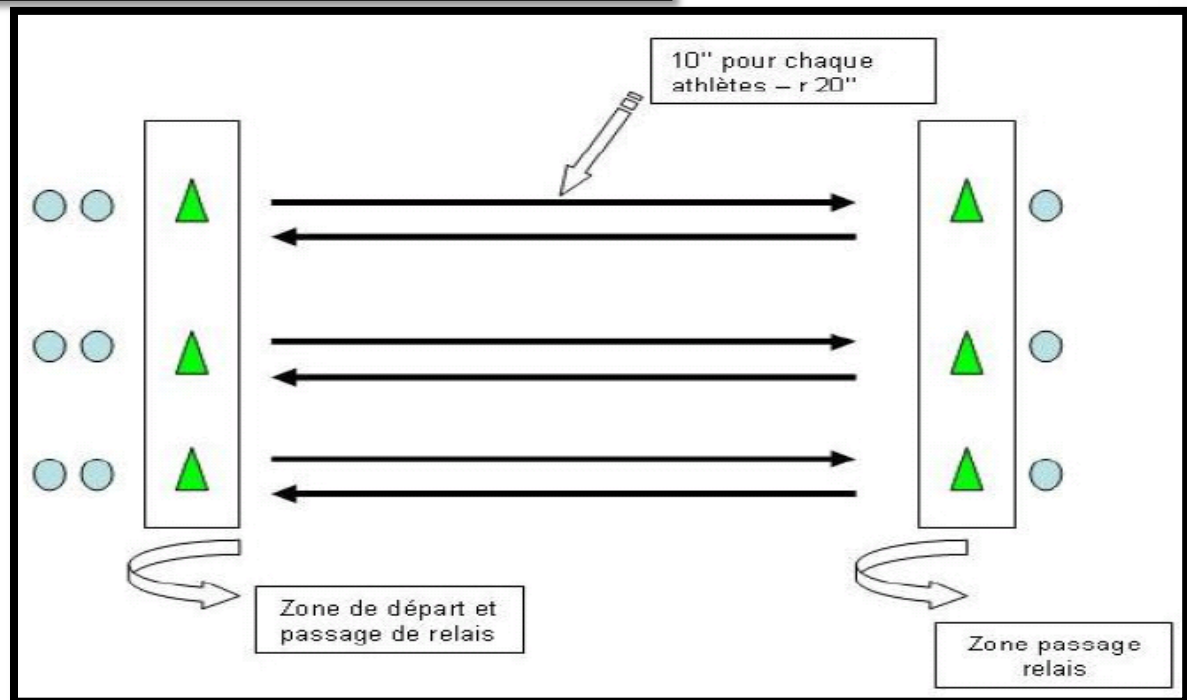
Nombre de répétition : minimum 10 par athlète

Nombre de série : minimum 3



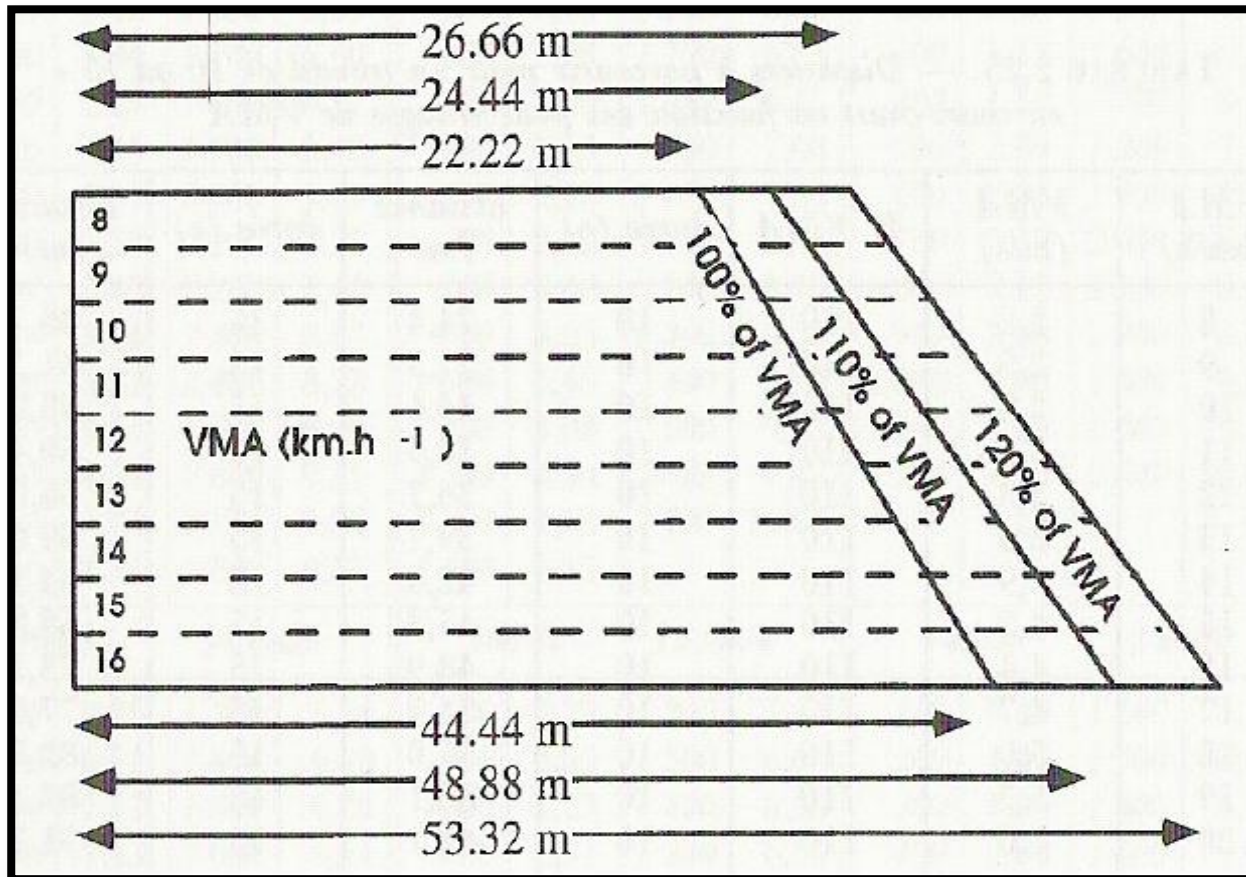
Temps de récup
= 2 x temps de course

Temps de récup
= Temps de course



Comment différencier ? Un exemple en court - court

- 3x 10x 10''
- 1ère: 100% ; 2ème: 110% ; 3ème: 120% VMA
- $r = 10''$ passive / $R = 3'$ à 50% VMA



Fiche Distance-Temps-%VAM pour l'élaboration d'une séance intermittente en court/court

<i>VMA</i> (km/h)	<i>VMA</i> (m/s)	% <i>VMA</i>	<i>durée (s)</i>	<i>distance</i> (m)	<i>durée (s)</i>	<i>distance</i> (m)
8	2,2	110	10	24,4	15	36,7
9	2,5	110	10	27,5	15	41,3
10	2,8	110	10	30,6	15	45,8
11	3,1	110	10	33,6	15	50,4
12	3,3	110	10	36,7	15	55,0
13	3,6	110	10	39,7	15	59,6
14	3,9	110	10	42,8	15	64,2
15	4,2	110	10	45,8	15	68,8
16	4,4	110	10	48,9	15	73,3
17	4,7	110	10	51,9	15	77,9
18	5,0	110	10	55,0	15	82,5
19	5,3	110	10	58,1	15	87,1
20	5,6	110	10	61,1	15	91,7
8	2,2	120	10	26,7	15	40,0
9	2,5	120	10	30,0	15	45,0
10	2,8	120	10	33,3	15	50,0
11	3,1	120	10	36,7	15	55,0
12	3,3	120	10	40,0	15	60,0
13	3,6	120	10	43,3	15	65,0
14	3,9	120	10	46,7	15	70,0
15	4,2	120	10	50,0	15	75,0
16	4,4	120	10	53,3	15	80,0
17	4,7	120	10	56,7	15	85,0
18	5,0	120	10	60,0	15	90,0
19	5,3	120	10	63,3	15	95,0
20	5,6	120	10	66,7	15	100,0
8	2,2	130	10	28,9	15	43,3
9	2,5	130	10	32,5	15	48,8
10	2,8	130	10	36,1	15	54,2
11	3,1	130	10	39,7	15	59,6
12	3,3	130	10	43,3	15	65,0
13	3,6	130	10	46,9	15	70,4
14	3,9	130	10	50,6	15	75,8
15	4,2	130	10	54,2	15	81,3
16	4,4	130	10	57,8	15	86,7
17	4,7	130	10	61,4	15	92,1
18	5,0	130	10	65,0	15	97,5
19	5,3	130	10	68,6	15	102,9
20	5,6	130	10	72,2	15	108,3

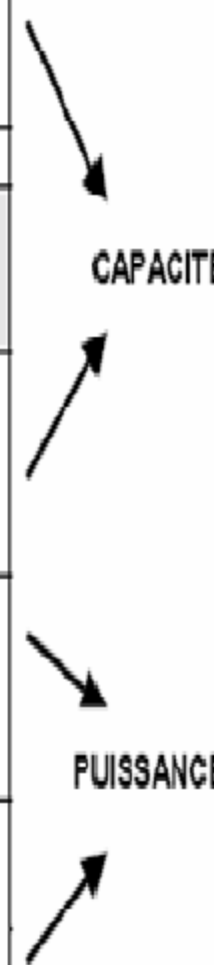
Procédures et nature des exercices	Puissance	Durée	Récupération	Travail + Récupération	Durée séance	Amélioration	
I. CONTINU	80 à 85% VAM	80% = 20 à 25'	10' passives	20 à 25' + 10' Total → 30 à 35'	40 à 45'		
II. EN INTERVALLES							
Procédures et nature des exercices	Puissance	Composition des séries	Nombre de séries	Récup. dans la série	Nature	Récup. entre séries	Durée séance
LONG/ LONG Temps de repos < Temps de travail	80 à 85%	12' 10' 8' 6'	2 2 3 4		active	5' semi active ou passive	26' à 30'
LONG/ LONG Temps de repos = Temps de travail	90 à 100%	5x 2' 3x 3' 3x 4' 2x 5'	1 à 3 1 à 3 1 à 2 1 à 2	1'30" à 2'	active	6' marche ou course à 60% VAM	30'
COURT/ COURT 100 à 130% VAM Temps repos = Temps de W.	110 à 130%	15x 8" 10x 10"	3	8" à 15"	Passive ou active	3' passive ou marche	13' à 15'
	100 à 110%	15x 15" (limite lactique)	2			3' à 5' marche	

Tableau 3 – paramètres à respecter pour la construction des séances d'entraînement aérobies chez les jeunes (Gerbeaux et al., 1993)