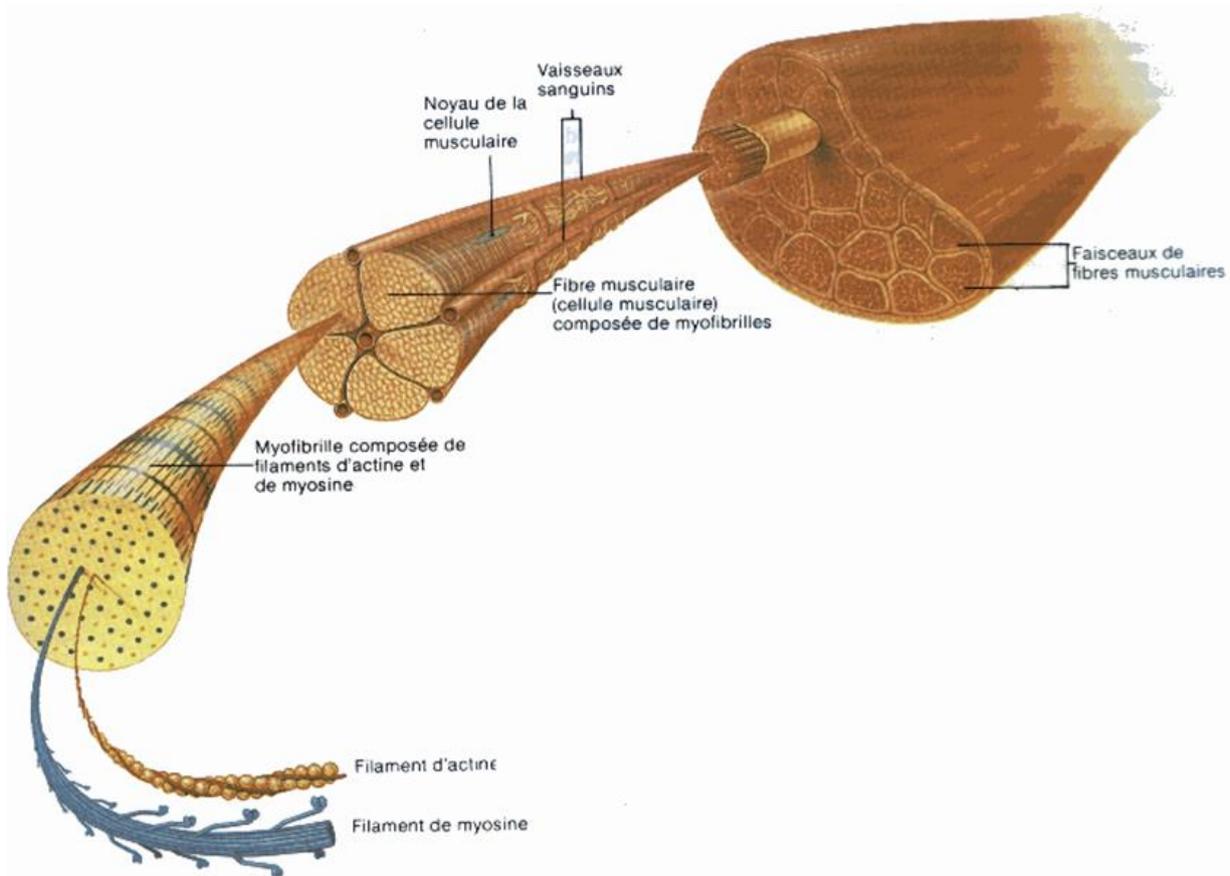


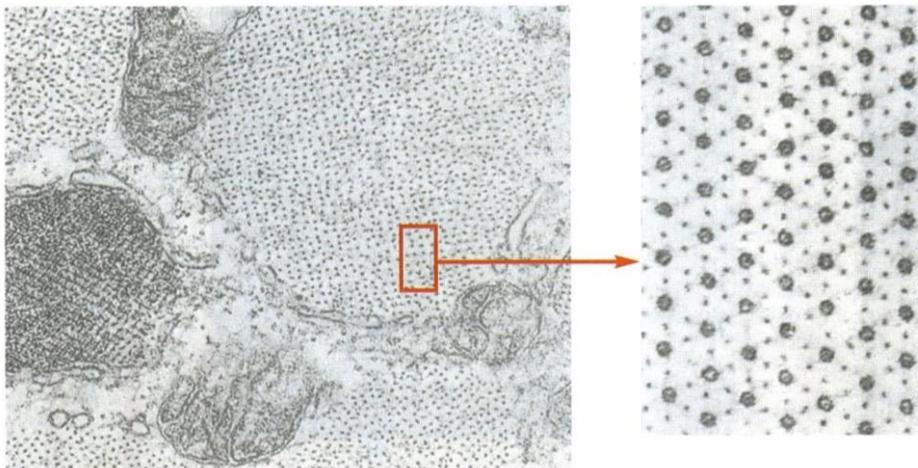
## L'activité musculaire

### Document 1 : le muscle et les cellules musculaires.

Les muscles sont des éléments doués de contraction. On distingue les **muscles striés** (muscles squelettiques ou muscle cardiaque) et les **muscles lisses** (muscles circulaires assurant le **péristaltisme** par exemple ou la **vasomotricité** des vaisseaux sanguins). Seuls les muscles striés nous intéressent ici. Ils sont constitués de **faisceaux musculaires** reliés entre eux par de **l'aponévrose** et chaque faisceau est lui-même constitué de nombreuses fibres musculaires. Une **fibre musculaire**, ou myocyte, est un ensemble constitué de la fusion de nombreux myoblastes uninucléés chez l'embryon. Il s'agit en fait d'un **syncytium**, c'est-à-dire d'une structure réunissant plusieurs cellules et donc plusieurs noyaux au sein d'un même cytoplasme et partageant la même membrane plasmique.



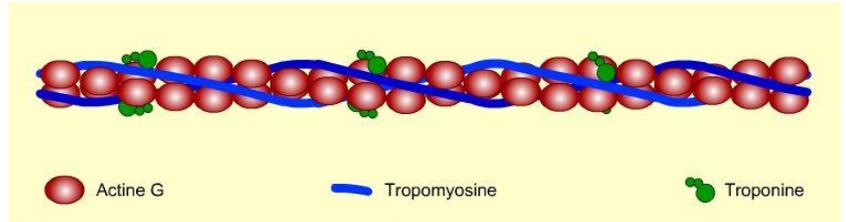
### Document 2 : coupe transversale de myofibrille observée au microscope électronique à transmission (x 50 000).



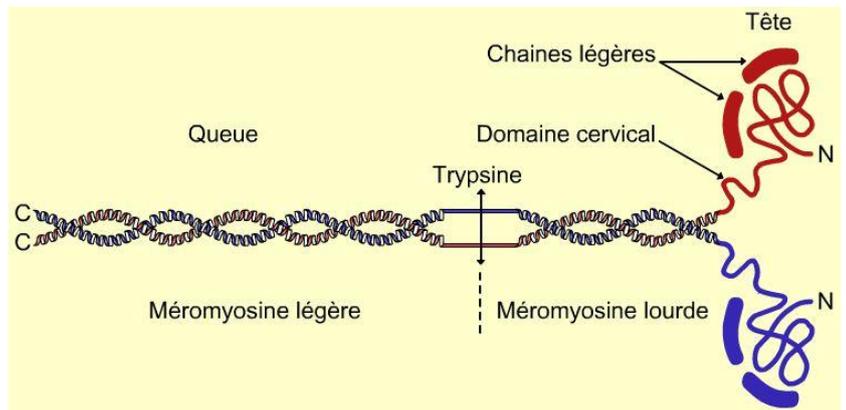
### Document 3 : les myofibrilles et la contraction.

Chaque fibre musculaire regroupe plusieurs **myofibrilles** qui sont de longs filaments du cytosquelette constitués à partir d'une succession de **sarcomères** qui représentent les unités de contraction du muscle et qui comportent deux types de filaments qui couissent les uns contre les autres : **les filaments fins d'actine** et **les filaments épais de myosine**.

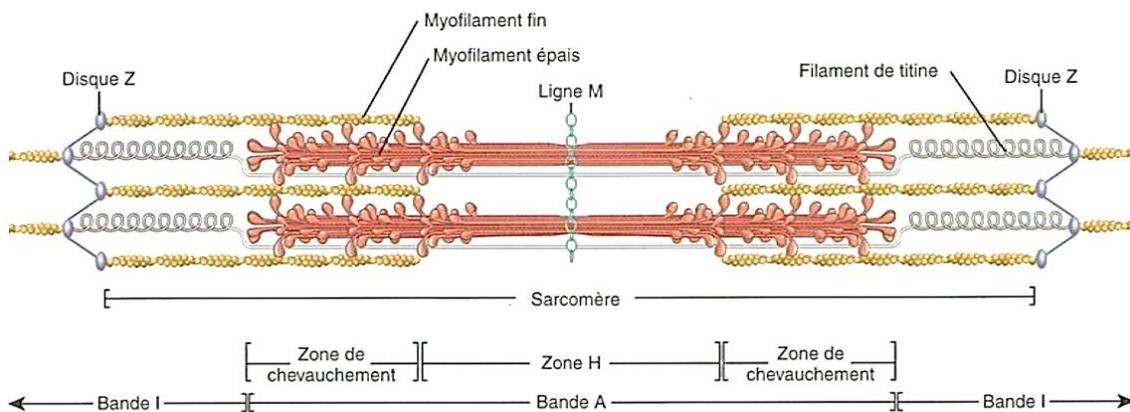
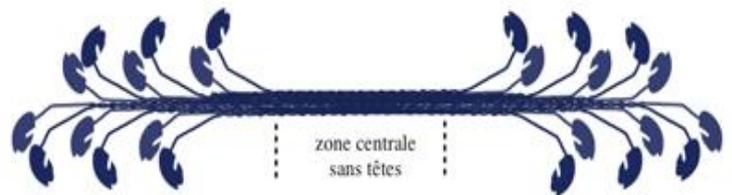
**Les filaments fins** « d'actine » ont un diamètre d'environ 7 nm et sont constitués de plusieurs types de molécules, l'actine, la tropomyosine et la troponine.



**Les filaments épais** ont un diamètre d'environ 15 nm et sont essentiellement constitués d'une espèce moléculaire, la myosine II. Il s'agit d'une molécule allongée de 2x240 kDa composée de deux chaînes lourdes (environ 200 kDa chacune) et de quatre chaînes légères (environ 20 kDa chacune). Chaque chaîne lourde est constituée d'une queue C-terminale allongée et fibrillaire en hélice alpha, d'une tête globulaire N-terminale enzymatique à activité ATPasique associée à deux chaînes légères, et d'un domaine cervical déformable reliant les deux extrémités. Tête globulaire et partie cervicale forment la méromyosine lourde, la partie fibrillaire caudale formant la méromyosine légère. Ces deux parties peuvent être coupées par l'action de la trypsine (protéase). Les queues allongées de deux chaînes lourdes de myosine s'enroulent l'une autour de l'autre en une superhélice, les deux têtes globulaires se trouvant côte à côte.



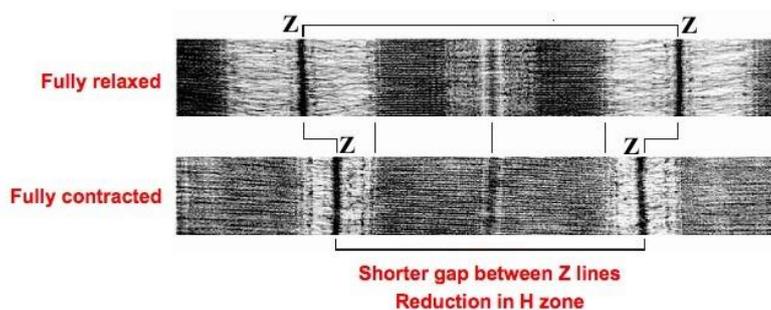
Plusieurs centaines de molécules de myosines II s'assemblent pour former un filament épais. Les parties caudales de ces molécules sont rassemblées parallèlement. Les têtes globulaires dépassent en périphérie de ce filament et sont donc disponibles pour pouvoir se fixer aux filaments d'actine. Les molécules de myosine étant disposées en deux groupes tête-bêche, la partie centrale du filament (correspondant à la strie M) est dénudée, c'est à dire dépourvue de tête globulaire.



L'événement déclenchant de la contraction musculaire est une augmentation de la concentration intracellulaire en **calcium**. Au repos, cette concentration est d'environ  $0,1 \mu\text{mol.L}^{-1}$ . Lors d'une stimulation, cette concentration peut grimper jusqu'à  $0,1 \text{mmol.L}^{-1}$  soit une augmentation d'un facteur 1000. Le couplage excitation - contraction correspond aux mécanismes permettant cette forte augmentation. Dans les muscles squelettiques, cette augmentation est majoritairement due à la libération massive d'ions calcium stockés dans le réticulum sarcoplasmique.

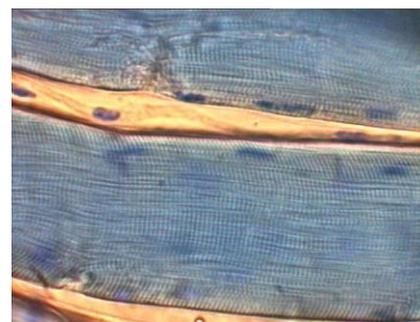
L'arrivée d'un **potentiel d'action** dans la terminaison nerveuse d'un neurone moteur déclenche la libération du neuromédiateur (de l'acétylcholine) dans la fente synaptique. Après diffusion dans l'espace intersynaptique, l'acétylcholine va se lier à son récepteur spécifique, le récepteur nicotinique de l'acétylcholine. Celui-ci est un récepteur canal cationique ouvert par la présence de son ligand. Son ouverture entraîne la dépolarisation locale de la membrane post-synaptique musculaire et la vague de dépolarisation pénètre au cœur de la cellule.

La contraction musculaire correspond à un **raccourcissement des sarcomères** dû au glissement relatif des filaments d'actine et de myosine : les deux disques Z délimitant un sarcomère se rapprochent l'un de l'autre. Ce phénomène se produisant simultanément pour tous les sarcomères de la cellule, il en résulte un raccourcissement global de la cellule musculaire selon l'axe longitudinal. Le glissement relatif des filaments fins d'actine et épais de myosine permet un rapprochement des stries Z, donc un raccourcissement global de la myofibrille.



#### Document 4 : préparation d'une lame de muscle dilacéré :

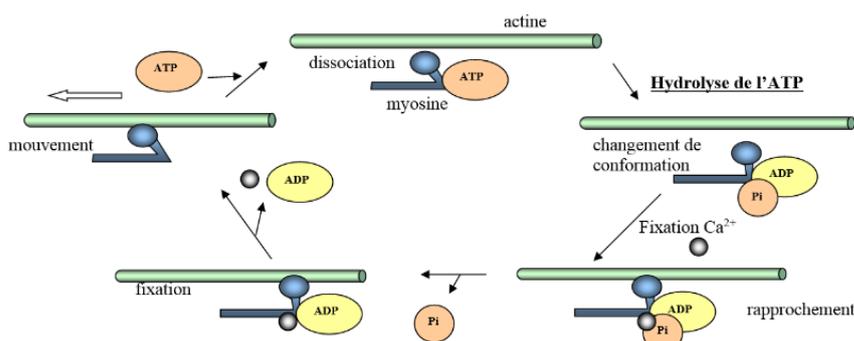
- Prélever un faisceau de fibres musculaires dans un muscle.
- Placer ce fragment sur une lame de verre et le dilacérer à l'aide d'une épingle, dans le sens de la longueur, pour séparer les fibres.
- Pour mieux séparer les fibres, mettre une deuxième lame et écraser en appuyant délicatement.
- Enlever la lame du dessus, ajouter du bleu de méthylène. Attendre quelques minutes avant de recouvrir d'une lamelle et observer au microscope.



#### Document 5 : le cycle de la liaison actine-myosine et l'utilisation d'ATP.

La succession des événements peut être découpée en quatre étapes :

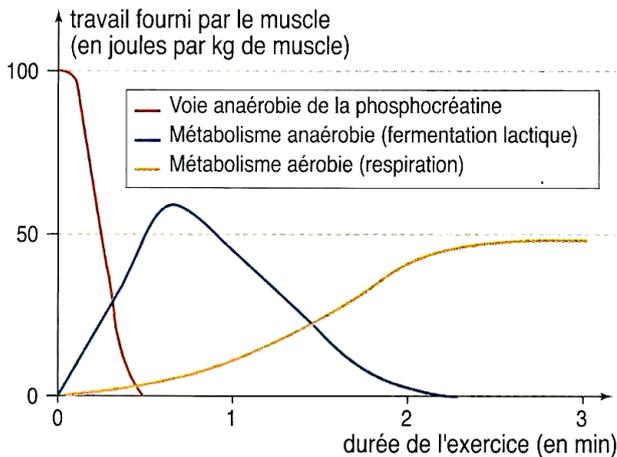
1. Au repos, la myosine est couplée à de l'ADP et du phosphate inorganique (Pi). Après démasquage des sites de liaison de la myosine portés par l'actine en présence de calcium, les têtes de myosine vont se lier à l'actine.
2. Le départ du phosphate inorganique, puis de l'ADP, va stabiliser la liaison actine-myosine et entraîner un changement de conformation de la myosine. L'angle que fait la tête de myosine avec la queue allongée va diminuer de 90° à 45°. Myosine et actine étant liées, ce changement de conformation va entraîner un mouvement relatif entre filaments fins et filaments épais. La configuration obtenue, stable en absence d'ATP, est appelée configuration *rigor* car elle est à l'origine de la rigidité cadavérique (*rigor mortis*).
3. La liaison d'une molécule d'ATP sur la tête de myosine entraîne la dissociation de la liaison actine-myosine.
4. Enfin l'**hydrolyse de cet ATP** en ADP + Pi entraîne un changement de conformation de la myosine : l'angle formé par la tête et la queue de myosine revient à sa valeur initiale. Au final, la tête de myosine s'est donc déplacée vers l'extrémité du filament d'actine située côté strie Z.



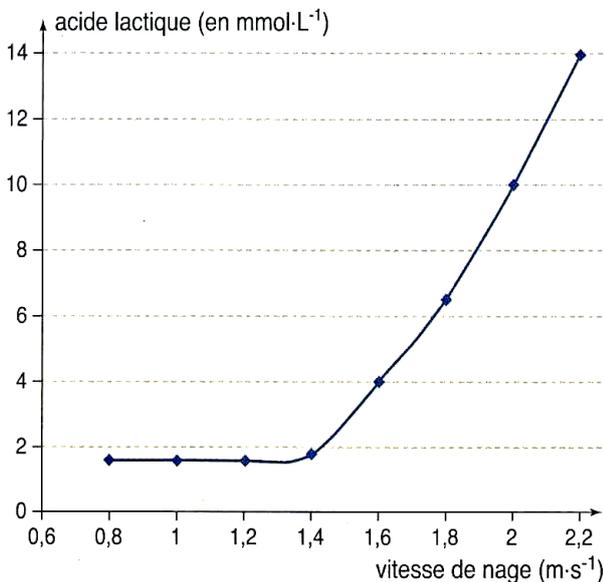
## Document 6 : la régénération de l'ATP dans les cellules musculaires.

• Pour reconstituer durablement le stock d'ATP nécessaire à la contraction, le muscle dispose principalement de deux voies métaboliques qui utilisent du glucose provenant de l'hydrolyse du **glycogène** : la fermentation lactique (qui produit de l'acide lactique) et la respiration.

Le graphique ci-dessous montre la succession dans le temps des différentes voies métaboliques utilisées par le muscle pour produire l'ATP nécessaire à la contraction au cours d'un exercice d'intensité moyenne.

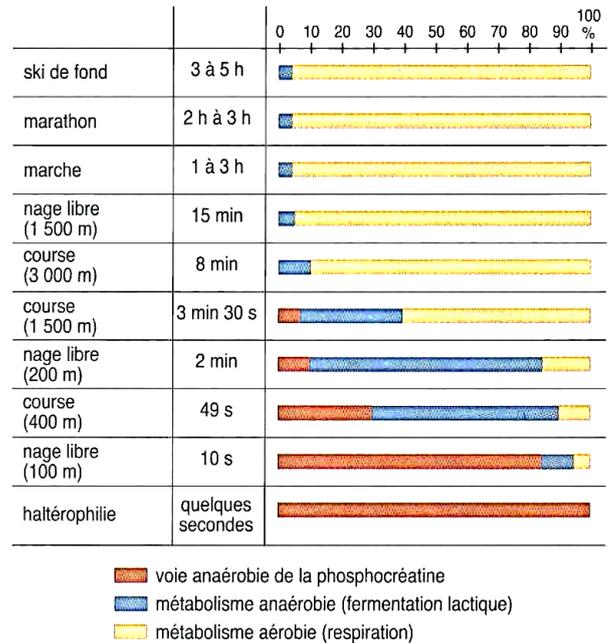


• Concentration en acide lactique dans le sang en fonction de la vitesse chez un nageur de haut niveau.

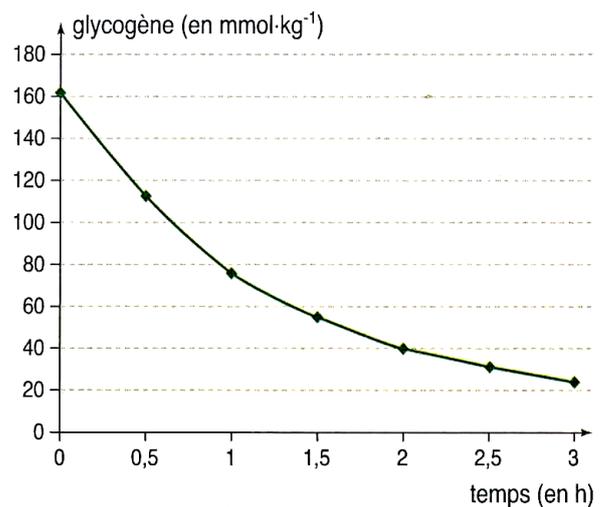


D'après «Physiologie du sport et de l'exercice». De Boeck.

• Chaque sport a ses exigences métaboliques : ce tableau présente la part des différentes modalités de génération de l'ATP au cours de différentes pratiques sportives.



• Le glycogène est la forme de réserve glucidique présente dans le muscle : ce graphique traduit la quantité de glycogène dans les muscles du mollet au cours d'une course de 3 heures à 70 % des capacités maximales.



D'après «Physiologie du sport et de l'exercice». De Boeck.

Il existe globalement deux types de fibres musculaires au sein des muscles squelettiques : des fibres à contraction lente mais qui permettent la réalisation d'un effort prolongé et qui nécessitent un apport important en énergie, ce sont les fibres de type I ; et des fibres à contraction rapide qui permettent des efforts violents mais brefs, qui utilisent principalement la fermentation mais qui ne pourront pas être sollicitées plus de quelques minutes, ce sont les fibres de type II. Les deux types de fibres peuvent utiliser la phosphocréatine pour le début de l'effort afin de démarrer immédiatement.