

SFM Brest 2018

Stratégies d'économie lors de la contraction musculaire

Malin comme un muscle

UMR Dynamique Musculaire et Métabolisme

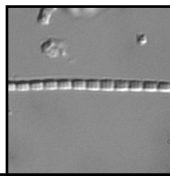
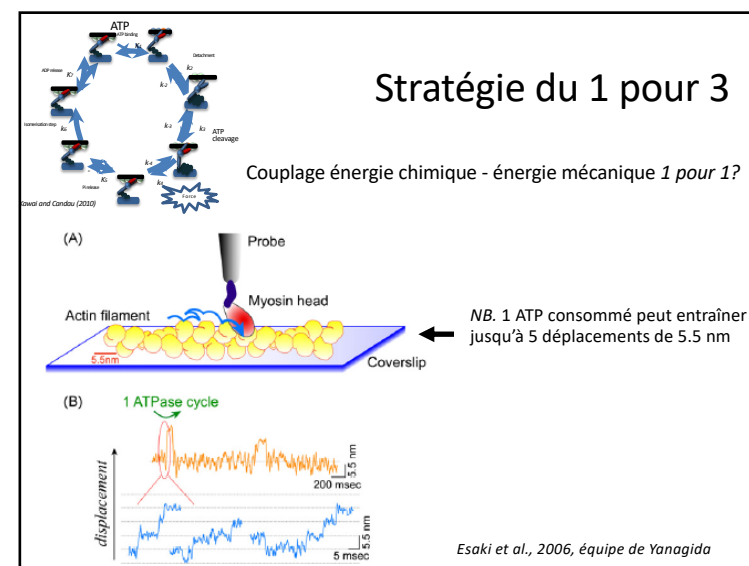
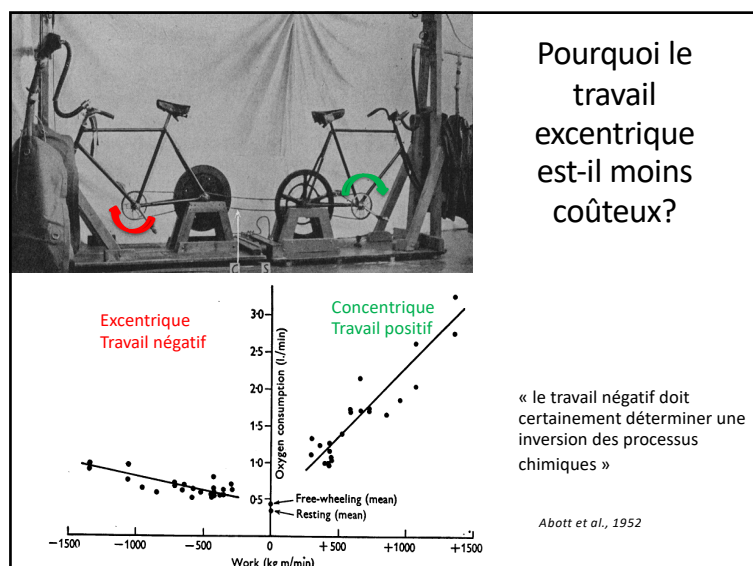
Robin.candau@umontpellier.fr

Diapo : <http://robin.candau.free.fr/>
(tout en bas de la page)

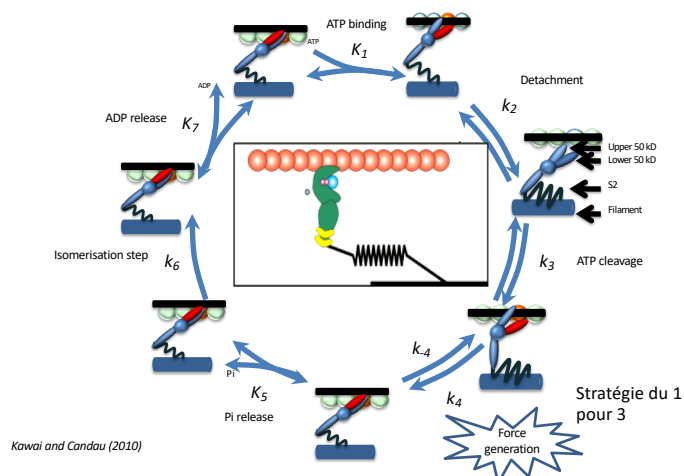
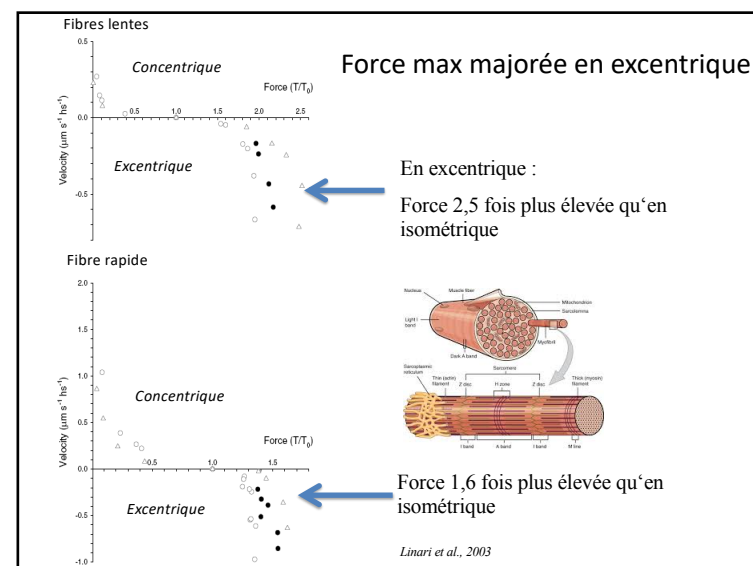
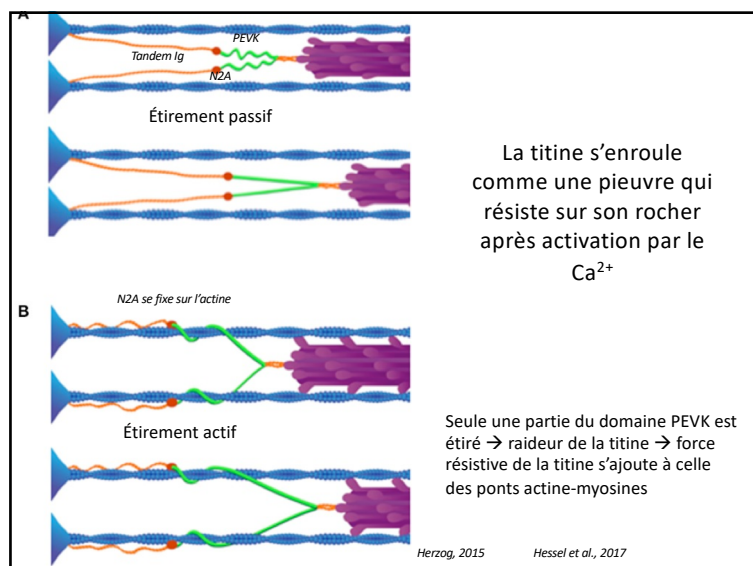
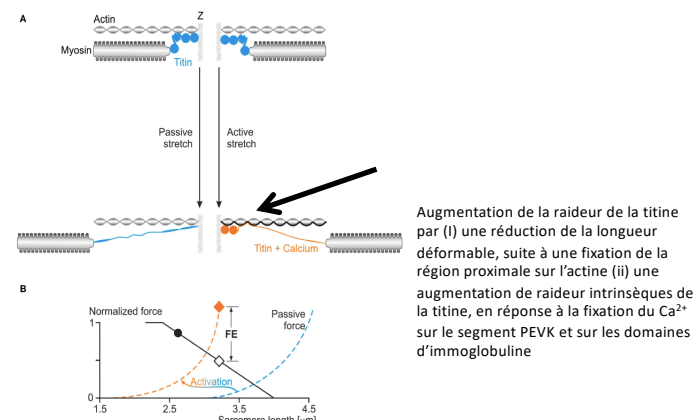
Léonard de Vinci, Plume et encre craie noires
28,6x207cm Bibliothèque Royale, Château de Windsor

Plan

- Modalités d'action musculaire
- Adaptation à l'entraînement
- Mécanismes d'activation
- Mécanismes de relaxation

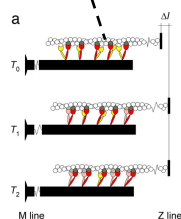
Cycle mécano chimique en (concentrique) et excentrique

2^{ème} mécanisme explicatif : une partie du travail est réalisé par la titine

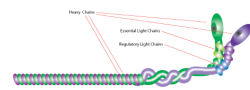
Stratégie de la deuxième tête

(ii) Pourquoi toutes les têtes ne sont-elles pas actives à force max isométrique?

77% des têtes sont détachées (en jaune)



(1) A quoi sert la deuxième tête ?



Brunello et al., 2007

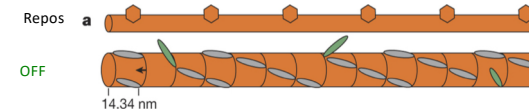
PNAS

Stratégie des têtes super relax

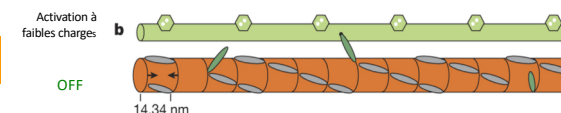
Linari et al., 2015 Nature

Diffraction au rayon x sur fibre pelée

Périodicité axiale des moteurs = 14.34

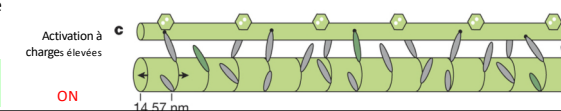


Périodicité conservée

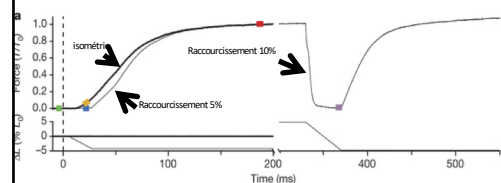


Mécano-sensibilité

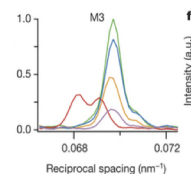
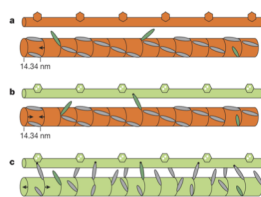
10% de force max est suffisant



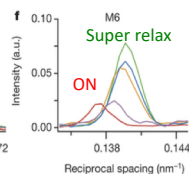
Mécano sensibilité



Linari et al., 2015 Nature



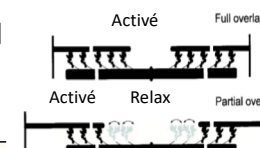
Constitutivement activé



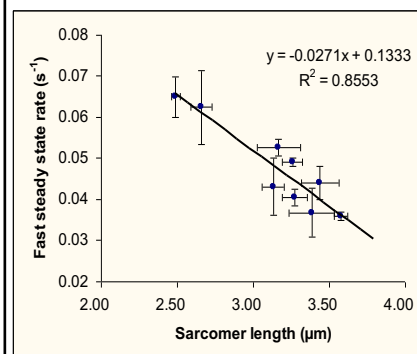
Axial repeat of the motors, has a periodicity of 14.34 nm in the OFF state and 14.57 in the ON state

Periodic mass distribution in the thick filament backbone, periodicity of 7.17 nm

Zone de chevauchement A-M

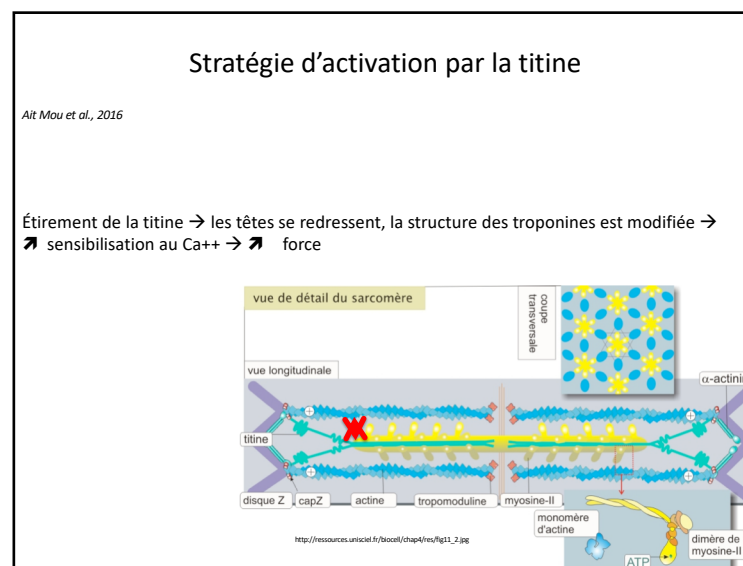
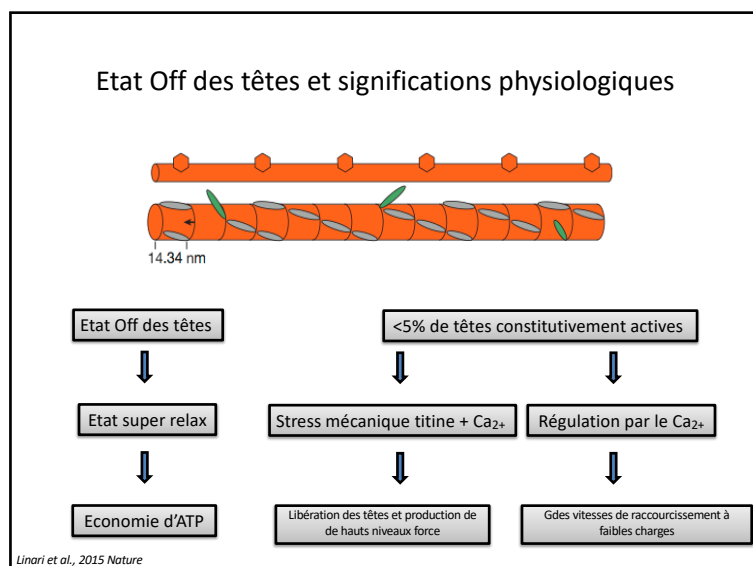
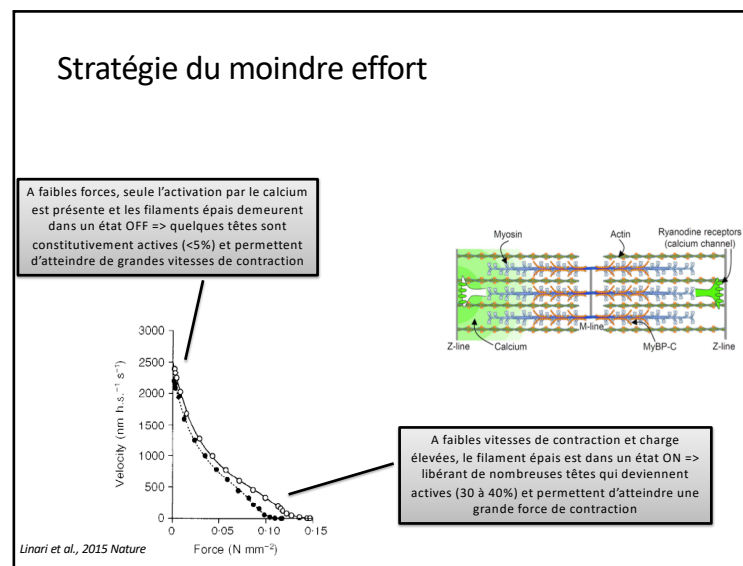
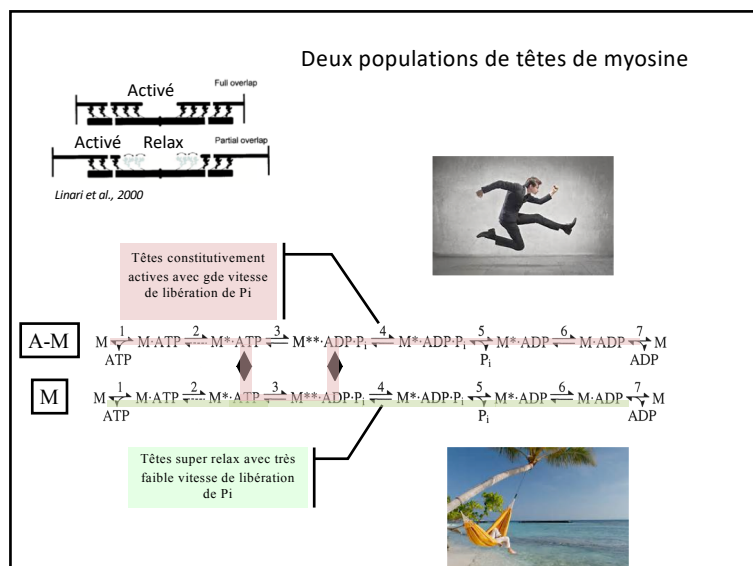


Linari et al., 2000



Les têtes de myosines qui ne voient pas l'actine en début de contraction restent en état super relax

L'activité ATPasique diminue linéairement avec la réduction de la zone de chevauchement A-M





Doisneau

Synthèse

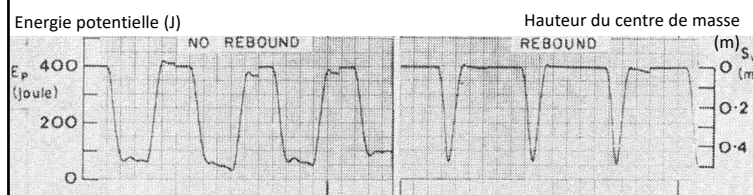
- En excentrique la force, la raideur active et passive et la puissances sont augmentées grâce au recrutement de nouvelles têtes de myosine et à l'activation de la titine par le Ca^{2+}
- Le travail excentrique est 3 à 6 fois moins coûteux car les changements conformations des têtes de myosine ainsi que la libération de phosphate sont réversibles et car la titine effectue une partie du travail négatif



Les muscles travaillent plus efficacement lorsqu'ils sont étirés

- Plus de ponts actine-myosine formés
- Mécanismes de récupération d'énergie entre phase négative et positive

Stratégie de l'élastique



Thys et al., 1972

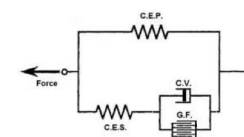


Consommation en O_2 22% plus faible

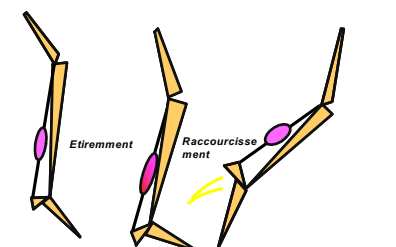


L'étirement préalable du muscle augmente ses performances avec un rendement $\approx 50\%$

Mécanisme présent dans quasiment tous les mouvements naturels



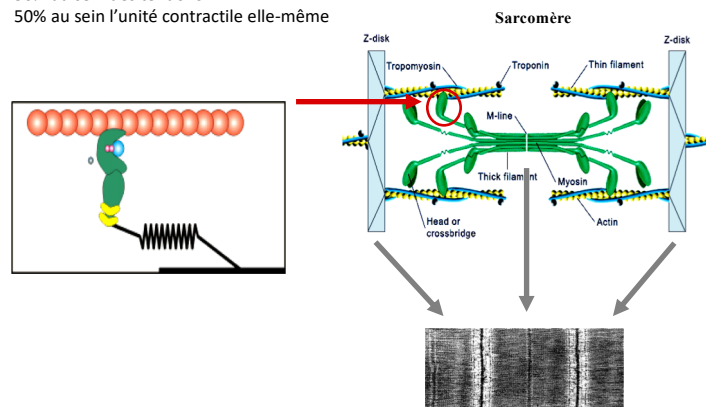
Adapté du modèle de Hill., 1938



Adapté de Komi et al., 1984

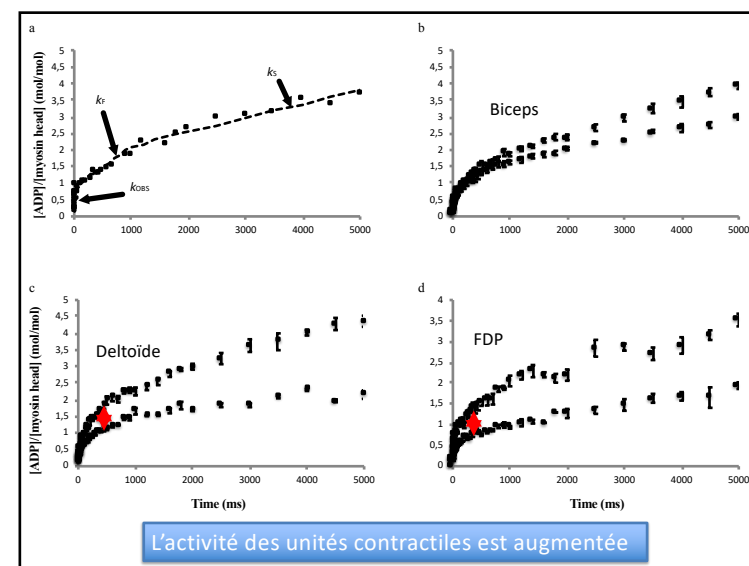
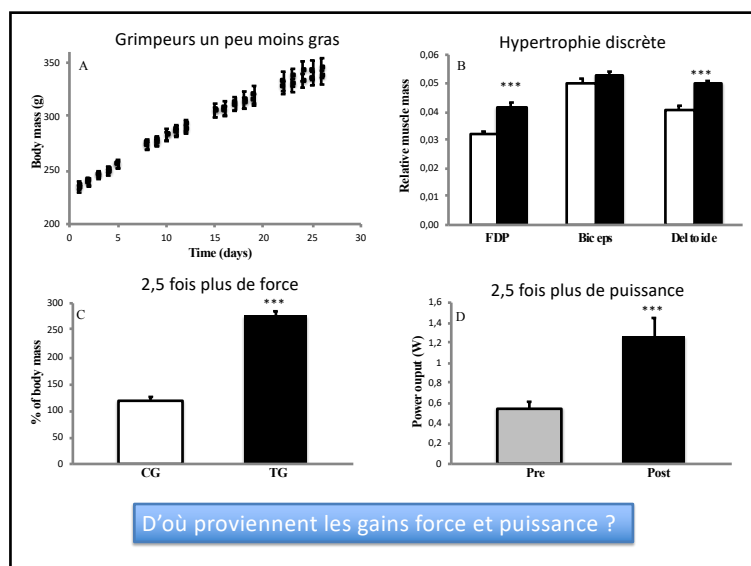
Composantes élastiques séries

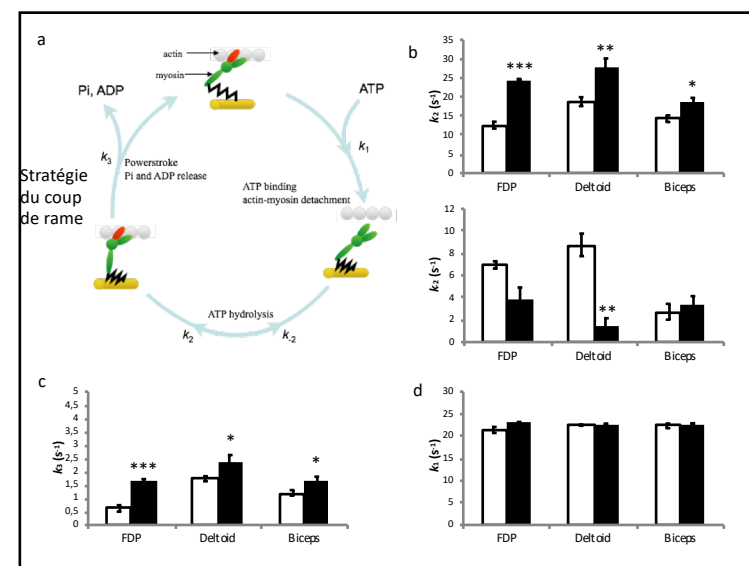
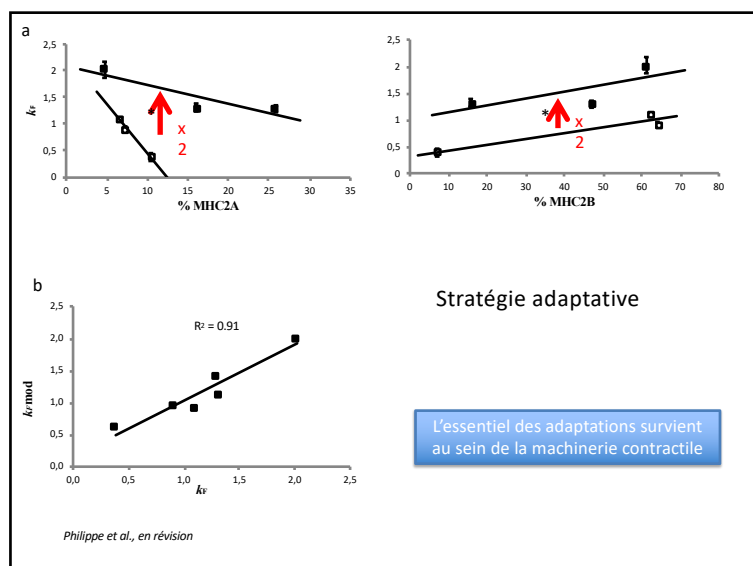
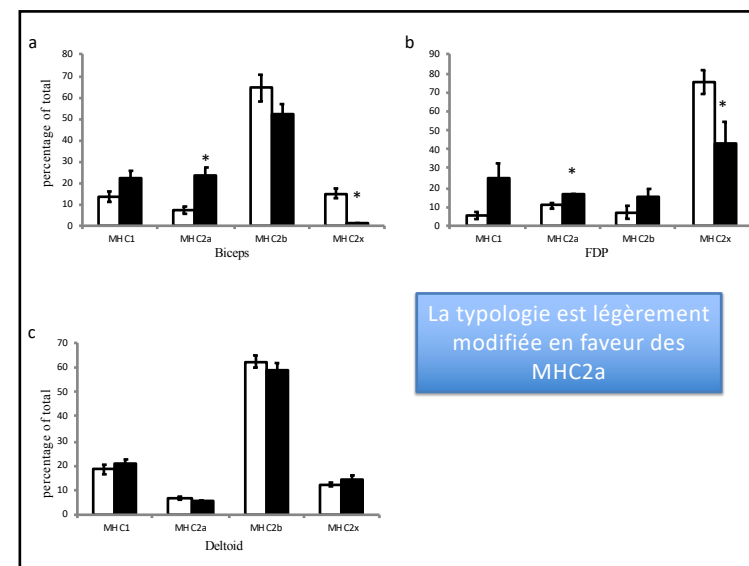
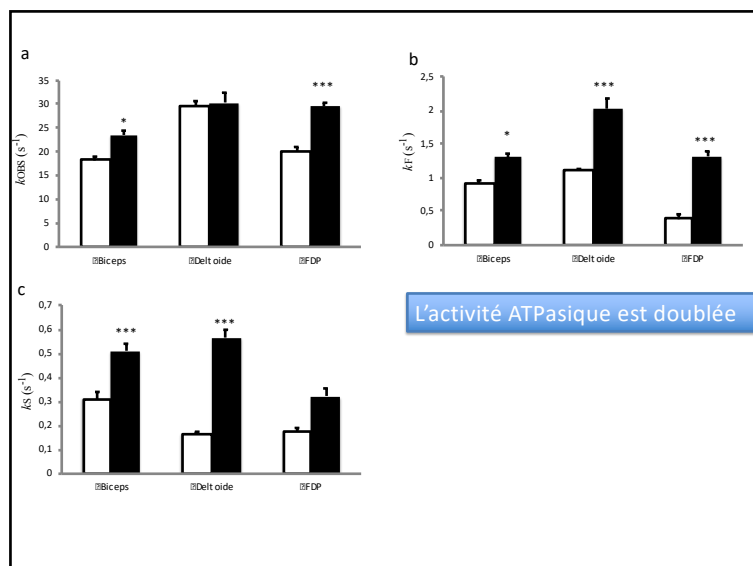
50% au sein des tendons
50% au sein l'unité contractile elle-même



Plan

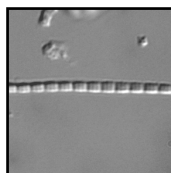
- Modalités d'action musculaire
- Adaptation à l'entraînement
- Mécanismes d'activation
- Mécanismes de relaxation





Plan

- Modalités d'action musculaire
- Adaptation à l'entraînement
- Mécanismes d'activation
- Mécanismes de relaxation



Stratégie d'activation

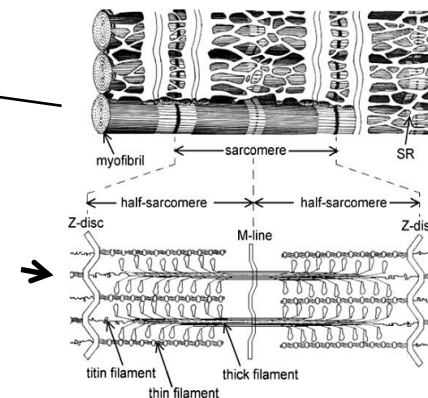


1µm de diamètre



Diffusion très rapide (1µs)
du calcium vers la
machinerie contractile
mais processus coûteux
pour le re pompage (25%
de la dépense d'énergie)

e.g. Stehle et al., 2009



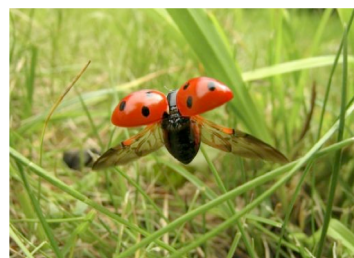
Les muscles de coccinelle : 1 signal calcique pour 10 oscillations

↓

Réticulum sarcoplasmique très petit et muscles très légers

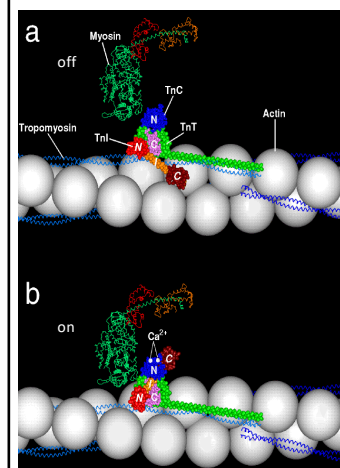
↓

Les muscles de coccinelle sont capables de développer des puissances de 200W/kg!

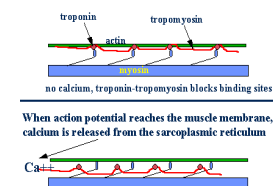


(1) Activation par le Ca^{2+}

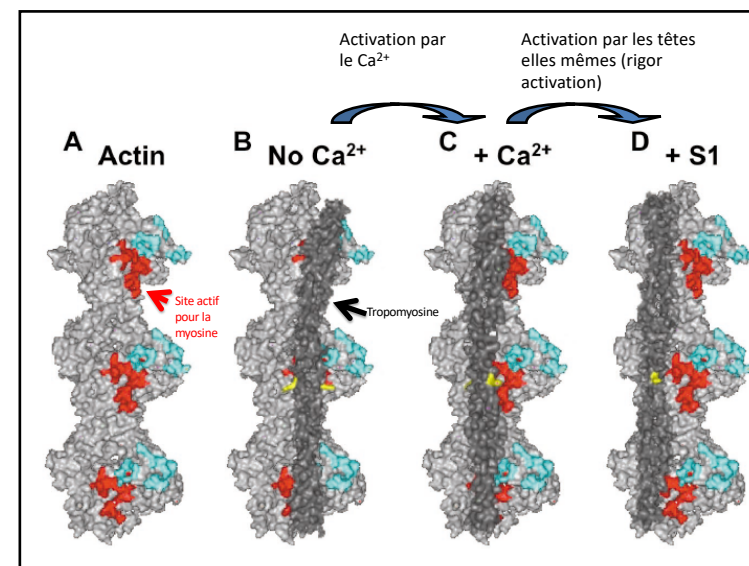
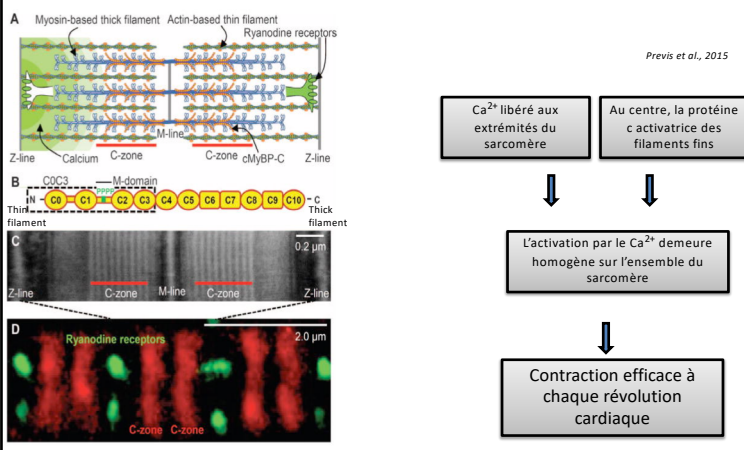
- Quand la troponine C est saturée en Ca^{2+} , l'interférence de la tropomyosine est levée
- La myosine peut alors s'attacher



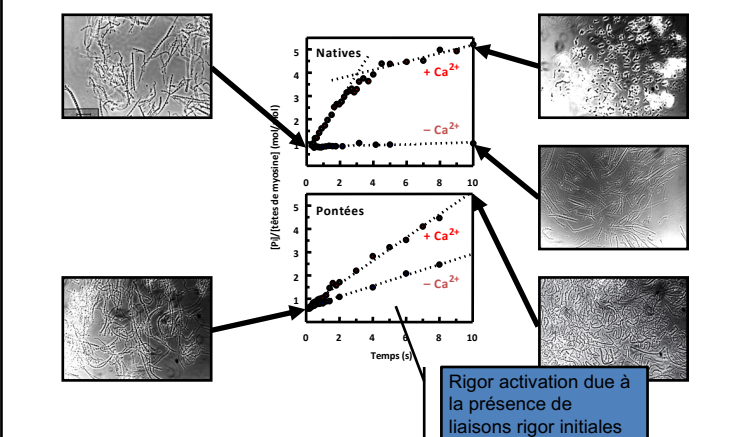
•M. Gagné, et al. *Nat. Struct. Biol.* 2: 784-789 (1995).



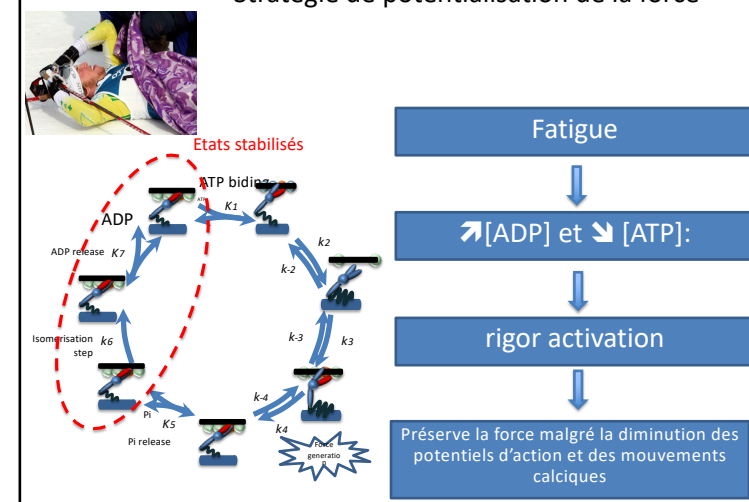
La stratégie de la Protéine C



Stratégie du mort

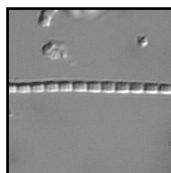


Stratégie de potentialisation de la force

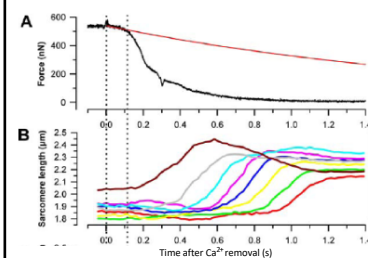


Plan

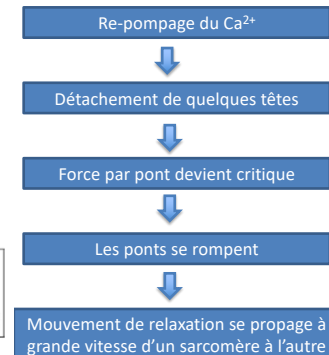
- Modalités d'action musculaire
- Adaptation à l'entraînement
- Mécanismes d'activation
- Mécanismes de relaxation



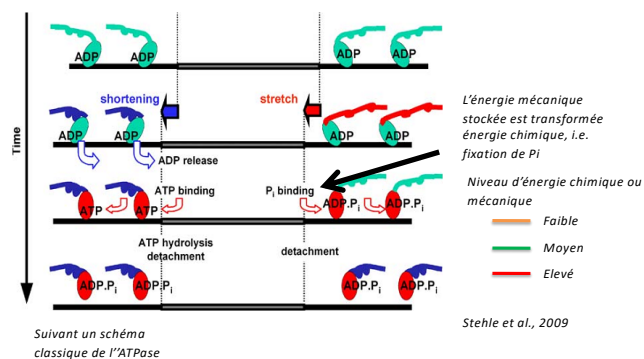
Stratégie de la fermeture éclair



Poggesi et al., 2005



Stratégie de transfert de



Durant la phase de relaxation rapide, les vitesses de détachement sont les mêmes pour les 1/2 sarcomères étirés et ceux qui se raccourcissent mais le schéma réactionnel est différent.

Conclusion

Nul besoin de gros muscles pour développer une puissance importante.

Le muscle déploie des trésors d'ingéniosité pour épargner son énergie en :

- Ajustant le nombre de tête de myosine en fonction de charge et de la vitesse
- Modulant la vitesse des étapes du cycle mécano – chimique
- Réduisant le travail coûteux des pompes ioniques.



SFM Brest 2018

Stratégies d'économie lors de la contraction musculaire

Malin comme un muscle

UMR Dynamique Musculaire et Métabolisme

Robin.candau@umontpellier.fr

Diapo : <http://robin.candau.free.fr/>
(tout en bas de la page)

Léonard de Vinci, Plume et encre craie noires
28,6x207cm Bibliothèque Royale, Château de Windsor

