Université Polytechnique HAUTS-DE-FRANCE

Comprendre la Force musculaire

Jean-Marc Touzé (octobre 2024)

SOMMAIRE

Université Polytechnique HAUTS-DE-FRANCE

1. Définition.
2. Filières énergétiques.
3. Éclairages anatomiques (fonctionnelle) et physiologiques.
4. Mécanismes et fonctionnement de la force.
5. Différents types de contraction musculaire.
6. Différents types de force.
7. Différentes formes d'expression de la force

Université Polytechnique HAUTS-DE-FRANCE

« Faculté de vaincre une résistance extérieure ou de s'y opposer grâce à la contraction musculaire »

(1966, reprise par Michel PRADET dans « Énergie et conduites motrices », INSEP 1989)

IWF
INTERNATIONAL WEIGHTLIFTING FEDERATION
OLYMPIC CHANNEL
LIVE
GRAND SPORT
ELEIKO
ELEIKO
ELEIKO

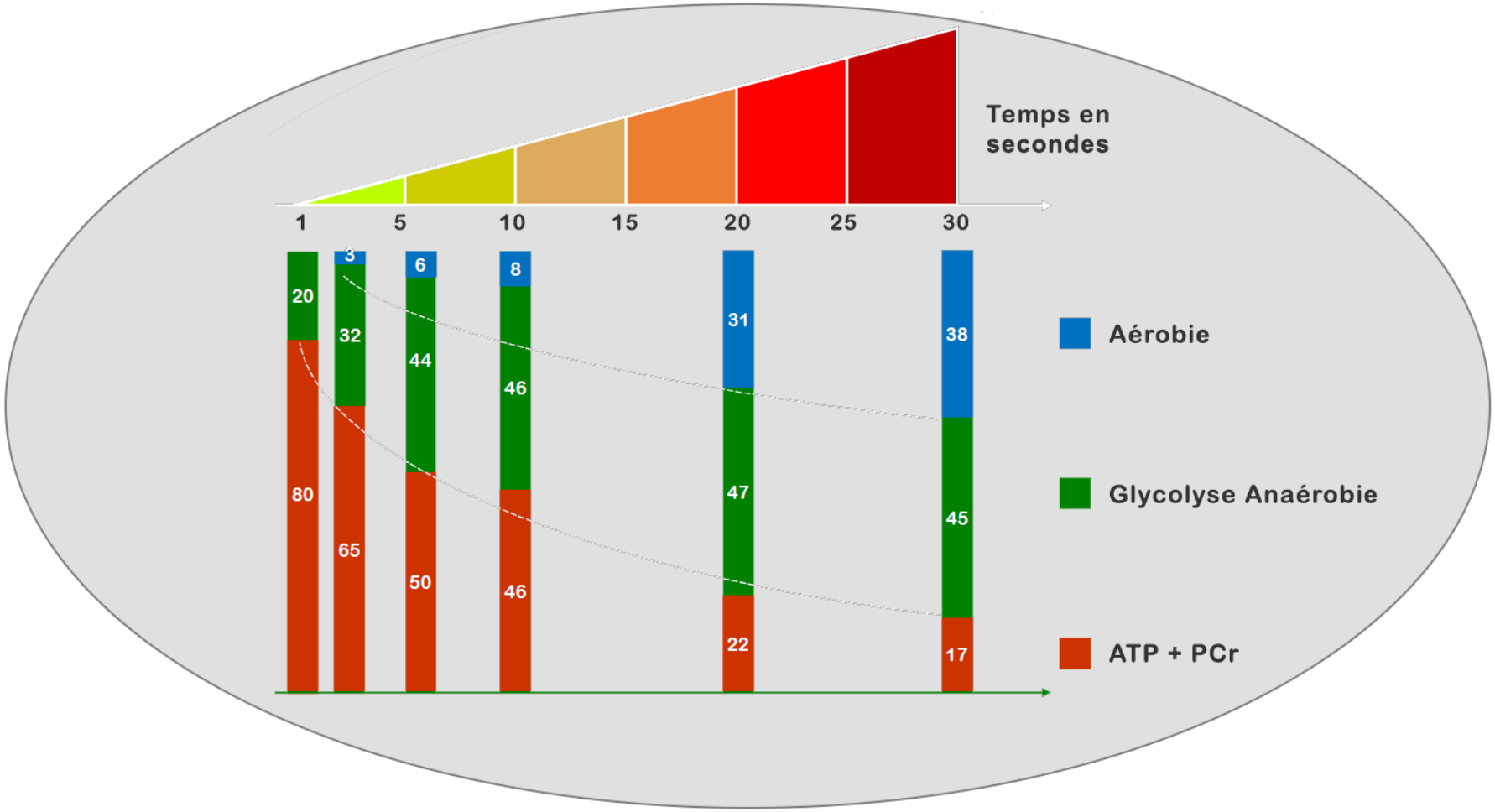
Il est admis que les processus énergétiques mis en jeu lors de l'effort physique ne s'enclenchent pas successivement au cours du temps, mais bien simultanément dés les premières secondes d'effort. Leur implication sera par contre différenciée dans le temps.

Ainsi, dés la première seconde d'effort intense (1" à 3"), la filière anaérobie alactique est très majoritairement responsable de l'apport énergétique, mais lorsque l'intensité perdure, les deux filières anaérobies s'équilibrent autours de 10 secondes, le lactique prenant le lead autour de 20 secondes (voir schéma suivant).

Il est bien entendu que les efforts concernés sont à intensité maximale continue, toute modification de ce paramètre aurait des conséquences notables sur les caractéristiques de l'apport énergétique.

2. FILIÈRES ÉNERGÉTIQUES

Implication des processus énergétiques dans le temps



Bobbis et al 1982 ; Hultman et Sjoholm 1983 ; Cheetham 1986 ; Medbo et Tabata 1989 ; Whiters et al 1991 ; Gaitanos et all 1993 ; Bogdanis et al 1995 ; Gastin 2001 ; Spencer et al 2005 ; Cazorla 2006

2. FILIÈRES ÉNERGÉTIQUES

↳ Sources d'énergie

Adénosine Triphosphate (ATP) : Nucléotide chargé en énergie, capable de libérer cette énergie immédiatement selon les besoins du muscle. Toutes les fibres musculaires contiennent une petite réserve d'ATP qui va permettre au muscle de se contracter très rapidement, notamment en cas d'effort rapide..

Phosphocréatine : Molécule de créatine (dérivé d'acide aminé) phosphorylée riche en énergie. Elle est utilisée dans les muscles pour **régénérer l'ATP lors des 2 à 5 secondes** qui suivent un effort intense. Sa concentration est d'environ 20 $mmol \cdot kg^{-1}$ de muscles.

Glycogène : Substance glucidique stockée dans le foie et les muscles, formant une **réserve importante de glucose** pour l'organisme. Différentes étapes chimiques permettent de dégrader le glycogène : Glycolyse ⇨ Cycle de Krebs ⇨ Chaîne respiratoire cellulaire (au sein des mitochondries).

Lactate : Métabolite du glucose produit par les tissus de l'organisme lorsque l'apport en oxygène est insuffisant, le lactate, est trop souvent mal compris. En réalité, c'est un carburant important pour les muscles, notamment lors d'efforts prolongés. Plutôt que de contribuer directement à la fatigue musculaire, il agit comme **une source d'énergie alternative**, notamment pour les muscles.

3. ÉCLAIRAGES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

↳ Blocs musculaires

3 Blocs

Bloc supérieur

Comprend les muscles qui activent les membres supérieurs.

Bloc médiant

Comprend les muscles qui activent le tronc.

Bloc inférieur

Comprend les muscles qui activent les membres inférieurs.

2 Ceintures

La ceinture scapulaire

Constituée des os reliant les épaules au tronc, elle comprend l'omoplate (scapula) et la clavicule. Cet ensemble osseux sert d'attache au membre supérieur.

La ceinture pelvienne

Elle correspond à l'ensemble osseux qui relie la colonne vertébrale aux membres inférieurs.

3. ÉCLAIRAGES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

↳ Propriétés du muscles striés squelettique

L'Excitabilité : C'est la faculté que possède un muscle de réagir à la stimulation d'un phénomène d'origine électrique, lui même issu d'une réaction chimique impliquant des neurotransmetteurs.

La Contractibilité : C'est la faculté du tissu musculaire de pouvoir se raccourcir de façon à mobiliser les éléments osseux auxquels ils sont rattachés. La contraction entraîne le raccourcissement, l'épaississement et le durcissement du muscle.

L'élasticité : C'est la faculté du tissu musculaire qui lui permet de reprendre sa forme initiale lorsque s'arrête la contraction. L'élasticité joue un rôle d'amortisseur lors de variations brutales de la contraction.

L'extensibilité : C'est la faculté d'étirement. Lorsque les fibres sont relâchées, on peut les étirer au-delà de la longueur de repos.

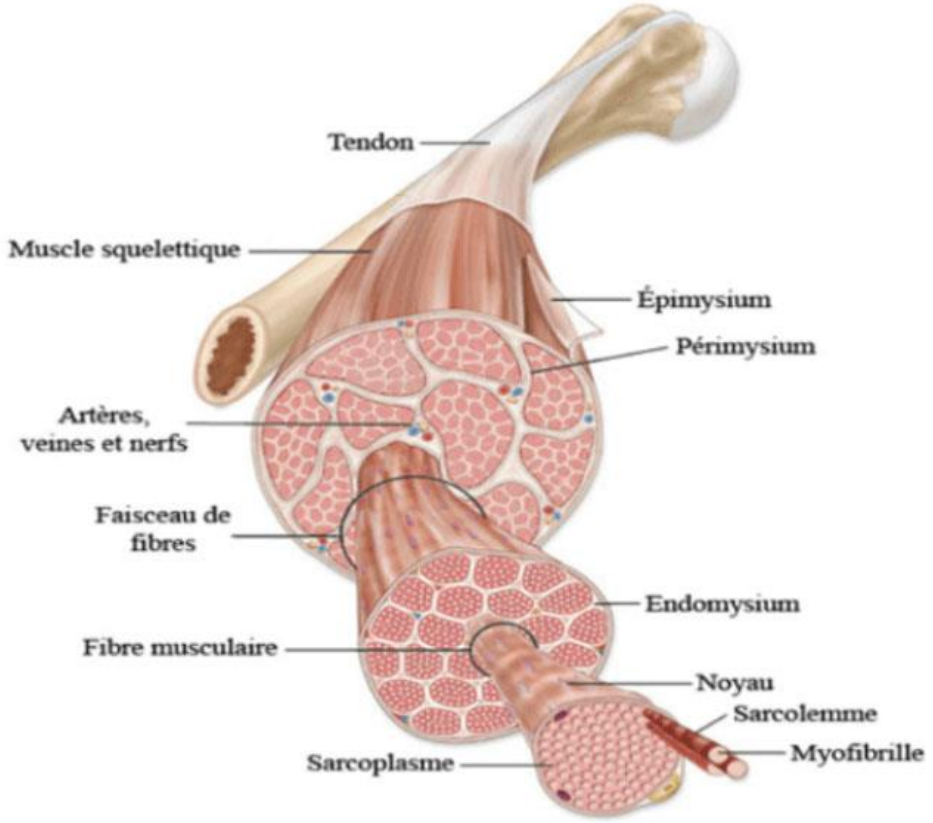
La plasticité : C'est la faculté qu'a le muscle de modifier sa structure selon le travail qu'il effectue. Selon le type d'entraînement (ou d'utilisation), le muscle s'adapte au type d'effort.

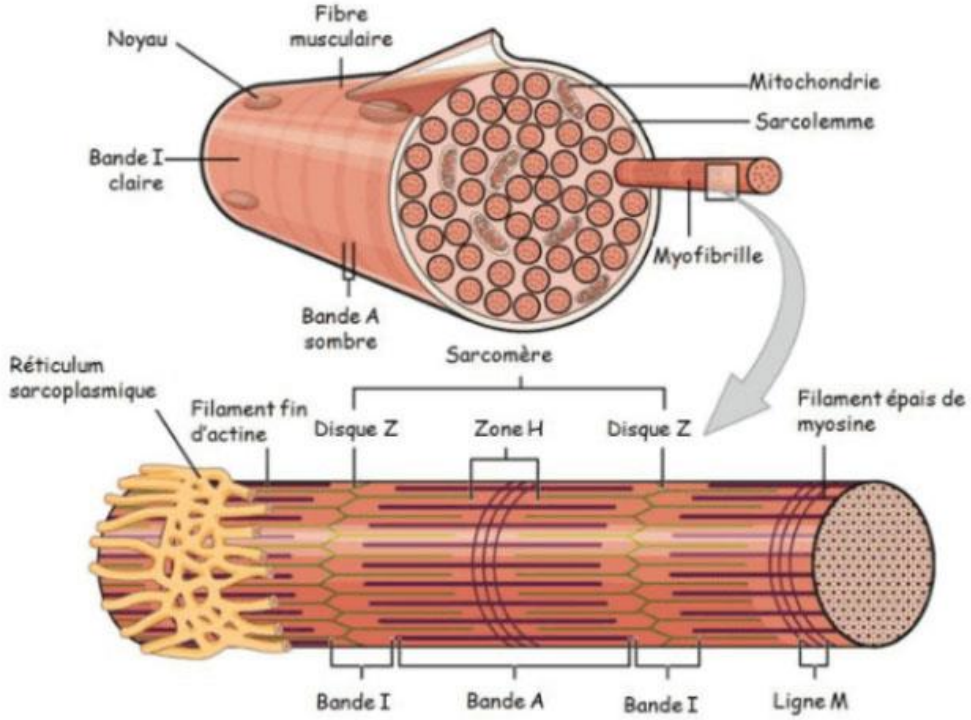
3. ÉCLAIRAGES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

↳ Structure du muscle strié squelettique

Le muscle squelettique, relié à l'os par le tendon, est constitué de plusieurs faisceaux musculaires. Entre ces faisceaux, on trouve les artères, les veines et les nerfs afin d'assurer l'apport d'oxygène ainsi que les commandes nerveuses.

Chaque faisceau musculaire est lui-même constitué de 10 à 100 fibres musculaires. Chaque fibre musculaire est elle-même constituée de myofibrilles contenant les myofilaments d'actine et de myosine.



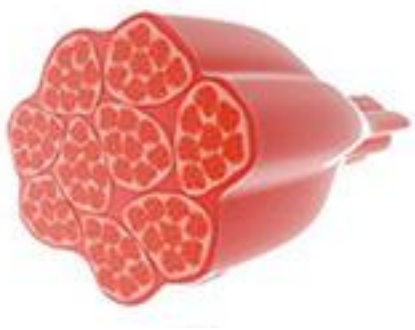


3. ÉCLAIRAGES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

↳ Types de fibre musculaire

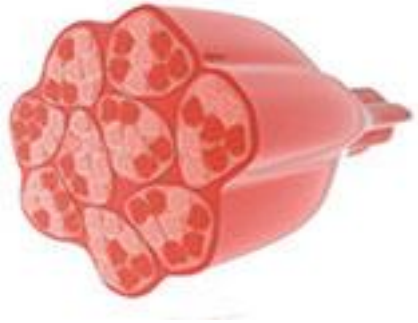
On distingue 3 types de fibre, présents dans tous les muscles mais dans des proportions différentes :

Fibres lentes ou fibres de **type I**



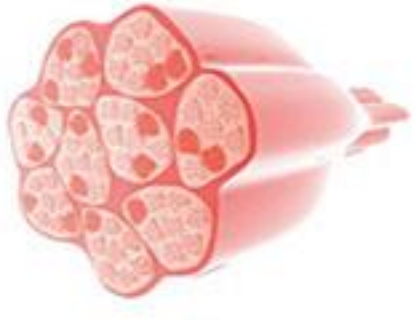
Mode aérobie / Activité métabolique oxydative

Fibres rapides de **type II A**



Mode anaérobie / Activité métabolique oxy-glycolytique

Fibres rapides de **type II B**



Mode anaérobie / Activité métabolique glycolytique

3. ÉCLAIRAGES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

↳ Types de fibre musculaire

Pour les efforts peu intenses, seules les fibres de type I sont recrutées. Les fibres de type IIB ne sont recrutées que pour les efforts très intenses à partir de 70% 1RM, spécifiquement à partir de 80% de 1 RM et leur recrutement augmente au-delà de ce pourcentage.

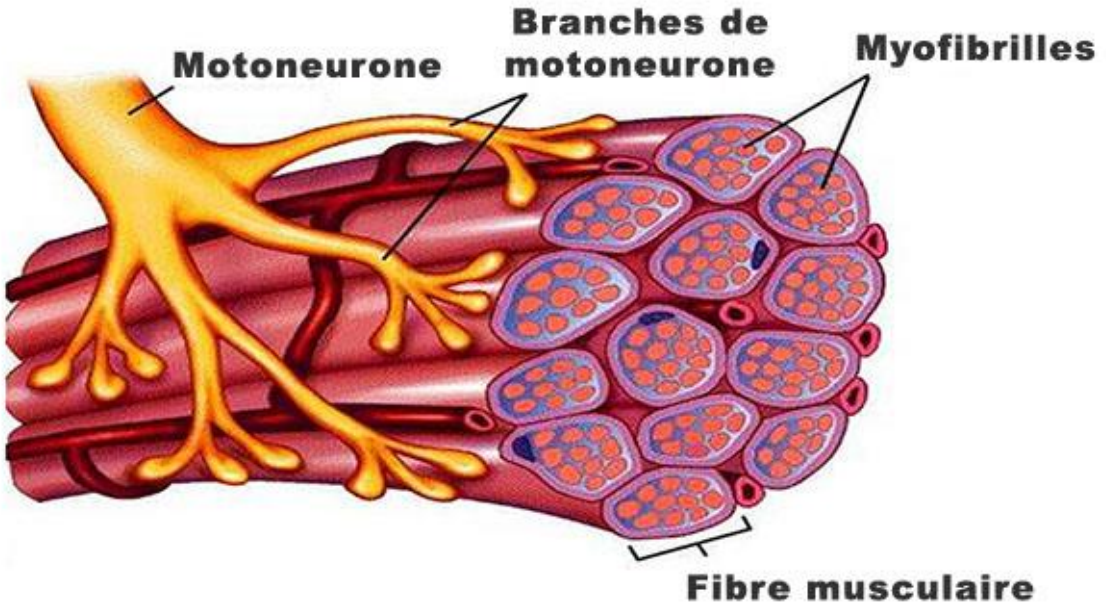
Caractéristiques	TYPE 1	TYPE 2A	TYPE 2B
Vitesse de contraction	Lente 100 millisecondes	Rapide 50 millisecondes	Rapide 25 millisecondes
Résistance à la fatigue	Élevée	Modérée	Faible
Capacité aérobie	Élevée	Modérée	Faible
Capacité anaérobie	Faible	Modérée	Élevée
Capillaires	Nombreux	Nombreux	Peu nombreux
Teneur en myoglobine	Elevée	Elevée	Faible
Couleur de fibre	Rouge	Blanc	Blanc
Teneur en glycogène	Faible	Modérée	Élevée
Diamètre des fibres	Petit	Grand	Grand

Les fibres peuvent se transformer en fonction du type d'activité qui leur est demandé (ou d'inactivité). Il est plus facile de transformer des fibres lentes en fibres rapides que l'inverse.

3. ÉCLAIRAGES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

↳ Unités motrices

Chaque fibre musculaire striée squelettique possède une innervation unique par l'intermédiaire d'un motoneurone. Quand cet axone moteur arrive à proximité d'un muscle, il se divise en de nombreuses branches. Chacune de ces branches forme une jonction unique avec une fibre musculaire. L'ensemble des fibres innervées et du motoneurone constitue l'unité motrice.



Les propriétés du muscle strié squelettique induisent que la capacité d'un sujet à développer une force dépend de 3 facteurs (Gilles COMETTI - 1988) :

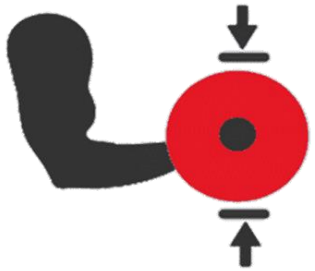
- **Les éléments structuraux** concernent les différents éléments qui composent le muscle. Les contenus d'entraînement pourront influer sur la taille et la typologie des fibres, mais aussi sur le nombre et l'amplitude d'étirement des sarcomères.

- **Les éléments nerveux** concernent l'utilisation des unités motrices qui innervent le muscle. Les contenus d'entraînement pourront influer sur l'ampleur du recrutement du nombre de fibres musculaires, la synchronisation de ces recrutements et la coordination des muscles impliqués dans le mouvement du segment (muscles agonistes et antagonistes).

- **L'élasticité** permet l'étirement qui améliore la contraction qu'il engendre. Les contenus d'entraînement pourront influer sur cette capacité élastique en optimisant les niveaux de restitution de force (Pliométrie).

5. DIFFÉRENTS TYPES DE CONTRACTION MUSCULAIRE

Isométrique (Statique).



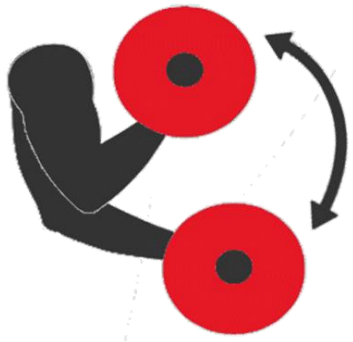
Concentrique / **Excentrique** (Dynamique).

Force Excentrique > Force Isométrique > Force Concentrique

Auxotonique (Dynamique, enchaînement de différentes modalités de contraction à des vitesses, voire des angles différents).

5. DIFFÉRENTS TYPES DE CONTRACTION MUSCULAIRE

Pliométrique (forme combinée ou mixte).



Isocinétique (assistés Électrostimulation / Vibration / instabilité).

6. DIFFÉRENTS TYPES DE FORCE

Force Maximale : Effort maximal de courte durée (impact nerveux et structural)

Force Explosive : Effort maximal (impact nerveux, forme de puissance)

Force Vitesse : Enchaînements de mouvements à vitesse élevée (coordination).

Force Endurance : Efforts répétés de haute intensité (hypertrophie musculaire).

7. DIFFÉRENTES FORMES D'EXPRESSION DE LA FORCE

Création du mouvement (Vitesse = 0)

Accélération du mouvement (Vitesse +)

Changement de direction (V- V+)

Rebond (V- V+ très court)

Freinage (V-)

7. DIFFÉRENTES FORMES D'EXPRESSION DE LA FORCE

↳ Création du mouvement

7. DIFFÉRENTES FORMES D'EXPRESSION DE LA FORCE

↳ Accélération du mouvement

7. DIFFÉRENTES FORMES D'EXPRESSION DE LA FORCE

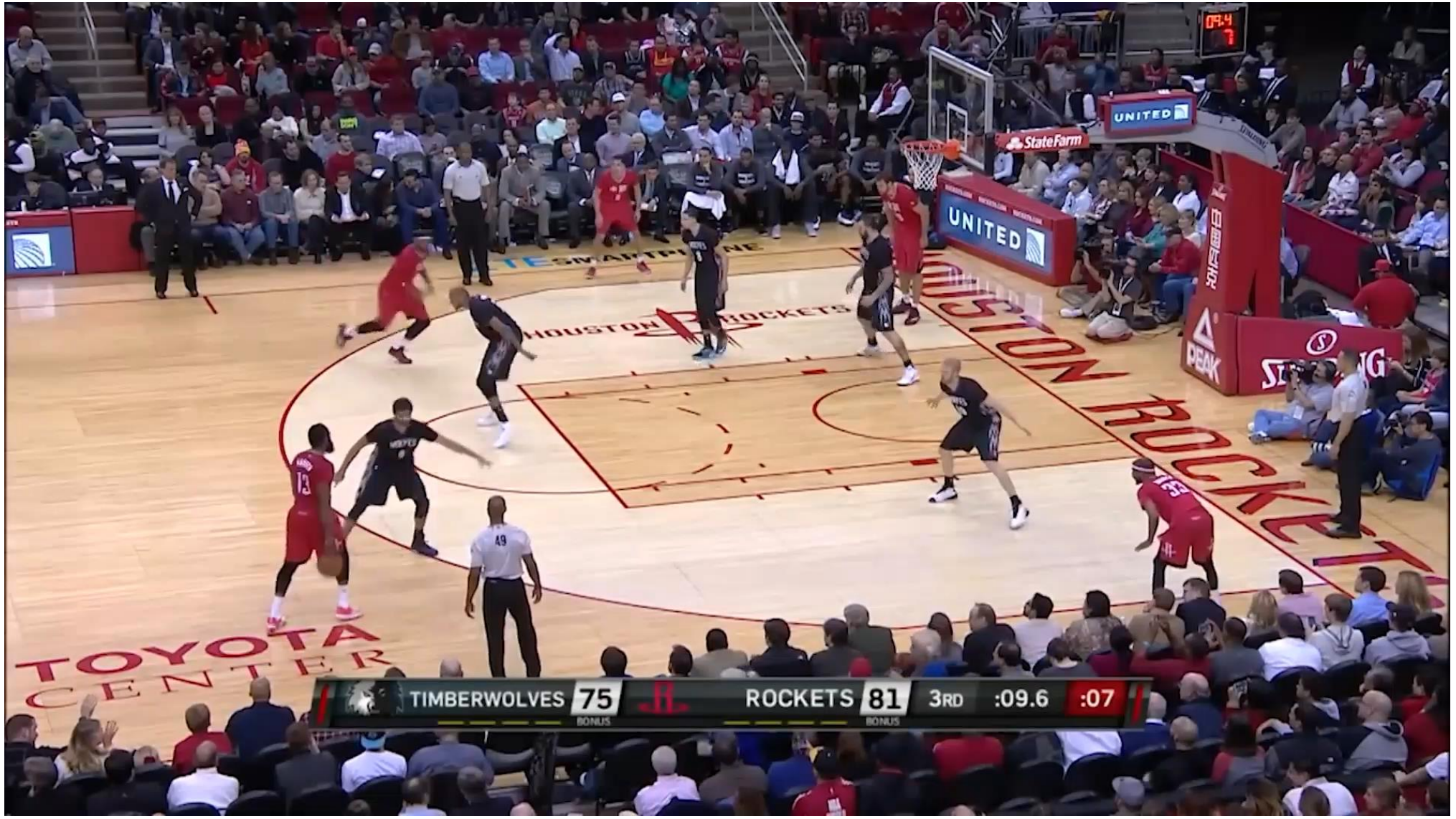
↳ Changement de direction

7. DIFFÉRENTES FORMES D'EXPRESSION DE LA FORCE

↳ Rebond

7. DIFFÉRENTES FORMES D'EXPRESSION DE LA FORCE

↳ Freinage



Université Polytechnique
HAUTS-DE-FRANCE

FIN