

## LA SOUPLESSE

La souplesse fait partie des qualités physiques. Donc, au même titre que la force, la rapidité ou la vitesse, on devrait systématiquement l'améliorer ou l'entretenir chez toute personne pratiquant une activité physique. L'objectif principal que l'on vise lorsque l'on veut développer la souplesse de quelqu'un est l'**augmentation de l'amplitude ou de la mobilité articulaire** des mouvements ou tout simplement une certaine aisance dans leur exécution.

Les techniques utilisées sur le terrain sont nombreuses. Leur diversité est certes une bonne chose, mais elle entraîne quelquefois une certaine confusion chez les entraîneurs et surtout des erreurs dans leur mise en pratique sur le terrain. Il semble donc intéressant d'expliquer les **fondements physiologiques** sous-jacents à l'application des techniques visant à améliorer la souplesse. Pour cela, il faut faire appel à quelques notions d'anatomie, de biomécanique des tissus et de neurophysiologie. Partant de là, il sera possible d'en comprendre les effets et d'en tirer les grands principes à respecter pour être efficace dans notre action.

### Comment caractériser la souplesse ? Et comment la solliciter ?

---

#### Comment caractériser la souplesse ?

Il existe deux types de souplesse : la souplesse **générale** et la souplesse **spécifique**.

La première mobilise les systèmes musculaires et articulaires pour faire en sorte d'apporter une certaine aisance gestuelle, sans pour autant atteindre les niveaux extrêmes en amplitude, c'est-à-dire ceux que l'on rencontre très rarement dans la population sédentaire.

Ces niveaux extrêmes seront au contraire l'objectif principal de la seconde. Ils sont spécifiques à chaque discipline sportive car, pour certaines d'entre elles, les amplitudes articulaires peuvent être un déterminant important de la performance, comme c'est le cas par exemple dans les activités gymniques.

#### Comment la solliciter ?

Que l'on se place du point de vue générale ou spécifique, la souplesse peut être sollicitée de plusieurs façons. La seule différence sera que la souplesse spécifique fera appel beaucoup plus souvent aux techniques d'assouplissement que la souplesse générale car les amplitudes articulaires recherchées sont beaucoup plus élevées.

##### ▪ **Les souplesses statique et dynamique**

On entend parler quelquefois de souplesse "statique" et de souplesse "dynamique".

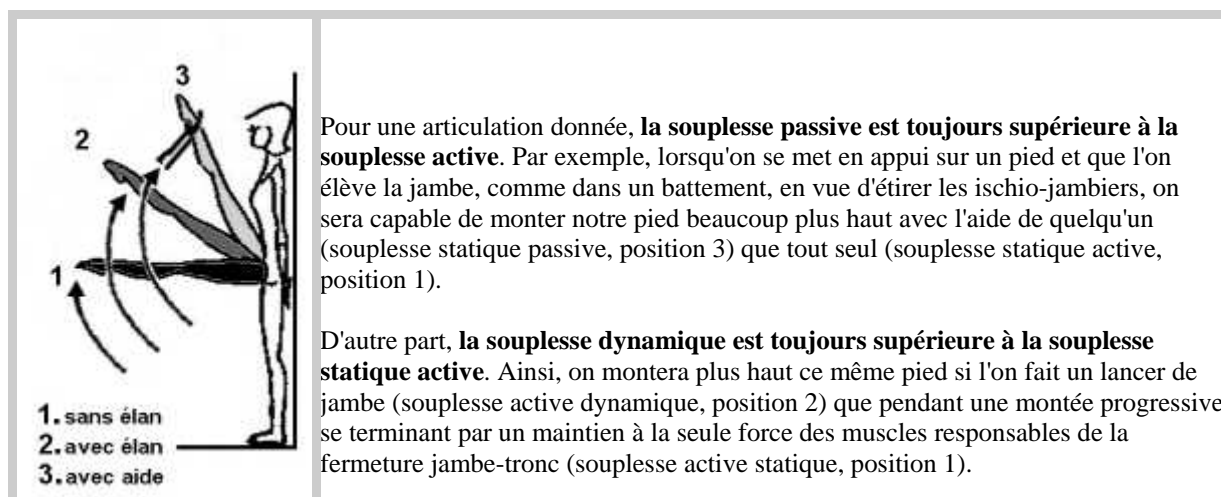
La différence entre ces deux types de souplesse est lié à la présence ou non d'un mouvement d'élan pour amener le segment dans la position produisant l'étirement du muscle. Par exemple, la souplesse dynamique correspondrait à des étirements des ischio-jambiers que l'on ferait avec des lancers d'une jambe pendant que l'autre reste en appui sur le sol (mouvement très utilisé chez les gymnastes que l'on appelle "battement"). Si l'on fait le mouvement lentement, la jambe montera moins que si on le fait rapidement. Par contre, la tension appliquée sur le groupe musculaire sera plus élevée.

##### ▪ **Les souplesses active et passive**

Ces appellations ne concernent que la souplesse statique. La distinction que l'on fait entre l'aspect actif ou passif de la souplesse vient de la présence ou non d'une contraction musculaire pendant l'exécution de l'exercice de souplesse.

Par exemple, si l'on fait intervenir les extenseurs du genou (quadriceps) pour maintenir la position permettant d'étirer les fléchisseurs du genou (ischio-jambiers), on a alors affaire à un exercice de souplesse active puisque l'étirement est associé à une contraction du groupe musculaire antagoniste. Par contre, si une tiers personne maintient notre jambe pour étirer ces mêmes fléchisseurs, c'est un exercice est réalisé de façon passive par le sujet.

#### Relation entre souplesse active et souplesse passive ?



La différence entre souplesse passive et souplesse active constitue ce que Frey (1977) a appelé la réserve de mobilité (reprenant à son compte le concept de la réserve cardiaque fonctionnelle de Karnoven, 1957). Celle-ci est très importante car elle donne une information sur la **marge de progression** que l'on est en droit d'attendre de quelqu'un quand il s'entraîne de façon systématique soit en cherchant un gain de force des muscles agonistes (par exemple le quadriceps dans notre exemple), soit un gain d'allongement des antagonistes (les ischio-jambiers toujours dans ce même exemple). Avec l'entraînement, la souplesse dynamique peut atteindre la souplesse statique passive. Mais cela implique l'utilisation d'étirements dynamiques qui ont pour rôle de diminuer la contraction réflexe des agonistes en même temps que l'on renforce le groupe antagoniste... contrairement à l'étirement statique passif où seul l'agoniste est ciblé.

### Intérêts de la souplesse

► Pour une **personne sédentaire**, on cherchera à maintenir une mobilité qui soit en relation avec son activité quotidienne. Toute limitation articulaire entraîne inévitablement une augmentation de la dépense énergétique musculaire pour compenser celle-ci. Une bonne souplesse générale est donc un élément important de la **condition physique** et contribue au bien-être de la personne en question.

► Pour une **personne sportive**, c'est plutôt la souplesse **active** (statique et dynamique) que l'on cherchera à développer en priorité en fonction des exigences de la spécialité. Néanmoins, certaines activités sportives impliquent que soit également améliorée la souplesse active passive pour le maintien de certaines positions ou la réalisation de certains mouvements comme c'est le cas dans les activités gymnastiques.

### ► Les effets sur la performance directs et indirects

Le premier d'entre eux est d'augmenter l'efficacité du geste sportif tant au niveau de la technique que de la puissance. En effet, **lorsqu'un muscle est étiré par le travail de son antagoniste, il emmagasine de l'énergie élastique (dans les composantes élastiques séries) et la restitue lors de sa contraction** (Cavagna et coll., 1968). Ce phénomène est connu sous le nom de **cycle étirement-détente**. Une plus grande amplitude d'étirement permet donc d'obtenir un plus grand stockage d'énergie élastique, et par là même une contraction musculaire plus intense (Handel et coll., 1997 ; McHugh et coll., 1999). C'est ce principe que l'on utilise à chaque fois que l'on fait un saut vertical en faisant une flexion du membre inférieur avant de pousser sur le sol.

Ensuite, elle permet d'éviter les blessures qui pourraient être occasionnées par le geste sportif. Grâce à une grande mobilité articulaire, les muscles et les tendons seront sollicités en-deçà de leur amplitude d'étirement maximale fonctionnelle, et seront moins sujets aux dommages. De même, elle **limite l'apparition des courbatures** en faisant en sorte d'avoir des *muscles moins "raides"*, c'est-à-dire *susceptibles de supporter de fortes tensions lors du travail excentrique*, dont on sait qu'il est à l'origine de ces courbatures (Magnusson et

coll., 1997 ; McHugh et coll., 1999). Ceci implique que les personnes moins raides sont capables de réaliser des exercices d'une plus grande intensité ou d'une plus grande durée durant les jours qui suivent une séance ayant provoquée des courbatures (McHugh et coll., 1999).

Néanmoins, une trop grande laxité de l'articulation peut survenir si l'entraînement de souplesse est mal mené. Il peut alors provoquer l'effet inverse, à savoir un affaiblissement de la stabilité de l'articulation, qui sera sujette alors à des pathologies récurrents (comme des entorses à répétitions par exemple).

### Les facteurs et limites influençant la souplesse

Le tableau ci-dessous résume les principaux facteurs et limites influençant la souplesse.

<p>▶ <b>Limites anatomiques et mécaniques</b></p>	<p>le type d'articulation que l'on souhaite mobiliser le tissu conjonctif et les éléments de contention articulaires et la trame de soutien et d'attache des muscles la fonction principale que remplit le muscle dans la vie quotidienne</p>
<p>▶ <b>Limites neurophysiologiques</b></p>	<p>le réflexe myotatique le réflexe myotatique inverse le réflexe d'inhibition réciproque le tonus musculaire</p>
<p>▶ <b>Autres limites et facteurs d'influence</b></p>	<p>L'inactivité ou l'immobilisation l'état psychologique de la personne l'âge le sexe l'échauffement l'entraînement les produits anti-inflammatoires</p>

### Principes à respecter dans les techniques de souplesse

Compte tenu des observations que nous avons faites jusqu'à présent au niveau anatomique, mécanique et neurophysiologique, il est possible de donner quelques règles simples pour gérer les étirements et les assouplissements. Il faut dire que la plupart relèvent du bon sens... à condition d'avoir toujours à l'esprit lesdites observations et surtout les connaissances physiologiques qui les accompagnent. Une chose essentielle à garder à l'esprit est que ces règles seront **très différentes** selon qu'elles concernent les **étirements** ou les **assouplissements** dans la mesure où les structures visées et les effets obtenus ne sont pas les mêmes. Certains des conseils donnés ici iront vraisemblablement à l'encontre des habitudes de certains entraîneurs ou

enseignants. Pourtant, ce sont ceux qui donneront les résultats les plus probants... dans l'état actuel de nos connaissances.

► **Règles pour les étirements** (Cf. Fichier « Etirements prevost.doc »)

### **La raideur passive du muscle varie avec l'activité physique**

Cette **raideur** correspond à la **force de résistance générée par un muscle en opposition à son allongement**.

La raideur est plus marquée avant et après l'activité physique (Hagbarth et coll., 1985 ; Lakie et Robson, 1988b ; Proske et coll., 1993 ; Wiegner, 1987). Elle peut être éliminée par des mouvements passifs (étirements) ou actifs (contraction musculaire), de grande amplitude, mais jamais par des contractions isométriques puisque durant celles-ci les glissements entre les protéines contractiles sont quasi inexistantes (Lakie et Robson, 1988a ; Wiktorson-Möller et coll., 1983). Cet effet, appelé **thixotropie**, est bien connu des chimistes. Il permet d'assimiler le comportement musculaire à celui d'un gel qui se liquéfie lorsqu'on le brasse (pensez à une célèbre sauce tomate qu'on rend plus fluide en secouant son contenant). L'action de la composante élastique du muscle contribue elle aussi à la raideur passive musculaire.

### **On limitera, ou mieux, évitera de ne faire que des étirements au cours de l'échauffement ou juste avant le début d'une compétition**

La cible privilégiée des étirements est la **raideur musculaire**... pour autant, on ne cherchera pas un gain maximal comme dans les assouplissements.

Elle varie en fonction des circonstances puisque cette raideur peut être soit **active** (quantifiée par l'habileté transitoire du muscle contracter à se déformer pour amortir la contrainte subitement imposée), soit **passive** (quantifiée à l'aide de l'angle maximal que l'on peut mesurer au niveau d'une articulation). Dans le premier cas, elle résulte généralement de l'action des composantes contractile (ponts d'actine-myosine) et élastique en série (aponévroses et tendons). Dans le second, c'est surtout la composante élastique parallèle (squelette cellulaire de la fibre musculaire notamment) qui est en cause.

Pour la diminuer, on peut faire appel à différentes méthodes dont certaines relèvent simplement de la mobilisation ou de la mise en tension passive du muscle, alors que d'autres nécessitent de faire appel aux réflexes exposés dans la partie théorique.

Par contre, il peut être intéressant de vouloir **augmenter (ou conserver) la raideur musculaire dans le but d'accroître la rapidité de transmission de la force musculaire aux pièces osseuses** et, par la même occasion, de rendre les muscles plus prompts à la réaction ou moins sensibles aux perturbations. Cela leur permet de réagir plus aisément pour le contrôle postural ou l'efficacité des mouvements rapides par exemple. En effet, il a été démontré que la production de force et puissance augmentait de façon inversement proportionnelle à la raideur musculaire (Wilson et coll., 1991). Ainsi, l'augmentation de raideur liée l'entraînement pourrait améliorer la restitution de l'énergie élastique stockée dans le tendon lors d'un cycle étirement-détente et, par là même, la performance liée à ce mécanisme. De même, l'augmentation de souplesse diminuerait à *long terme* la raideur active et améliorerait ainsi la performance du cycle étirement-détente (Wilson et coll., 1992, 1994).

Néanmoins, les techniques d'étirement exposées ci-dessous sont tellement efficaces qu'elles **induisent immédiatement des baisses de performance significatives**. Ceci a été démontré de façon très claire par de nombreuses études. Par conséquent, on fera en sorte de les utiliser à bon escient, c'est-à-dire à un moment où l'on est sûr qu'elles ne nuiront pas à l'efficacité du geste. Ou alors de les inclure dans un échauffement à part entière comme cela est expliqué dans la rubrique "Echauffement". Dans le doute, comme l'objectif premier des étirements est bel et bien de **relâcher les muscles**, il est logique de les placer **dans la phase de récupération, après la séance**, pour essayer de retrouver un degré de tonus musculaire quasi similaire à celui précédent la séance !

### **L'allongement du muscle provoque une diminution réflexe de l'activité des nerfs moteurs et donc un relâchement musculaire**

**Tant que l'on maintient l'allongement du muscle, l'excitabilité des motoneurons est diminuée** et le muscle s'allonge plus facilement. Dès que l'articulation est replacée dans sa position initiale, l'effet d'inhibition disparaît et les motoneurons retrouvent quasiment leur niveau d'excitabilité initial (Guissard et al., 1988). D'autre part, l'**intensité de l'inhibition est proportionnelle à l'intensité de l'étirement** du muscle, et donc de l'**angle articulaire atteint pendant le mouvement**. Par exemple, dans l'étirement du mollet, un angle de flexion de 20° entraîne une diminution plus importante de l'excitabilité des motoneurons qu'un angle de 10° (figure 1). Ceci est dû au fait que, en fonction de l'intensité de l'étirement, différents mécanismes nerveux de modulation de la réponse musculaire peuvent être sollicités. Il est conseillé d'aller jusqu'à

l'amplitude articulaire correspondant **au seuil de douleur tolérable** par la personne. Cette amplitude permet de solliciter tous les mécanismes d'inhibition présents au sein du système nerveux central.

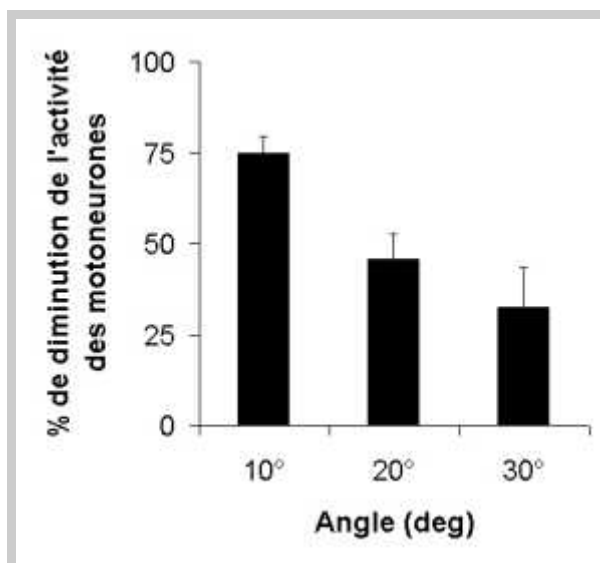


Figure 1: Changement dans le niveau d'excitabilité des motoneurones en fonction de l'amplitude de la mobilisation articulaire au cours d'un étirement statique de la cheville (d'après Guissard et coll., 2001).

#### Effectuer les étirements avec lenteur, sans à-coups

Lors des étirements, il faudra veiller à respecter une certaine **progressivité** dans l'allongement, et **éviter les à-coups**. Il y a deux raisons à cela :

1°) Si l'on étire trop rapidement le muscle, le réflexe myotatique se déclenche et provoque une contraction réflexe du muscle étiré... On ne retire donc aucun bénéfice à faire des mouvements de rebonds violents en guise d'étirement.

2°) Le muscle est un organe composé de différents tissus qui lui confèrent un *comportement viscoélastique*. L'une des particularités de la viscoélasticité est de faire augmenter la raideur proportionnellement à la vitesse d'allongement pendant un étirement passif.

#### Pratiquer des étirements statiques plutôt que dynamiques

Il semble préférable, en phase de récupération, d'utiliser des étirements statiques. Ils seraient plus efficaces que les allongements dynamiques et répétés (mouvements de ressort comme par exemple des battements de jambes successifs) pour diminuer la raideur musculaire et augmenter l'extensibilité du muscle. En faisant un étirement statique, c'est-à-dire avec le maintien d'une articulation à l'angle où apparaît le seuil de douleur tolérable pendant 90 s, le relâchement musculaire que l'on obtient est environ 18-20% de la valeur maximale du départ.

En reproduisant cet étirement à l'identique (même intensité et même angle), le phénomène se reproduit mais on observe un nouveau gain de relâchement qui se traduit par une **diminution de la raideur** (moins de résistance à l'allongement), **de déformation** (moins d'énergie absorbée lors de l'adaptation au stress imposé) **et de la viscoélasticité**. Ces effets atteignent des valeurs maximales au bout du 10<sup>e</sup> étirements et disparaissent en une heure (Magnusson et coll. 1996b).

Ces résultats ont été également démontrés chez l'animal (Taylor et coll. 1990). La répétition d'un cycle de 10 étirements passifs statiques d'une même amplitude, alternés avec de courtes pauses, entraîne des **changements significatifs au niveau de la longueur musculaire** (jusqu'à dépasser de 3.5%) **et de la force musculaire** (autour de 80% de la force initiale de résistance passive à l'étirement). Les mêmes phénomènes peuvent s'observer chez l'homme avec une vitesse d'étirement rapide (20 deg/s) réalisée avec la même amplitude (angle articulaire) pour un nombre d'étirements similaire. À la différence près que **l'énergie ne diminuait qu'au premier étirement** et que **la raideur était plus élevée au 10<sup>e</sup> étirement** (Magnusson et coll., 1998).

Ces résultats montrent qu'il est possible d'obtenir un allongement du muscle avec un étirement réitéré dans des conditions identiques à chaque répétition (même degré d'allongement ou angle articulaire), sans avoir à

dépasser le seuil de douleur tolérable.

Ceci est intéressant notamment pour les personnes ayant quelque peu des difficultés à supporter la douleur durant les étirements. Par contre, **la vitesse d'allongement s'avère être un facteur important puisqu'elle entraîne à partir d'un certain nombre de répétitions des effets opposés à ceux recherchés.**

### Pratiquer les étirements en les calant sur les phases respiratoires

Il faudra être détendu (mentalement, psychologiquement) et expirer lors de l'étirement afin d'utiliser le côté positif de l'influence de la boucle gamma sur le tonus musculaire. Celle-ci permet en effet de le diminuer... En d'autres termes, il est possible de contrôler ce tonus par des exercices respiratoires.

### Ne jamais dépasser les seuils de douleurs musculaires

**La douleur est un signal physiologique très important qu'il ne faut pas prendre à la légère.** Son utilisation dans la pratique nécessite d'instaurer un climat de confiance entre l'intervenant et le sportif afin qu'elle puisse guider le travail des étirements. En signalant le moment où cette douleur n'est la plus tolérable, le (la) sportif(ve) indique à son entraîneur la position optimale à maintenir (l'entraîneur veillera évidemment à ne pas se laisser duper par le (la) sportif(ve) qui indiquerait cette position de façon trop précoce). Lorsque l'on atteint cette position extrême pour une personne et pour un groupe musculaire donné, il **ne faut jamais dépasser le seuil de douleur tolérable**. En effet, la stimulation des terminaisons sensitives libres, notamment sensibles à la douleur, entraîne l'activation du réflexe myotatique et provoque une augmentation de tonus musculaire, voire une contraction musculaire de défense. Le résultat est une augmentation de la raideur du muscle allant à l'encontre de l'effet recherché. Si l'on augmente l'amplitude de l'étirement malgré ce signal, des lésions peuvent survenir au niveau des myofibrilles.

Cette douleur semble être d'ailleurs l'un des premiers paramètres sur lesquels agit l'entraînement : **la répétition d'un étirement permet de reculer le seuil minimal de tolérance de la personne** de sorte qu'elle peut augmenter ainsi l'amplitude de l'angle articulaire sans pour autant qu'il y ait des changements mécaniques ou viscoélastiques permanents au niveau musculaire (Magnusson et coll., 1996b). Ce seuil varie en fonction des personnes et de leur raideur musculaire, qui elle-même dépend de la masse musculaire en partie de la masse musculaire (Magnusson et coll., 1997).

### Faire une pause entre deux étirements passifs statiques au maximum de 2-3 s

Une fois l'effet de relâchement musculaire obtenu par le maintien d'un étirement passif statique, combien de temps faut-il laisser entre deux étirements pour maximiser ou optimiser l'effet global des répétitions au cours de la séance ?

Une réponse semble apportée par le travail réalisé notamment par Hufschmidt et Mauritz (1985). Ces auteurs ont montré que **plus le temps entre deux étirements est élevé, plus la phase d'étirement-relâchement passif augmente, et plus la raideur musculaire augmente**. Cet effet a été vérifié dans différentes conditions expérimentales allant des fibres musculaires aux groupes musculaires (Hufschmidt et Mauritz, 1985 ; Kilgore et Mobley, 1991 ; Lakie et Robson, 1988a). On peut donc conseiller de **ne pas dépasser 2-3 s de pause entre deux étirements au cours d'un cycle d'étirements statiques** (figure 2). Cela permet d'optimiser la durée de la séance et la rapidité de l'effet que l'on souhaite obtenir.

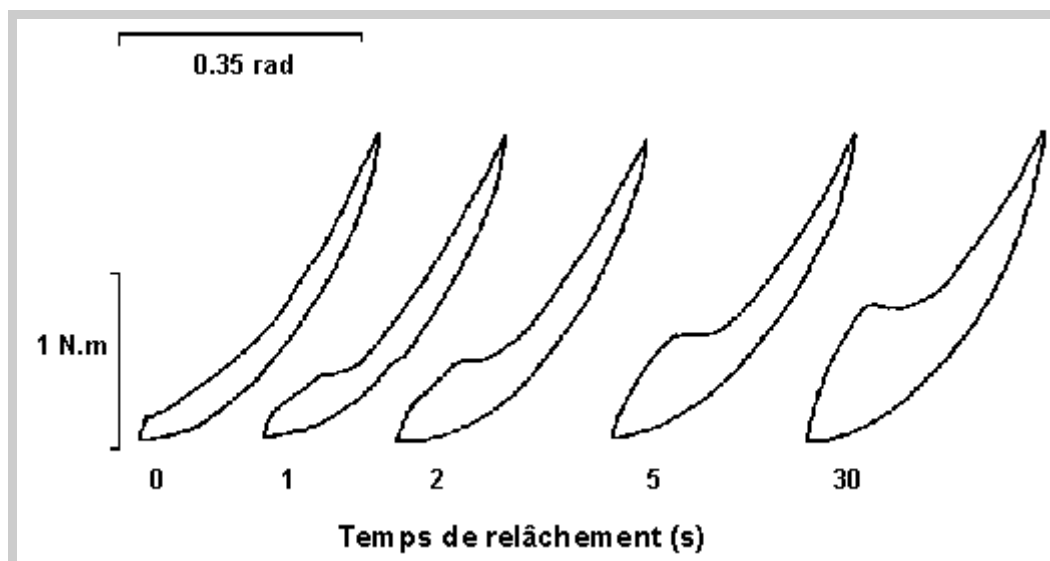


Figure 2: Effets de différents temps de pause sur la relation couple-angle associée à un étirement et un relâchement passif des muscles fléchisseurs plantaires. On voit nettement que le trajet du cycle étirement-détente s'allonge dénotant par là même une augmentation de raideur musculaire, et donc une résistance accrue à l'allongement (d'après Hufschmidt et Mauritz, 1985, p.678).

### Les étirements sont plus efficaces lorsqu'ils sont précédés d'une contraction musculaire

Les étirements statiques sont plus efficaces lorsqu'ils sont précédés par une contraction volontaire maximale (CVM) soit du **muscle agoniste**, suivie d'une brève période de relâchement (technique du contracter-relâcher), soit du **muscle antagoniste** pendant l'étirement de l'agoniste (Enoka et coll., 1980 ; Guissard et coll., 1988 ; Magnusson et coll., 1995 ; Moore and Kukulka, 1991). Ces deux techniques permettent en effet d'obtenir une diminution plus importante de l'activité des motoneurones qu'avec un étirement statique seul (figure 3) et sont regroupées sous la terminologie de PNF.

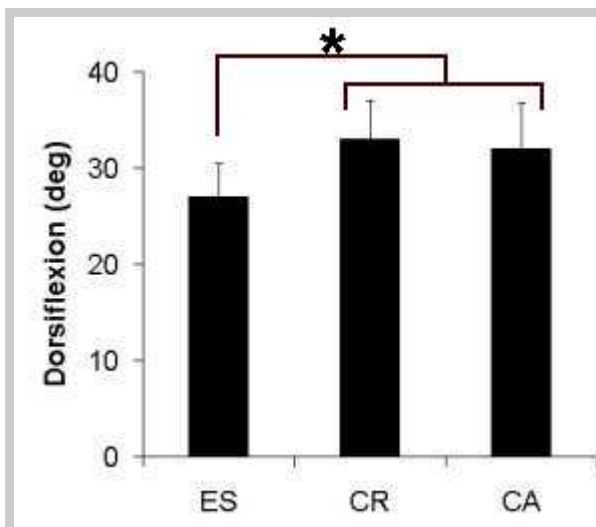


Figure 3: Modulation du niveau d'excitabilité des motoneurones en fonction de la technique d'étirement utilisée (ES : étirement statique ; CR : contracter-relâcher ; CA : contraction du muscle antagoniste). Il n'y a pas de différence significative entre CR et CA, alors qu'elles diffèrent toutes deux de façon significative de ES. (d'après Guissard et al., 1988)

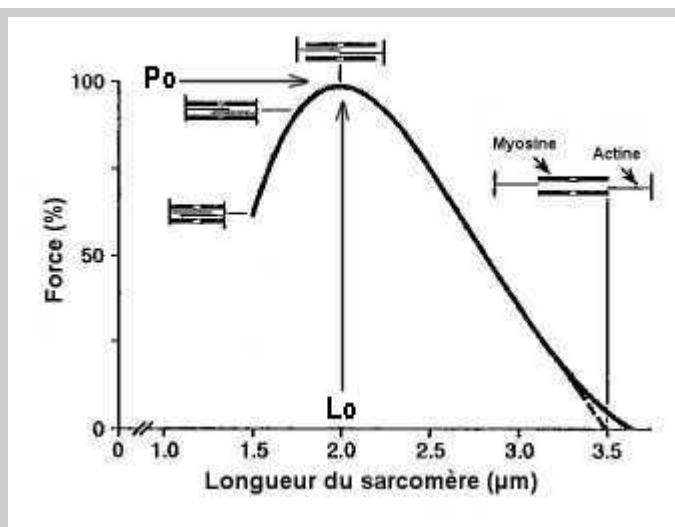


Figure 4: Variation du taux de recouvrement des myofilaments d'actine et de myosine (protéines responsables du développement de la force musculaire active) en fonction de la longueur du sarcomère et donc de l'amplitude de l'angle articulaire. Plus ce recouvrement est faible et plus il est difficile de produire une force comme l'atteste la forme de la courbe. Le maximum ( $P_o$ ) est atteint à une longueur correspondant à celle que le muscle a au repos ( $L_o$ ).

Le choix de l'une ou l'autre de ces techniques se fera en fonction de l'amplitude articulaire atteinte par le sujet au cours de la séance. En effet, l'analyse de la relation force-longueur du muscle permet de montrer que, passée une certaine amplitude, il n'est plus possible de demander au sujet de réaliser une contraction maximale de l'agoniste car le taux de recouvrement des protéines contractiles est insuffisant pour permettre de développer une tension à l'intérieur du muscle, même de petite intensité (figure 4). Il faut donc utiliser la **contraction de l'antagoniste** pour obtenir la diminution supplémentaire de l'activité des motoneurones de l'agoniste (via le réflexe d'inhibition réciproque) lorsque les amplitudes articulaires sont importantes.

- **Technique du contracter-relâcher** : en faisant précéder l'étirement statique par une phase de *contraction isométrique maximale* du muscle agoniste, on augmente la tension exercée sur les tendons du muscle (ou groupe musculaire) ciblé et on mobilise ainsi le **réflexe myotatique inverse** dont l'effet est de **diminuer la tonicité musculaire**. Il est conseillé de réaliser cet exercice plusieurs fois à la suite, sans revenir à la position de repos. On obtient alors un gain d'amplitude de mouvement supérieur à celui que l'on aurait eu avec des étirements statiques, et on arrive à un angle beaucoup plus important qu'avec un seul contracter-relâcher (cette technique a un effet cumulatif).
- **Technique de la contraction antagoniste** : la sollicitation du **réflexe d'inhibition réciproque** pour augmenter le relâchement d'un muscle pendant son étirement passe par la contraction du muscle antagoniste.

Ainsi, lors d'un étirement des ischio-jambiers par une fermeture jambe-tronc, il ne faut jamais obliger les sujets à relâcher leur quadriceps car la contraction de celui-ci entraînera de façon réflexe une diminution de la tonicité des ischio-jambiers... ce qui facilitera leur étirement.

### Maintenir la contraction volontaire maximale 1 à 2 s

Contrairement à ce qui est rapporté dans beaucoup d'ouvrage consacrés aux techniques d'étirements ("stretching"), **le temps de maintien de la contraction volontaire maximale a le même effet sur la durée d'inhibition des motoneurones quelle que soit sa durée**, au moins des temps de maintien de 1 à 30 s (Guissard et coll., 1988). Il est donc inutile de "traumatiser" le muscle avec une tension maximale (souvent douloureuse) trop longue puisqu'elle n'apporte rien de plus au niveau de la mise en jeu des réflexes visés. **Un maintien de la CVM pendant 1 ou 2 s seulement suffira** (figure 5).



Figure 5: Variation du niveau d'excitabilité des motoneurones en fonction du temps de maintien de la contraction maximale volontaire (CMV) en position maximale. Les temps de maintien varient ici entre 1 et 30 s. Il n'y a aucune différences significatives entre ces 3 temps de CVM sur le taux de diminution de l'excitabilité des motoneurones. (D'après Guissard et al., 2001)

### Maintenir l'étirement tout au plus 10 s

Il est également conseillé de tenir la position d'étirement tout au plus 10 s (même si les effets durent un peu plus longtemps, cf. figure 6) quelle que soit la technique d'étirement utilisée (Guissard et coll. 1988). Au-delà, l'efficacité de l'inhibition des motoneurones diminue (figure 6) et la raideur passive augmente légèrement par une élévation du tonus musculaire. Ce délai est bien-sûr à mettre en regard des résultats qui montrent que la raideur diminue rapidement dès les premières secondes pour ensuite se stabiliser lors d'un étirement statique passif (Magnusson et coll., 1998). Puisque ce type d'étirements ne sollicite pas les réflexes, il est possible de le maintenir plus longtemps (45 s maxi) à condition de ne pas dépasser le seuil tolérable de douleur (Magnusson et coll., 2000).

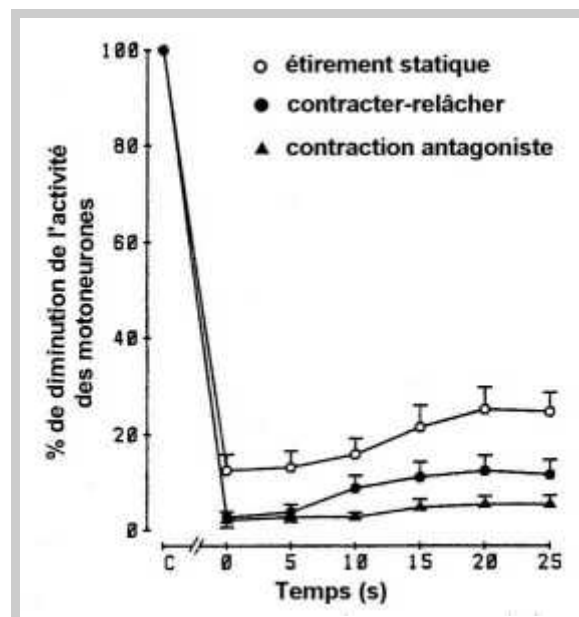


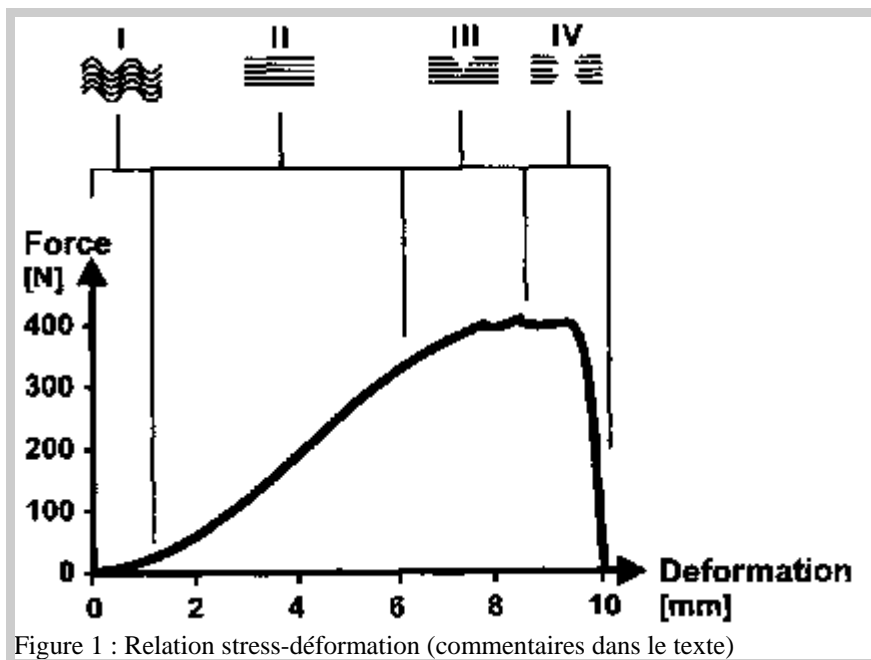
Figure 6 : Variation du niveau d'excitabilité des motoneurones en fonction du temps de maintien de l'étirement en position maximale. Quelle que soit la technique utilisée, on observe que l'excitabilité des motoneurones diminue fortement pendant au moins 30 s, mais cette diminution tend à s'atténuer plus rapidement si l'étirement n'est pas accompagné d'une contraction musculaire agoniste ou antagoniste. (D'après Guissard et al., 2001)

### ► Règles pour les assouplissements

#### Règles pour les assouplissements

---

Pour comprendre, les techniques d'assouplissement, nous allons à nouveau faire appel à quelles notions de mécanique des tissus. Considérons d'abord le cas d'un test de résistance réalisé sur un ligament. Pour se faire, une machine lui impose une traction progressive (stress), pendant que l'on enregistre son élongation jusqu'à ce qu'il y ait rupture totale. La figure 1 est un exemple de ce que l'on peut obtenir dans de telles conditions.



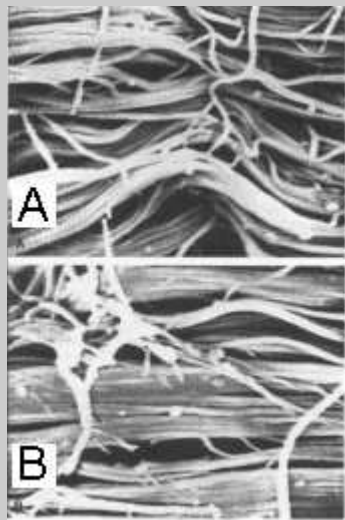


Figure 2 : Image obtenue par microscopie électronique de fibres collagène d'un ligament de genou humain relâché (A) et en charge (B) (Kennedy et coll. 1976)

La première est la **zone de ré-agencement tissulaire** (jusqu'au repère 1) où les fibres de collagène passe d'un état "désordonné" à un autre où les fibres sont plus ou moins parallèles (ordonnées). Ceci est illustré par la figure 2, montrant des fibres de collagène de ligament du genou d'un homme au repos (A) et en charge (B).

La seconde (entre les repères 1 et 2) est la **zone de déformation élastique** où le tissu revient à son état initial dès que le stress s'arrête. C'est la zone de **fonctionnement physiologique**. Généralement, les sollicitations liées à la pratique sportive ne dépasse jamais la valeur maximale mesurée à l'indice 2. Par exemple, Fung (1981) a rapporté des valeurs de 2 à 5% de cette limite maximale d'élasticité pour les tendons et les ligaments lors d'exercices de course et de saut.

La troisième est la **zone de déformation plastique** (entre les repères 2 et 3) où la charge entraîne une **réorganisation moléculaire** et un **affaiblissement tissulaire**. Si l'intrusion dans cette zone n'est que passagère, le tissu se reconstitue et devient plus fort qu'avant pour faire face à une future contrainte qui pourrait provoquer les micro-lésions que l'on observe dans cette phase. Par contre, si le passage dans cette zone se fait de façon répétitive, les micro-fractures ne peuvent être réparées suffisamment vite et le tissu se désagrège, s'affaiblit (le taux de régénération tissulaire est inférieur au taux de dégradation tissulaire).

La quatrième est la **zone de surcharge** (entre les repères 3 et 4) qui se caractérise par des difficultés à la cicatrisation si le stress continu à être appliqué sans ménager des phases de repos suffisamment longue pour qu'il puisse se réparer. Elle se termine par le **point de rupture** du tissu lorsque le stress dépasse ses capacités de résistance mécaniques.

Voyons maintenant les conseils que l'on peut donner concernant les assouplissements en rapport avec la mécanique des biomatériaux. Certains de ces conseils vont vraisemblablement aller à l'encontre des habitudes certains entraîneurs. Pourtant ce sont ceux qui donnent les résultats les plus significatifs tant chez l'animal que chez l'homme.

**Pratiquer les assouplissements quand la raideur est maximale**  
La raideur est plus élevée avant ou après l'exercice physique que pendant celui-ci. Or, pour que les exercices d'assouplissement aient un effet durable, il faut qu'ils puissent agir directement sur les structures responsables du maintien passif des pièces osseuses et sur les structures conjonctives du muscle. Par conséquent, **le moment le plus propice à la pratique des assouplissements est celui où la raideur musculaire est la plus élevée puisqu'il suffira alors d'une traction plus faible pour obtenir un effet donné**. Ce moment propice est donc avant ou au moins 15-20 minutes après la fin de la séance d'entraînement, lorsque la raideur a de nouveau augmenté. **Inutile donc de s'échauffer avant de faire des assouplissements.**

**Pratiquer les assouplissements quand la température musculaire, voire corporelle, est minimale**  
Les tissus sont plus extensibles à température élevée (Lehmann et coll. 1970 ; Mutungi and Ramatunga, 1996 ; Noonan et coll., 1993 ; Safran et coll., 1988 ; Warren and Lehmann 1976 ; Woo et coll. 1987). De même, il a été montré que l'amplitude articulaire augmentait suite à un échauffement (Henricson et coll., 1984 ; Stewart et coll. 1998 ; Taylor et coll., 1995 ; Wiktorsson et coll. 1983). Un allongement réalisé dans de telles conditions est certes important mais temporaire. Par contre, **cette déformation est plus durable si le tissu est "froid" car le tissu atteint plus rapidement la borne supérieure de la phase II lorsqu'il est "froid" que lorsqu'il est "chaud", et ce pour un même niveau de tension** (Sapega et coll., 1981). C'est pour cette raison que l'on a l'impression qu'il est plus facile de pratiquer les assouplissements après une séance d'entraînement que le matin au réveil. Mais, si l'on veut véritablement obtenir un effet significatif, il convient de **faire les assouplissements à distance d'un exercice physique, afin de profiter de la baisse de température et de l'augmentation de raideur qui**

**l'accompagne** ; ces deux phénomènes permettront d'obtenir des effets plus rapidement pour un même degré d'allongement.

### **Mettre l'articulation dans une position optimale**

Cette position correspond à une tension d'une intensité suffisante pour que les tissus puissent réagir. Cette traction est d'autant plus élevée que le sujet est déjà entraîné. Si l'on dépasse un certain seuil (figure 1, borne supérieure de la zone II), on entraînera un affaiblissement du tissu qui nécessitera une phase de repos forcé, le temps que le tissu se consolide à nouveau. Celle-ci peut aller jusqu'à 30-45 j ! Mieux vaut bien doser les exercices d'assouplissement.

### **Maintenir cette position de 30 s à 1 min**

Il est nécessaire de maintenir la position maximale atteinte dans ces conditions afin d'obtenir un effet significatif sur le tissu conjonctif, très difficile à allonger. Les proportions d'élasticité et de plasticité liées à un exercice d'assouplissement sont déterminés par l'**intensité** et la **durée** de la force appliquée pour allonger le tissu conjonctif. Des phases de maintien successives de 30 s à 1 min 30 dans une position articulaire donnée seront nécessaires pour obtenir un gain significatif et durable au niveau de l'amplitude articulaire. Avec l'entraînement, le seuil de douleur tolérable recule et permet d'atteindre des amplitudes de plus en plus importantes (Magnusson et coll. 1996a,b).

### **Atteindre cette position de façon progressive**

Un point important concernant les tissus que l'on veut cibler au cours des assouplissements est qu'ils ont eux aussi un comportement viscoélastique. Comme nous l'avons signalé plus haut, on amènera le sujet dans la position voulue le plus lentement possible afin de ne pas provoquer des raideurs indésirables tout en bénéficiant de l'effet maximal au niveau tissulaire.

### **Pratiquer régulièrement les assouplissements et optimiser leur planification**

Il faut **IMPERATIVEMENT** faire régulièrement des séances d'assouplissements car les progrès sont très lents et les régressions rapides !

Mieux vaut faire des séances 3 à 4 fois par semaine (y compris en dehors des séances d'entraînement elles-mêmes) à raison de 15-20 min par session en se consacrant à chaque fois aux principales zones articulaires en déficit.

Si l'on peut planifier ces séances de façon quotidienne, on diminuera leur durée à 8-10 min et l'on se consacra exclusivement sur l'une des ceintures articulaires (scapulaire ou pelvienne), en la mobilisant selon les différents plans et amplitudes articulaires spécifiques à la pratique sportive considérée. Cela permettra de répartir le travail de façon homogène sur l'ensemble de la semaine et de bénéficier, en parallèle, d'un effet de consolidation des tissus permis par l'instauration de cette alternance au niveau de la planification.

Enfin, l'entraînement des assouplissements doit continuer même en période de repos ou d'intersaison, sans pour autant être associé systématique à une pratique sportive, afin que se maintienne le niveau de souplesse atteint pendant la saison.

 **Données récentes relatives à la place des étirements dans la pratique sportive : cf. doc Etirements Prevost.doc**

### **Points importants et conseils pratiques**

---

Les **ligaments** et les **tendons** sont très peu extensibles (élastiques) et vont s'opposer à toute technique de souplesse. Par contre, les **muscles** et les **capsules** articulaires sont très extensibles et seront, pour cette raison, les structures anatomiques principalement visées par les techniques que nous avons exposé.

La **régularité** est un facteur fondamental pour l'entraînement de la souplesse car la moindre chute dans la sollicitation, ou pire, la moindre immobilisation prolongée suite à une blessure, provoque une diminution très importante de cette qualité physique qu'il est souvent difficile de recouvrer rapidement. D'un point de vue pédagogique, pour rendre la séance attractive, on évitera de rester plus de 1 min sur chaque exercice d'assouplissement, quitte à le refaire plus tard.

Ces **techniques** seront très différentes pour ces types de structure car ils possèdent d'autres composantes qui vont influencer leur comportement à l'allongement. Il faudra par conséquent savoir quoi travailler (généralement après un bilan sur la souplesse d'une personne) pour savoir quelle technique sera la plus appropriée.

Loin d'être en opposition, les techniques d'étirements et d'assouplissements sont à utiliser conjointement dans le travail de la souplesse. En effet, si la personne est déjà très souple et que les freins aux assouplissements sont dus aux tensions musculaires, il faut d'abord faire des étirements (i.e. contracter-relâcher ou contraction de l'antagoniste) avant de passer aux assouplissements proprement dits. Ainsi, les seconds bénéficieront de l'effet induit par les premiers sur les muscles qui n'opposeront alors plus de résistance et permettront d'atteindre les structures plus profondes.

Ces techniques ne sont pas difficiles à mettre en oeuvre mais elles demandent, de la part de l'entraîneur, une vigilance toute particulière dans leur mise en place avec les sportifs(ves), notamment dans les premières séances. Il est en effet fondamental que les principes exposés soient appliqués de façon rigoureuse, systématique et, dans la mesure du possible, avec la totale collaboration des sportifs(ves).

La connaissance des **circuits réflexes** présents dans la moelle épinière nous apprend que la souplesse ne doit pas être forcément synonyme de **douleurs** pour le (la) sportive. Il existe des techniques **très efficaces** pouvant donner d'excellents résultats sans pour autant dégoûter les plus jeunes. Le tout est de savoir comment les utiliser... l'objectif de cette rubrique était justement de le montrer.

Ce passage obligé permettra par la suite de pouvoir compter sur eux pour effectuer correctement les exercices qui pourraient être demandés en dehors des périodes d'entraînement elles-mêmes. Le (la) sportive n'est pas un objet que l'on manipule comme bon nous semble. La **participation active** ou l'**implication volontaire** du (de la) pratiquant(e) dans l'entraînement de cette qualité physique peut s'avérer un atout crucial ; en effet, il pourra, par sa décontraction et le contrôle des différents groupes musculaires sollicités, aider l'entraîneur à optimiser les effets recherchés et surtout obtenir des gains plus rapides et pérennes.

Par ailleurs, il est essentiel de se rappeler que les muscles habituellement utilisés dans le **travail postural** sont généralement les plus raides de par la grande proportion de **tissu conjonctif** qu'ils renferment. Si l'on ajoute, à cette fonction posturale (utilisée quotidiennement) les contraintes liées à la pratique sportive, alors il devient vital pour l'entraîneur de leur porter une attention particulière dans le travail de souplesse. Sinon, ils peuvent devenir rapidement une entrave à la performance motrice. Par exemple, les muscles ischio-jambiers, très riches en tissu conjonctif, sont aussi ceux qui ont le défaut de se rétracter le plus rapidement lorsqu'ils ne sont pas sollicités régulièrement. Or, ces muscles constituent la principale limite à la fermeture jambe-tronc que l'on rencontre souvent dans les activités sportives.

Bibliographie voir 84 références sur le site : **Site Web** : <http://prevost.pascal.free.fr/>