



## CHAPITRE 4

# BIOMECHANIQUE

Le principe directeur de toute performance sportive est la tentative d'atteindre un objectif « de la meilleure manière possible » ce à quoi la compréhension et l'étude de la biomécanique vont fortement aider. En essence la biomécanique implique l'étude - qui utilise le système musculaire et le système osseux humain de la manière la plus efficace possible - et la complète appréciation du mouvement et du poids des os, des muscles et des ligaments mis en jeu. Tous les entraîneurs ont besoin d'une parfaite compréhension du rôle joué par la biomécanique dans le développement d'une technique efficace pour atteindre la meilleure performance possible.



# ***BIOMECHANIQUE***

## **1 \_ QU'EST CE QUE LA BIOMECHANIQUE ?**

Définition de la biomécanique : Hay (1985)

« **La science qui examine les forces internes et externes agissant sur le corps humain et l'effet produit par ces forces.** »

**Les objectifs de l'utilisation de la biomécanique sont l'amélioration:**

- de la performance,
- de la technique,
- de l'équipement,
- des méthodes d'entraînement,
- des techniques d'entraînement,
- de la réduction des blessures,
- etc., etc., etc.

**Les outils utilisés en biomécanique sont :**

- la mécanique de Newton,
- les systèmes d'analyse du mouvement (utilisation de marqueurs réfléchissants afin d'étudier et de mesurer le mouvement),
- la vidéo à grande vitesse,
- la vidéo numérique à vitesse normale,
- des appareils de mesure de la force (plates-formes de force),
- l'électromyographie (EMG),
- la vidéo numérique et l'analyse par ordinateur,
- le visionnage retardé de vidéos,
- le rythme cardiaque,
- le système Insole,
- etc., etc., etc.



Le principe directeur de toute performance sportive est la tentative d'atteindre un objectif « **de la meilleure manière possible** ». Ceci peut être accompli en utilisant les systèmes musculaires et osseux humain le plus efficacement possible et en comprenant le mouvement et le poids du tissu

humain, tels que les muscles, les ligaments et le cartilage. Vous devez vous souvenir qu'il suffit d'un tout petit changement de la position du corps pour altérer considérablement les groupes de muscles impliqués dans le mouvement. Nous allons aussi examiner les forces et les gestes en relation avec le développement de la performance, non seulement en vue d'une amélioration de cette performance mais aussi en prévention des blessures.

## 2\_ LES LOIS SUR LE MOUVEMENT DE NEWTON

### 1. La première Loi sur le Mouvement (le Principe d'Inertie)

« Tout objet reste en repos ou en mouvement rectiligne uniforme à moins d'être contraint à changer cet état par des forces lui étant imposées. »

**Définition de l'Inertie** - « L'inertie est la résistance qu'un objet oppose aux changements à son état de mouvement. Les objets tendent à se déplacer en ligne droite et à vitesse constante. »

**Note:** l'inertie n'est révélée qu'en cas de changement de vitesse.

### **Comment pouvons-nous appliquer le Principe d’Inertie au tir à l’arc ?**

Il est courant d’enseigner aux archers débutants à bander leur arc en leur disant à peu près ceci : « ne vous arrêtez jamais de bander (votre arc) - de tirer la corde – car, si vous vous arrêtez, vous aurez à fournir trop d’efforts pour recommencer, vous allez perdre vos sensations de travail musculaire au niveau dorsal et vous ne pourrez pas réaliser un bon tir. »

Cet enseignement implique l’application du Principe d’Inertie dès le début du tir. Il présente un point faible dans le sens où l’on peut dire que la position de « Maintien » ne peut jamais être atteinte. Quand vous bandez un arc, vous ne pouvez pas utiliser les seuls muscles de votre dos, vous devez aussi utiliser un certain nombre de muscles de l’avant-bras et de la main. Cependant si votre traction est ininterrompue vous passez la position de « Maintien » au moment où il est nécessaire de transférer autant de tension que possible de l’avant-bras et de la main de corde vers les muscles du dos. Ainsi, si vous n’atteignez pas la position de « Maintien » vous ne pouvez pas faire de transfert de tension. Pendant l’étape de transfert les muscles du dos continuent à déplacer les omoplates vers la colonne vertébrale tandis que la tension de l’avant-bras et de la main de corde y est transférée. Ce mouvement des omoplates, bien qu’infime, doit continuer pendant toute l’extension et donc le Principe d’Inertie ne peut être appliqué qu’à partir du « Maintien » et non à partir du commencement de la traction.

## **Le cycle de tir**

### **La mise en place**

Pour tous les sports il existe une phase de préparation, de placement, une mise en place.

Regardez le sprinter se préparant pour le départ, il se positionne pour obtenir le meilleur agencement biomécanique possible de toutes les parties de son corps. Jaillir des starting-blocks nécessite une coordination neuromusculaire très compliquée qui élimine, en même temps, tous les facteurs antagonistes pouvant entraver ce procédé.



**Il en est de même pour :**

- le nageur sur le plot prêt pour le coup d'envoi,
- le lanceur se préparant pour lancer la balle au base-ball,
- le joueur se préparant pour un lancer franc au basket-ball,
- etc.

Ainsi chaque sport comporte une position de mise en place qui implique le meilleur équilibre dynamique possible, par exemple un coureur sur le starting-block, ou encore le meilleur équilibre statique possible comme celui nécessaire par exemple au tir à l'arc ou au tir au pistolet.

Pour le tir à l'arc le corps et le matériel doivent être réglés dans la position biomécanique la plus bénéfique possible.

Pour le meilleur positionnement du corps voyez aussi l'étape 5 du chapitre 3 « Le Tir ».

Les jambes doivent être droites bien que relâchées et la répartition de la pression exercée aux pieds doit être d'environ 60/70% sur la plante des pieds et de 40/30% sur les talons.

Il est conseillé d'utiliser une position ouverte qui aide l'archer à atteindre la posture dans laquelle il est le plus à l'aise et lui permet de contrebalancer sa tendance naturelle à cambrer au niveau du dos. Pour le positionnement les épaules doivent être alignées avec la cible et l'omoplate arrière baissée et décalée vers l'arrière presque en position finale. Pour l'alignement des épaules la rotation doit venir de la taille - ce qui entraîne une petite tension juste en dessous des côtes et aide à améliorer la stabilité.

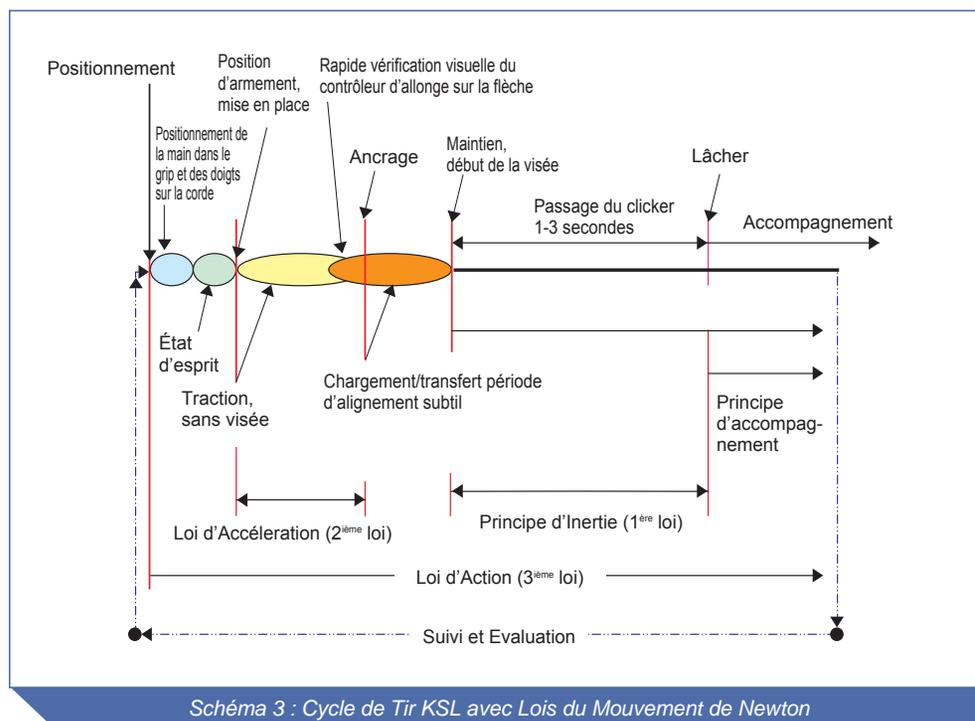
Le sternum doit être rentré pour une plus grande ouverture et les muscles abdominaux contractés pendant tout le tir pour une stabilité nettement améliorée.

En position d'armement il est recommandé d'être légèrement penché en avant vers la cible

afin de contrecarrer la tendance naturelle du corps à pencher vers l'arrière pour compenser le poids de l'arc.

Cette position permet l'agencement biomécanique le plus fort.

Bien que la plupart des archers comprennent le Principe d'Inertie, ils l'appliquent faussement à partir de la traction, ce qui peut avoir pour conséquence des flèches trop longues. Le Principe d'Inertie ne s'applique qu'à partir de la position de maintien, quand le mouvement de traction devient interne après avoir été externe. Les omoplates se déplacent l'une vers l'autre - ce qui permet l'ouverture de la poitrine et la continuité de traction nécessaire à la flèche pour passer le clicker. Voir schéma n°3 ci-dessous.





Le Maintien est essentiel à la régularité. Si l'archer tire d'un mouvement externe continu, il dépassera toujours la phase de maintien, n'obtenant ainsi aucune réelle régularité de tir. Ses scores, étant irréguliers, deviendront un obstacle à son objectif de cumuler un total élevé.

Le maintien est extrêmement important. En essence, on peut y faire référence comme à un « canon de pistolet ». Si le maintien n'est pas correct alors le « canon du pistolet » est plus court ou non-existant et les tirs ne peuvent pas être réguliers. La méthode actuelle acceptée qui consiste à enseigner un « mouvement continu externe » est incorrecte.

En bandant la corde vers le point d'ancrage, l'archer doit utiliser au moins quelques-uns des muscles supérieurs de ses bras, avant-bras et mains - la corde ne pouvant être tirée vers l'arrière par les seuls muscles de l'omoplate. Le matériel d'EMG le démontre, tout comme il démontre la sollicitation des muscles extenseurs et fléchisseurs qui contrôlent les doigts. Il est donc nécessaire de transférer cette tension vers les principaux (grands) muscles du dos.

La phase de transfert/chargement doit normalement se faire en une demi seconde. Je l'ai déjà écrit, ce n'est qu'à partir de la position de maintien que le Principe d'Inertie entre en action comme pour les gros rouleaux utilisés sur les courts de tennis en terre battue, à l'arrêt, ils ont beaucoup d'inertie mais, une fois en mouvement, on peut les déplacer d'un seul doigt. Il en est de même pour le passage du clicker, s'il est interrompu il faut une grande quantité d'énergie et de force musculaire pour reprendre le mouvement - ce qui non seulement est fatigant mais empêche l'exécution d'un tir fluide et puissant.

De même la visée ne doit commencer qu'à partir du maintien. Si l'archer commence trop tôt à viser, il ne se concentrera que pour viser et pour conserver l'alignement qui lui est nécessaire. Il omettra donc les étapes de transfert/chargement et de maintien.

Les cardio-fréquence mètres sont de bons indicateurs scientifiques pour vérifier que le maintien a été atteint. Voir chapitre 5, point 8, Test cardio-fréquence mètre.

## 2. La deuxième Loi sur le Mouvement (Accélération)

Le taux de changement du Moment est proportionnel à la force appliquée et prend place dans la direction de la ligne droite dans laquelle la force agit.

### Définition du Moment

Le Moment se définit comme le produit de la masse du corps et de sa vitesse.

La Loi d'Accélération ne s'applique qu'à partir du moment où la traction commence. Il est donc préférable, comme nous l'avons vu précédemment, que l'archer tire sur la corde rapidement et en ligne droite à environ 5-8 cm en dessous du menton - ce qui alignera aussi plus rapidement le coude de corde.

## 3. La troisième Loi sur le Mouvement (Action et Réaction)

**« Pour toute force appliquée par le corps à un objet, l'objet applique une force équivalente en retour au corps » ou « pour toute action, il y a toujours en retour une réaction équivalente et opposée » ou encore « les actions mutuelles respectives de deux corps sont toujours équivalentes et contraires. »**

**Il est donc extrêmement important d'adopter un positionnement utilisant des principes pour obtenir l'équilibre statique le plus fort possible.**

Si vous demandez à des archers quels sont les principaux muscles avec lesquels ils tirent, vous obtiendrez une grande variété de réponses. Certains diront « je pousse avec ma main gauche », d'autres « je tire avec ma main droite ». D'autres encore diront « je tords mon coude » - ce qui indique le plus souvent un droitier - certains même « je pousse ma poignée ». Dans l'ensemble, ils expriment ce qu'ils ressentent. Indépendamment de cela, l'équilibre doit être de moitié-moitié.



Pendant le passage du clicker un archer peut ressentir une plus grande poussée du côté de son bras d'arc ou au contraire ressentir que son côté de corde est dominant. Ces ressentis sont tous justes tant que l'équilibre est maintenu entre les deux côtés (Troisième Loi du Mouvement).

Le côté droit est généralement le côté dominant chez les droitiers, il a tendance à diriger le mouvement - ce qui altère le centre de gravité et a donc pour conséquence une perte de l'équilibre et de la stabilité. En considérant cette dominance du côté droit, on peut conclure que le côté gauche est proportionnellement plus faible. En admettant que les muscles sont plus faibles à gauche, ils doivent fournir un plus grand effort pour atteindre leur position spatiale pendant le passage du clicker. Pour cette raison l'archer utilise plus le côté de sa main d'arc que le côté de sa main de corde. Il doit cependant - et à tout moment - maintenir l'équilibre (moitié-moitié) entre ces unités musculaires avant et arrière.

Pour une meilleure coordination, il est recommandé que les archers droitiers avec l'œil gauche dominant tirent de la main droite et inversement pour les archers gauchers ayant l'œil droit dominant.

La FITA, dans son manuel d'entraînement le plus récent, indique « A ce jour, les archers obtiennent de bons résultats en utilisant différents critères. La préférence de la main offre, cependant, une plus grande facilité, un meilleur contrôle et une plus grande force. »

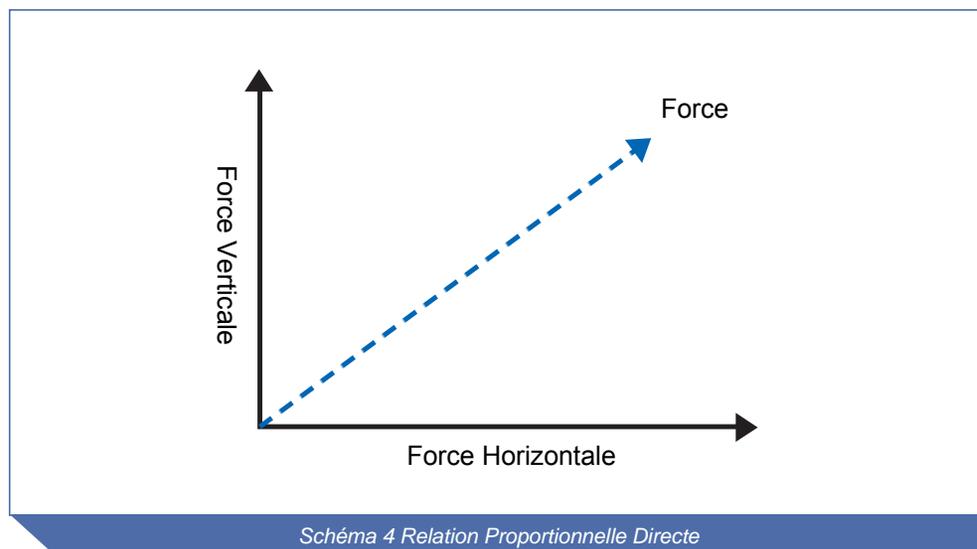
La plupart des archers pensent trop à viser. Le tir à l'arc est un sport technique, non un sport de visée, c'est pourquoi nous devons suivre le côté de la main dominante et non pas celui de la dominance de l'œil.

### 3\_ LE PRINCIPE DES FORCES HORIZONTALE ET VERTICALE

Avant d'examiner comment ce principe s'applique au tir à l'arc, observons ce qui se passe dans d'autres sports afin de nous faire une bonne idée des principes appliqués.

Prenons l'exemple d'un joueur de basket-ball : pour tirer à l'horizontale le plus loin possible, il lui faut générer une certaine quantité de force verticale.

En se basant sur des données trouvées dans Miller, S. et Bartlett, R, Journal des Sciences des Sports, environ 81% de la vitesse est générée par la partie supérieure du corps et 19% par l'extension du genou, de la hanche et de la cheville. Bien que les jambes ne produisent que 19% de la vitesse de la balle, les muscles du bras de tir sont moins sollicités, le tireur a donc moins d'efforts à faire (pour tirer), il est plus probable que son tir soit réussi.





Pareillement pour le lancer de poids la majorité des meilleurs lanceurs de poids utilisent - pour obtenir le maximum de puissance - un mouvement tournoyant couplé avec une très grande force verticale générée par une flexion rapide des jambes. Plus le lanceur de poids génère de force verticale plus la force horizontale est grande - ce qui optimise la réalisation d'un angle de lâcher au plus près de l'angle optimal.

Afin d'illustrer l'effet de la force verticale et de la force horizontale essayez de courir sur du sable meuble. Comme vos jambes repoussent le sable pour générer de la force verticale, le sable cède. Vous développez donc moins de force horizontale - ce qui fait que vous produisez moins de vitesse vous permettant d'avancer.

Le basket-ball, le lancer de poids, la course et beaucoup d'autres sports de mouvement nécessitent un équilibre plus dynamique que pour le tir à l'arc dans lequel la stabilité peut être facilement altérée. Le tir à l'arc exige un équilibre plus statique qui doit être maintenu tout au long du tir. Cependant dans le tir à l'arc aussi un bon équilibre biomécanique aide à établir une technique valable nécessitant un minimum d'efforts musculaires, ce positionnement correct du corps engendrant moins de tension corporelle permet un maintien et une visée réguliers et donc un tir fluide.

Il nous faut donc admettre que la répartition de la pression de 60-70% sur la plante des pieds et de 40-30% sur les talons est un composant essentiel pour une bonne répartition des forces horizontale et verticale. Malheureusement cependant un grand nombre d'archers occidentaux se tiennent plus sur leurs talons que sur la plante des pieds et ne peuvent donc pas optimiser leur stabilité.

L'utilisation de plate-formes de force ne peut pas démontrer la relation proportionnelle directe entre forces horizontale et verticale dans le tir à l'arc : cependant, avec une pos-

ture et un équilibre corrects, vous pouvez être plus fort, développer vos forces de manière plus bénéfique, plus appropriée et atteindre une plus grande stabilité.

Une analyse utilisant des plates-formes de force a néanmoins démontré que le mouvement du centre de gravité est plus grand chez les archers débutants que chez les archers d'élite - cela devient particulièrement évident au lâcher. Il a aussi été prouvé que les archers d'élite améliorent leur stabilité pendant les dernières secondes précédant le lâcher tandis que, par contraste, il y a chez les archers débutants une différence significative entre les paramètres d'équilibre déjà 4 à 6 secondes avant le tir et ce jusqu'au lâcher.

## **4\_ PRINCIPE DU CONTROLE VISUEL**

Observons, de nouveau, ce qui se pratique dans d'autres sports.

Au base-ball, les frappeurs vont non seulement essayer de regarder la balle mais aussi essayer de se concentrer sur la couture de celle-ci. Ils veulent voir la balle très clairement, fixer un point précis plus petit peut les y aider.

De la même façon, quand les joueurs de tennis frappent la balle, ils ne regardent pas l'endroit où ils voudraient voir atterrir la balle, ils sont entièrement concentrés sur la balle, s'assurant ainsi de frapper au bon moment et avec le bon impact. Ils ne quittent donc pas la balle des yeux.

Les joueurs de golf sont, tout comme les joueurs de tennis quand ils frappent la balle, déjà concentrés sur l'endroit où ils veulent que la balle atterrisse et sur la distance nécessaire pour l'atteindre. Ils sont donc entièrement focalisés sur la balle même pendant l'accompagnement - si leurs yeux quittent la balle pour voir où elle va, il est très probable qu'elle sera « miss-it », que leur tir soit raté .



Il en est de même pour le tir à l'arc : l'objectif final de l'archer doit être la cible et non le point de visée ou la flèche. Ses yeux doivent rester concentrés sur la cible jusqu'à ce que la flèche s'y plante. La majorité des archers, en essayant de regarder la flèche, perdent le contrôle du tir - c'est aussi une des raisons pour laquelle un grand nombre d'entre eux a des difficultés à contre-viser les jours de grand vent.

Maintenir les yeux fixés sur la cible jusqu'à ce que la flèche s'y plante s'appelle le « **Contrôle Visuel** ».

Pour plus d'informations sur le contrôle visuel, voir chapitre 6 point 31 : tir d'entraînement par vents forts et contre-visée.

## 5 – PRINCIPE D'ACCOMPAGNEMENT

Quand ils courent les sprinters du 100m doivent avoir pour objectif réel de courir disons 110m. Si leur objectif est de courir 100m, ils vont inconsciemment ralentir en arrivant sur la ligne d'arrivée.

De la même façon les golfeurs, joueurs de base-ball, de cricket ou de tennis doivent frapper « à travers » ou « plus loin que » la balle et la suivre, sinon le moment et la vitesse sont perdus. Cela s'applique, évidemment, à toutes les disciplines sportives.

Dans le tir à l'arc l'archer doit garder la direction et la tension pendant l'accompagnement. Garder la direction ne veut pas dire un retour direct du coude de corde vers l'arrière dans l'alignement de la flèche. Garder la direction signifie que le coude de corde doit décrire un arc de cercle assez grand en suivant le mouvement de la tension dorsale. Suite à cette tension le bras d'arc va légèrement bouger sur la gauche. Voir le chapitre 6, point 6 SCATT System Tests.

L'archer doit apprendre comment rapprocher correctement ses deux omoplates au moment de lâcher et la façon de maintenir la tension dans son dos. Si ses omoplates sont trop éloignées de la colonne vertébrale ou placées trop haut, il aura des difficultés à développer une bonne tension dorsale. Si, en revanche, ses omoplates sont plus rapprochées, son extension pour le passage du clicker ainsi que l'ouverture de sa poitrine seront plus grandes, il pourra donc plus facilement passer les derniers millimètres.

Dans ce but, il peut s'entraîner avec un Formaster - ce qui lui apprendra et l'aidera à maintenir la tension du dos tout au long du lâcher et de l'accompagnement.



## 6 \_ PRINCIPE DE RELAXATION

Le principe de relaxation en lui-même est très basique, mais il est tout aussi essentiel pour tous les sports. Le nageur Ian Thorpe, Champion du Monde, est un bon exemple, à le regarder battre les records du monde, on ne peut que s'émerveiller de son style très détendu, presque comme s'il ne nageait que des longueurs d'entraînement.

Un joueur au base-ball, au moment de lancer sa balle, peut être plus rapide si ses muscles sont détendus. Un muscle tendu est un muscle affaibli.



De la même façon les athlètes d'élite sont capables de concourir avec un minimum de tension et donc de générer un maximum de force.

Pour le tir à l'arc nous verrons que les meilleurs archers utilisent leurs compétences sans effort et de manière complètement détendue. Pour être détendu, il faut utiliser dès le départ les muscles les plus forts, l'utilisation des petits muscles étant plus coûteuse en énergie et favorisant les crispations.

Quand on demande à la plupart des archers occidentaux leur niveau de tension corporelle lorsqu'ils tirent une flèche, ils répondent en général entre 50 et 70 %. En comparaison les archers coréens répondent entre 10 et 30 %. C'est une des principales différences entre les archers occidentaux et coréens. Comme ils tirent en étant trop tendus, les archers occidentaux se fatiguent plus rapidement au cours d'une épreuve FITA de 144 flèches. Le dernier tir d'une épreuve FITA devrait pourtant être exécuté avec autant d'énergie que le premier.

Les archers coréens peuvent tirer jusqu'à 1000 flèches par jour, en comparaison les archers occidentaux ne contrôlent que 200 à 300 flèches par jour environ.

La plupart des archers coréens n'utilisent pas d'autres pour renforcer leurs muscles de tir. Leur entraînement étant concentré sur les muscles spécifiques au tir à l'arc, il s'agit d'un Entraînement Physique Spécifique. Les archers s'entraînent avec des arcs de 2 à 3 livres de plus que leurs arcs de compétition ou alors utilisent du Theraband (élastique utilisé dans le milieu médical) autour de l'arc et de la corde pour en augmenter la puissance. Voir le chapitre 7, point 4, Entraînement Physique Spécifique KSL.

Nous pouvons donc conclure en disant que plus nous sommes détendus plus notre geste est puissant.

**Puissance consommée < Puissance fournie**