



ANATOMIE ET BIOMECHANIQUE POUR LE TIR A L'ARC

Nicolas OSTROWSKI

DEJEPS Tir à l'arc

Master STAPS Préparation Physique

1ère PARTIE

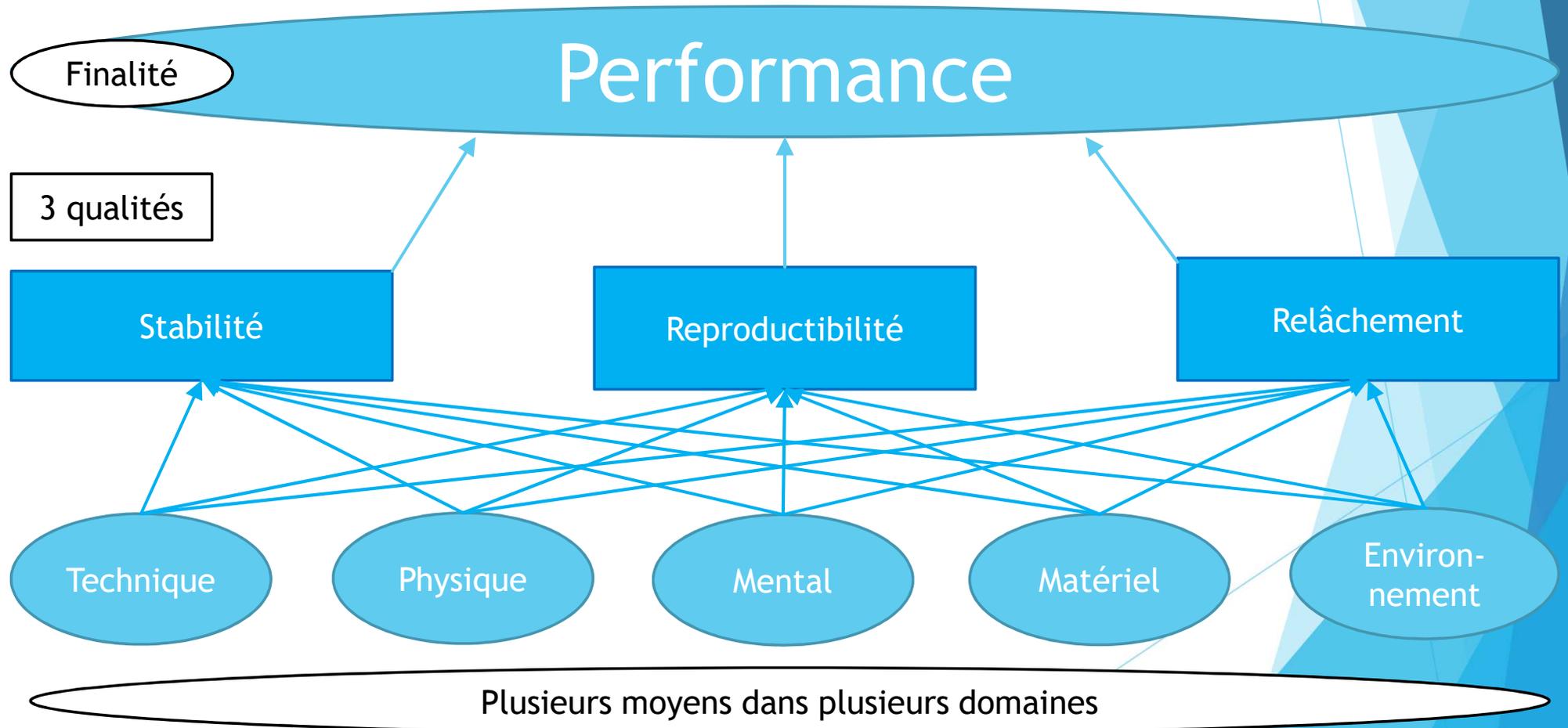
LOGIQUE INTERNE,
DEFINITIONS
& PRINCIPES



Logique interne du tir à l'arc

- ▶ Tirer un maximum de flèches au centre de la cible
- ▶ **3 qualités principales :**
 - ▶ Stabilité
 - ▶ Reproductibilité
 - ▶ Relâchement

Dans les facteurs de la performance



Définition de la stabilité

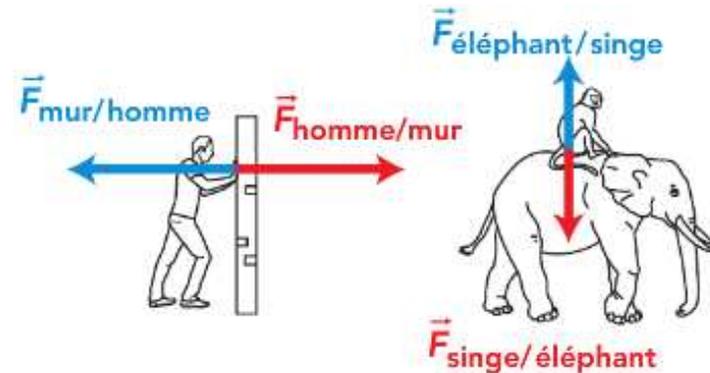
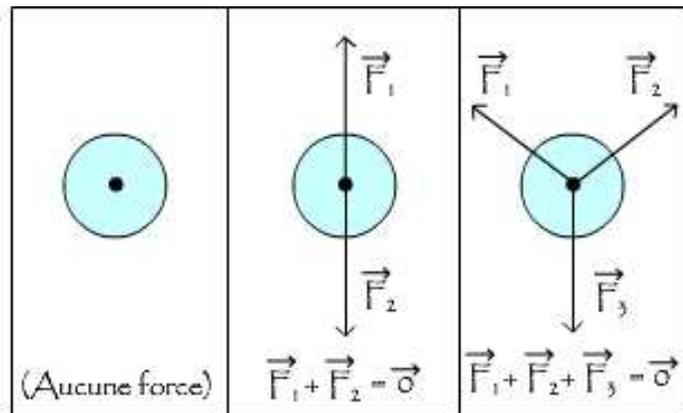
- ▶ Caractère de ce qui se maintient tel, sans profondes variations, pendant un temps assez long (Larousse)

▶ En tir à l'arc :

- ▶ Amener à fixer ou maîtriser la position de l'arc (avant de la flèche) dans l'espace
 - ▶ Amener à fixer ou maîtriser la position de l'arrière de la flèche (repères au visage) dans l'espace
 - ▶ Placer la flèche sur la trajectoire du centre de la cible (précision)

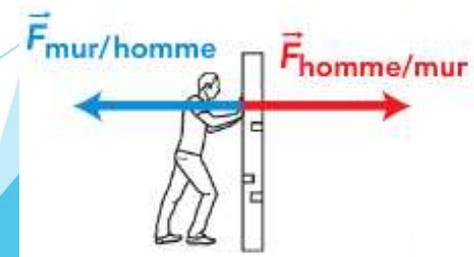
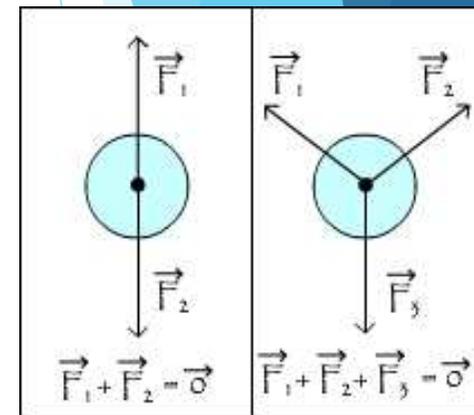
Les bases de la biomécanique :

- ▶ la 1^{ère} loi de Newton (principe d'inertie)
- ▶ Dans un référentiel galiléen, si la somme des forces qui s'appliquent à un système est nulle, ce système est :
 - ▶ Soit en équilibre
 - ▶ Soit en mouvement rectiligne uniforme



Newton au tir à l'arc

- ▶ Créer des alignements de forces
- ▶ Générer des forces contraires aux contraintes de l'arc
- ▶ Créer des fixations et des alignements de pièces osseuses
 - ▶ Pour aboutir à un état d'EQUILIBRE et donc de STABILITÉ
- ▶ Ces actions doivent être :
 - ▶ Simples, efficaces et efficientes
 - ▶ Acquises, maîtrisées puis automatisées
- ▶ Pour satisfaire à la qualité suivante ...



Définition de la reproductibilité

- ▶ Etre capable de répéter les mêmes actions ou mêmes enchaînements d'actions afin d'aboutir au même résultat sur un grand nombre de répétitions
 - ▶ **En tir à l'arc :**
 - ▶ Disposer des mêmes placements et des mêmes alignements
 - ▶ Mettre en œuvre les mêmes muscles, la même synchronisation et la même intensité
 - ▶ Assez simples, efficaces et peu coûteuses en énergie pour les répéter à l'infini

Définition du relâchement

- ▶ s'abstenir d'un état tendu, contracté, crispé
 - ▶ **En tir à l'arc :**
 - ▶ Savoir utiliser les muscles qui doivent travailler (muscles adéquats, puissants et peu fatigables)
 - ▶ Savoir relâcher les muscles qui ne doivent pas travailler (muscles néfastes, antagonistes et fatigables)

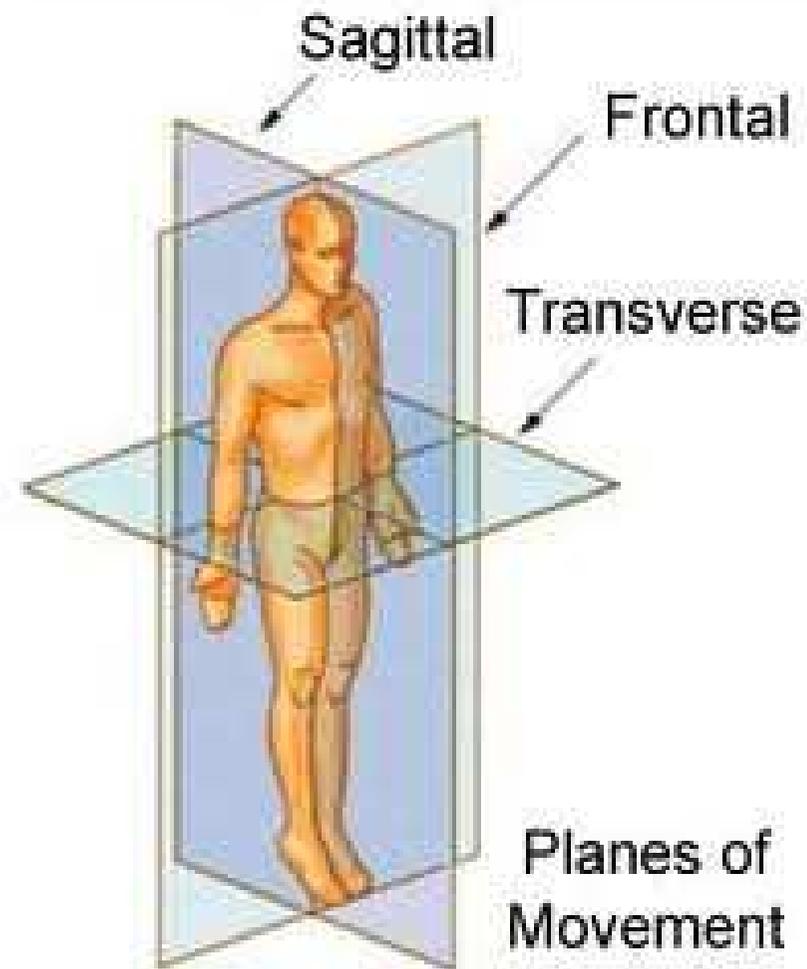
2^{ème} PARTIE

PRESENTATION
ANATOMIQUE
ET
BIOMECHANIQUE
DU
CORPS HUMAIN



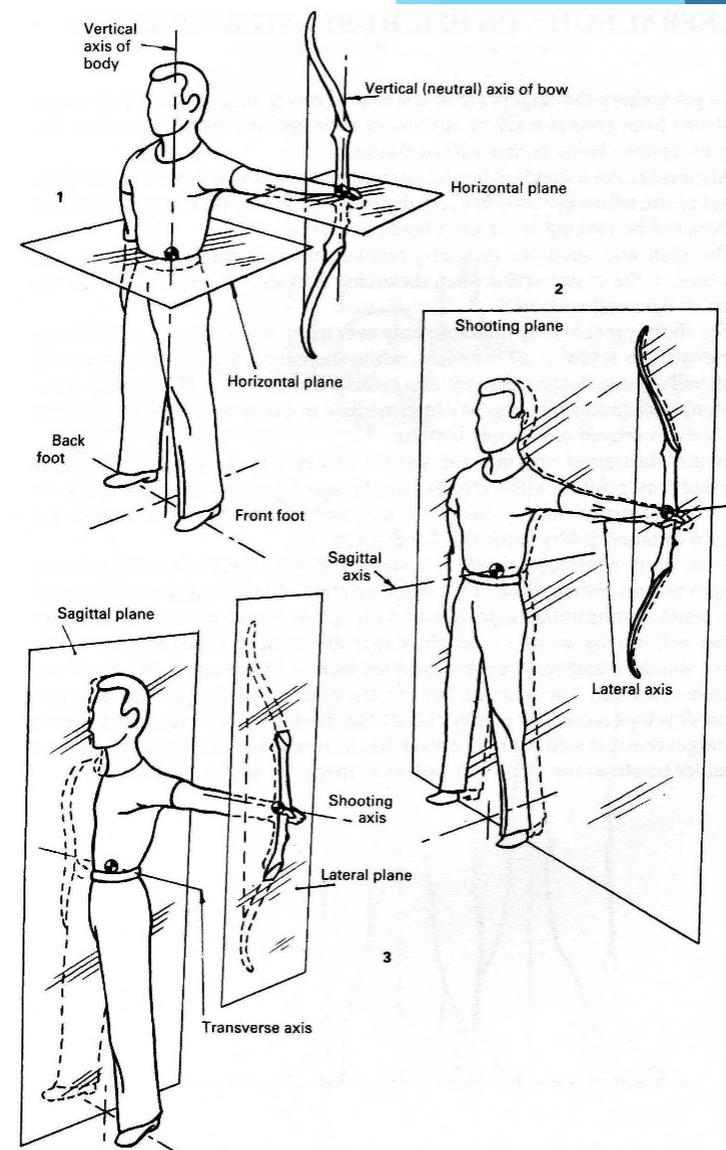
Les plans

- ▶ Le plan **sagittal** sépare
le côté gauche et le côté droit
- ▶ Le plan **frontal** sépare
l'avant de l'arrière
- ▶ Le plan **transversal** sépare
le haut du bas



Les plans avec l'arc

- ▶ Le plan sagittal (en bas) :
Archer : Devant / Derrière
Arc : Gauche / Droite
- ▶ Le plan frontal (à droite) :
Archer : Avant / Arrière
Arc : Avant / Arrière
- ▶ Le plan transversal (en haut) :
Archer : Haut / Bas
Arc : Haut / Bas



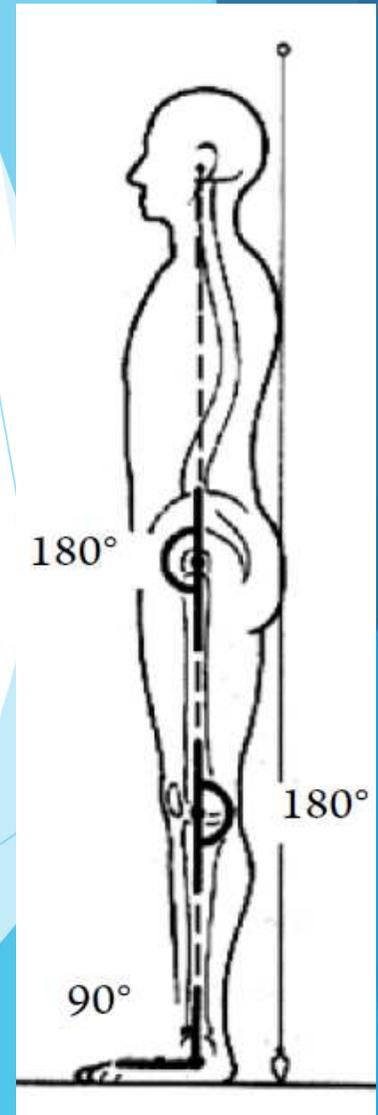
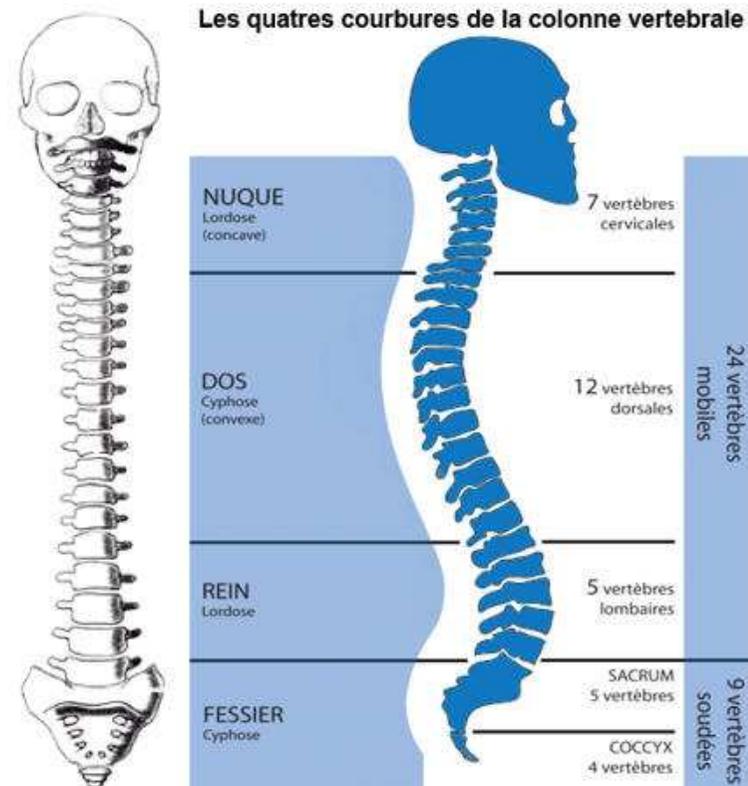
Explications anatomiques de la posture

L'équilibre sera assuré par :

- L'alignement des pièces osseuses, des pieds au bassin
- La superposition des vertèbres

La colonne vertébrale présente :

- 2 lordoses
- 2 cyphoses

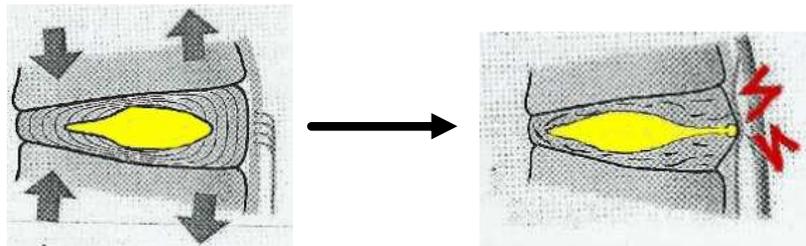


Explications anatomiques de la posture

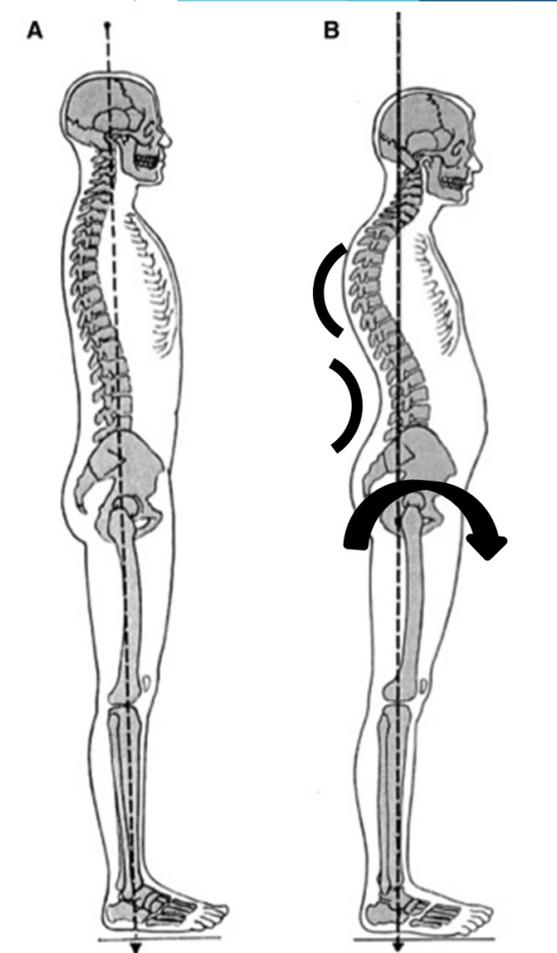
La superposition idéale (A) des vertèbres permet :

- Une grande mobilité
- L'élasticité et l'amortissement des chocs

Une hyper-lordose et/ou une hyper-cyphose (B) va diminuer ces fonctions et créer des pressions asymétriques sur les disques intervertébraux qui vont pincer les racines nerveuses et générer des douleurs.

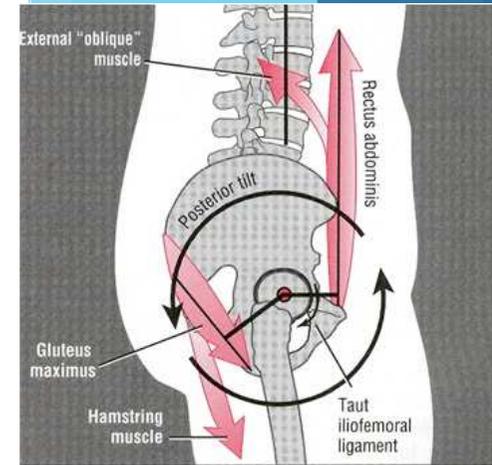


Nicolas OSTROWSKI - ETR Comité Régional IdF Tir à l'arc



Explications anatomiques de la posture

Le réalignement des vertèbres passe par une légère rétroversion du bassin.



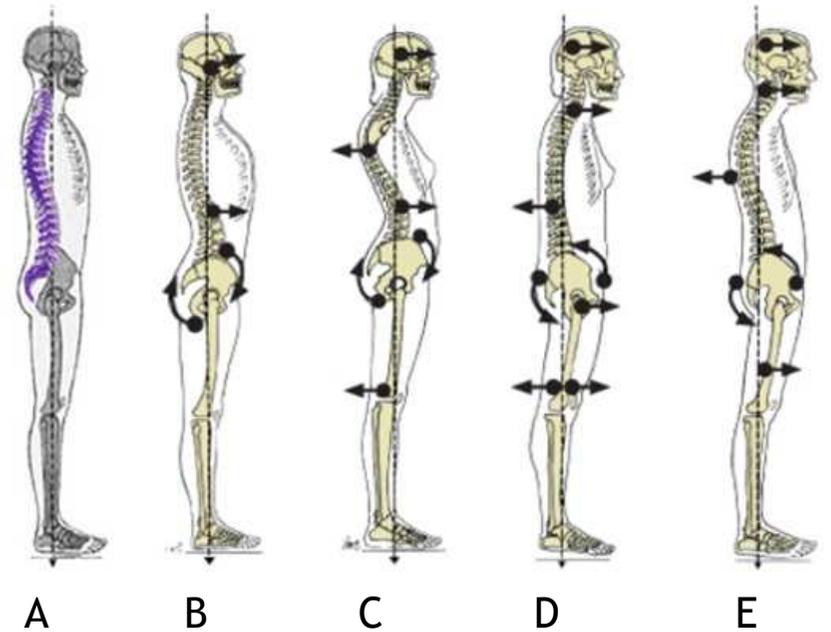
A : Position de référence

B : Position commune (torse relevé)

C : Position cambrée ou crispée

D : Position spécifique en tir à l'arc

E : Rétroversion exagérée

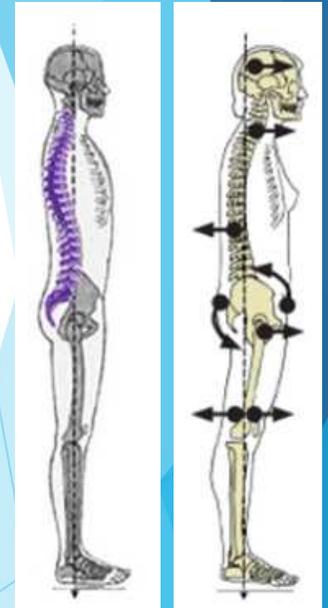
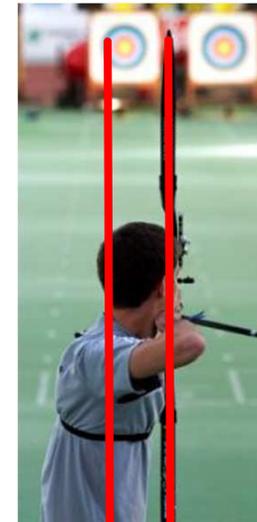
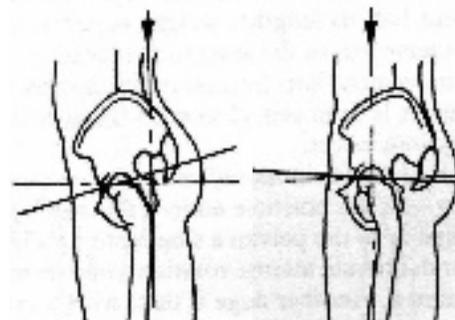


Posture spécifique au tir à l'arc

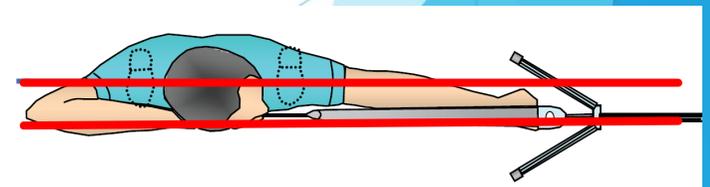
Pour la position spécifique au tir à l'arc, les contraintes extérieures (masse et puissance de l'arc) nécessitent un gainage abdominal plus important.

Le réalignement du corps sera différent :

- Gainage des cuisses
- Rétroversion légère
- Légère diminution de la lordose
- Projection du crane en avant



On remarque le décalage de plan entre celui du corps et celui de l'arc



Posture et morphologies

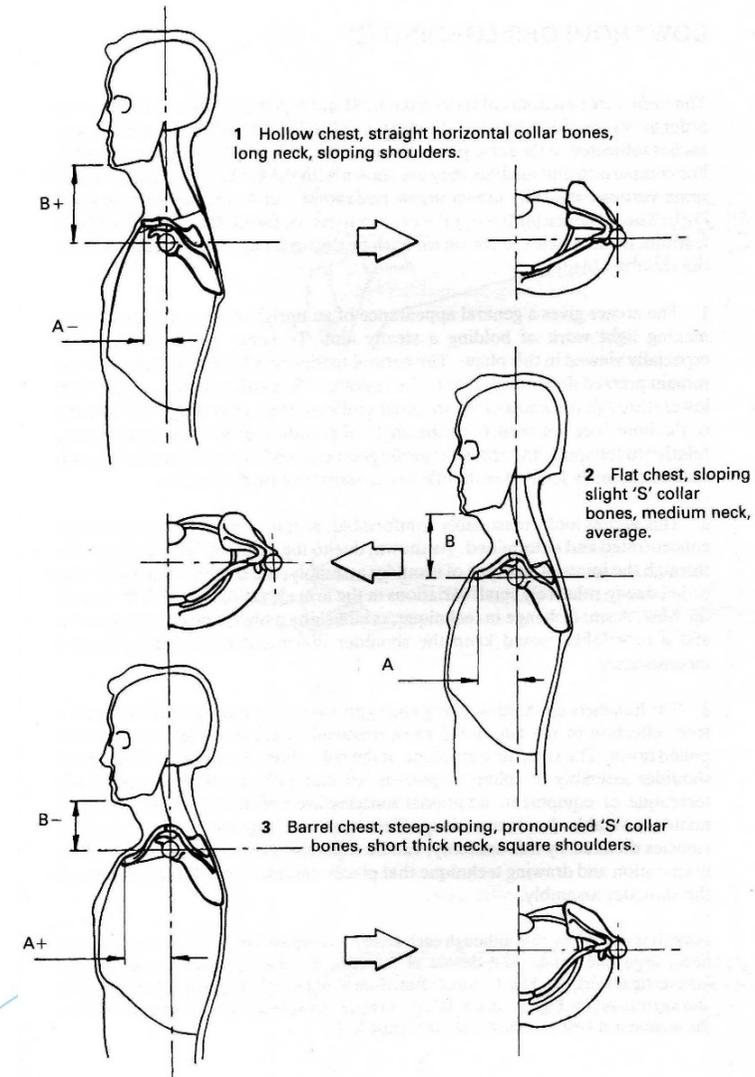
Selon la physionomie de l'archer, le réalignement du corps sera plus ou moins marqué :

Figure 1 : (Buste renforcé, clavicule alignée, long cou, épaules tombantes)

- Passage à la position spécifique peu marqué

Figure 3 : (Buste volumineux, clavicule en avant, cou court et musclé, épaules carrées)

- Passage à la position spécifique peu marqué



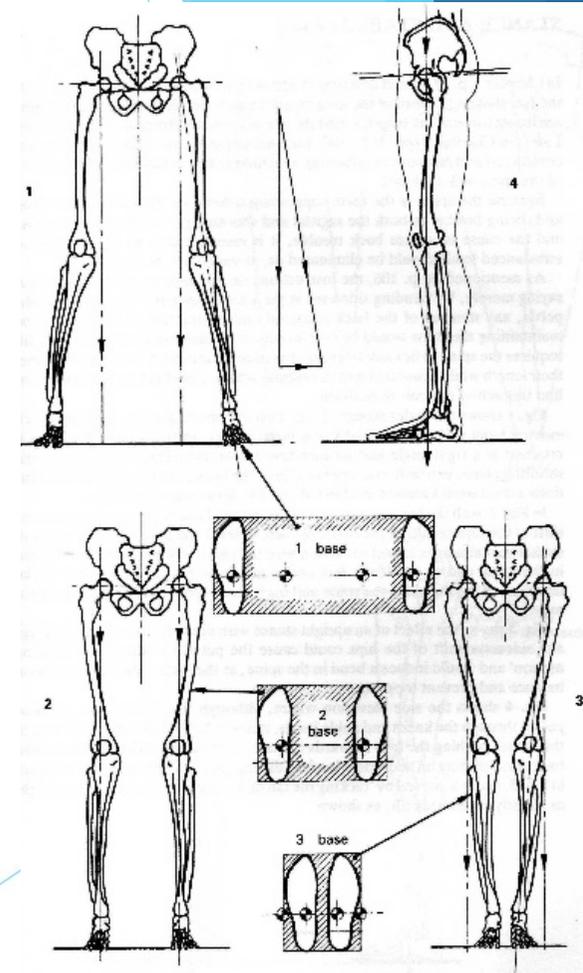
Ecartement des pieds

L'écartement des pieds aura une incidence sur l'équilibre :

Position 1 : Pieds plus écartés que l'axe vertical du col du fémur
Plus stable, mais gainage des cuisses plus important

Position 2 : Pieds autant écartés que l'axe vertical du col du fémur
Stable, et gainage des cuisses basique

Position 3 : Pieds moins écartés que l'axe vertical du col du fémur
Peu stable, et gainage des cuisses difficile



Avancement et rotation des pieds

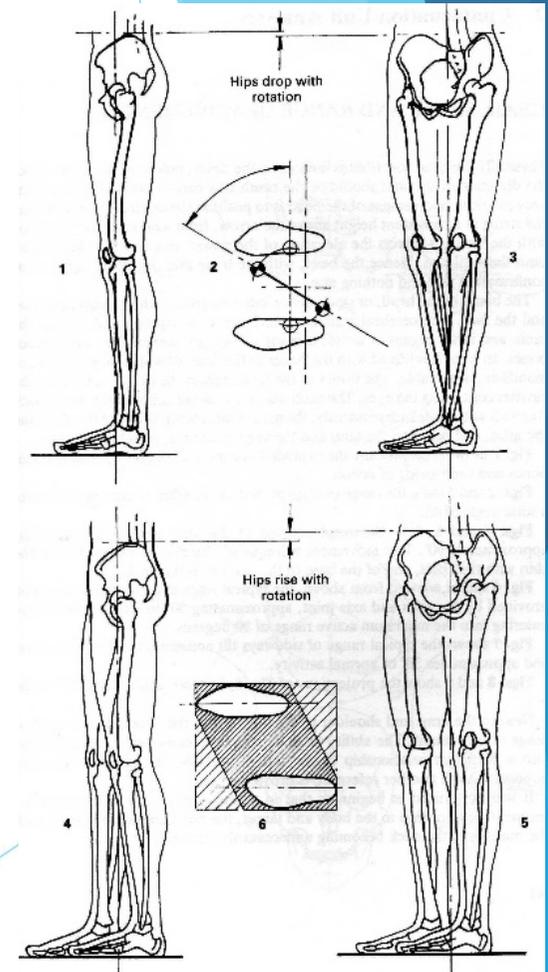
La position des pieds aura une incidence sur l'équilibre :

Les pieds alignés, avec ou sans rotation (1, 2, 3) :

- Maintien du bassin à une hauteur constante
- Distribution homogène du poids du corps
- Equilibre inné

Le pied arrière avancé (4, 5, 6) :

- Modification de la hauteur du bassin
- Distribution hétérogène du poids du corps
- Equilibre à rechercher



Avancement et rotation des pieds

Cas poussé au maximum : Kisik Lee

Les pieds alignés avec le bassin et le torse utilise l'équilibre des forces pour stabiliser la posture.

Avec un arc très puissant et lourd, cela peut devenir insuffisant.

Au lieu d'opposer la force des abdominaux de gauche contre celles de droite, l'archer va aller en butée maximale puis gagner dans cette position.

ATTENTION : c'est une technique d'optimisation poussée, uniquement en entraînement intensif, avec un renforcement abdominal exemplaire, sinon blessure assurée...

Nicolas OSTROWSKI - ETR Comité Régional IdF Tir à l'arc



Récapitulatif des intérêts de la posture

La posture ainsi créée, elle assure un alignement des chevilles, des genoux, du bassin, de la colonne vertébrale et de la tête.

Elle va apporter ou favoriser la stabilité et également la reproductibilité et le relâchement nécessaire des autres systèmes :

- Alignement horizontal : grip/bras d'arc/épaule/cage thoracique
- Alignement de la main dans le grip
- Verrouillage de l'avant-bras d'arc
- Utilisation des muscles pour la mise en tension et amplitude
- Alignement de l'avant-bras de corde
- Optimisation de la prise de corde

Explications anatomiques de la ceinture scapulaire

L'épaule est une ceinture composée de 3 articulations :

- Gléno-humérale (0 à 90° maxi)
- Scapulo-thoracique (20°)
- Acromio-claviculaire (25-30°)

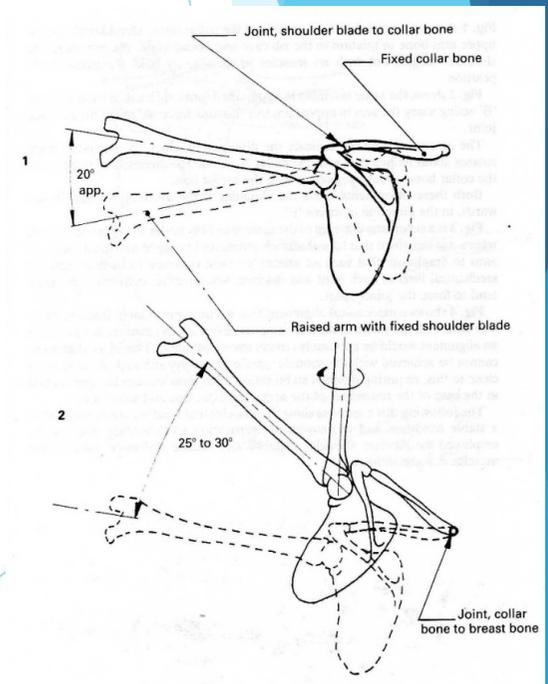
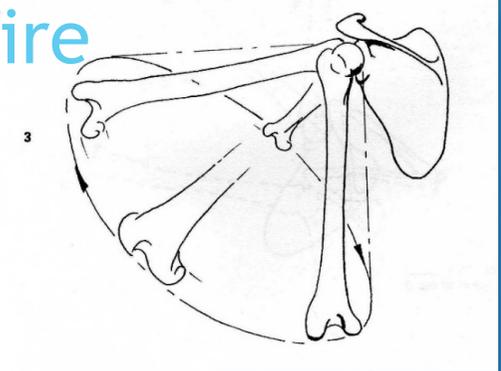
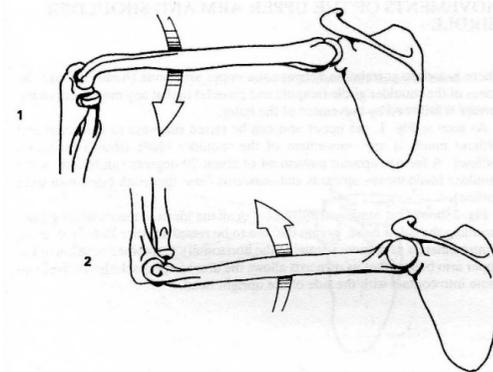
Sur l'articulation gléno-humérale, l'humérus peut effectuer des rotations :

- Rotation interne

(Grand rond, grand dorsal, sub-scapulaire et grand pectoral)

- Rotation externe

(Petit rond et infra épineux)



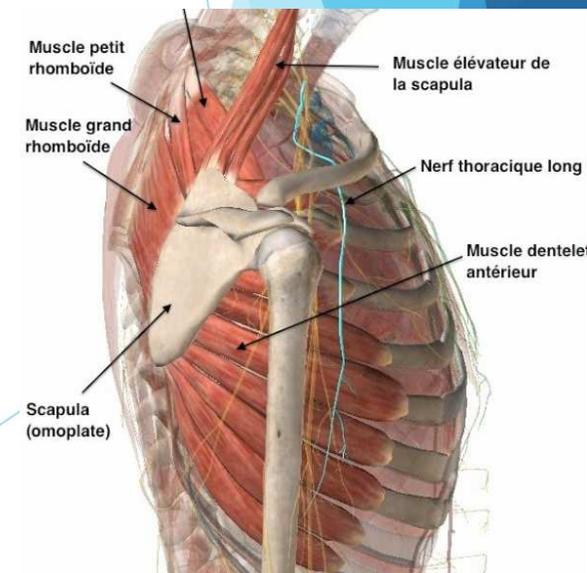
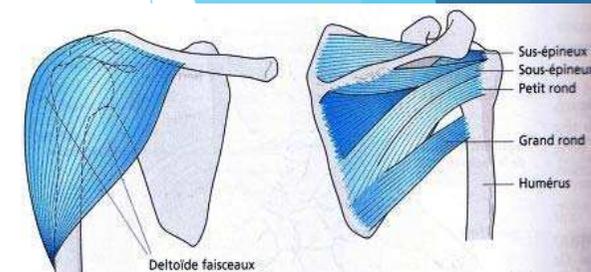
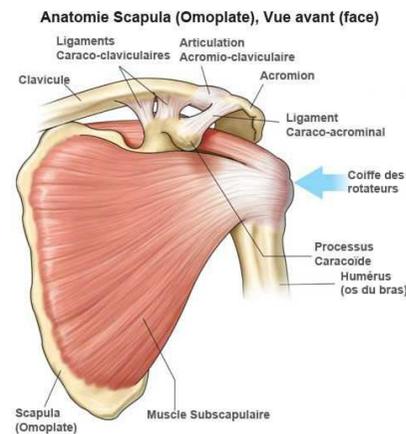
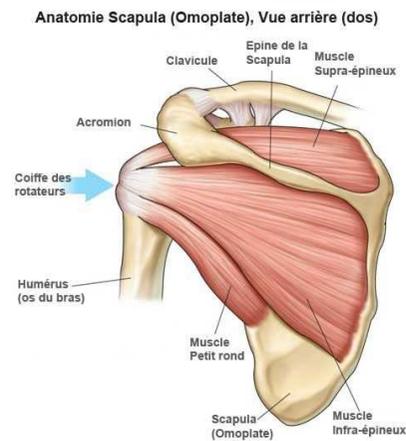
Explications musculaires de la ceinture scapulaire

La coiffe des rotateurs :

- Le sus-épineux (supra-épineux)
- Le sous-épineux (infra-épineux)
- Le sous-scapulaire
- Le petit rond

Les autres principaux muscles :

- Le grand rond
- Le deltoïde
- Le dentelé antérieur

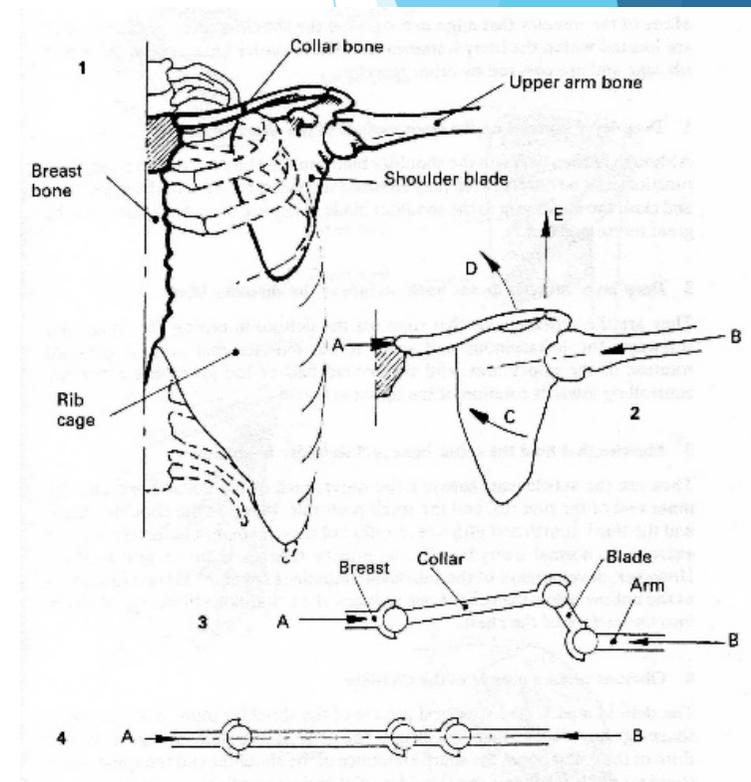
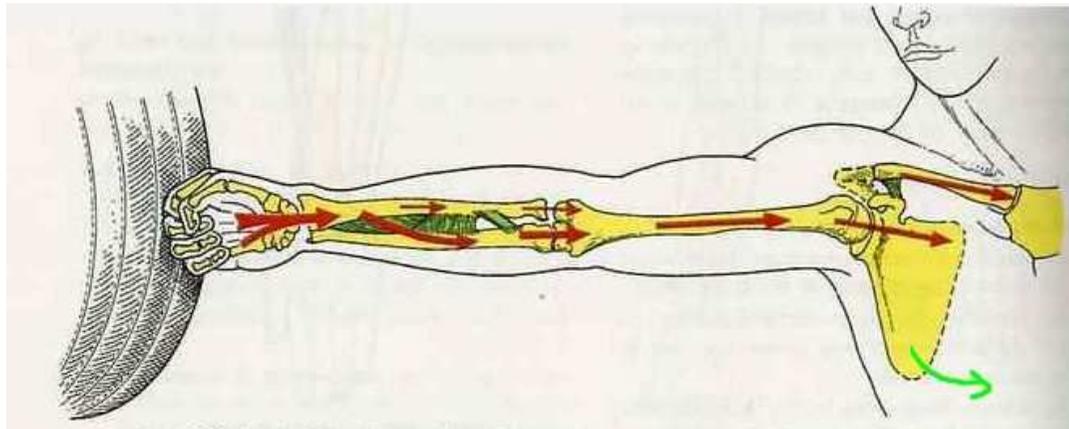


Principes anatomiques de la ceinture scapulaire

Cette posture va favoriser le placement horizontal, celui des épaules.

Pour l'épaule d'arc :

- Alignement Humérus/Omoplate/Clavicule/Sternum
- Alignement Omoplate/Cage thoracique



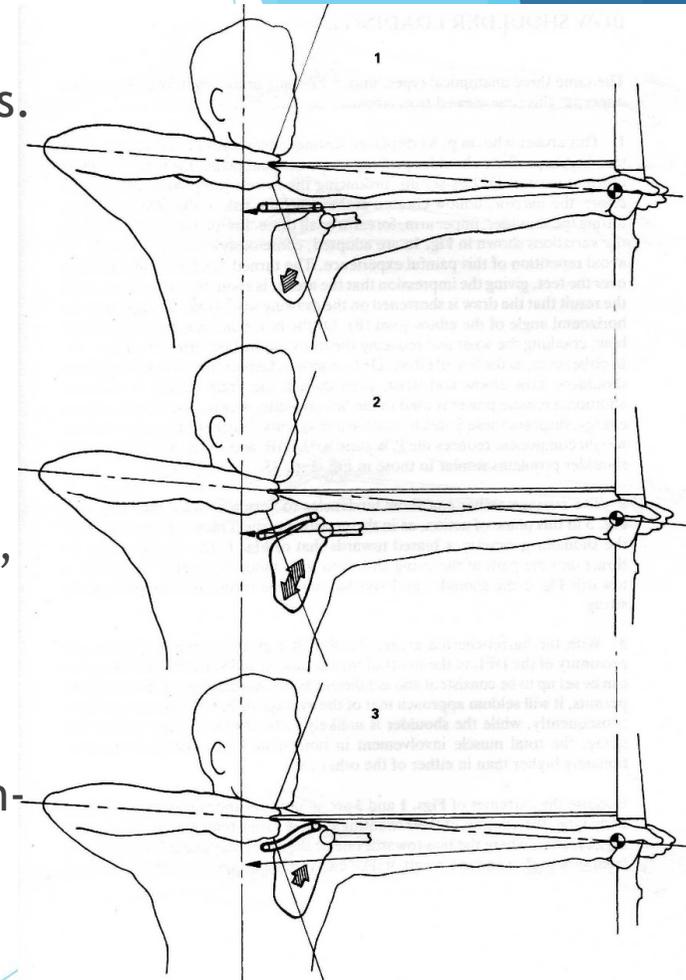
Influences anatomiques de la ceinture scapulaire

En diapo 17, différentes morphologies de cage thoracique sont visibles.

En 1, les archers avec une cage plate, la puissance de l'arc passe au-dessus de la ceinture scapulaire et la fait descendre, mais en arrière, et le manque de masse musculaire ne pourra contenir son élévation à cause de la masse de l'arc.

En 2, les forces s'équilibrent, car s'alignent sur la ceinture scapulaire, de plus la masse musculaire est suffisante pour mobiliser le bras sans aide extérieure.

En 3, les archers à la cage volumineuse, la puissance de l'arc passe en-dessous de la ceinture scapulaire et la fait remonter, mais la masse musculaire pourra la contenir, tout comme la masse de l'arc.



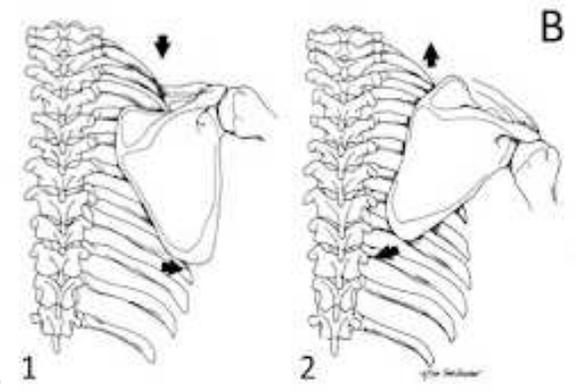
Influences anatomiques de la ceinture scapulaire

Les archers avec peu de masse musculaire vont subir la puissance de l'arc et l'omoplate va s'écraser en dedans et se relever, d'autant plus que le trapèze est déjà sollicité pour aider le deltoïde à élever le bras (épaule de droite).

Les archers à la masse musculaire suffisante, pourront placer l'omoplate comme il veulent malgré la puissance de l'arc. Ils pourront élever le bras indépendamment de l'omoplate, qui va s'abaisser et se fixer vers l'extérieur (épaule de gauche).

Le muscle principal utilisé pour l'élévation du bras est le deltoïde (faisceau médian).

Le muscle principal pour la fixation de l'omoplate (abaissement et sonnette externe) est le dentelé antérieur.



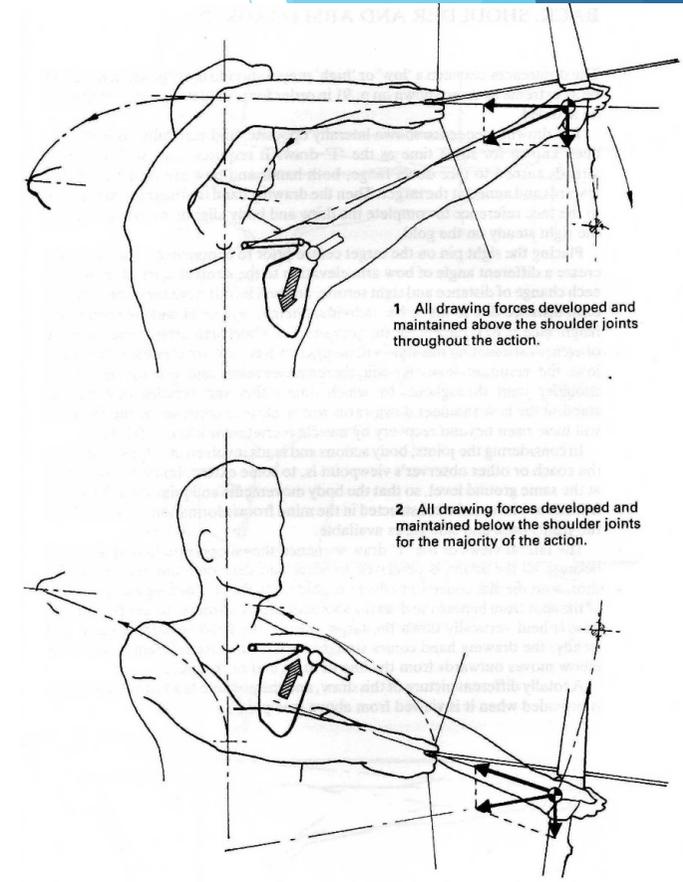
Opportunité anatomique de la ceinture scapulaire

En armant ou pré-armant au-dessus de la ligne des épaules, la ligne des forces et la résultante sont au-dessus de l'alignement de l'épaule.

L'omoplate est poussée vers le bas.

En armant ou pré-armant en-dessous de la ligne des épaules, la ligne des forces et la résultante sont en-dessous de l'alignement de l'épaule.

L'omoplate est poussée vers le haut.



Influence de la masse de l'arc sur la ceinture scapulaire

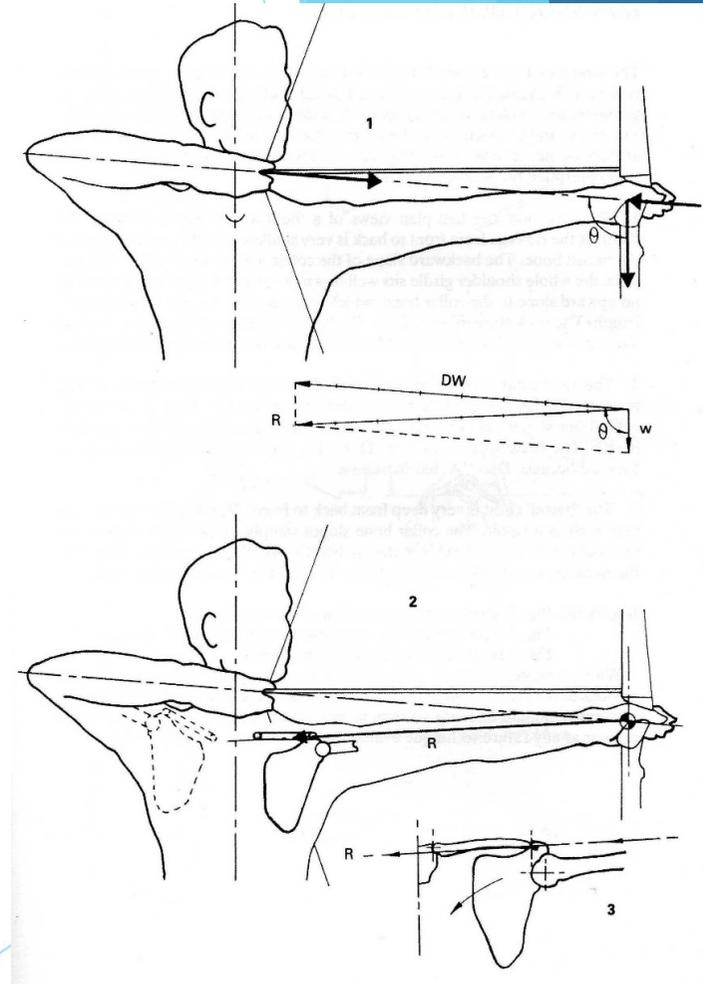
Les 2 principales forces en présence sont La puissance et la masse de l'arc

La résultante (R) va :

- Pousser sur main, le bras et l'épaule d'arc
- Tirer sur la main, le bras et l'épaule de corde

Si la poussée de l'arc va favoriser l'alignement de l'épaule d'arc, la masse va entraîner son élévation à cause de l'aide du trapèze.

Pour éviter cela, il faut soit augmenter la puissance, soit diminuer la masse de l'arc.



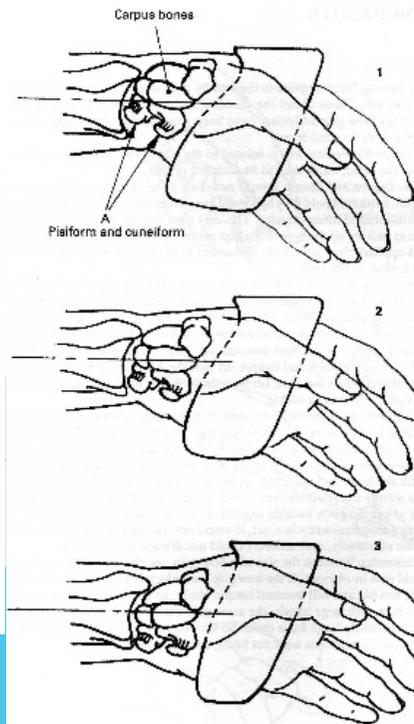
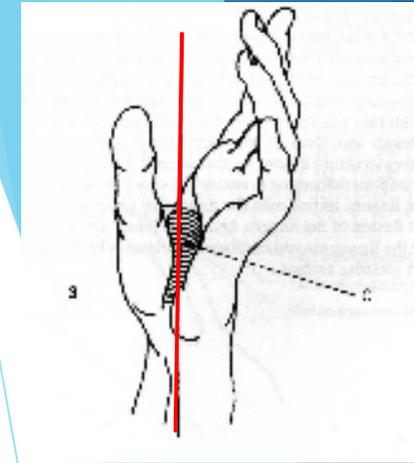
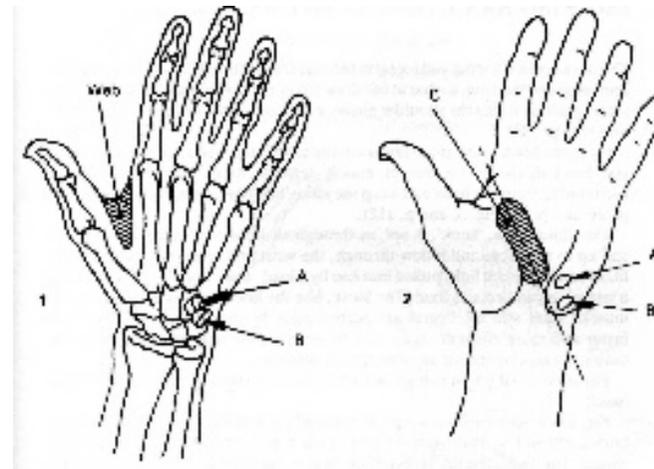
Explications anatomiques de la main d'arc

La main est une zone de transition entre l'archer et l'arc :

- Elle doit transmettre les alignements
- Elle doit assurer le transfert des forces dans les 2 sens

La zone de contact doit se trouver sur l'axe des force, sur le thénarien, sans reposer sur le pisiforme et l'os crochu, effectuant un 2nd point d'appui sur le grip.

En fonction de la forme du poignet, en particulier le pisiforme et le cunéiforme, l'inclinaison du grip sera différente.



Influence du grip sur la main d'arc

L'axe des forces doit être aligné sur le plan frontal entre le poignet et la ceinture scapulaire.

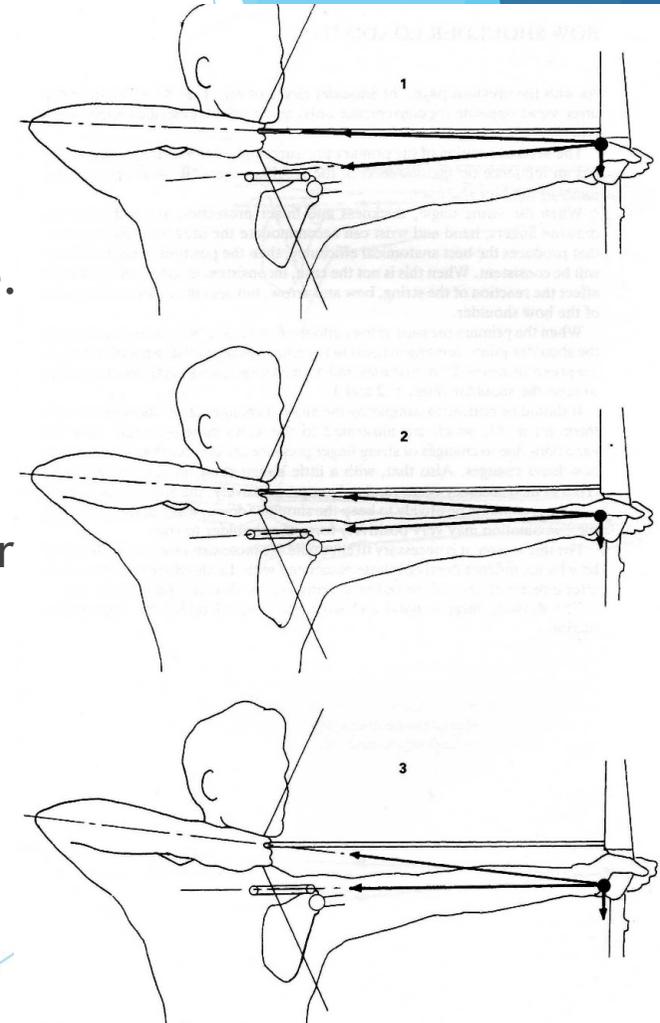
La pente du grip, et donc la hauteur du point d'appui a une incidence.

Un grip trop pentu ou un point d'appui haut (1) élèvera en hauteur la ligne des forces.

Un grip moyen ou un point d'appui médian (2) maintiendra en hauteur la ligne des forces.

Un grip plat ou un point d'appui bas (3) abaissera en hauteur la ligne des forces.

A noter que ce paramètre n'est pas à considérer seul mais avec l'ensemble des autres paramètres.

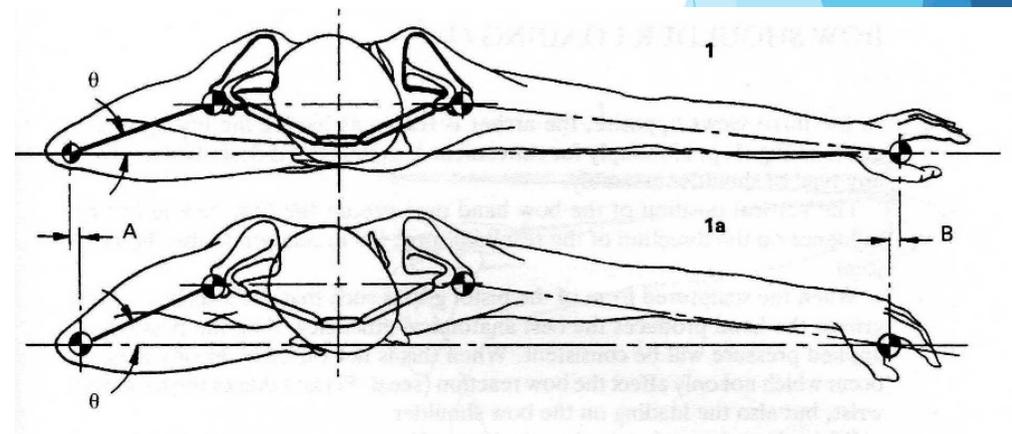
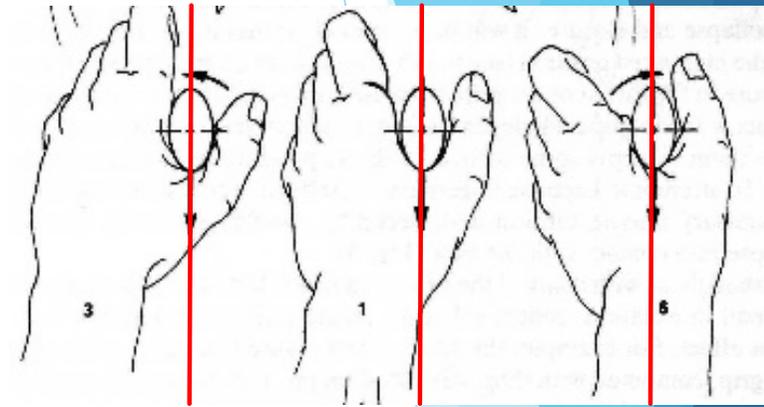


Alignement de la main d'arc

La main d'arc est articulée sur le plan transversal.

Les forces doivent être alignées entre le creux pouce/index et le poignet.

Un manque d'alignement diminuera le potentiel de transmission des forces et l'archer perdra de l'allonge et de la puissance



Verrouillage anatomique du bras d'arc

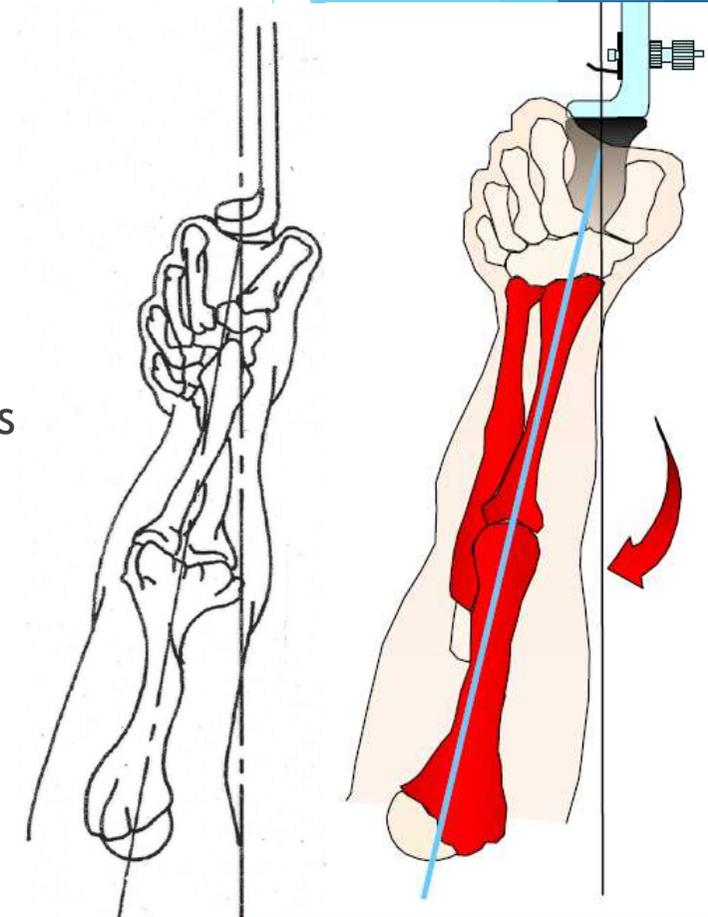
Le bras d'arc est constitué de 3 os :

- L'humérus
- le cubitus
- le Radius (ulna)

Le verrouillage s'obtient en effectuant une rotation interne du bras à l'aide du grand rond.

La tête de l'humérus pivote d'arrière en avant et vient se placer dans l'axe de l'épaule.

De plus le cubitus et le radius s'aligne et deviennent parallèle, augmentant la rigidité et la stabilité du bras



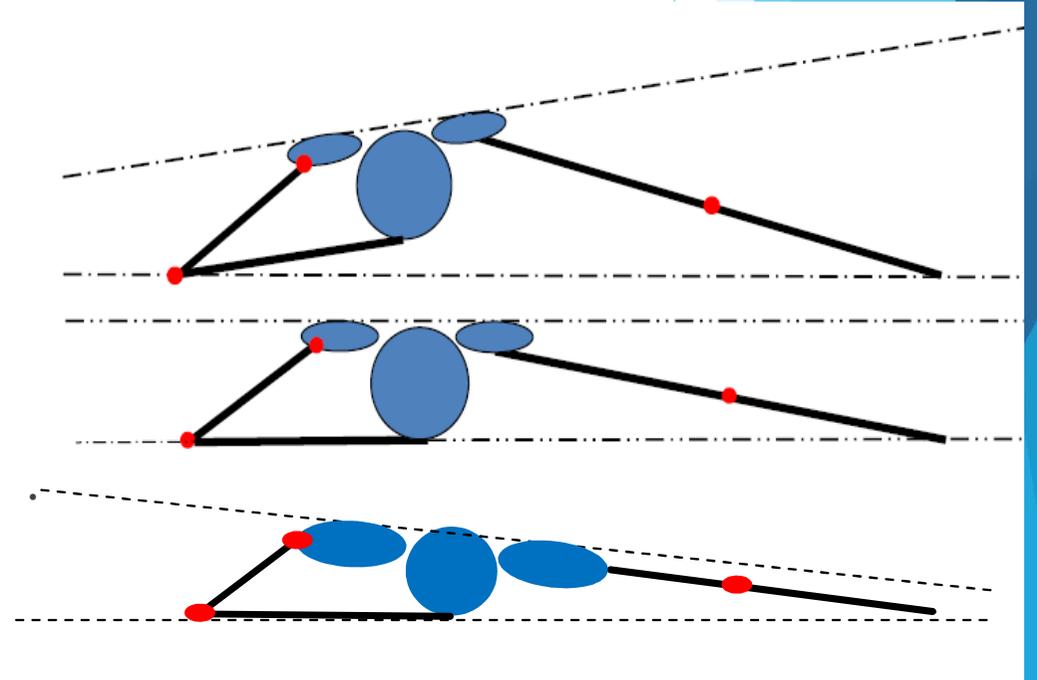
Alignement des épaules

Tous ces points vont favoriser l'alignement et diminuer l'aire des forces.

On passe donc des épaules face à la cible à des épaules alignés à la cible.

L'amplitude de l'épaule de corde permet l'alignement de l'avant-bras de corde.

On peut aller plus loin dans l'alignement des forces en sur-alignant les épaules vers le bras d'arc, augmentant encore la stabilité, le reproductibilité et le relâchement



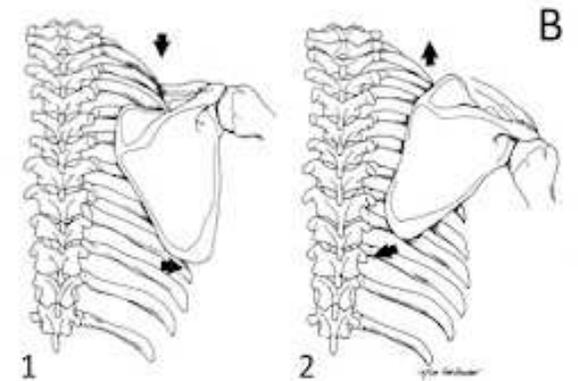
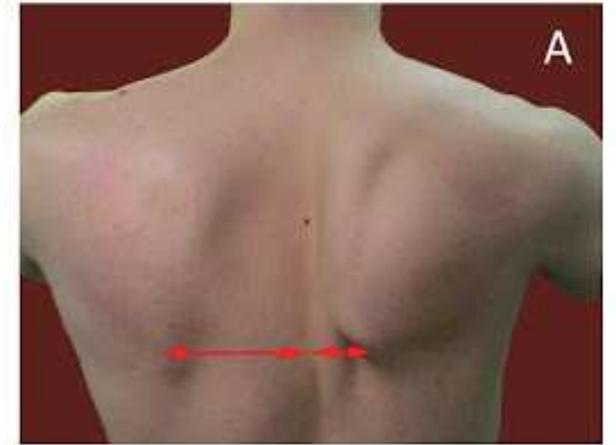
Explications anatomiques de l'épaule de corde

En armant, l'épaule corde va se confronter à la puissance de l'arc. Si la masse musculaire n'est pas suffisante ou la préparation mal effectuée, l'omoplate va s'écraser en dedans et se relever, d'autant plus que le trapèze est déjà sollicité pour aider le deltoïde postérieur à envoyer le coude en arrière (épaule de droite).

Si la masse musculaire est suffisante ou la préparation bien effectuée, l'omoplate se placera malgré la puissance de l'arc. Ils pourront effectuer la rétropulsion du coude indépendamment de l'omoplate, qui va s'abaisser et se fixer vers l'extérieur (épaule de gauche).

Le muscle principal utilisé pour la rétropulsion du coude est le deltoïde (faisceau postérieur).

Le muscle principal pour la fixation de l'omoplate (abaissement et sonnette externe) est le dentelé antérieur.



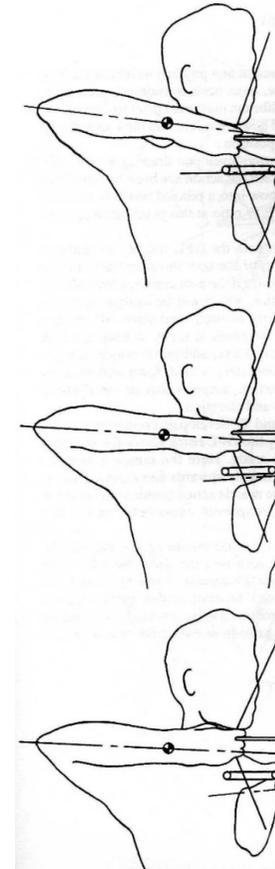
Influences anatomiques du bras de corde

Pour assurer l'équilibre des forces, l'alignement de l'avant-bras de corde avec la flèche sur le plan frontal est indispensable.

Il existe un rapport de longueur entre le bras (rouge) et l'avant-bras (bleu).

En fonction de ce rapport, et pour assurer l'alignement avec la flèche, le coude pourra se trouver à une hauteur différente selon les archers.

A noter que ce paramètre n'est pas à considérer seul mais avec l'ensemble des autres paramètres.



Explications anatomiques de la prise de corde

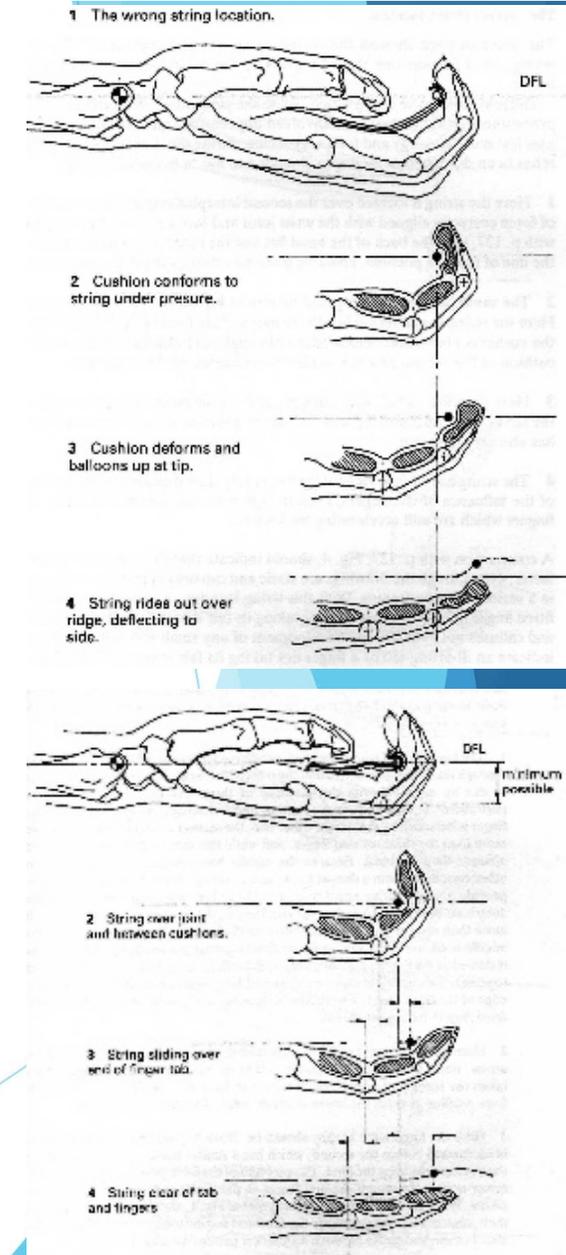
La prise de corde sur le bout des doigts appuie sur la pulpe et cause des douleurs et des problèmes nerveux (hyper ou hypo-sensibilités).

Pour maintenir la corde sur le bout des doigts :

- La tension musculaire est supérieure
- Les muscles internes de la main compensent
- La main forme un crochet et sort de son alignement
- Le temps de décontraction sera supérieur.
- La corde sort avant la décontraction des doigts, en roulant et sortant de sa trajectoire

La prise de corde sur l'articulation phalangine-phalangette se défait de ces difficultés. Les douleurs de main sont écartées. La vitesse de sortie est supérieure.

Nicolas OSTROWSKI - ETR Comité Régional IdF Tir à l'arc



Influences anatomiques de la prise de corde

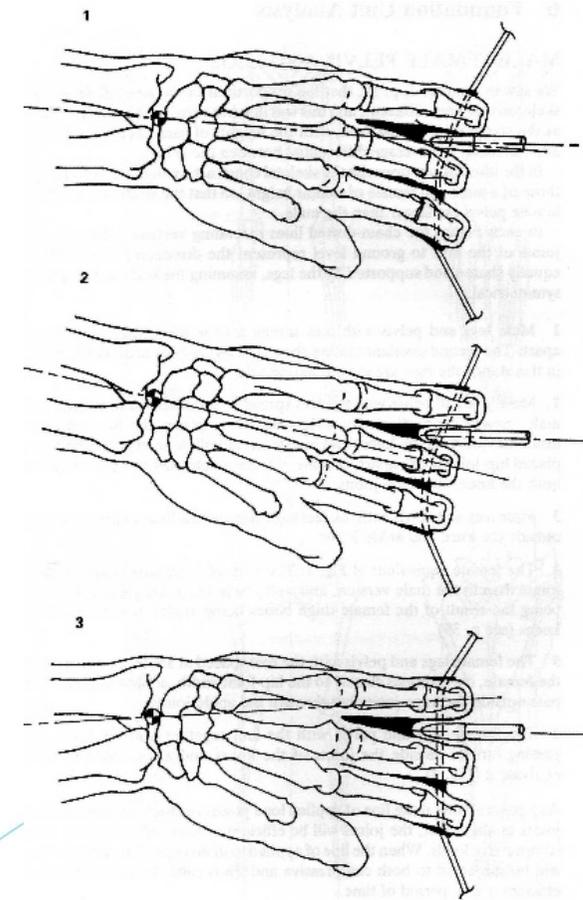
La prise de corde physiquement idéale est celle passant par l'encoche et le milieu du poignet (1).

Dans cette position, la tension est centrée sur le majeur, plus long, et les autres n'auront qu'un crochetage partiel. La libération sera saccadée.

Pour l'améliorer, crocheter d'abord l'index et l'annulaire, puis le majeur.

En figure 2, le crochetage est réalisé en 1^{er} avec le majeur et l'annulaire, l'axe des forces passe par le majeur et des frottements apparaissent sur l'index. A modifier.

En figure 3, le crochetage est efficace (index/annulaire uniforme, majeur en renfort). L'axe des forces passe par l'index, faisant chuter le coude. En le relevant, ce sera la meilleure prise de corde.



Influences anatomiques de la prise de corde

Une prise de corde avec une traction dominante de l'index relèvera la résultante des forces R (figure 1).

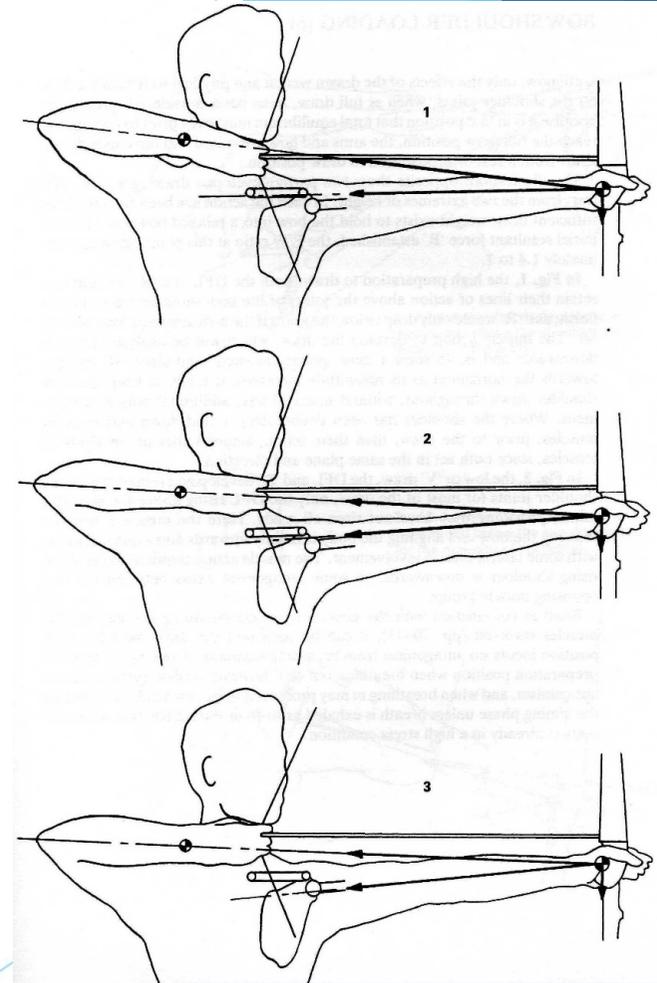
Voir figure 3 de la diapo précédente.

Une prise de corde avec une traction dominante du majeur maintiendra la résultante des forces R (figure 2) à une hauteur moyenne.

Voir Figure 1 de la diapo précédente.

Une prise de corde avec une traction dominante de l'annulaire abaissera la résultante des forces R (figure 3).

Voir Figure 2 de la diapo précédente.

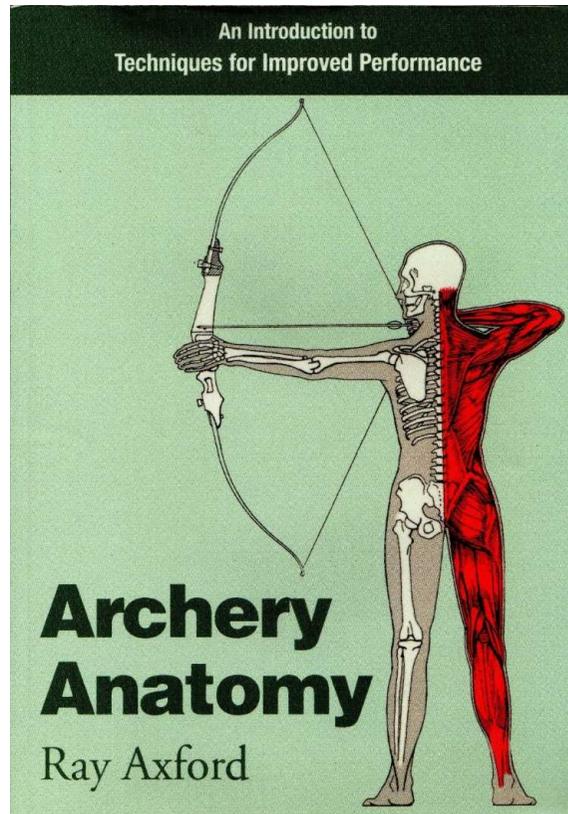


Références

- ▶ Archery Anatomy de Ray AXFORD
- ▶ Cours DEJEPS

A voir :

- ▶ Manuel des Entraîneurs FITA niveau 2
- ▶ Le placement des omoplates
Collection « Enseigner le Tir à l'Arc » n° 6



Manuel des
Entraîneurs
FITA

