

# **EVALUATION DES CONTRAINTES BIOMECHANIQUES EN KITESURF FREESTYLE**

## **QUELLE PLACE POUR L'OSTEOPATHIE?**



**Mémoire de fin d'étude présenté par Ludovic LANCELOT en  
vue de l'obtention du D.U d'ostéopathie du sport**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME  
UNIVERSITAIRE D'OSTEOPATHIE DU SPORT

**EVALUATION DES CONTRAINTES  
BIOMECANIQUES EN KITESURF FREESTYLE**

**QUELLE PLACE POUR L'OSTEOPATHIE?**

TRAVAIL REALISE PAR Ludovic LANCELOT OSTEOPATHE D.O  
PROMOTION TONY PARKER  
[BREST 2011](#)

## **Remerciements:**

En tout premier lieu, un grand merci à:

ma femme, pour sa patience, sa générosité et son soutien

ma famille: mes enfants, mes parents et beaux-parents, mon frère...

mes amis de toujours, ceux qui m'ont aidés dans ce travail et ceux avec lesquels je partage cette nouvelle passion qu'est le kite

mes professeurs de l'EOG

les enseignants du DU de Brest et toute ma promotion (certains en particulier...)

les membres d'Emeraude Kite, en particulier Kévin RENAUD et les quelques adhérents qui ont bien voulu passer « sous mes mains »...

François Duchène De Lamotte, médecin FFVL, Eric Wyss, coordinateur de la FFVL et pôle France kitesurf; et les organisateurs du Colloque sur la préparation physique en kitesurf (Christophe HAMON, Prepar, le Creps de Montpellier, Stadeo TV...)

Isabelle pour ses photos et le web pour les autres...

## **Plan:**

Préambule

Introduction

1/ Le kitesurf c'est quoi?

2/ Les contraintes spécifiques liées à la pratique du kitesurf

2.1/ Les différents facteurs

2.2/ Les mécanismes du saut

2.3/ Les critères de jugement

3/ Les pathologies rencontrées

3.1/ La traumatologie articulaire

3.2/ La traumatologie musculaire

3.3/ Les pathologies chroniques

4/ Observation des contraintes biomécaniques liées à l'activité freestyle

4.1/ Modélisation en « fil de fer »

4.2/ Le genou

4.2.1/ Les facteurs intervenant dans les mécanismes de blessure

4.2.2/ Les autres facteurs de risque

4.3/ Le complexe scapulo-huméral

4.3.1/ Notion de « déhooké »

4.3.2/ La proprioception

4.4/ La charnière cervico-dorsale

4.4.1/ Notion de « whiplash »

4.4.2/ Le « freinage » musculaire

5/ L'abord ostéopathique:

5.1/ Notion d'irréversibilité

5.2/ Le traitement ostéopathique

5.2.1/ Le membre inférieur

5.2.2/ Critique

5.2.3/ Le complexe scapulo-huméral

5.2.4/ Le rachis cervico-dorsal

Discussion

Conclusion

Lexique

Bibliographie

## **Préambule:**

Dans cet exposé, il est question de kitesurf bien évidemment, mais aussi d'établir le lien entre cette pratique sportive et l'approche ostéopathique.

Les réflexions et les faits relatés sont issus essentiellement de l'observation à travers les supports vidéo de kite freestyle, de l'observation sur le terrain en regardant évoluer quelques riders confirmés, de ma modeste expérience dans ce domaine et aussi de ce qui a pu être dit et rapporté durant le colloque sur la préparation physique en kitesurf qui s'est tenu en mai 2011 à Saint Pierre la Mer.

J'en ai tiré des pistes à explorer, dont la majeure partie n'a pu être vérifiée sur le terrain, de par le manque de kites traités pendant mon stage en immersion et aussi par leur pratique qui s'orientait plutôt vers le freeride et les vagues au détriment de l'acrobatie et les figures.

Mais c'est en observant attentivement ce qui se passe au niveau biomécanique durant les différentes séquences d'un saut par exemple que l'on peut en déduire les forces et les contraintes subies par le système articulaire et musculo-tendineux.

Et c'est ce qui nous guidera en tant que thérapeute dans la palpation et le ressenti de ces zones de contraintes afin de rééquilibrer au mieux cet athlète et ainsi potentialiser l'exécution et la fluidité de ses mouvements durant l'effort, ou tout simplement libérer les tensions et soulager ses douleurs.



## **Introduction:**

Le kitesurf est un sport récent en pleine évolution, qui nécessite des aptitudes physiques certaines et une bonne lecture de l'environnement.

Développé dans les années 70, ce sport permet de se faire tracter non plus par un bateau comme dans la pratique du wake-board, mais par un « gros cerf-volant » ou aile de kite, afin de « surfer » sur l'eau à l'aide d'une planche.

De nombreux procédés ont été mis en œuvre afin d'améliorer la sécurité des ailes, et il est désormais « facile » de pratiquer ce sport à condition d'avoir été formé par un professionnel aux techniques de base et aux notions de météorologie.

Comme toute pratique sportive, des contests ont vu le jour, et un circuit professionnel est désormais dédié aux pratiquants les plus assidus, avec un classement international et un sponsoring à la clé.

Différentes pratiques ont émergées, de la course (race) à la vitesse (speed), l'une des plus spectaculaire reste le freestyle, le challenge étant pour les participants de réaliser le plus de figures acrobatiques sur un laps de temps déterminé.

Il existe désormais une équipe de kite au sein de la FFVL (Fédération Française de Voile Libre) avec un entraîneur, un coordinateur et une équipe médicale affiliée.

### *Emeraude Kite*

J'ai pour ma part, pu suivre non pas un club mais une association avec une centaine d'adhérents, basée sur la région de Saint Malo, avec une population disparate quant à la pratique ou le niveau, mais en tous cas, tous « mordus » par ce sport.

En tant que association, les pratiquants ne sont pas tenus à réaliser des entraînements ni d'objectifs de compétition, chacun étant libre de sa pratique et surtout avec des obligations professionnelles et/ou familiales.

Il a donc été difficile pour moi d'intégrer en tant que ostéopathe cette « entité » dans laquelle les pratiquants, même assidus, ne présentaient guère de pathologies en relation directes avec le kite, voire un intérêt quelconque dans un suivi préventif.

C'est donc sur un faible échantillon que j'ai mis en pratique l'enseignement prodigué lors de ce DU, et mes intuitions de départ concernant la traumatologie liée au kite ont été révélées par le colloque qui s'est tenu à Saint Pierre La Mer courant mai, avec la rencontre de professionnels évoluant sur le circuit international ainsi que les acteurs principaux de la fédération française de kitesurf.



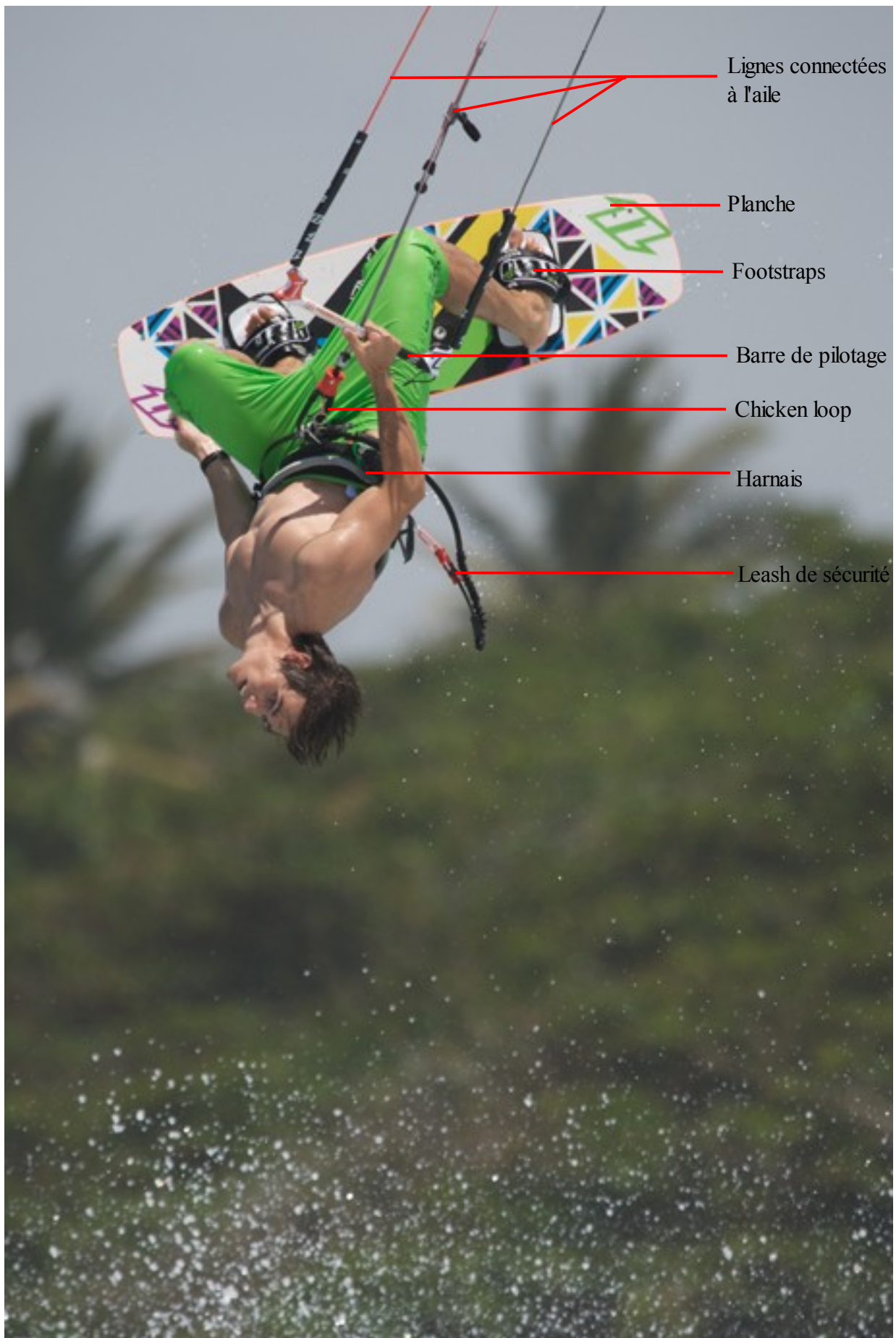
## Pourquoi

Pratiquant ce sport depuis peu (environ 2ans), je me suis très fortement intéressé aux contraintes physiques engendrées par ce sport, notamment dans les réceptions de sauts.

C'est en visionnant certaines vidéo et en observant d'autres « riders », que j'ai voulu mettre en évidence la « violence » des chocs et leurs répercussions biomécaniques sur différentes articulations, en particulier sur le rachis cervico-dorsal.

Le manque de temps et surtout de connaissances dans ce domaine ne m'ont pas permis d'évaluer de façon « scientifique » les forces s'exerçant sur le rachis cervical, que je voulais rapprocher avec les contraintes subies lors de « crash-tests » par les mannequins percutant un mur à différentes vitesses.

C'est donc une approche plus générale que je vais aborder, en essayant de garder un point de vue ostéopathique mais en incluant des notions de biomécaniques qui me paraissent essentielles dans la compréhension de la survenue de traumatismes liés au kitesurf.



Description du matériel:

## **1/ Le kitesurf c'est quoi?**

Le principe du kitesurf est d'utiliser la force du vent afin de glisser sur l'eau par l'intermédiaire d'une planche fixée au pieds.

Cela nécessite une aile de kite, c'est un gros cerf-volant dont la taille varie en fonction du poids du pratiquant et de la force du vent.

On peut commencer à pratiquer à des vitesses de vent faible, mais pour être tracté et espérer sortir de l'eau, il faut une force minimum d'environ 10noeuds.

On utilisera son aile en fonction de la plage d'utilisation, c'est-à-dire que par vent faible, on choisira une aile de grande surface, et celle-ci sera décroissante quand le vent forcira.

Les riders expérimentés pourront utiliser des surfaces d'ailes plus importantes et ainsi se retrouver « sur-toilés », afin d'augmenter la sustentation lors des sauts.

Il existe différents types d'aile en fonction de la pratique recherchée, généralement des ailes à boudin gonflable afin de garder une flottabilité et une possibilité de redécollage en cas de chute dans l'eau.

Certaines ailes sont dédiées au freeride ou waveriding (ballade ou vagues), d'autres pour le freestyle avec des formes différentes, une maniabilité et une sustentation plus grande, d'autres encore pour une pratique à la fois marine, terrestre ou sur la neige: ce sont les ailes à caissons, utilisées dans le mountainboard et le snowkite.

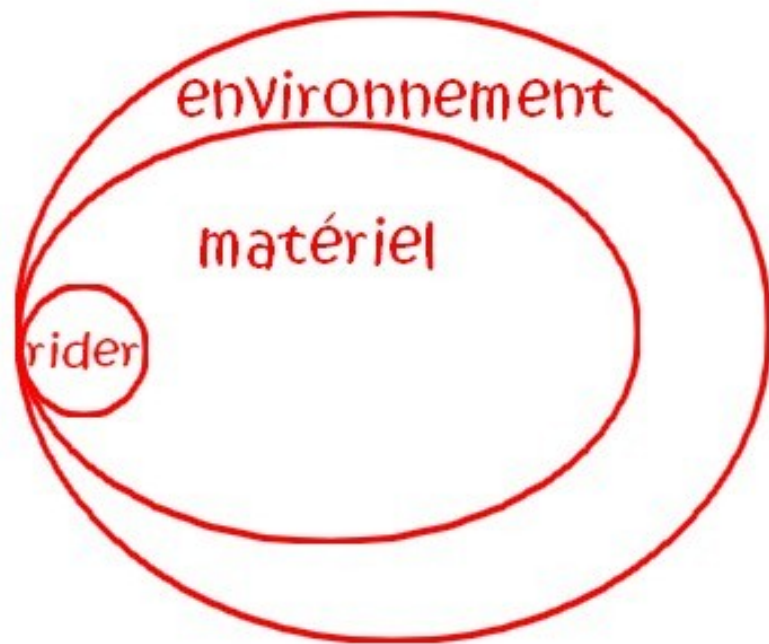
Cette aile sera connectée à une barre de pilotage via les lignes, et se maniera comme un guidon de vélo afin de faire évoluer l'aile dans la fenêtre de vol.

Cette même barre possède un « chicken loop », c'est un anneau qui vient se caler dans le crochet du harnais, connectant l'aile directement au pratiquant.

La force de traction est alors directement transmise dans le rachis lombaire et le centre de gravité, contrairement au wakeboard ou à la pratique « déhookée » (décrochée en français) que l'on voit dans l'exécution de figure acrobatique, nécessitant une traction directement dans la main.

Enfin, pour glisser sur l'eau, il est nécessaire d'avoir une planche, bidirectionnelle (ou twintip), de taille elle aussi variable en fonction de la pratique (les planches de petites tailles seront plus maniables et conviendront mieux à une pratique acrobatique, les grandes planches unidirectionnelle étant plus appropriées à la pratique dans les vagues par exemple), dans laquelle on vient caler ses pieds dans des « footstraps ».

On peut aussi en fonction de la pratique et de l'expérience, faire varier l'écartement et la position des pieds sur la planche (=stance).



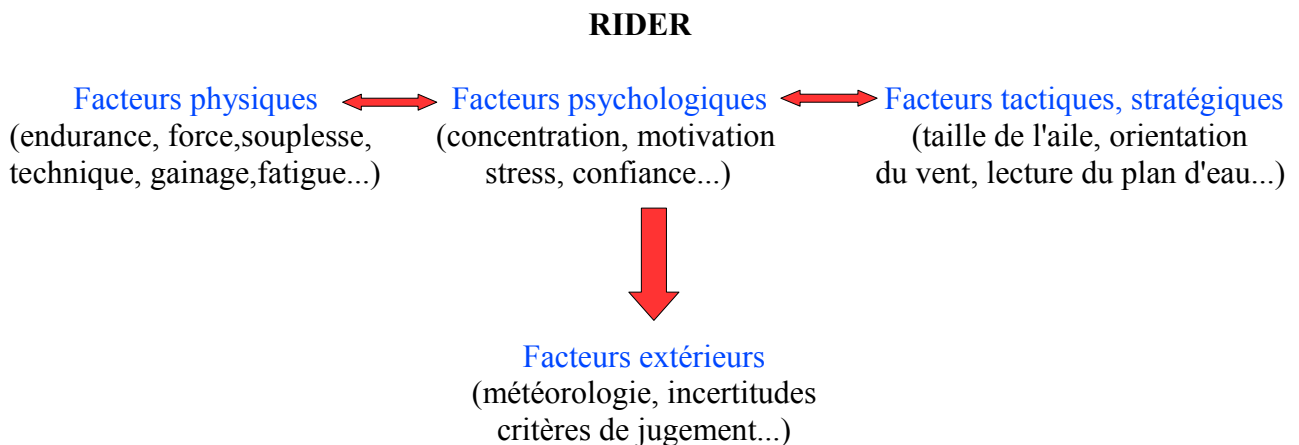
## 2/ Les contraintes spécifiques liées à la pratique du kitesurf:

### 2.1/ Les différents facteurs:

Comme dans toutes pratiques sportives, le kitesurf comporte des contraintes qui lui sont propres.

C'est un sport qui demande d'une part, une adaptation permanente en fonction des conditions extérieurs, ici les conditions climatiques (force du vent, direction, rafales, plan d'eau, clapot, direction des vagues, température de l'eau..).

Mais on doit également prendre en compte le matériel utilisé dans la réalisation de la performance (taille de l'aile, type, taille de la planche...), ainsi que les conditions propres à l'athlète (forme physique, psychologique, fatigue avec un éventuel décalage horaire...)



Le kite est une discipline dans laquelle le « rider » se retrouve dans une position intermédiaire à différents niveaux.

Il est le « pivot »:

→ entre l'élément liquide et l'élément aérien

→ entre les forces de résistance de l'eau et la force de traction de l'aile, avec des vecteurs de force obliques, latéraux et ascendants.

→ entre la position du buste et des épaules dirigés vers l'aile, la tête dans le sens de direction du rider, et les membres inférieurs soumis à une position « en canard » sur la planche, en permanence en amortissement des vibrations et secousses transmises par l'élément liquide et ce, de façon asymétrique.





## 2.2/ Les mécanismes du saut en kitesurf:

Lors d'un saut, le rider devra alors s'adapter en passant du liquide à l'aérien, avec pour contraintes supplémentaires la gestion de son corps dans l'espace, de son aile et le fait d'avoir les 2 pieds fixés à la planche.

Les figures en kite peuvent-être assimilées aux acrobaties réalisées sur trampoline, avec des figures imposées et notées en fonction de leurs vitesse d'exécution et du style.

Mais contrairement au trampoline, l'énergie cinétique transmise n'est pas une force de propulsion mais une force de traction provenant de l'aile augmentant par ce fait la phase d'envol.

L'avantage que procure ce « cerf-volant » est de pouvoir:

- modifier la trajectoire
- jouer sur le rythme et l'accélération de l'aile
- jouer sur la hauteur du saut

Le séquençage peut donc se découper dans l'espace....

- 1: phase d'appel (qui initie la rotation)
- 2: phase ascendante
- 3: phase neutre ou de relance
- 4: phase descendante
- 5: réception

...et dans le temps: la vitesse de rotation est conditionnée par:

- 1: l'inertie en phase 1 (c'est-à-dire la vitesse d'entrée)
- 2: la répartition des masses
- 3: la capacité du rider à se grouper afin d'augmenter le moment cinétique de rotation, contre-carré par la position d'écartement des membres inférieurs sur la planche.

L'acrobatie ou freestyle demande des capacités d'explosivité avec en amont un travail énorme sur le gainage et le tonus musculaire, primordiale afin d'exécuter les figures sans trop se dissocier.





### 2.3/ Les critères de jugement:

Les critères de jugement du PKRA (Professional Kiteborde Riders Association) sont au nombre de 8 et vont déterminer la note finale attribuée au kiter sur un laps de temps déterminé (environ 7mn en règle générale); soit: la difficulté, la puissance, le risque, la variété, la hauteur, la fluidité, le style et l'innovation.

Cela va avoir une incidence sur les choix techniques des riders qui vont de plus en plus s'orienter vers des figures « new-school », c'est à dire dérivées du wakestyle (figures acrobatiques réalisées sur planche, tracté par un bateau ou un cable), avec un engagement plus prononcé et au final, des risques de blessures plus important que la figures dites « old-school » privilégiant la verticalité.

- + vitesse d'entrée & sortie → composante horizontale+++ → + de traumatismes
- + puissance & radicalité → vite & bas (inspiration wakestyle) → moins esthétique  
moins de lisibilité

Nous verrons par la suite comment ces éléments vont déterminer les facteurs traumatiques liés aux contraintes biomécaniques s'exerçant sur des articulations données.



### **3/ La traumatologie liée au kitesurf:**

Nous savons tous, et les médias n'hésitent pas à nous le rappeler régulièrement dans la rubrique « faits divers », le kitesurf n'est pas une discipline sans risques et comporte des règles strictes liées à la météorologie mais aussi aux règles de navigation, qui sont enseignées dans les écoles labellisées.

Les riders professionnels connaissent bien évidemment ces règles, mais sont sujets à d'autres lésions en rapport avec le caractère traumatique de la pratique freestyle.

Les forces s'exerçant sur le kiter sont des forces de cisaillement, en particulier sur le rachis, les membres inférieurs agissant de façon asymétrique et dissociée comme des amortisseurs qui vont « encaisser » les vibrations créées par la planche sur l'eau et surtout les réceptions de sauts.

Les membres supérieurs sont eux en « rattrapage » permanent et subissent d'autres contraintes en supportant le poids du rider et de sa planche pendant les phases d'envol en « déhooké »; c'est-à-dire que la force de l'aile est directement transmise dans le membre supérieur et non plus dans le harnais et l'ensemble du rachis lombaire.

Dans la pathologie, on va retrouver en « aigu » tout ce qui concerne la traumatologie:

#### 3.1/ La traumatologie articulaire:

→ des entorses de chevilles et des impactions tibio-tarsiennes

→ des entorses du genou: très fréquentes dans la pathologie traumatique liée au kitesurf

Le LLI (Ligament Latéral Interne) est atteint dans tous les cas de figure lié à la position sur la planche (ou stance), puis on aura une atteinte des ménisques et au pire du LCA (Ligament Croisé Antérieur)

→ des sub-luxations voire luxations de l'articulation gléno-humérale avec des risques d'atteintes du bourrelet glénoïdien, et des risques en cas de traumatisme important d'étirement du plexus brachial

→ des contusions osseuses et des impactions articulaires

→ des contusions par chocs directs dans l'eau suite à une mauvaise réception ou chocs indirectes avec la planche (pouvant entraîner des sections tendineuses avec les ailerons)

→ des cervicalgie, dorsalgies, lombalgies

#### 3.2/ La traumatologie musculaire:

→ au niveau de l'épaule par mécanisme d'étirement, fréquents au niveau des muscles de la coiffe des rotateurs

→ des claquages ou ruptures partielles (quadriceps, ischio-jambiers ou gastrocnémiens)



### 3.3/ Les pathologies chroniques:

→ beaucoup de pathologies musculaires, en corrélation avec la répétition et l'intensité des efforts, mais aussi l'hydratation et l'alimentation (notion d'acidose défavorisante)

→ des troubles posturaux dans l'axe sagittal avec une augmentation de la cyphose dorsale liée aux vecteurs de force et au harnais, et une hyperlordose cervicale réactionnelle

→ dans l'axe frontal, une scoliose peut apparaître chez les sujets jeunes, à cause de la prédominance ou de la latéralisation du rider, et augmenté par le fait que les contraintes sont systématiquement asymétriques.

→ des troubles posturaux dus à l'effondrement de l'arche interne du pied.

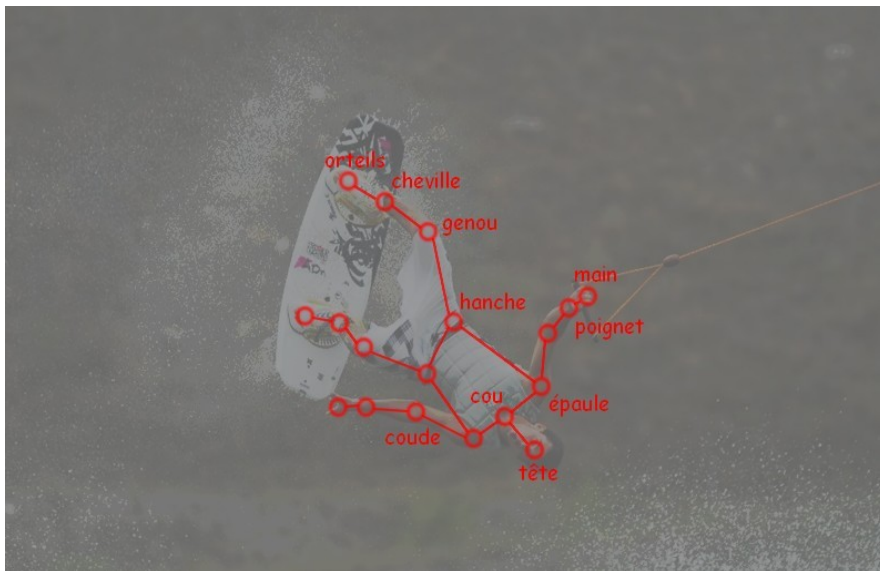
→ des syndromes rotuliens liés à la position du genou en « porte à faux » expulsant la patella sur l'extérieur et créant une hyperpression sur le condyle externe.

→ des troubles divers tels que les problèmes de continence chez la femme liée à l'hyperpression abdominale ou les atteintes du conduit auditif (=exostose) liées au contact récurrent avec le milieu liquide et froid.

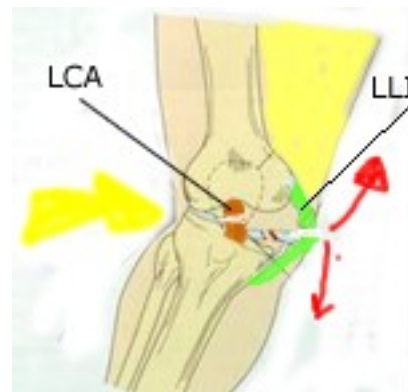
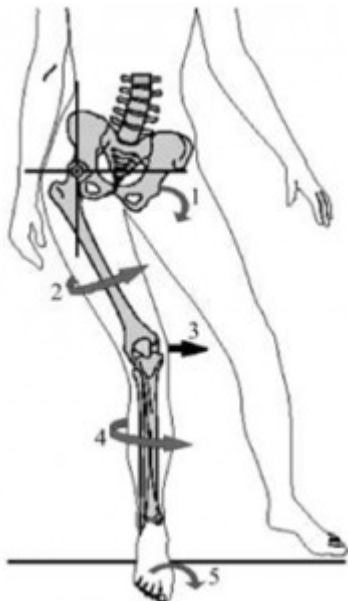




Représentation en « fil de fer »:



Mécanisme lésionnel du LLI :



## **4/ Observation des contraintes biomécaniques liées à l'activité freestyle:**

### 4.1/ Modélisation en « fil de fer »:

L'ensemble des parties du corps humain peuvent être représentées en biomécanique par leurs centres de gravité, et les différents segments par des traits, schématisant ainsi le corps humain en « fil de fer ».

Si l'on adapte cette modélisation lors de la phase de réception au sol, on peut alors considérer 3 zones d'amortissement:

→ tout le membre inférieur avec des contraintes majorées sur les genoux car ils se trouvent entre 2 pivots quasi-fixes que représentent les chevilles et les hanches.

→ le rachis lombaire qui va absorber le reste de la réaction du plan d'eau qui n'aura pas été totalement « encaissée » par les membres inférieurs ainsi que les contraintes descendantes provenant du buste/membres supérieurs/tête.

→ la charnière cervico-dorsale qui elle va absorber l'accélération du poids de la tête

Le couple rachis lombaire (RL) / membre inférieur (MI) va agir comme un « ressort » absorbant la réaction du plan d'eau, qui sera augmentée à cause de la portance liée à la surface de la planche.

Alors que les muscles du rachis cervical (RC) vont agir comme des « rennes freinateurs » afin de maintenir la tête et l'horizontalité du regard.

### 4.2/ Le genou:

Comme nous l'avons vu précédemment, les pathologies du genou sont très fréquentes chez le kitesurfer, et plus particulièrement les entorses par phénomène de valgus forcé.

Les ruptures ligamentaires sont présentes chez 80% des riders professionnels dans le circuit international, et il n'est pas rare d'assister à des retours à la compétition de riders convalescents après rééducation de genou.

#### 4.2.1/ Les facteurs intervenant dans les mécanismes de blessure :

→ tout d'abord, la position sur la planche, qui n'a rien de physiologique, entraînant un valgus forcé favorisant les entorses du LLI.

Comme on peut l'observer sur la photo, plusieurs éléments combinés vont concourir au traumatisme:

1/ la pronation excessive du pied, liée à l'effondrement de l'arche interne elle-même secondaire au fait que les pads sur la planche (les semelles où l'on pose ses pieds) soient plats et ne possèdent pas de voûte physiologique afin de « caler » le pied.

2/ la flexion / rotation interne de la hanche lié au fait que le rider n'est pas dans un axe sagittal complet, c'est à dire que le corps est en torsion, le buste dans la direction du mouvement, les membres inférieurs délatéralisés par rapport à la direction du mouvement.



Rotations du membre inférieur et ouverture de l'interligne articulaire interne:



3/ les 2 positions précédentes vont obligatoirement induire une rotation externe du segment jambier, créant un « porte-à-faux » sur l'interligne articulaire interne, un point fixe sur le compartiment externe, et une rotation externe du plateau tibial couplé à une ouverture de l'interligne articulaire = mise en tension du LLI+++.

Toutes les entorses du genou concerneront le LLI par le mécanisme décrit précédemment, avec par ordre de gravité une lésion isolée de ce ligament, une lésion du ménisque interne associée, puis une lésion du LLI + ménisque + LCA.

#### 4.2.2/ Les autres facteurs de risque:

→ les facteurs extérieurs au rider: imprécision du saut, conditions de vent, atterrissage sur le clapot ou sur une vague augmentant le phénomène d'ouverture de l'interligne articulaire par absorption de choc.

→ les facteurs internes au rider: surentraînements avec une fatigue physique et musculaire associées, et une réponse proprioceptive moins adaptée, un manque d'hydratation très fréquent, fragilisant la qualité élastique des tissus de soutien.

→les pathologies associées = le syndrome fémoro-patellaire

Dans le mécanisme lésionnel décrit plus haut, on visualise les contraintes sur l'interligne articulaire interne du genou, mais si l'on rajoute la patella dans ce système, on comprend aisément que celle-ci se retrouve « expulsée » vers l'extérieur, créant un appui quasi permanent sur le condyle externe, de part la traction distale du ligament patellaire et la traction proximale du quadriceps.

#### 4.3/ Le complexe scapulo-huméral:

Contrairement au genou et au rachis cervical, dont les contraintes maximales interviennent durant la phase de réception de saut, la traumatologie du complexe scapulo-huméral arrivera majoritairement en phase ascendante car c'est à ce moment où le kitesurfer effectuera ses rotations et figures de l'ensemble du corps avec pour seul point fixe son membre supérieur.

En kite freestyle, l'épaule sera essentiellement sollicitée en chaîne fermée, induisant un point fixe gléno-huméral, point de liaison entre les forces de traction de l'aile d'une part et le poids du rider et de sa planche d'autre part.

##### 4.3.1/ Notion de déhooké:

En freestyle, la majorité des figures se font « déhookées », c'est à dire que la barre qui relie l'aile au kiter n'est plus attachée au harnais, mais directement dans la main (tout comme dans le wakeboard), permettant des rotations avec « handle-pass », c'est-à-dire des passages de barre d'une main à l'autre.

On peut alors imaginer les forces d'étirement de la capsule articulaire et les tensions musculo-tendineuses s'exerçant sur le complexe omo-thoracique et sur les muscles de la coiffe des rotateurs.



La traumatologie sera essentiellement marquée par des étirements répétés de la capsule articulaire, voire des sub-luxations ou luxations (plus rares).

Ces étirements répétés peuvent sur le moyen/long terme engendrer des instabilités d'épaule, bien que l'on imagine que l'entraînement et le renforcement musculaire aient suppléé cette laxité.

Surviennent alors des épaisissements de cette capsule en réaction aux distensions répétées, puis des fibroses, une perte diminution des glissements articulaires et probablement une perte d'information proprioceptive associée.

De façon chronique, ce sont tous les muscles de la coiffe des rotateurs qui risquent de subir des détériorations, pouvant aller de l'inflammation de type tendinopathie, aux lésions répétées (micro-ruptures voire rupture complète) et capsulites.

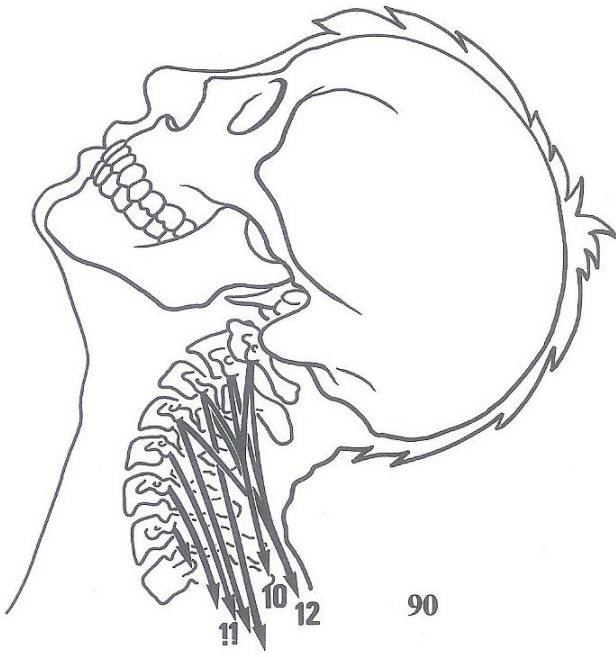
#### 4.3.2/ La proprioception:

Il faut souligner que le complexe scapulo-huméral est la seule entité proprioceptive pendant la phase aérienne. Le gymnaste prend pour point de repère des informations visuelles extérieures (trampoline, volumes, salle de gym....) ou propres (ses pieds, ses mains, son système vestibulaire et proprioceptif...) lors de l'exécution d'une acrobatie aérienne.

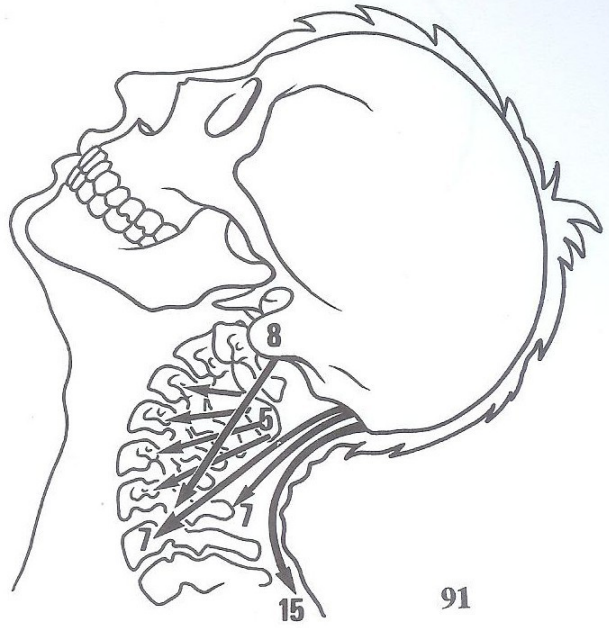
Le kiter aura comme information durant sa phase de saut, des informations visuelles mais essentiellement des informations proprioceptives provenant de son épaule, sur la force du vent et la puissance de son aile, sa direction, sa position corporelle par rapport à son aile via les récepteurs sensibles à l'étirement présents dans la capsule articulaire.

D'où l'intérêt pour le kiter de conserver une bonne mobilité et des bonnes sensations au niveau de son épaule.

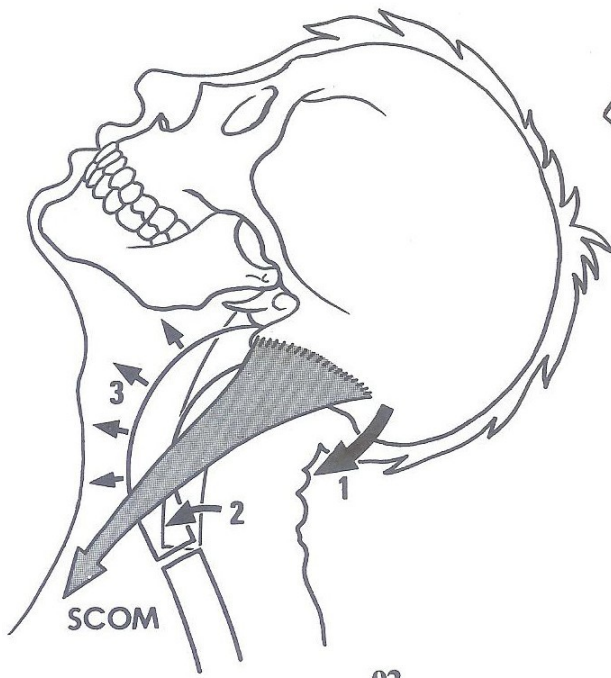
On parlera peu des entorses acromio-claviculaires ou sterno-costo-claviculaires présentes plutôt dans les sports à traumatismes directs (ex: rugby, judo, chutes de vélo...)



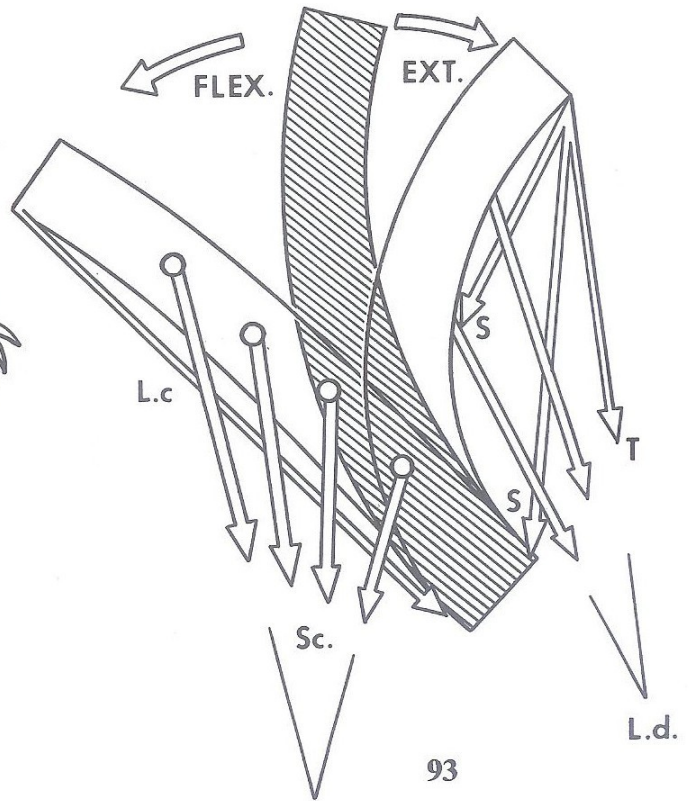
90



91



92



93

#### 4.4/ La charnière cervico-dorsale:

C'est la zone traumatique la moins évidente à première vue, mais qui semble subir de violentes contraintes lors des phases de réception.

L'idée première était d'essayer de calculer les forces s'exerçant sur la charnière cervico-dorsale lors de la réception d'un saut avec une vitesse et une hauteur prédéfinie et de la comparer avec les forces s'exerçant sur cette même zone lors d'un « crash-test » réalisé pour tester les réactions d'impaction d'un véhicule lors d'un choc frontal.

Bien sûr ces 2 éléments sont différents dans la réalité, mais il serait intéressant d'évaluer ces contraintes sur du long terme et leurs incidences sur le rachis.

##### 4.4.1/ Notion de « whiplash:

Si l'on considère un kiter de 75kg, on évalue le poids de sa tête selon les tables anthropométriques à environ 6kg, ajouté à cela des hauteurs de saut pouvant atteindre 4 à 5m en moyenne avec une vitesse de vent d'environ 20noeuds (soit 10, 28ms ou environ 37km/h), on appréhende le poids que sa tête atteint lors de la réception et les forces musculaires nécessaire à maintenir celle-ci.

En effet, lors d'une réception, tous les muscles cervicaux doivent « freiner » l'inertie de la tête, elle même augmentée par la distance entre la base du cou (C7/D1) et la base du crâne comme un fléau.

C'est ce que l'on appelle communément l'effet « whiplash » ou coup du lapin.

Le terme anglo-saxon de whiplash ou coup de fouet désigne communément, mais improprement depuis les années 30, les traumatismes cervicaux subis dans les accidents automobiles par choc arrière .

En réalité, les travaux récents montrent que le rachis cervical subit surtout une lésion en compression dans laquelle le tronc est poussé vers le haut dans le rachis cervical, et le terme employé ne désigne pas tout à fait la contrainte subie par notre kiter, le whiplash intervenant lors d'un choc postérieur sans anticipation préalable du système musculaire.

##### 4.1.2/ Le « freinage » musculaire:

Les muscles longs du cou vont agir comme des haubans et ainsi lutter contre la déformation en équilibrant les contraintes dans les 3 directions (via les scalènes, les trapèzes et sterno-cléido-mastoïdiens (SCOM); d'autres muscles assureront le « serrage » intervertébral), mais subir en parallèle des contraintes maximales sur leurs zones d'insertion proximales et distales.

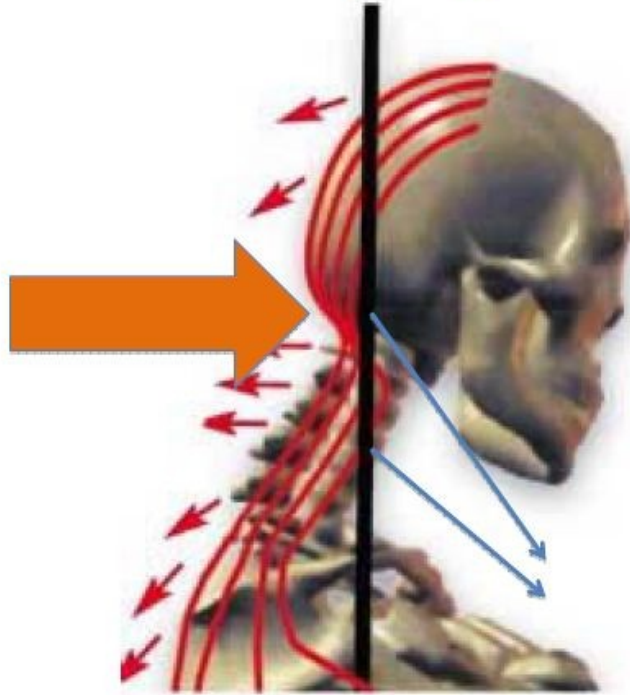
Les muscles de la nuque sont tous extenseurs du rachis cervical et de la tête, mais suivant leur disposition, on peut distinguer 3 groupes:

\* le 1er groupe, comprenant des muscles s'insérant sur les apophyses transverses des vertèbres cervicales et se dirigeant obliquement en bas et en arrière (splénius colli (10), le transversaire du cou (11) et l'angulaire de l'omoplate (12)).

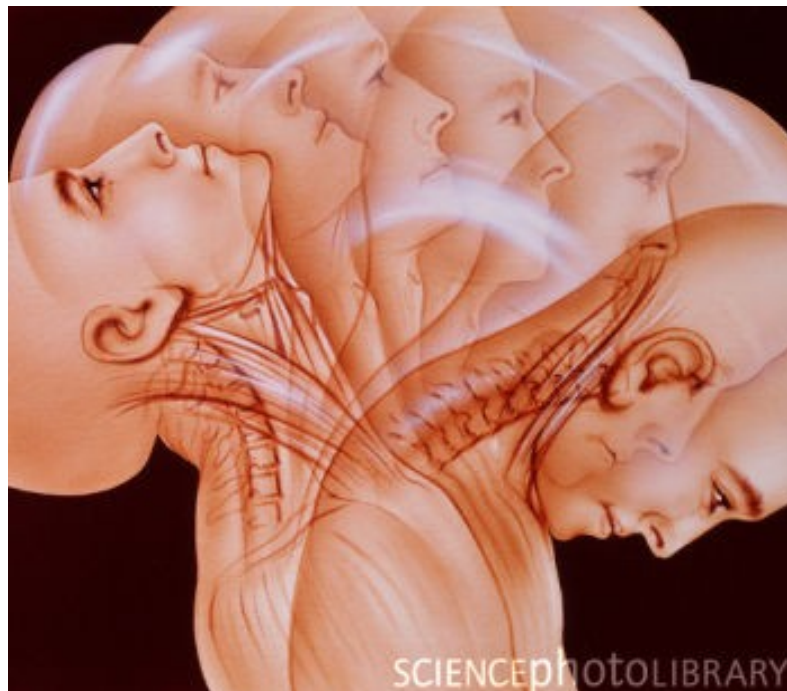
Ces muscles augmentent la lordose cervicale, leur contraction unilatérale entraîne une inclinaison / rotation unilatérale, ce sont des muscles moteurs du rachis cervical inférieur.



# Antéprojection



Contraintes cervicales en flexion:



\* le 2ème groupe, comprenant des muscles obliques en bas et en avant (le transversaire épineux (5), les grand et petit complexus (7 & 8), le splénius capiti et tous les muscles sous-occipitaux non représentés sur le schéma.

Ces muscles sont extenseurs du rachis et de la tête du fait des leurs insertions directes sur l'occiput.

\* le 3ème groupe, comprenant des muscles longs passant « en pont » par dessus le rachis cervicale sur lequel il ne prennent aucune insertion. Ils font ainsi le lien direct entre l'occiput / mastoïde et la ceinture scapulaire (le trapèze (15) et le SCOM)

Sur le long terme, cette musculature va se développer afin de contrecarrer cette hyperflexion du rachis cervical, limitant les risques de sub-luxation et d'entorse cervicale.

Mais comme pour l'épaule, une perte de mobilité risque de survenir en réaction à ces traumatismes répétés, entraînant un paradoxe puisque celle-ci est nécessaire dans la bonne réalisation d'acrobaties aériennes, notamment dans les mouvements rotatoires.

On retrouvera une incidence sur les membranes dure-mériennes, les apophyses articulaires des vertèbres cervicales et la vascularisation.

Autre point concernant le rachis dorsal supérieur, nous avons vu qu'il était aussi sollicité dans l'action excentrique des grand muscles du cou agissant comme des haubans, mais il faut rajouter à cela les contraintes provenant du membre supérieur.

Car en effet, le rachis dorsal supérieur se trouve au « carrefour » entre le rachis cervical et le complexe omo-thoracique.

Il subira donc des contraintes asymétriques (d'autant plus vrai pour les figures « déhookées ») de muscles agissant aussi bien en concentrique (muscles de l'omoplate) qu'en excentrique (muscles du rachis cervical)

Nous voyons bien que la charnière cervico-dorsale est très sollicitée dans les phases de réceptions de saut, surtout à des vitesses élevées avec l'aile basse, dans un but d'amortissement du poids de la tête.





## **5/ L'abord ostéopathique:**

### 5.1/ Notion d'irréversibilité:

Aux vues des traumatismes évoqués dans les chapitres précédents, il est important de rappeler une notion fondamentale de l'ostéopathie afin d'éviter toute méprise et confusion: l'ostéopathie ne « répare » pas un ligament rompu, ne « remet pas en place » les pièces articulaires ou les « tendons dans leurs gaines » (expressions communément entendues dans les cabinets de soin).

Dès lors qu'il y aura un traumatisme à haute vitesse et atteinte de l'intégrité de la structure (ligament, muscle, cartilage, os, nerf, artère...), il y aura d'une part une contre indication relative à aller investiguer ces éléments, et surtout l'installation d'une lésion dite irréversible, c'est-à-dire un changement de nature de la structure dans l'espace (rupture) et/ou le temps (usure).

Ainsi le travail ostéopathique visera à diminuer l'inflammation, orienter la cicatrisation et s'assurer que les systèmes articulaires sus et sous jacents à la lésion sont capables de compenser correctement la perte transitoire ou définitive de mobilité.

Mais en aucun cas nous réparerons un segment qui a été lésé.

C'est pourquoi l'ensemble du travail et du suivi ostéopathique devra se faire en amont, en corrélation avec la préparation physique, et lors d'un suivi post-traumatique notre action visera à une récupération optimale de l'individu et de ses capacités, en prenant en compte ce changement d'état de la structure et en étant conscient que l'on ne retrouvera jamais l'état initial de cette même structure.

### 5.2/ Le traitement ostéopathique:

Le canevas de traitement peut-être le suivant, mais il dépendra bien évidemment des lésions tissulaires rencontrées, il n'est pas exhaustif, ça n'est qu'un plan de traitement adapté au mieux aux contraintes rencontrées lors de la pratique freestyle.

Les manœuvres et les techniques ne seront pas détaillées, chacun étant libre de traiter un individu en fonction de sa pratique ostéopathique.

#### 5.2.1/ Le membre inférieur:

Nous l'avons vu, le membre inférieur subit essentiellement des contraintes en compression lors des réceptions de saut, entraînant une triple flexion excentrique de tout le train inférieur.

En partant du pied jusqu'au bassin, après une observation et une palpation minutieuse, l'ostéopathe va tester la résistance du tissu conjonctif à différents niveaux et s'assurer de la bonne trophicité des tissus.

Notre travail consistera à décompresser la charnière sous-astragaliennne (nous avons vu dans le chapitre sur la traumatologie que les impactions à ce niveau étaient fréquentes), et aussi vérifier le fonctionnement de l'arche interne.

En libérant l'étage sous-astragalien, on va redonner des degrés de liberté à la cheville et ainsi diminuer les contraintes de rotation du genou.

Nous tacherons de vérifier la tension de la membrane interosseuse entre le tibia et la fibula, qui va absorber les ondes de chocs de façon répétée et qui risque de se fibroser sur le moyen/long terme.

Le genou fera l'objet d'une attention particulière, notamment dans les mouvements de bâillement de l'interligne articulaire, ainsi que dans l'intégrité et la mobilité des ménisques.

Enfin, les rotations de hanches seront à observer de près, car elles risquent à la longue de toujours travailler dans les mêmes secteurs articulaires.

On finira par un travail sur le bassin, et plus particulièrement sur les articulations sacro-iliaques qui font le lien entre les lignes de forces montantes provenant du membre inférieur et le rachis.

### 5.2.2/ Critique:

Il serait utopique de penser que l'ostéopathie pourrait à elle seule prévenir des nombreuses entorses du genou que l'on retrouve fréquemment chez les riders professionnels, en effet la position du genou et du membre inférieur en règle générale sur la planche va favoriser le mécanisme d'entorses.

La prévention doit se faire à 3 niveaux:

- Postural → en modifiant les appuis, et surtout en induisant une réflexion posturale de la part des fabricants, afin d'essayer de recréer une voûte plantaire au niveau des « pads » où s'insèrent les pieds, évitant ainsi l'effondrement de l'arche interne, l'éversion du pied et la rotation externe du segment jambier.
- Ostéopathique → un travail ostéopathique comme nous l'avons vu précédemment sera nécessaire afin de détecter toute perte de mobilité et ainsi optimiser la fonction articulaire, mais aussi l'éveil et le feedback neurologique, en agissant sur les capteurs sensitifs et proprioceptifs présents au niveau du tissu conjonctif.
- Proprioceptif → par la préparation physique essentiellement, on va éduquer le membre inférieur et le mettre en situation à risque par le biais d'exercices et de déséquilibres, favorisant toujours l'éveil proprioceptif et les réactions musculaires associées.

Ce dernier point me paraît capital, car il va se rapprocher au mieux des conditions dans lesquelles le rider va se trouver, étant en permanence obligé de s'adapter aux changements de milieu.

Car si la répétition d'un saut en gymnastique induit un calcul des pas, une appréciation des distances, de la hauteur des agrées, ceux-ci sont quasi invariables, contrairement à la force du vent, la taille du clapot, la forme de la vague sur laquelle on va atterrir...

Donc plus on aura préparé ce genou et le membre inférieur en général, par la répétition et l'originalité des exercices, plus il sera à même de réagir au mieux lors de conditions extrêmes et inconnues.



### 5.2.3/ Le complexe scapulo-huméral:

C'est l'articulation gléno-humérale et tout le système capsulaire qui va subir le plus de contraintes en étirement.

Ceci étant, tout comme le membre inférieur et le rachis cervicale, la musculature va se développer au travers des entraînements et en fonction des contraintes subies, limitant ainsi les forces de traction trop importante qui risqueraient de mettre en danger l'intégrité du système capsulaire et tendineux de l'épaule.

Il n'est pas nécessaire de rappeler que l'épaule est un système articulaire complexe composé de 5 articulations travaillant en synergie (articulation gléno-humérale, omo-thoracique, acromio-claviculaire, sous-acromiale et sterno-costoclaviculaire), avec des degrés de liberté très importants permettant une mobilité de la main dans l'espace.

Comme nous l'avons vu précédemment, les traumatismes vont concerner la capsule articulaire de l'articulation gléno-humérale, avec des contraintes d'étirement pouvant aller de la subluxation à la luxation articulaire complète de la tête humérale.

Lors de ces distensions, le matériel capsulo-ligamentaire sera alors « abimé » et le retour à la normalité impossible.

Des micro-lésions risquent d'apparaître et une fibrose réactionnelle peut s'installer, limitant l'amplitude articulaire (majorée par un phénomène d'appréhension du « mouvement luxant »).

L'intérêt de l'ostéopathie sera alors de retrouver ces plans de glissements par un travail très localisé, afin de conserver des amplitudes de mobilité correctes et de bonnes sensations dans la réalisation des figures, en portant une attention particulière sur la partie antérieure de la glène humérale.

Un recentrage de la tête humérale sera souvent nécessaire, à faire en amont de tout renforcement musculaire et proprioceptif du membre supérieur.

L'ostéopathe devra s'assurer de la bonne mobilité de tout le complexe omo-thoracique, avec une vérification systématique... :

→ des dorsales supérieures et des côtes associées (points d'insertions des muscles faisant le lien entre les cervicales et l'épaule)

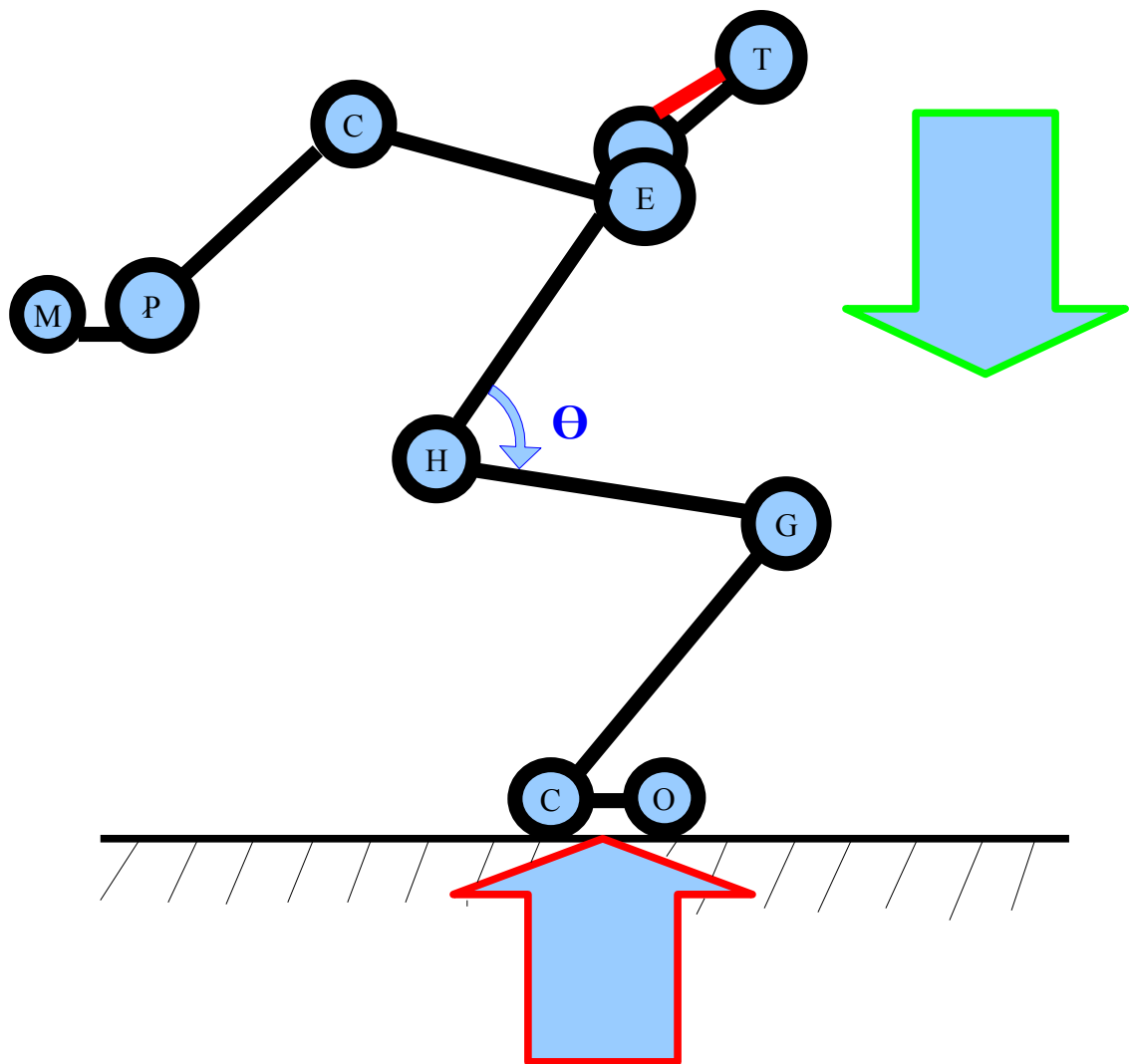
→ de la clavicule (importante dans la gestuelle du membre supérieur et le passage du paquet neuro-vasculaire)

→ de la commande nerveuse à destination du membre supérieur provenant du rachis cervical.

Le but étant de retrouver une harmonie du rythme scapulo-huméral.

...et du reste du membre supérieur:

→ le coude et le poignet (dans toutes les impactions du membre supérieur lors de chutes en eaux peu profondes)



Lors d'une réception de saut, + l'angle  $\theta$  sera petit, + les muscles extenseurs du rachis cervical agiront comme « freinateurs » du poids de la tête

→ la membrane interosseuse radio-ulnaire, qui subi des contraintes en torsion et compressions lors

d'impactions ou en torsion et étirement en général.

Tout comme pour le membre inférieur, il me semble évident de coupler le travail ostéopathique à la préparation physique, celle-ci devant intervenir après évaluation des pertes de mobilité articulaires et la ré-harmonisation des lignes de contraintes musculaires et faciales.

D'autant plus que l'articulation de l'épaule devient le seul repère proprioceptif en phase ascendante, il est donc primordiale de développer et d'entretenir ses facultés sensibles et les réactions musculaires en découplant.

#### 5.2.4/ Le rachis cervico-dorsal:

C'est la zone qui fût le point de départ de ma réflexion sur les contraintes biomécaniques en kitesurf freestyle, et le lien avec la nécessité d'une intervention ostéopathique, et ce pour plusieurs raisons:

→ si l'on reprend notre représentation de l'athlète en « fil de fer », on constate que dans les réceptions de saut, le système musculaire va agir en excentrique, c'est-à-dire avoir une action « freinatrice » en réaction à la force opposée de l'élément aquatique, force augmentée par la surface de la planche.

Afin de maintenir le poids de la tête et surtout l'horizontalité du regard, indispensable à une bonne prise d'information dans l'espace, tous les muscles extenseurs du rachis cervical vont se contracter afin d'éviter que l'inertie du poids de la tête n'entraîne cette dernière vers le bas, phénomène déjà augmenté naturellement par la lordose cervicale.

On imagine donc bien qu'en fonction de la hauteur ou de la vitesse d'exécution (n'oublions pas les critères de jugement qui tendent vers des figures engagées privilégiant l'horizontalité et la radicalité) le rachis cervical va subir d'énormes tensions musculaires afin de contre-balancer l'inertie et la balistique prise par la tête.

→ on peut aussi en déduire d'énormes tensions sur les points d'insertion musculaire avec peut-être sur la durée et la répétition une perte de mobilité de ces secteurs articulaires.

C'est pourquoi la zone dorsale supérieure fera l'objet de toute notre attention, tout comme la base du crâne et ce pour 2 raisons:

- le kiter et l'acrobate en règle générale (gymnaste, plongeur...) initie tous ses mouvements de vrille et de rotation par une rotation cervicale.

Dans toutes les réalisations de figures aériennes, c'est d'abord la rotation de la tête et du rachis cervical qui vont induire la rotation de l'ensemble du corps.

D'où la nécessité d'avoir une bonne mobilité cervicale si l'on veut mener à bien une vrille ou toute rotation du corps, groupé ou non.

- les muscles de la nuque sont en relation avec le système vestibulaire qui va jouer un rôle dans le contrôle de la position de la tête dans l'espace, en étroite relation avec le système occulo-moteur.

On comprend alors tout l'intérêt d'avoir une parfaite coordination de ces systèmes dans l'acrobatie, ainsi que la mobilité et la proprioception nécessaire à l'exécution de celle-ci.

On peut ajouter une 3ème composante qui n'a pas été évoquée jusqu'à maintenant, c'est la traction de tout le système viscéral sous diaphragmatique sur ce rachis dorsal supérieur via l'axe aponévrotique para-viscéral cervico-thoracique (AAPVCT).

En effet ces organes vont eux aussi subir une accélération et avoir une inertie emmagasinée lors de la phase descendante du saut, et même s'ils sont « encagés » dans le thorax et que la pression abdominale contre-balance cette effet de projection, on peut se demander si dans le temps ou lors d'une mauvaise gestion du couple abdomino-diaphragmatique le kiter ne risque pas d'entraîner une composante de traction via cet axe et participer à l'augmentation de la cyphose dorsale.

Pour résumer, l'ostéopathe devra être attentif en plus de son bilan général, à certains points particuliers et propres à la pratique du freestyle:

→ évaluation de la statique rachidienne en statique et en dynamique, et des pertes de mobilités éventuelles

→ travail sur la base du crâne (insertion de tous les muscles sous occipitaux, des muscles longs, des membranes dure-mériennes, et incidence para-sympatique via le nerf vague)

→ travail sur la charnière C7D1 (évaluation des pertes de mobilité dans tous les degrés de l'espace)

→ vérification de l'AAPVCT avec un travail de l'axe antérieure associé, des membranes péricardiques et du diaphragme.





## **Discussion:**

Dans cet exposé, il a été question de contraintes liées à la pratique du kitesurf freestyle et de l'intérêt éventuel d'une intervention ostéopathique.

Comme il a été précisé, toute cette réflexion n'est basée que sur de l'observation, et il n'a été en aucun cas démontré de façon quantifiable et mesurable que les forces exercées sur le rachis cervical du kitesurfer lors de son amerrissage soient comparables aux forces exercées sur ce même rachis lors d'un crash-test.

D'ailleurs, le sont-elles vraiment?

Lors de crash-test, les mesures sont réalisées sur des mannequins, dont on ne peut mesurer l'intensité de la réaction musculaire lors du choc.

Il serait intéressant de faire des mesures non pas sur un individu dans son milieu (c'est-à-dire en pleine mer ce qui serait impossible) mais sur un gymnaste ou un kiter muni de capteurs et réalisant des réceptions de saut d'un trampoline sur un coussin amortisseur par exemple.

Peut-on parler de « whiplash »?

Le « whiplash » ou coup du lapin qui touche certains automobilistes est un choc par derrière et surtout par surprise, le traumatisme est réel et va avoir une incidence sur tout le corps.

Le kiter sera au contraire préparé à ce choc, et la réaction du plan d'eau se trouve devant lui, il y aura toute une zone d'amortissement représentée par la triple flexion des membres inférieurs ainsi que la flexion du tronc avant que l'onde de choc n'atteigne le rachis cervical, et on peut supposer que l'entraînement et la répétition vont développer une musculature à même de « freiner » l'inertie de la tête.

Va-t'il perdre de la mobilité à force de chocs répétés et voir ses performances et son habileté à réaliser ses figures diminuées?

C'est la mise en corrélation de ces hypothèses sur le terrain qui pourront nous le dire.

Le fait est que je n'ai pas eu l'occasion de traiter des kitiers professionnels et donc pas pu mettre en évidence les intuitions et les lésions ostéopathiques que l'on serait susceptible de rencontrer dans cette pratique.

D'ailleurs, le médecin responsable du pôle France de kite m'a expliqué par mail que les pathologies concernant le rachis cervical sont plutôt rares et qu'elles concernent majoritairement le pratiquant moyen qui ne pratique qu'occasionnellement (par manque de gainage et de préparation physique).

Les premiers sauts et surtout les premières chutes lors des entraînements seront pourvoyeurs de cervicalgies mais il n'y a pas de chronicité chez les professionnels.



Reste donc la place de l'ostéopathie?

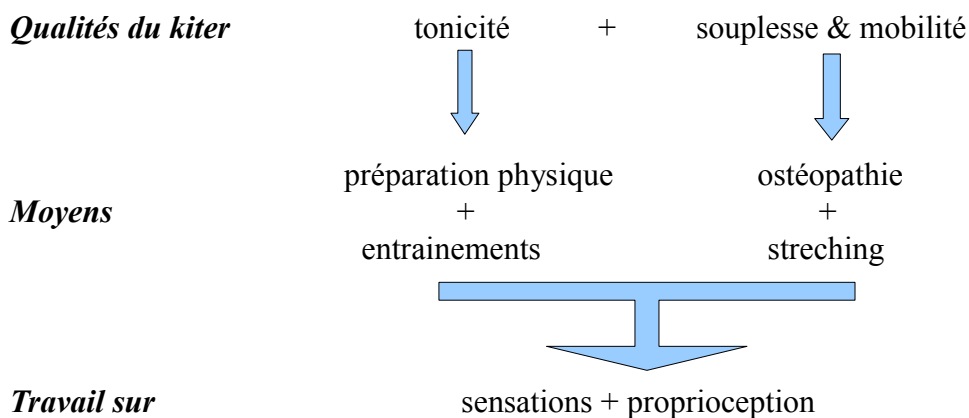
La majorité des traumatismes concerne le genou, et nous avons vu que cela était essentiellement lié à la position défavorisante sur la planche.

Faut-il donc changer l'ergonomie et faire un travail postural en amont en partenariat avec les fabricants ou travailler sur le membre inférieur à la recherche de ses éventuelles pertes de mobilité et/ou compensations, ou encore tout miser sur la préparation physique et la proprioception?

Ces 3 facteurs me semblent indissociables si l'on veut espérer voir des pratiquants sans attelles comme il devient de plus en plus fréquent de voir sur les contests.

Il faudrait peut-être aussi réviser les critères de jugement afin que la beauté du sport soit prédominant sur le spectaculaire...

On pourrait résumer par un schéma ce travail à 3:





## **Conclusion:**

Le kitesurf freestyle est un sport à part entière, qui nécessite des aptitudes physiques sans conséquents, dépendant des conditions météorologiques, et dont l'entraînement est basé sur la répétition et l'enchaînement de figures.

Comme nous avons pu l'évoquer, la majorité des troubles physiques sont liés à la traumatologie en compression au moment de l'impact pour le membre inférieur et le rachis, et en suspension en phase aérienne pour le membre supérieur.

L'intérêt de l'ostéopathie réside aussi bien dans un but curatif que préventif, afin de palier et d'entretenir la mécanique articulaire et l'ensemble musculo-tendineux...mais ça n'est pas suffisant.

Certains problèmes résultent du positionnement du kiter, de l'exigence des figures et de leur radicalisation par les critères de jugement en compétition, et l'atout le plus efficace notamment dans les traumatismes du membre inférieur reste encore la préparation physique et le travail proprioceptif.

Des questions restent néanmoins à confirmer afin de connaître la place réelle que représente un traitement et un suivi ostéopathique dans cette pratique.

Et des pistes sont à explorer afin de déterminer l'importance de la mobilité cervicale et de l'équilibrage de la charnière haute (C0/C1/C2) dans la proprioception dans l'espace et la bonne réalisation de figures acrobatiques (notamment les rotations et les vrilles) en partenariat avec des gymnastes évoluant sur trampoline ou des plongeurs par exemple.

## Lexique:

**Chicken-loop:** anneau qui s'accroche au harnais comportant un système de largage afin d'annuler la traction de l'aile.

**Déhooker:** c'est décrocher la barre du harnais lors d'un saut (inspiré du wakestyle).

**Directionnelle:** planche de type « surf » fonctionnant dans un seul sens.

**Footstraps:** là où l'on cale ses pieds sur la planche.

**Freeride:** c'est la pratique du kitesurf de façon tranquille, en ballade ou avec quelques sauts.

**Freestyle:** c'est la discipline des sauts, les figures se réalisent en hauteur, en douceur ou en puissance, déhookées ou non.

**Handle Pass:** c'est le fait de passer la barre d'une main à l'autre pendant une rotation lors d'un saut.

**Kitesurfer, kiter, rider:** ce sont les termes désignant le pratiquant en kitesurf.

**Moutainboard:** pratique aérotractée mais sur le sable ou dans les champs à l'aide d'un gros skateboard à roues épaisses.

**Move:** mouvement ou figure quelconque aussi appelé « tricks ».

**Pads:** là où l'on pose ses pieds sur la planche, entourés par les footstraps.

**Race:** discipline qui consiste à évoluer sur un parcours délimité par des bouées le plus rapidement possible. Un peu comme en voile.

**Snowkite:** discipline dérivée du kitesurf et du mountainboard mais cette fois-ci sur la neige.

**Speed:** ou vitesse, c'est la discipline qui consiste à aller le plus vite possible sur 500m.

**Stance:** positionnement et écartement des pieds sur la planche.

**Twin-tip:** planche fonctionnant dans les 2 sens, la plus utilisée.

**Wakeboard:** le " rider " est tracté par un bateau à l'aide d'une corde munie d'un palonnier et utilise une planche ressemblant à un surf ou snowboard. Il profite de la vague créée par le sillage pour sauter de part et d'autre de ce dernier et faire différentes figures - sauts périlleux, rotations, grabs - qui s'inspirent de sports comme le snowboard, le surf, le skateboard, etc.

**Wakestyle:** discipline dérivée du wakeboard.

**Waveriding:** pratique du kite dans les vagues consistant à surfer celles-ci.



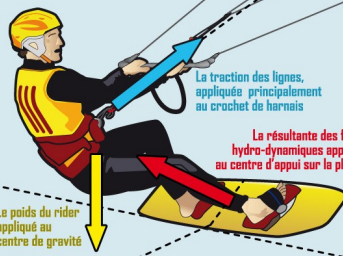
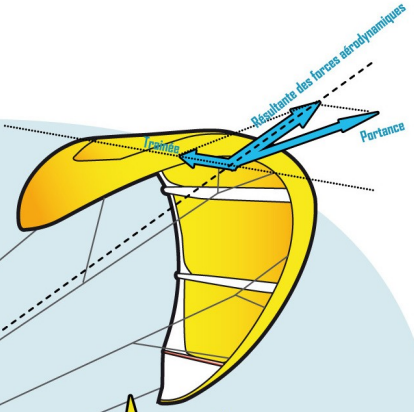
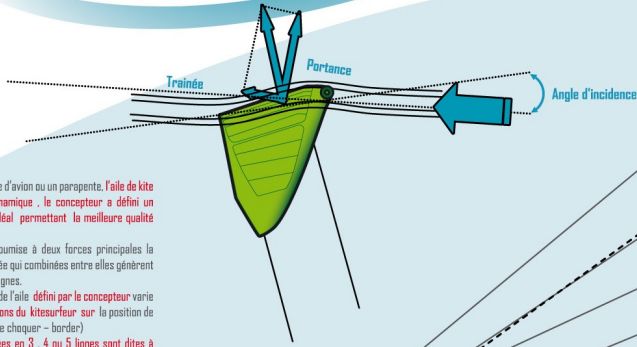
# Equilibre des forces

Tout comme une aile d'avion ou un parapente, l'aile de kite a un profil aérodynamique, le concepteur a défini un angle d'incidence idéal permettant la meilleure qualité de vol.

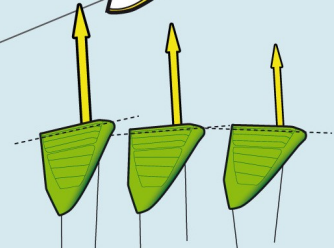
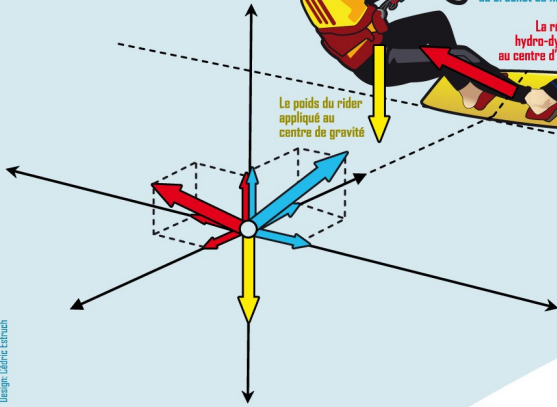
L'aile de kite est soumise à deux forces principales la portance et la traînée qui combinées entre elles génèrent la traction sur les lignes.

L'angle d'incidence de l'aile défini par le concepteur varie en fonction des actions du kitesurfeur sur la position de la barre (principe de choquer - border)

Les ailes connectées en 3, 4 ou 5 lignes sont dites à incidence variable.



La résultante des forces hydro-dynamiques appliquée au centre d'appui sur la planche



Le pilote peut choisir de modifier la performance de l'aile :

Plus il tire la barre vers lui, plus l'angle d'incidence de l'aile augmente, la vitesse de vol diminue, (la traînée augmente) et la traction augmente.

Lorsqu'il éloigne la barre de son corps, la traction de l'aile diminue.

La traction résiduelle dépend de l'angle d'incidence défini par le concepteur et du type d'aile utilisé.



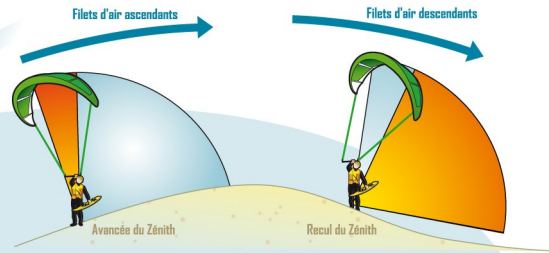
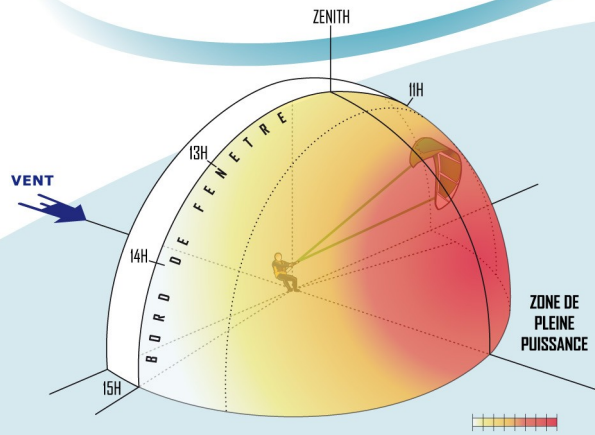
Design: Cedric Estruch



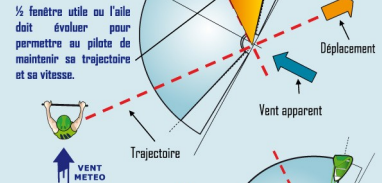
Avec le partenaire du kite



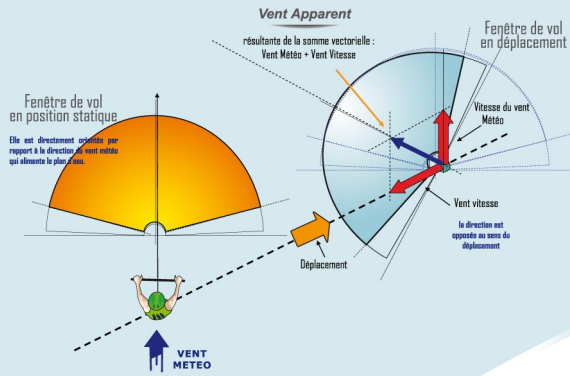
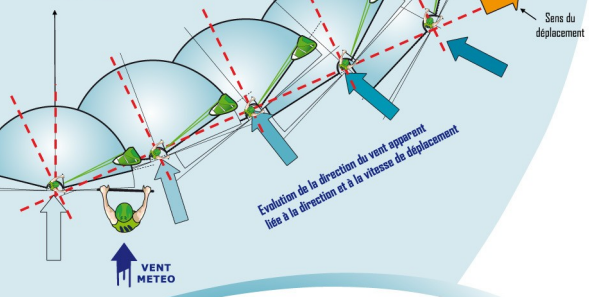
# Fenêtre de Vol



## Evolution de la 1/2 fenêtre utile



## Bascule de la fenêtre



Avec le partenaire du kite



## **Bibliographie:**

### Ouvrages:

*Biomécanique du sport et de l'exercice* P. Grimshaw & A. Burden Ed. De Boeck

*Myologie des membres* P. Kamina & Y. Rideau Ed. Maloine

*Physiologie articulaire 3.tronc & rachis* I.A. Kapandji Ed. Maloine

*Kitesurf: s'initier et progresser* E. Beaudonnat Ed. Amphora Sport

### Documents PDF:

*Biomécanique du segment tête-cou in-vivo et aéronautique militaire*  
*Approches neuromusculaire et morphologique* Thèse de biomécanique de J. Lecompte

*Biomécanique du rachis cervical* Pr G. Versier

*L'accidentologie en gymnastique* M. Leglise & M. Binder

*Kitesurf & haut niveau: inventaire & prévention des blessures* F. Duchene de Lamotte & E. Sarret

*L'intérêt du trampoline dans la préparation technique du compétiteur freestyle* N. Janel

*Le traitement du whiplash ostéopathique améliore-t-il le whiplash injuries? Analyse à la stabilométrie* P. Dal Bosco

### Littérature:

*Kitesurf Magazine n°74*

*Principes Fondamentaux* S. Pinto Chargé de cours à l'Ecole d'ostéopathie de Genève

*Axe Aponévrotique Para-Viscéral Cervico-Thoracique* J. Bouahna Chargé de cours à l'Ecole d'ostéopathie de Genève