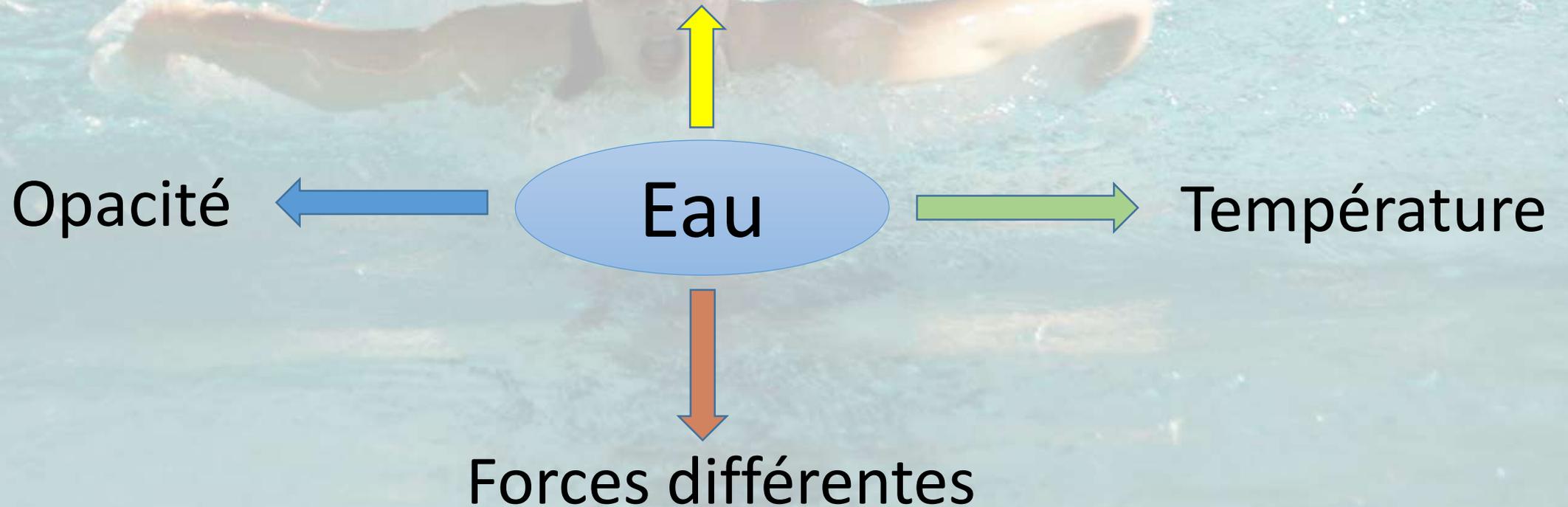


L'eau

On peut difficilement aborder la natation sans au préalable parler du milieu dans lequel l'activité se pratique.

Quelles sont les particularités du milieu

Densité/Résistances



La densité

Rapport de la masse volumique d'un corps sur la masse volumique d'un autre corps pris comme référence (la masse volumique d'un corps étant le rapport de la masse du corps sur le volume occupé par cette masse).

La densité de l'eau est 816 fois supérieur à celle de l'air

$D_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$D_{\text{eau douce}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

La température

La conduction thermique est 50 fois supérieur à celle de l'air \longrightarrow Perte calorifique plus grande.

Le corps perd 25 fois plus de calories dans l'eau (l'homme doit garder sa température à 37°)

Température idéale pour les compétitions 26°

Opacité

Notre vision qui nous permet de nous orienter, est complètement chamboulée dans l'eau, car l'indice de réflexion de l'eau est différent (trouble et grossissant)

Les forces

Poussée d'Archimède

« Tout corps plongé dans un liquide subit, de la part de ce liquide, une poussée verticale, dirigée vers le haut, et égal au poids de volume de liquide déplacé »

Force verticale qui s'exerce du **bas vers le haut**

Les fondamentaux de la natation

Equilibre

Respiration

Propulsion

Dans Enseignement de la natation en 1968 R. Catteau et Garoff

Arrivera ensuite en plus

Information

ERPI

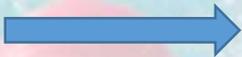
Savoir nager

« des actions du nageurs » pour Catteau et Renoux en 1978

« des problèmes spécifiques posés par le milieu aquatique » pour Dubois et Robin en 1985

« des principes invariants d'efficacité du nageur » pour Nathalie Gal 1993

Adaptations nécessaires dans le milieu aquatique pour un terrien

- ❖ De la verticalité à l'horizontalité  Flotter par opposition à couler
- ❖ De la respiration aérienne à une respiration aquatique
- ❖ D'une locomotion de terrien à une locomotion aquatique
- ❖ D'une prise d'informations aériennes à une prise d'informations aquatiques

De la verticalité à un équilibre horizontal

La verticalité est la position de base du terrien. Toute son adaptation est construite autour de ce référentiel:

Prises d'informations visuelles: regard à l'horizontal

Les déséquilibres: le système vestibulaire et le cervelet sont les organes de l'équilibration. Les commandes pour ne pas tomber sont basées sur la position verticale qui est celle de la marche.

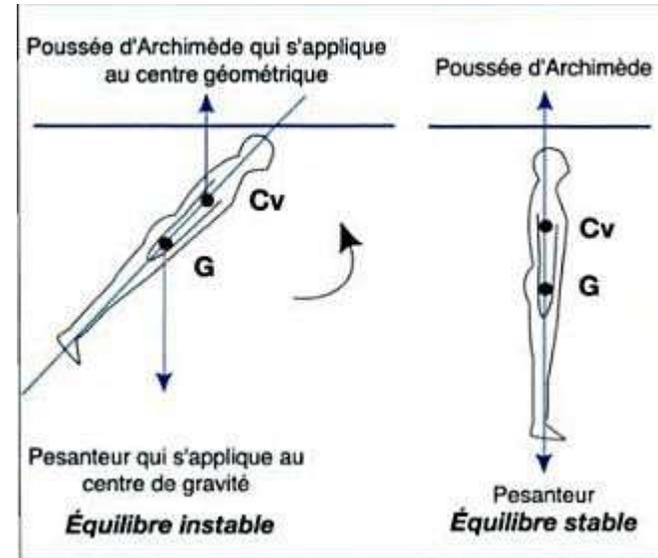
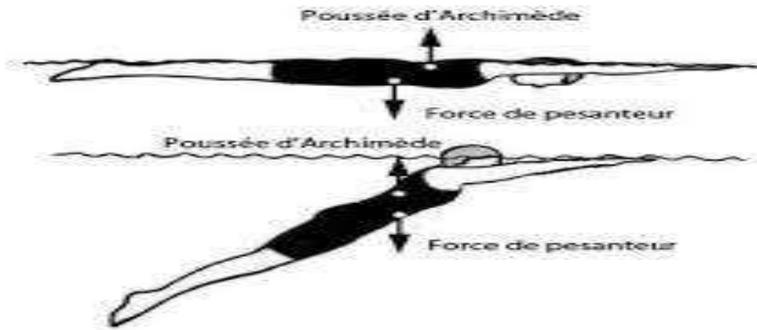
La locomotion est effectuée uniquement par les membres inférieurs.

Pour le corps, en premier lieu, cette position horizontale qui va être recherchée en natation pour des raisons de flottaison mais aussi de réduction des résistances est vécue comme une chute en avant avec une perte des appuis plantaires.

« Le corps est mobile (pluri)articulé, axé, symétrique et géo-centré ».
(Jacques Paillard – Cahiers de Psychologie, 1971)

Au niveau théorique pourquoi le corps flotte

- Gravité (G) contre poussée d'Archimède (PA)



- Poussée d'Archimède est égal au poids du volume d'eau déplacée et dont la résultante s'applique au centre géométrique du volume immergé. Elle est orientée du bas vers le haut.
- Gravité ou pesanteur est une force attractive terrestre, verticale qui s'exerce du haut vers le bas et dont la résultante s'applique au centre de gravité (en moyenne chez l'homme au niveau de la 5^{ème} lombaire). Le centre de gravité en position horizontal se déplace vers les jambes partie la plus lourde.

Si $PA > P$ on flotte plus que nécessaire, si $PA=P$ on flotte, si $PA < P$ on coule

- Densité du corps humain

Densité des muscles 1,087

Densité des os 1,105 à 1,8

Densité des graisses 0,85 à 0,95

- Densité de l'eau

Densité de l'eau douce 1

Densité de l'eau salée 1,025

- Volume pulmonaire

Les poumons jouent le rôle d'une bouée.

Quand les poumons sont remplis (inspiration maximale), ils augmentent le volume corporel et donc l'action de la poussée d'Archimède et permettent aussi de diminuer la densité du corps et donc d'augmenter la flottabilité.

- L'âge

3 périodes de la vie où le corps flotte mieux

L'enfance car le squelette est encore constitué de beaucoup de cartilages qui sont moins denses que les os.

La préadolescence car il y a une augmentation de la masse grasseuse.

L'âge mûr car il y a une augmentation des tissus adipeux et l'ostéoporose.

- La profondeur

Loi de Mariotte

[Pression (P)x volume (V)= constante, à température constante]

Plus on descend, plus la pression comprime les poumons, le volume corporelle diminue et donc la PA diminue aussi, si elle devient inférieure au poids du nageur, il coule.

- Le sexe

Les femmes flottent mieux que les hommes.

Densité de la femme 0,87

Densité de l'homme 0,98

Taux moyen de masse grasse chez la femme 23% contre 15% chez les homes

Cette équilibre horizontal ne peut être efficace que si la tête, que ce soit sur le ventre ou le dos est elle aussi à l'horizontale.

Cette position de la tête éloignée de la position verticale du terrien va avoir des conséquences sur les informations extéroceptives fournis, surtout par les yeux mais aussi par les oreilles, au cervelet. Les 2 systèmes vestibulaires présents dans le labyrinthe de l'oreille interne transmettent au cervelet les informations qui permettent de se rééquilibrer en permanence pour ne pas tomber.

Dans le milieu aquatique si on se contente des informations extéroceptives le cervelet va analyser une chute et va rechercher un redressement.

Le référentiel vestibulaire doit alors prendre en compte des informations proprioceptives qui deviennent dominantes dans le milieu aquatique, comme par exemple les récepteurs situés au niveau de la nuque grâce à l'inhibition des réflexes.

Création du corps flottant

Les tests de flottabilité

- Test de flottabilité ou « test speedo »

En équilibre verticale statique, inspiration forcée

Flottaison médiocre l'eau se situe au niveau du front

Flottaison moyenne l'eau se situe au niveau des yeux

Flottaison excellente l'eau se situe au niveau du menton

Couple de redressement

Un bras de levier entre les deux points d'application des forces PA et G crée un couple de redressement.

- Test de redressement

En position allongée sur le ventre tête dans l'eau en position de flèche (bras et jambes alignés et serrés, chronométrer le temps mis par le corps pour passer de la position horizontale de référence à la verticale.

3 secondes minimum pour se redresser mauvaise flottabilité

8 secondes pour se redresser moyenne flottabilité

20 secondes maximum bonne flottabilité

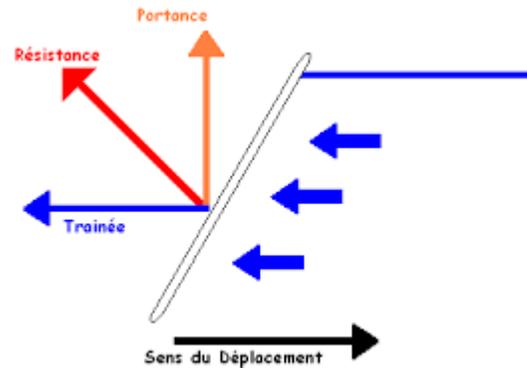
Equilibre dynamique ou équilibration chez certains hauteurs

La traînée est la résistance qu'exerce l'eau sur le déplacement du nageur : elle est de même direction mais de sens opposé par rapport à ce déplacement. La portance hydrodynamique se crée par la différence de vitesse de l'écoulement de l'eau en avant et en arrière du nageur : il y a accumulation à l'avant du nageur et dépression à l'arrière. Cette différence de vitesse d'écoulement de l'eau crée une différence de pression (loi de Bernoulli). Cette inégalité de pression crée une force dirigée vers le haut et perpendiculairement à la traînée appelée force de sustentation hydrodynamique ou force de portance.

La résultante de ces deux forces s'exerce perpendiculairement à la surface du corps et à tendance à mettre le nageur à plat à condition que sa vitesse de déplacement soit suffisante.

Tractée un nageur avec une perche

Corps projectile



Au niveau pratique

Caractéristiques du débutant

Comme nous l'avons déjà énoncé la verticalité est la position de référence du terrien.

Recherche des appuis plantaires information proprioceptive du terrien

Redressement de la tête pour orienter son regard à l'horizontal et mouvement reflexe lors d'une chute

Mouvement des bras vers l'avant comme pour éviter une chute

D'une respiration aérienne à une respiration aquatique

Au niveau théorique

La respiration du terrien est automatique que ce soit l'inspiration ou l'expiration et réaliser au repos essentiellement par le nez. A l'effort, elle peut être effectuée par la bouche ce qui permet l'entrée d'une plus grande quantité d'air.

Les muscles principaux participants à la respiration:

Le diaphragme

Les muscles intercostaux

La respiration = inspiration + expiration

Apnée est l'arrêt temporaire de la respiration

Inspiration « Phase de respiration pendant laquelle l'air atmosphérique, riche en oxygène, pénètre dans les poumons ». Larousse

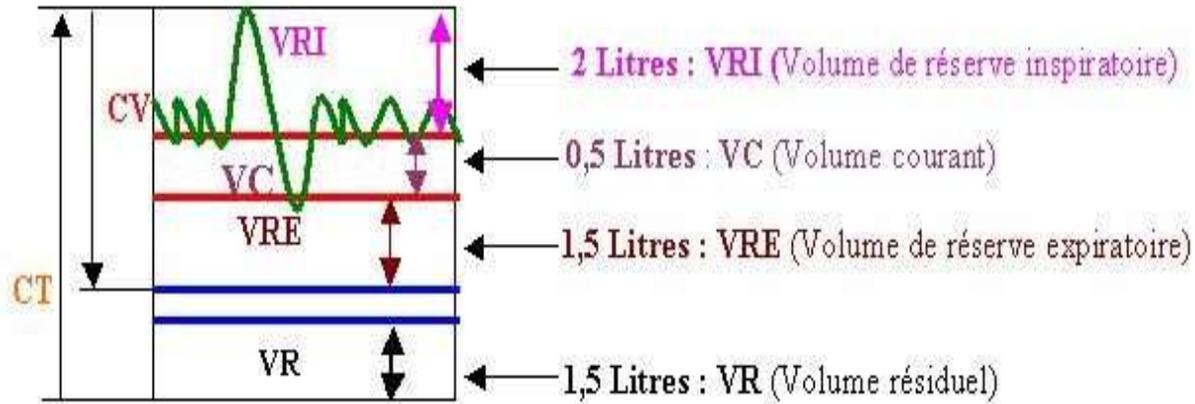
Augmentation du volume de la cage thoracique, diminution de la pression dans les poumons, entrée de l'air

Expiration « Phase de la respiration durant laquelle l'air est expulsé des poumons » Larousse

Diminution du volume de la cage thoracique, augmentation de la pression dans les poumons, sortie de l'air.

La respiration aquatique se caractérise par une expiration active (forcée) pour lutter contre la résistance de l'eau et une inspiration passive qui se fait exclusivement par la bouche Michel Pedroletti [Les fondamentaux de la natation](#)

Les volumes respiratoires



Les volumes sont mesurés par spiromètre, on mesure 4 volumes :

- Le **volume courant 0,5 L** = Volume d'air pour une Respiration calme (VC)
- Le **volume de réserve inspiratoire 2L** = Volume d'air supplémentaire dans une inspiration forcée (VRI)
- Le **volume de réserve expiratoire 1,5** = Volume d'air évacué lors de l'expiration forcée (VRE)
- Le **volume résiduel 1,5 L** = Volume d'air non expulsé et qui reste en permanence dans les poumons (VR)

La **capacité vitale** (CV) = ensemble des volumes, soit entre 4 et 5 L.

La **capacité totale** (CT) = somme de tous les volumes pulmonaires, jusqu'à 6 L voire plus.

FAULKNER rapporte que les valeurs de capacité vitale chez des nageurs de sexe masculin sont de l'ordre de 5,23 à 6,28 litres, dépassant ainsi de 6 à 13% les valeurs en fonction de l'âge, de la taille et du sexe. L'auteur suggère par là que l'entraînement en natation peut amener une augmentation de la capacité vitale.

Au niveau pratique

Les problèmes de la respiration aquatique chez le débutant

Difficulté à mettre la tête dans l'eau.

Peur de se remplir par les différents orifices

Peur d'étouffer

Expiration souvent brève et pas complète

Inspiration longue et pas complète

Inspiration+ expiration plusieurs fois la tête hors de l'eau

Placement de la respiration sur les mouvements de bras

En position dorsale on simplifie le problème respiratoire, mais attention car la respiration demeure très importante

Le problème d'une respiration efficace à l'effort n'est pas un problème uniquement en natation et se retrouve chez de nombreuses personnes et est un frein à une pratique sportive efficiente.

En natation cependant, l'importance est souvent plus importante car la nécessaire adaptation au milieu augmente les difficultés.

Les nageurs ont une capacité vitale pulmonaire de 20 à 25%
supérieure pour les mêmes caractéristiques à des sportifs
terrestres

Apnée

L'intérêt de l'apnée dans l'apprentissage réside dans le fait qu'après une inspiration elle permet un volume corporel plus grand ce qui permet une action plus importante de la poussée d'Archimède et en parallèle diminue la densité du corps (l'air absorbé étant beaucoup moins dense que l'eau) ce qui améliore la flottabilité.

On peut parler des poumons ballastes.

En pratique

La respiration dans chaque nage sauf en dos produit des déséquilibres, il va donc être nécessaire de synchroniser la respiration par rapport à chaque modalité de nage pour créer le moins de résistances possibles.

D'une locomotion de terrien à un locomotion de nageur

En tant que terrien notre locomotion se fait uniquement par les membres inférieurs les bras ayant un rôle d'équilibration.

Dans l'eau pour un déplacement efficace au moins dans 3 des nages codifiées que sont le crawl, le dos et le papillon, la locomotion se fait principalement par les bras, les jambes ayant un rôle d'équilibration essentiellement.

La brasse est la seule nage, où les jambes restent prédominantes pour le déplacement.

Sur terre les jambes s'appuient sur le sol appui fixe solide, dans l'eau les bras doivent s'appuyer sur l'eau une surface liquide. On va devoir « s'appuyer sur des masses d'eau pour propulser son corps en avant » en réalité on accélère plutôt les masses d'eau car on est dans un mouvement cinétique, tout en réduisant la résistance de l'eau à l'avancement.

Propulsion

- Action/ Réaction (3^{ème} Loi de Newton) ou force de trainée

« toute action entraîne une réaction de sens contraire et de même intensité »

Les bras en traversant l'eau selon ce principe créent ce que l'on nomme une force de trainée, l'efficacité maximale étant obtenue lorsque les surfaces propulsives sont orientées perpendiculairement à l'axe de déplacement.

- Bernouilli / Théorie de l'hélice

Pression dynamique+ Pression statique = constante

Counsilman en 1971 explique une partie de la propulsion du nageur par cette théorie. Il a démontré que la main des nageurs de haut niveau suivait un parcours en S. Il considère donc que la main du nageur est utilisée comme une hélice.

Dans leur livre La Natation Costill, Maglischo et Ridcharson 1994

« Le théorème de Bernouilli et la loi d'action réaction de Newton contribuent probablement toutes les 2 à la propulsion en natation. Mais le rôle joué par la loi de Newton est probablement beaucoup plus importante. »

Pour KOEHLER 1987 Le théorème de Bernouilli est une méthode inutilement complexe pour décrire la production de forces propulsives.

« L'efficacité de la propulsion dans l'eau sera meilleure en déplaçant vers l'arrière une grande masse d'eau sur une courte distance qu'une petite masse d'eau sur une longue distance » Counsilman

Construction du corps propulseur

Résistances

Counilman en 1968 distinguait 3 formes de résistances

- Une résistance de forme / frontale ←
- Une résistance de vague / résistances tourbillonnaires ○
- Une résistance de frottement -----

« Les résistances de friction conservent une part stable (environ 5%) quelle que soit la vitesse de nage. Lorsque la vitesse s'accroît, la part des résistances de forme diminue tandis que celle des résistances de vagues devient très importantes ». Raphaël Le Cam et Adrien GUILLORET Université de Renne 2

« La résistance de vague devient négligeable à partir d'une profondeur supérieure à 3 fois le diamètre du corps. » Raphaël Le Cam et Adrien GUILLORET Université de Renne 2



$$R = KSV^2$$

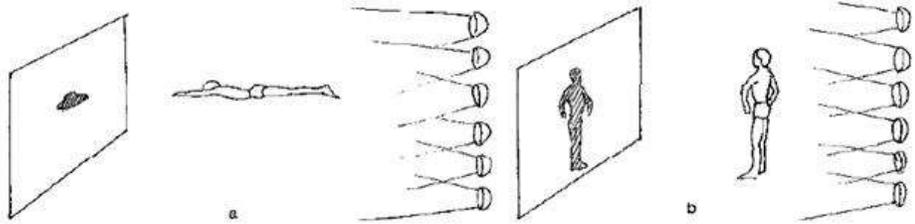
R résistance

S surface du maître-couple c'est à dire la surface du corps projetée sur un plan perpendiculaire à l'axe de déplacement(ombre portée sur un plan vertical). Pour un même maître-couple le coefficient de forme peut être différent Ceci met en évidence la nécessité de l'acquisition d'un profil hydrodynamique.

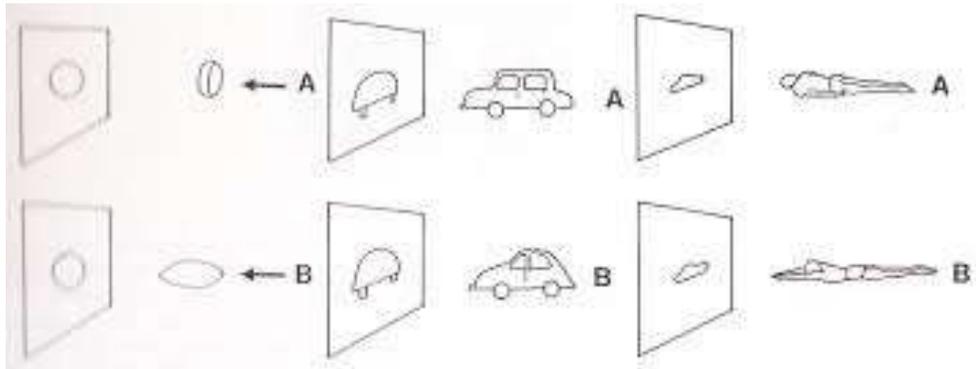
K coefficient de forme du corps qui se déplace une forme effilée produira une résistance plus faible avec moins de turbulences. On peut parler de profil hydrodynamique.

V (vitesse en m/s)

Plus la vitesse augmente plus les résistances augmentent



Surface de maitre couple



Coefficient de forme

Sur l'image même surface de maitre couple
 Mais les formes de pénétrations sont différentes
 B mieux profilé que A

On construit la nation de corps projectile et propulseur

Sur le plan pratique

Chercher un alignement du corps le plus hydrodynamique

Gainage, corps le moins déformable

Placement de la tête

Placement des bras dans l'alignement du corps en coulée

Épilation pour les compétitions (gain d'environ 0.6% selon Cazorla)

Bonnet de bain

Combinaison

D'une prise d'information aérienne à une prise d'information aquatique

Toutes les informations que notre cerveau analyse pour maintenir cet équilibre, que ce soit visuelles (yeux), proprioceptives (voute plantaire), ou encore vestibulaires (oreille interne) contribuent à maintenir cet état vertical. Le passage à l'horizontal va alors demander un apprentissage, une découverte, qui va permettre progressivement de nouvelles adaptations et de nouvelles prises d'informations. On va passer de la prépondérance des informations visuelles à la verticale, à une prépondérance des informations proprioceptives à l'horizontalité.

La proprioception est la perception que nous avons de notre corps à l'arrêt (Statesthésie ou sens de la position) ou en mouvement (kinesthésie que l'on peut aussi appeler sens du mouvement). » Rigal, Motricité humaine. Fondements et applications pédagogiques, 2002..

Les récepteurs vestibulaires correspondent à ce qu'on appelle habituellement l'oreille interne.. Ensuite, de par leur orientation verticale (Saccule) et horizontale (Utricule) ces organes renseignent sur la « sensation » de gravité et la détection des mouvements d'accélération Raymond et al., Les réflexes de l'équilibre. 2007

Les récepteurs Articulaires détectent des variations d'angles et des positions articulaires. Ils sont très importants en natation pour situer les segments corporels dans l'espace. Cette notion est appelée schéma corporel.

Les récepteurs cutanés. Il en existe plusieurs. En natation ils sont importants du fait du contact de la peau avec l'eau. Ils renseignent sur les pressions et donc sur la force appliquée sur l'eau. Egalement au moment des virages et des départs, l'intensité et la localisation des pressions donnent de précieuses informations.

Les récepteurs tendineux sont situés spécifiquement dans les tendons des muscles.

Appelés les Organes Tendineux de Golgi, ils sont sensibles à l'étirement du tendon, ce qui renseigne sur des positions ou mouvements spécifique en natation (le tendon d'Achille par exemple est sans arrêt sollicité : parfois en flexion, d'autres fois en extension).

Les récepteurs musculaires. Les fuseaux neuromusculaires sont constitués de fibres musculaires modifiées.

Disposé parallèlement aux fibres du muscle, ils sont sensibles à l'allongement de celui-ci, et traduit un stimulus mécanique en un message nerveux. Exemple au moment de la traction du bras en crawl, les fuseaux neuro musculaires renseignent sur l'étirement du biceps. Lorsque cet étirement est jugé suffisant, un message nerveux de raccourcissement (c'est-à-dire de contraction musculaire) du biceps est enclenché, pour réaliser la phase de poussée.

Bibliographie

Approche Scientifique de la Natation Didier CHOLLET

La natation de demain Raymond CATTEAU

La natation DL COSTILL, B.W MAGLISCHO, A.B RICHARDSON

Cours STAPS Raphaël Le Cam et Adrien GUILLORET Université de Renne 2