



**HAL**  
open science

## NATATION 1 la propulsion des nageurs

Luc Collard

► **To cite this version:**

| Luc Collard. NATATION 1 la propulsion des nageurs. Licence. France. 2022. hal-03727939

**HAL Id: hal-03727939**

**<https://hal.science/hal-03727939>**

Submitted on 19 Jul 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**LA  
5<sup>e</sup>  
NAGE**

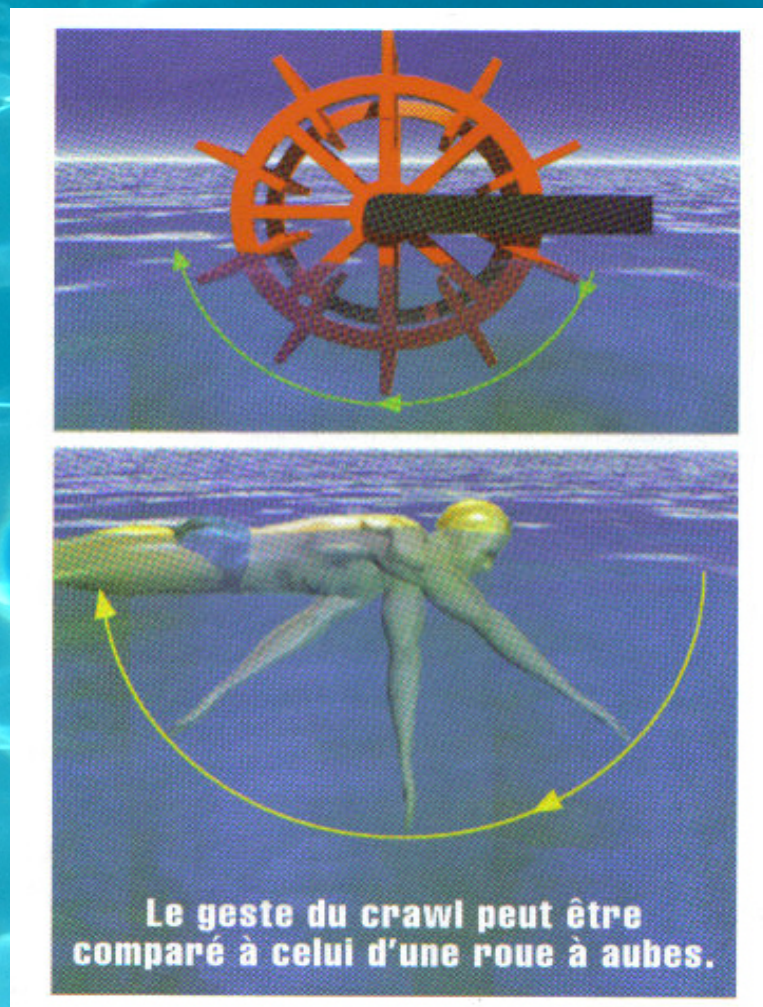


**LUC COLLARD**

# **la propulsion des nageurs**

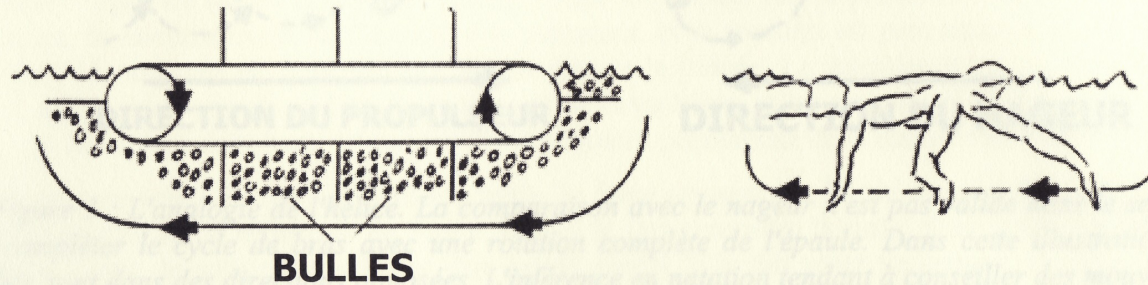


On a cru,  
et on croit  
parfois  
encore...



**Diapositive 2.** Modèle explicatif classique de la propulsion en natation: la roue à aube, utilisant exclusivement les forces de traînées (CANDAU, R., 2006).

# On a cru aussi...



*Figure 1 : L'analogie de l'engin de travaux public. Les turbulences créées par un plaque affectent la capacité des plaques suivantes à créer une force de traînée. L'inférence erronée consiste à conclure que le nageur ne doit pas tirer directement vers l'arrière. La comparaison n'est pas valide car le nageur ne peut pas avoir plusieurs bras qui se suivent dans l'eau. Le problème de l'affectation de l'appui d'une première plaque sur la suivante ne peut donc pas s'appliquer.*

**Diapositive 3.**

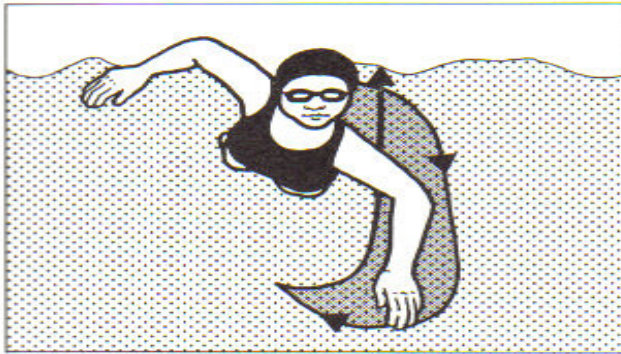
Catteau (2008)  
*La natation de demain*  
Biarritz: Atlantica

**Bref: On a cru...**

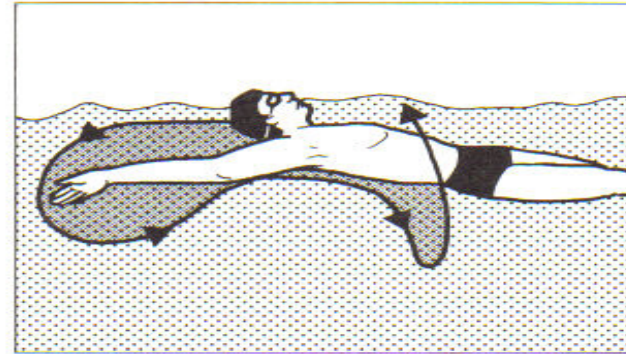
- **Contre-vérité N°1: « Que les propulseurs agissent successivement (nages alternées) ou ensemble (nages simultanées), le problème reste le même: prendre en avant des masses d'eau importantes et les projeter derrière soi. » (p. 70). Mécanisme de Traînée propulsive, « l'action/réaction » (3ème Loi de Newton)**

**... Mais la force de Traînée propulsive n'est pas la seule dans l'eau...**

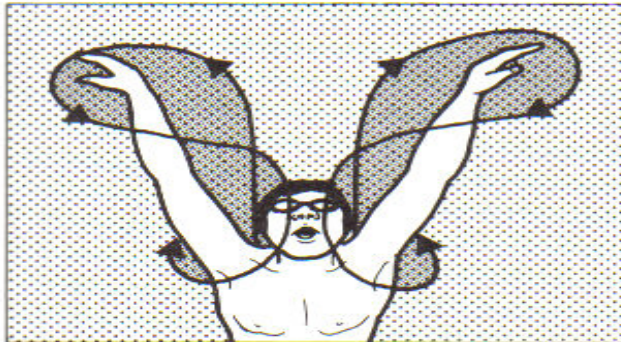
## PROPULSION ET RÉSISTANCE



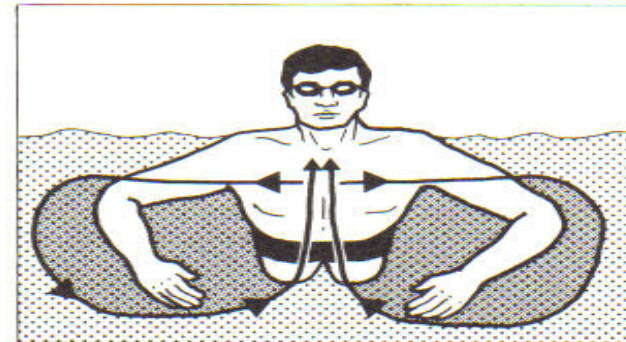
(a)



(b)



(c)

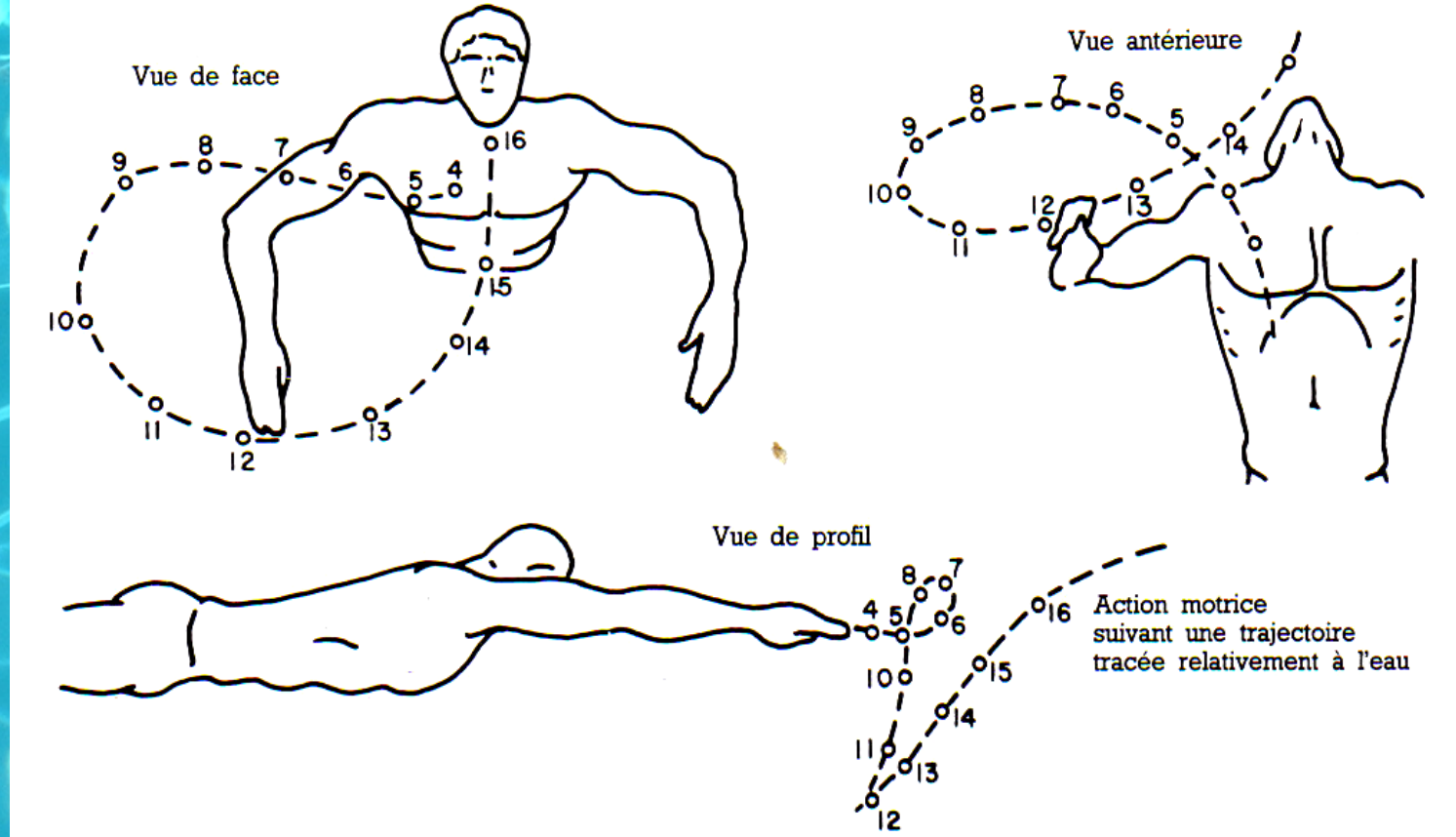


(d)

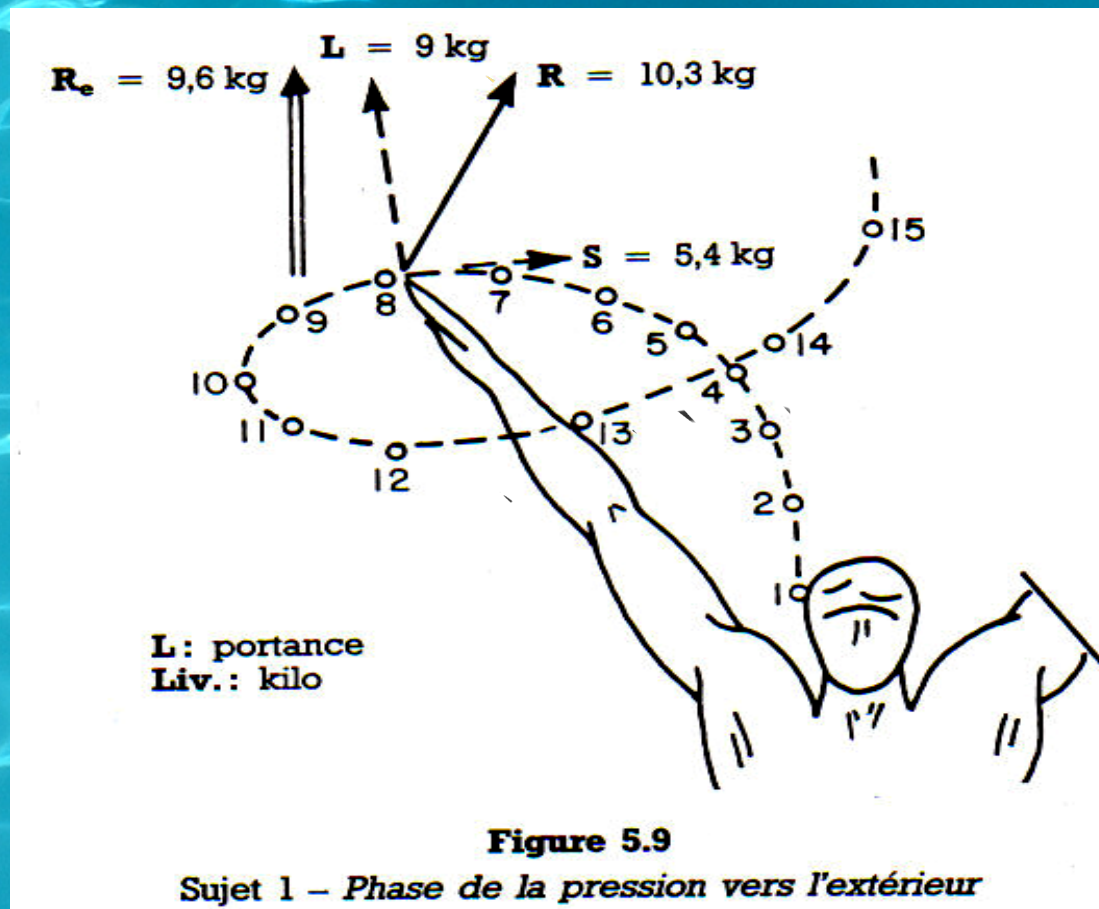
**Diapositive 5.** Dans les 4 nages, le trajet aquatique des mains se fait **en 3 dimensions** (COSTILL et al., 1994). Par des godilles (3 sauf en brasse: 2), les mains des nageurs peuvent constamment s'appuyer sur de nouvelles strates d'eau inerte, évitant ainsi l'effet dérapage (dans le jargon de la natation on parle de « ramer en eau dure »). Problème: les masses d'eau poussée ne le sont pas systématiquement vers l'arrière. Et si la force de traînée (drag) n'était pas la seule à intervenir dans la propulsion?

**VIDEOPORTANCE.mp4**

Figure 5.5  
Sujet 1 - Brasse

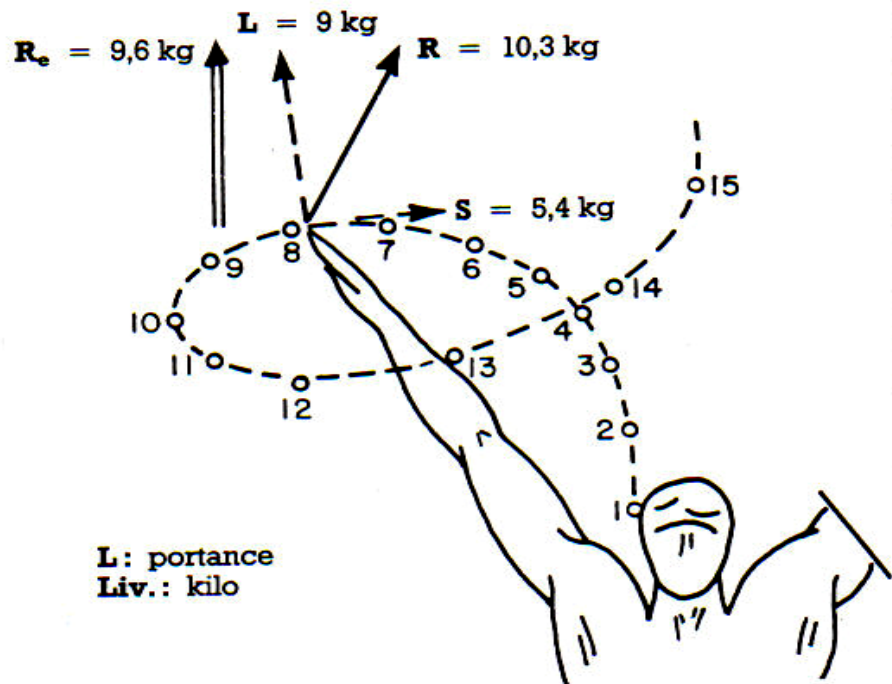


**Diapositive 6.** Décomposition du cycle de bras en brasse en 16 moments (SCHLEIHAUF, 1977). Moments 1 à 3: prise d'appui (les bras étant tendus, les mains avancent); moments 4 à 10: les mains compressent l'eau vers l'extérieur (godille extérieure), au point 10 les bras et les avant-bras forment un angle d'environ 90° et les mains orientent les masses d'eau directement vers l'arrière; moments 11 à 15: godille intérieure, l'eau est compressée vers la poitrine; moment 16: les bras se tendent vers l'avant.



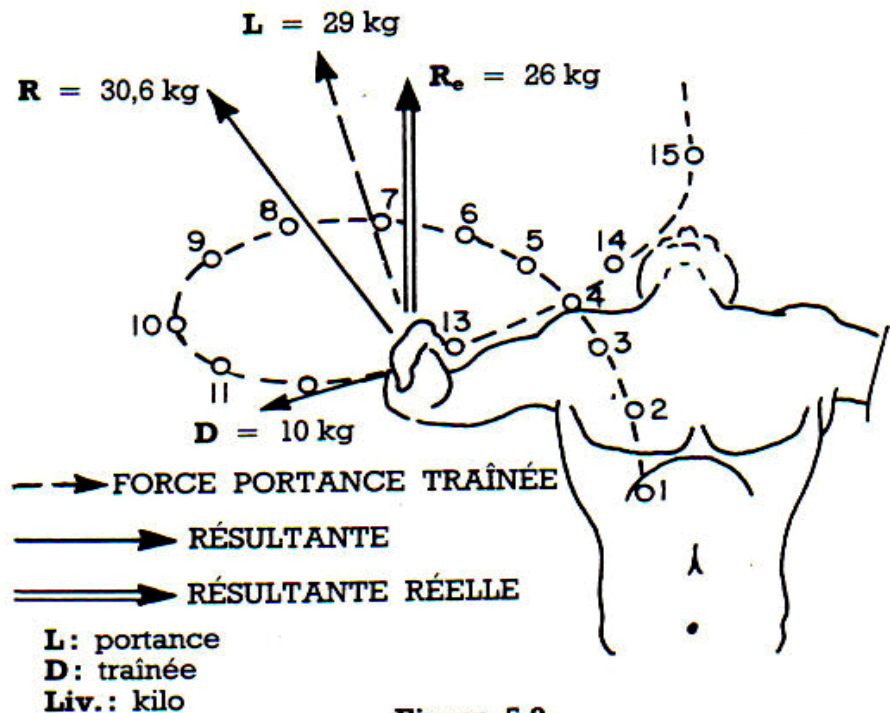
**Diapositive 7.** Forces de traînée (S) et de portance (L) durant le moment 8 de la godille extérieure du bras droit (SCHLEIHAUF, 1977). On observe que si la 3ème loi de Newton (action/réaction: « à toute action correspond une réaction égale et opposée ») dirige une force vers l'intérieur (S), une autre force, la portance (L), est placée à  $90^\circ$  de S et orientée vers l'avant. Cette dernière est la seule des 2 forces à diriger le nageur directement vers l'avant. La somme des forces (R) est sensiblement différente de la résultante réelle ( $R_e$ ) compte tenu du profil hydrodynamique du bras.





**Figure 5.9**

Sujet 1 – Phase de la pression vers l'extérieur

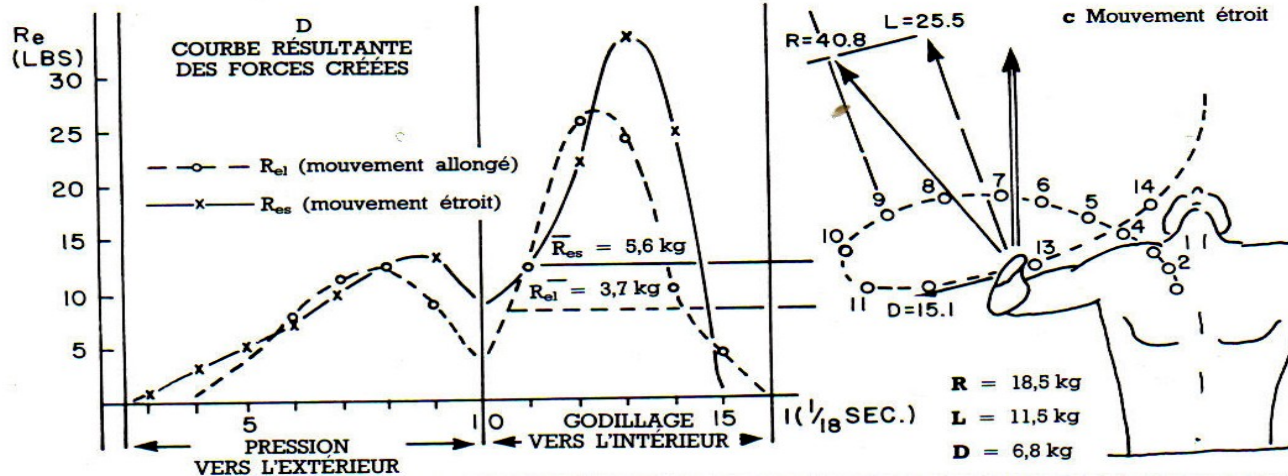
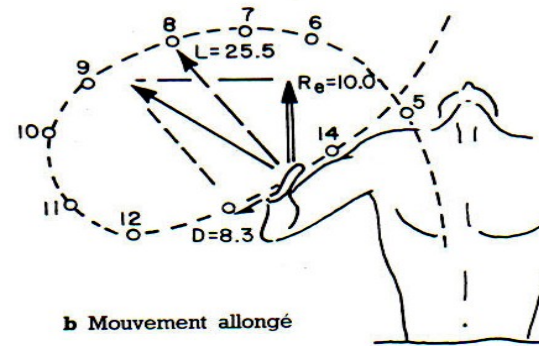
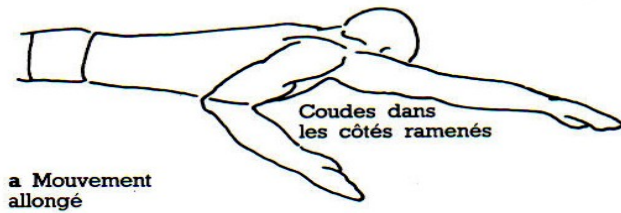


**Figure 5.8**

Sujet 1 – Création des forces

**Diapositive 8.** Comparaison des moments 8 et 13 s'agissant des forces de traînée (S ou D) et de portance (L) du bras droit (SCHLEIHAUF, 1977). Il est stupéfiant d'observer qu'une puissance de nage supérieure est obtenue au moment 13 alors même que la main est dirigée vers l'avant. En brasse, les forces de portance des mains ont barre sur les forces de traînées correspondantes.

Figure 5.10  
Sujet 2 - Comparaison d'efficacité



**Diapositive 9.** Comparaison des forces produites lors de mouvements de bras allongés et étroits (SCHLEIHAUF, 1977). En valorisant l'orientation des masses d'eau vers l'arrière (mouvement allongé) on réduit l'efficacité propulsive. Il est à noter que c'est précisément au moment où les mains sont orientées vers l'arrière (moment 10) qu'elles produisent une moindre puissance propulsive...

## Contre-vérité N°2:

- **Les « propulseurs » du nageurs sont forcément les bras et dans une moindre mesure les jambes: « *Le dispositif propulseur est constitué par les extrémités des membres... L'élément propulseur (la pale) est mis en mouvement par le déplacement des parties proximales comme les bras et les cuisses.* » (p. 69, op. Cit., 2008)**

**... Pourquoi alors aucun mammifère marin n'a-t-il retenu ce mode de propulsion?**

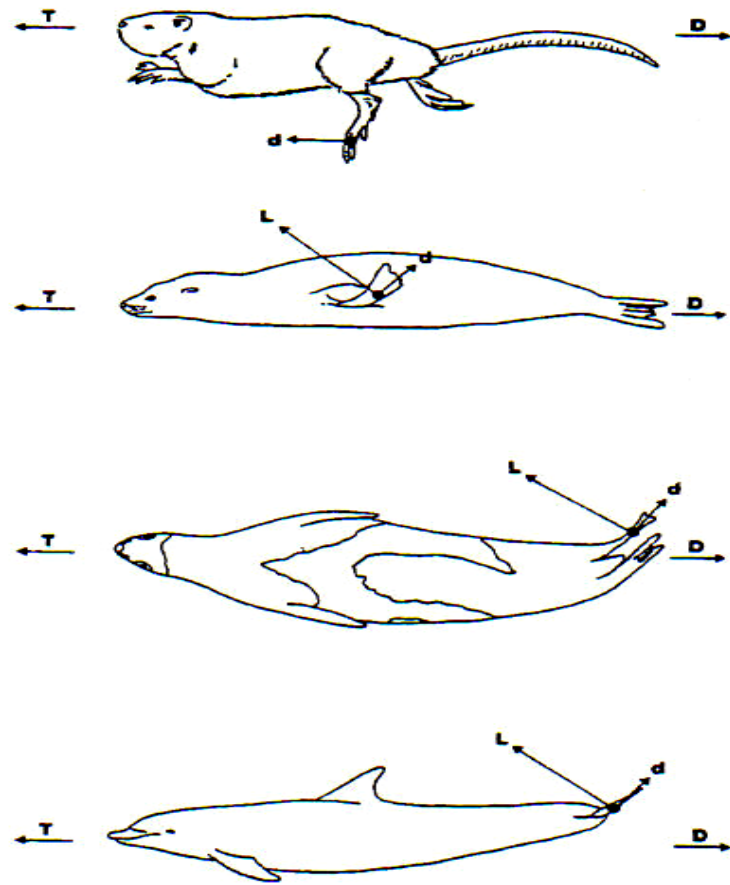
TABLE 1. *Swimming modes exhibited by modern mammals.*

Mode	Thrust force	Representative genera	Habits
Quadrupedal paddling	Drag	<i>Didelphis, Canis, Elephas, Mustela</i>	terrestrial, semiaquatic
Alternate pectoral paddling	Drag	<i>Mustela, Thalarctos</i>	semiaquatic
Alternate pelvic paddling	Drag	<i>Castor, Chironectes, Hydromys, Ondatra</i>	semiaquatic
Alternate pelvic rowing	Drag	<i>Ondatra</i>	semiaquatic
Simultaneous pelvic paddling	Drag	<i>Lutra</i>	semiaquatic
Pectoral rowing	Drag	<i>Ornithorynchus</i>	semiaquatic
Lateral undulation	Acceleration reaction	<i>Potomogale</i>	semiaquatic
Dorsoventral undulation	Acceleration reaction	<i>Enhydra, Lutra</i>	semiaquatic, aquatic
Pelvic oscillation	Lift	<i>Odobenus, Phoca</i>	aquatic
Pectoral oscillation	Lift	<i>Zalophus</i>	aquatic
Caudal oscillation	Lift	<i>Trichechus, Tursiops</i>	aquatic

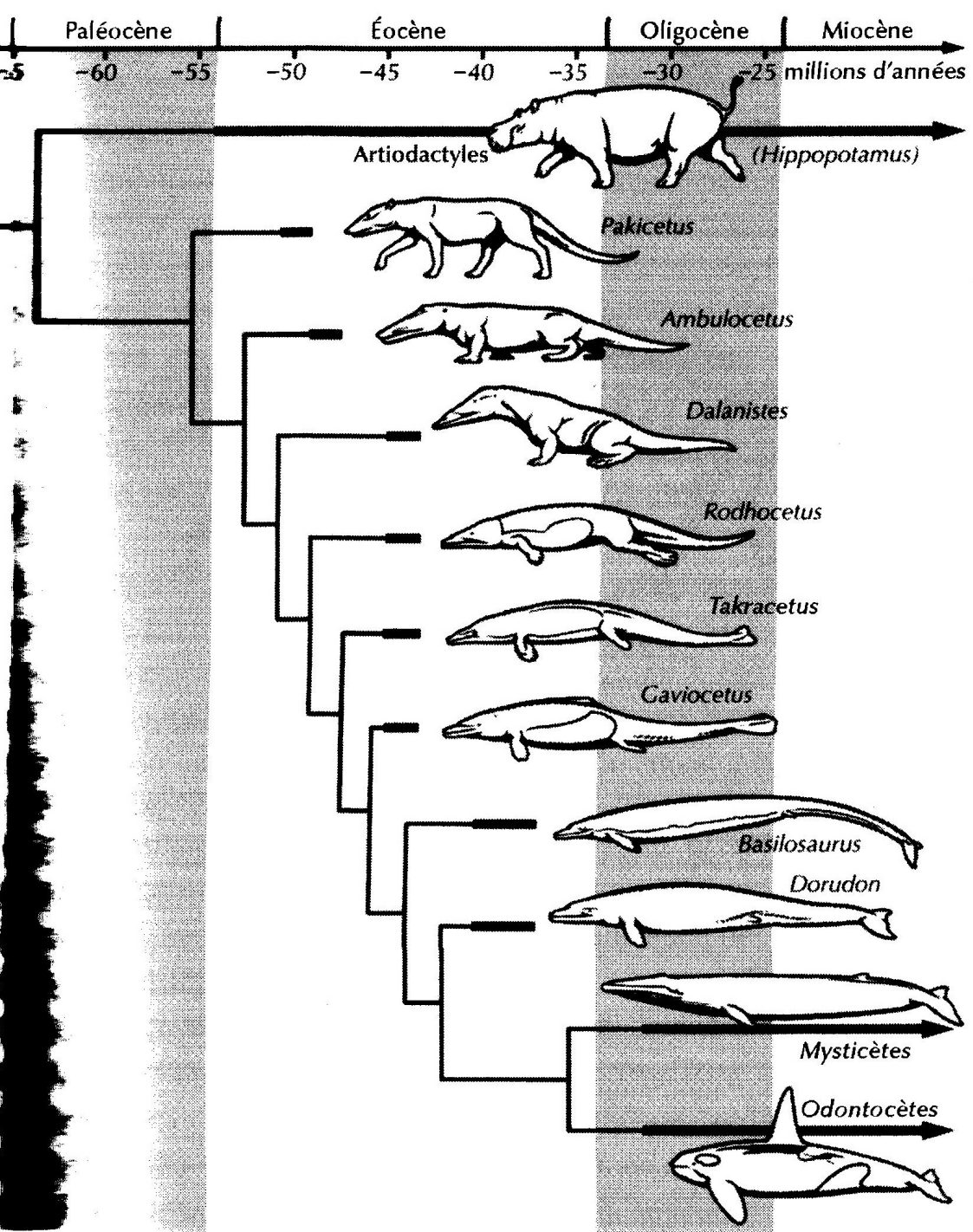
**Diapositive 11. Type de propulsion aquatique privilégié par les mammifères (FISH, 1995). Les espèces les moins adaptées au milieu aquatique utilisent la force de traînée (Drag propulsion) quand les mieux adaptés utilisent la force de portance (Lift propulsion).**

**Des forces de Traînées (Drag) aux forces de Portances (Lift) propulsives = du trot aux bonds (oscillations)**

**Diapositive 12. Contribution des forces de traînée (d) et de portance (L) dans le déplacement aquatique (T) de quelques mammifères (FISH, 1995). La force de portance (L) est celle qui participe essentiellement aux déplacements usant d'oscillations (phoque, dauphin). La force de traînée (d) s'observe surtout lors du déplacement en surface des espèces terrestres ou semi-aquatiques (rat, loutre).**

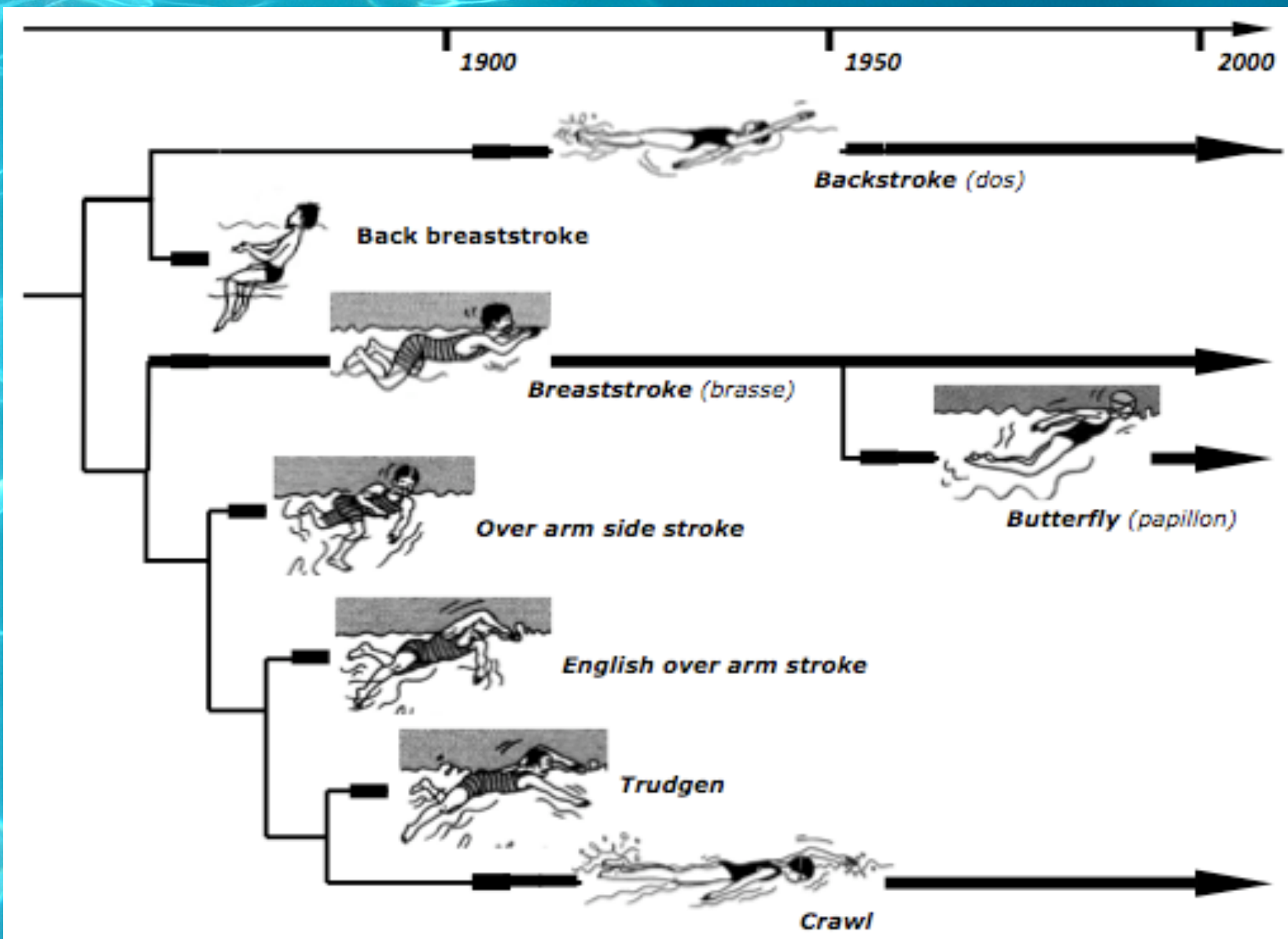


**FIG. 1.** Major forces associated with propulsive modes. From the top, animals and propulsive modes shown are (1) muskrat (*Ondatra zibethicus*): paddling, (2) sea lion (*Zalophus californianus*): pectoral oscillation, (3) harp seal (*Phoca groenlandica*): pelvic oscillation, and (4) bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*): caudal oscillation. To swim at a constant velocity, an animal must generate a thrust force (T) equal and opposite to a drag force (D). Paddling is a drag-based swimming mode. The posterior sweep of the hind feet of the muskrat generates a drag force (d) which contributes to T. Using lift-based propulsive modes, the foreflippers of the sea lion, hind flippers of the harp seal, and caudal flukes of the dolphin act as hydrofoils to generate T. Lift derived from movement of the hydrofoil is resolved into an anteriorly directed thrust force. The drag associated with the hydrofoil (d) is produced mainly from frictional and induced drag components and is small relative to the lift force. (From Fish, 1993a.)

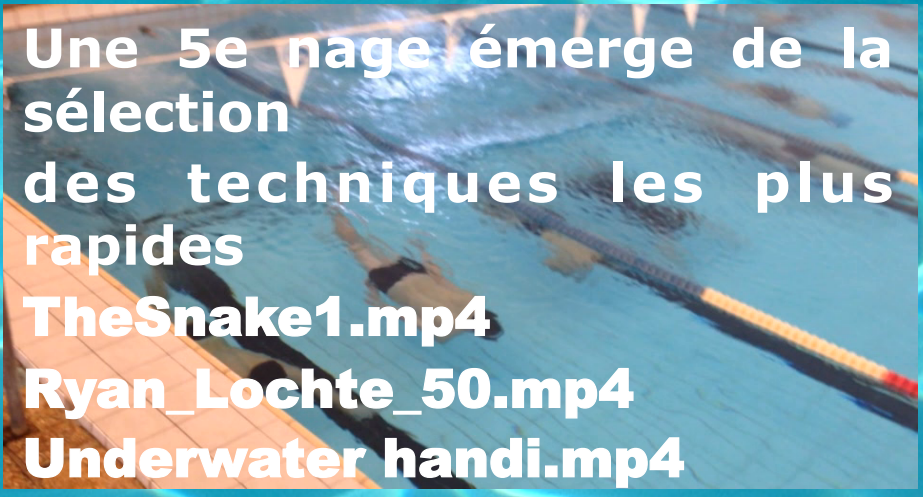
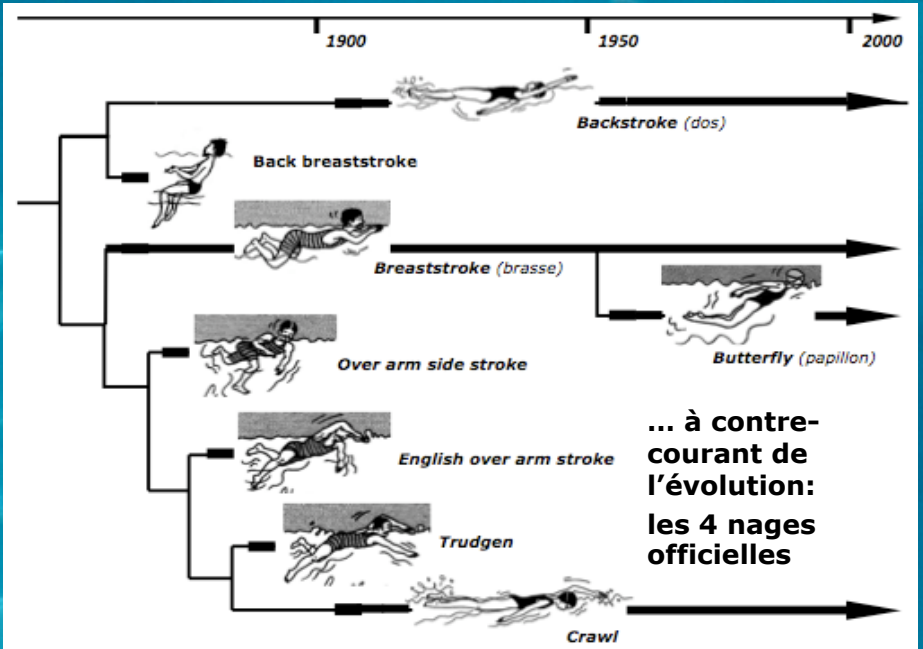
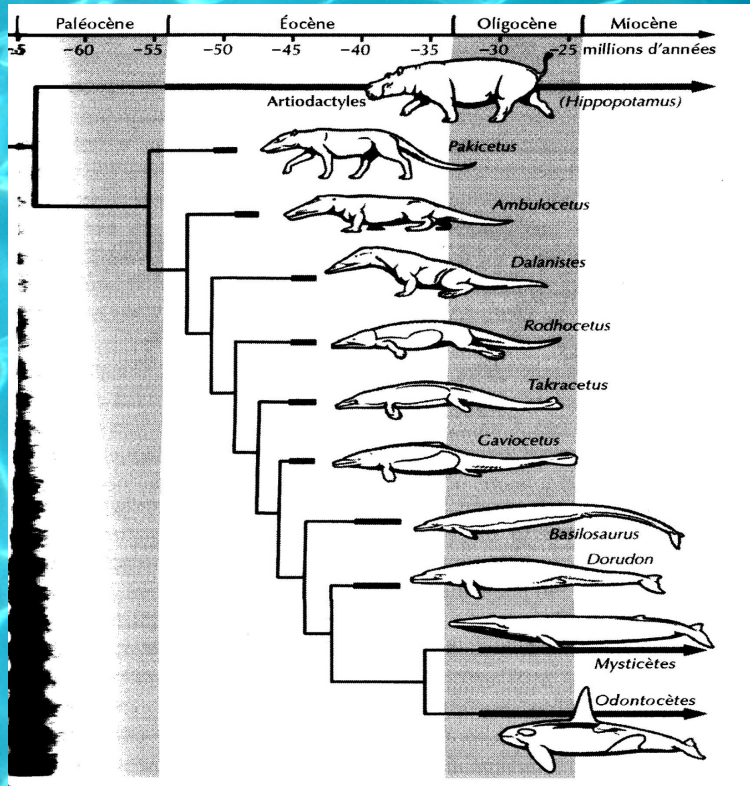


Whales\_evolution.mp4  
Cormoran.mp4

# ... à contre-courant de l'évolution: les 4 nages officielles de la FINA Vidéo5èmenage.mp4



# Une cinquième nage?



Classement de 64 nageurs sur 9m en « montante/ descendante »

(512 passages)

Rangs 6-7-8

6\* crawl (quadrupedal paddling) 10%

Rangs 3-4-5-6-7

51\* brasse (pectoral and pelvic rowing) 79%

Rangs 1-2-3

6\* ondulations (ventral undulation) 10%

Rang 1

1\* Snake (lateral undulation) 1%



Luc Collard



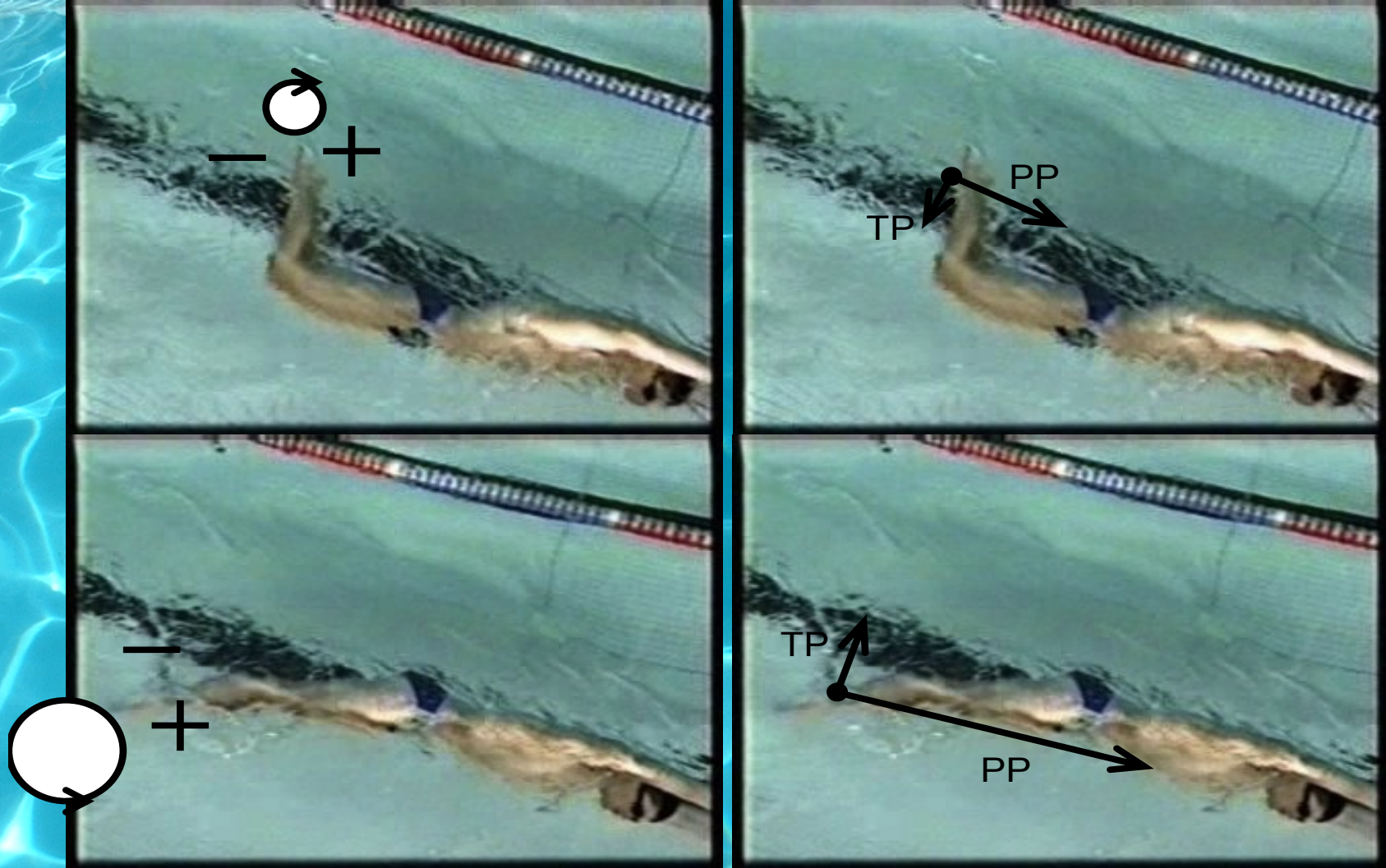
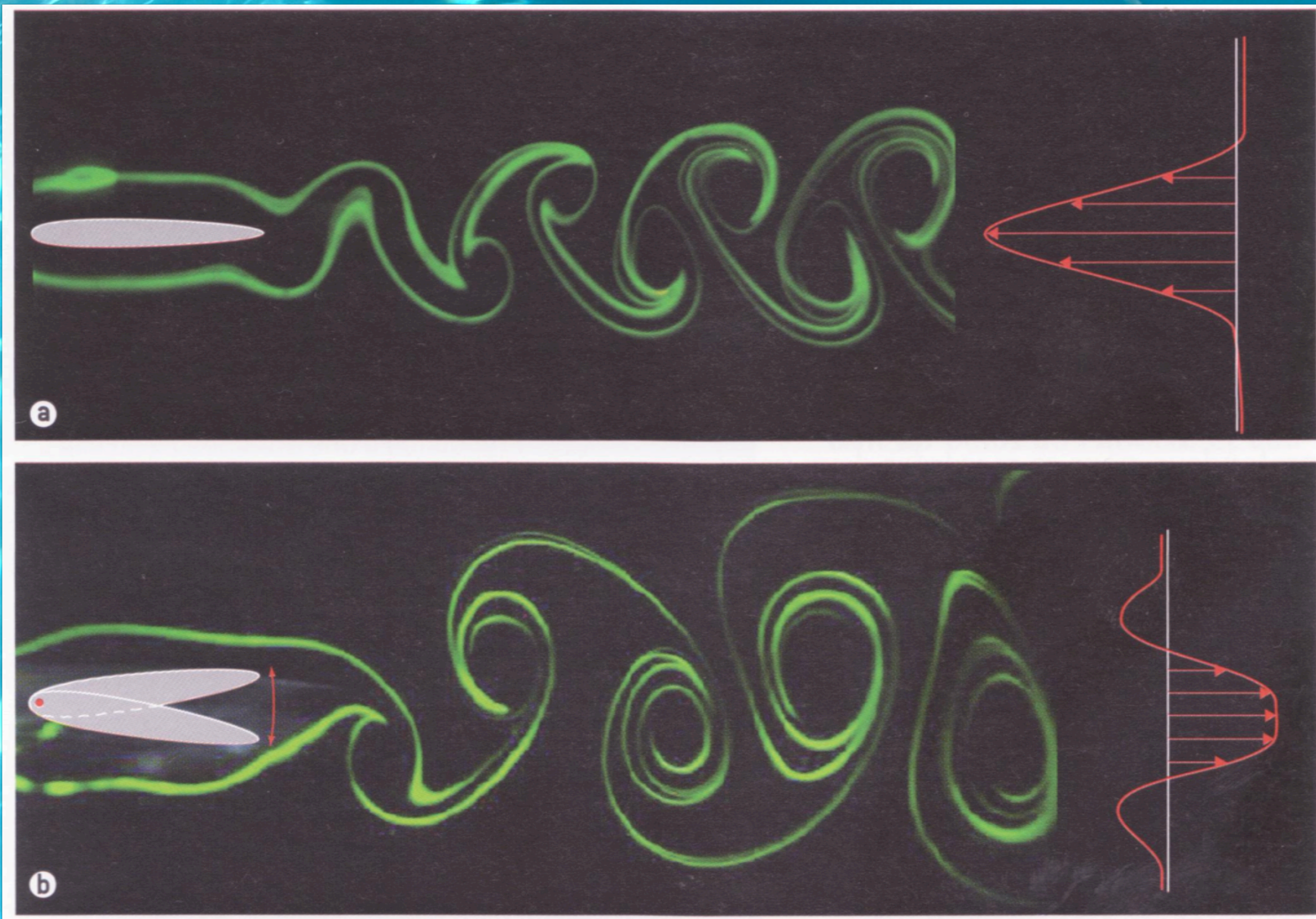


Fig. 2 : Phase extrême de l'oscillation des jambes et forces générées.

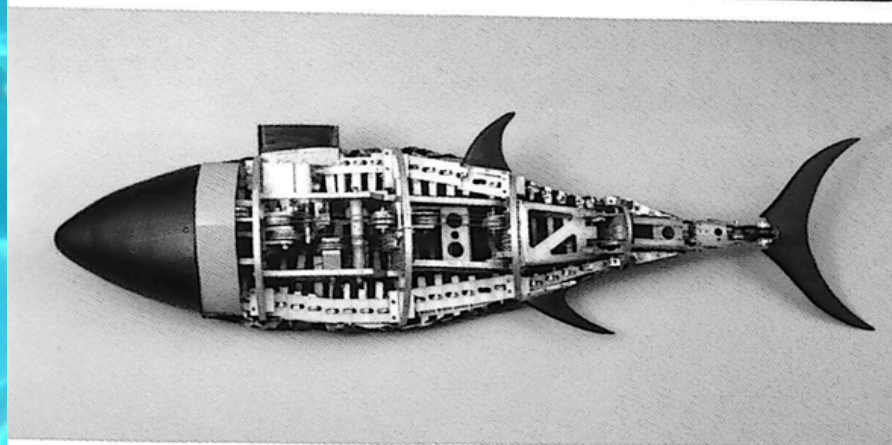
La création des forces de traînée propulsive (TP) se fait par réaction opposée à l'action des jambes : orientées perpendiculairement au déplacement, elles tendent à s'annuler en s'additionnant. Les forces de portance propulsive (PP) s'exercent toujours à 90° des forces de traînée ; dirigées vers l'avant, elles sont – dans cette illustration d'entraînement où le tronc reste fixe – essentiellement générées par la création de vortex suivant le fouetté des pieds. Du fait du blocage de l'articulation du genou, la phase d'extension des jambes est toujours plus propulsive que la phase de flexion (adapté de Sfakiotakis *et al.*, 1999).



**Diapositive 17. Tourbillons de Bénard-Von *Karman* avec (b) ou sans (a) oscillations**

**Diapositive  
18. Ce que  
disent les  
fluides**

(Guyon, E.,  
Hulin, J-P.,  
Petit L., Eds  
Belin Pour la  
science,  
2011)



● 2. Ce système biomimétique, dénommé « RoboTuna », a été développé par une équipe du MIT dans le but de construire un nouveau type de sous-marins s'inspirant du mode de locomotion (manœuvrabilité, rendement de propulsion, etc.) des thons.