

Hélas, quand la vitesse limite du bateau est atteinte, le vent continue à pousser voiles et mâts ; cette confrontation paradoxale entre «une force irrésistible et un objet inamovible» peut amener la rupture du mât. Quand le vent augmente par trop, il faut vite carguer les voiles, manœuvre dangereuse comme en témoigne la perte moyenne d'un membre d'équipage, passé par dessus bord, lors de chaque contournement du cap Horn.

La précipitation avec laquelle on réduit ou abat une voile, est une obsession nécessaire, aujourd'hui comme hier ; hélas, une pièce de toile battant au vent lors d'une tempête est un objet démoniaque, car incontrôlable. Nombre de marins sont morts en tentant de maîtriser une voile par vent violent. Je suis passablement irrité par le romantisme associé au «bon temps de la marine à voile». La conception des navires imposait aux équipages des performances physiques inouïes ; pour que les marins accomplissent ces tâches, la hiérarchie imposait une discipline de fer d'une rigueur inhumaine.

Au contraire, sur les jonques chinoises, un ingénieux mécanisme de type store vénitien, permettait à un seul homme, debout sur le pont, de hisser et d'abattre les voiles. Pour comprendre comment les marins apprirent à naviguer contre le vent, nous allons maintenant relier l'hydrodynamique à l'aéronautique.

La poussée sur une voile

De nombreux physiciens s'interrogèrent sur l'intensité et sur la direction de la force engendrée par un fluide s'écoulant dans une direction faisant un petit angle avec une lame solide.

Selon Newton, cette force était négligeable pour de petits angles, croissant seulement comme le carré du sinus de l'angle entre la direction du vent et la lame. Dans un article d'une remarquable perspicacité rédigé il y a plus d'un siècle, Lord Rayleigh réfuta cette loi et affirma que la force était bien supérieure. Il écrivait en 1876 : «Le fait que la résistance au mouvement [...] d'une lame dans un fluide au repos puisse être accrue considérablement par la superposition d'un mouvement en biais présente un grand intérêt. Par exemple, ce fait se révélera d'une importance vitale pour le problème du vol artificiel.»

Il calcula une force bien plus élevée aux petits angles, valeur que l'on sait aujourd'hui être encore supérieure. Elle est correctement donnée par la théorie des écoulements sur les lames solides, théorie élaborée par les physiciens depuis le début du XX^e siècle. C'est cette force qui permet à un oiseau de descendre en planant plus lentement qu'un parachute dont l'aire serait égale à celle des ailes de l'oiseau. Et c'est ce qui maintient les avions dans le ciel avec une force proportionnelle à l'aire de l'aile.

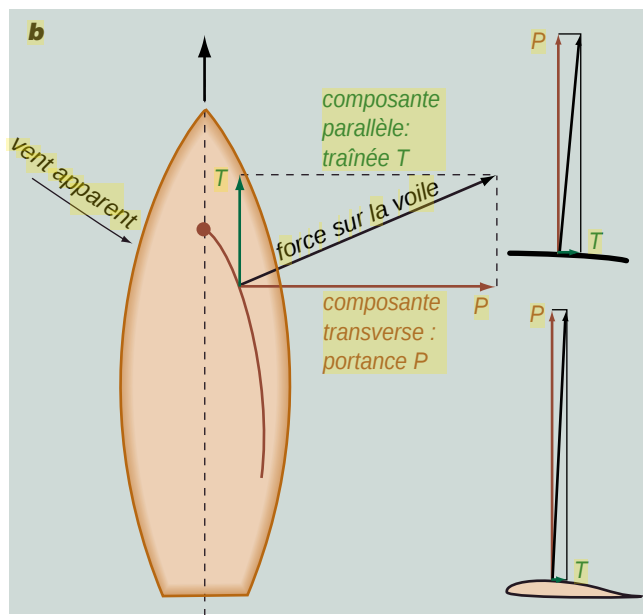
Pour revenir à notre problème, c'est cette portance perpendiculaire à l'écoulement de l'air sur la voile qui permet au navire d'avancer contre le vent. La composante transverse de cette force, bien plus importante que la composante orientée vers l'avant, tend à pousser le navire latéralement. Ainsi, toute embarcation naviguant à la voile est dotée d'un dispositif immergé qui s'oppose au mouvement latéral, tout en facilitant le mouvement vers l'avant. C'est pour remplir cette fonction que les Chinois ont inventé les dérives latérales utilisées aujourd'hui encore aux Pays-Bas sur les navires traditionnels. La même fonction peut être obtenue à l'aide d'ailerons, fixes ou rétractables, de dérives ou de quilles, placés sur les planches à voile, les canots et les voiliers.

Lord Rayleigh et William Froude avaient compris que la force qui empêche le bateau de chasser latéralement n'est pas la traînée de la dérive qui se déplace latéralement dans l'eau, mais la portance engendrée par son mouvement vers l'avant dans une direction qui forme un petit angle avec son plan de symétrie.

Cette dérive fonctionne comme un hydrofoil vertical plongé dans l'eau, à l'instar de la voile qui se comporte comme un airfoil vertical dans l'air. Ces forces horizontales, longitudinale et transverse s'exerçant sur ces foils, sont dénommées traînée et portance.



3. LA VOILE PRINCIPALE d'une jonque chinoise (a) pouvait être hissée ou abattue depuis le pont par un seul homme. Ces jonques furent les premières embarcations à remonter au vent. Composantes de la poussée de la voile sur une embarcation remontant au vent (b). Pour



contrer la grande composante latérale, il faut recourir à un dispositif immergé, une dérive. Portance et traînée s'exerçant sur une lame incurvée et sur un airfoil (c) pour un angle au vent inférieur à 4 degrés. La lame et l'airfoil ont même rapport longueur/largeur, égal à 6.