par conséquent développer $\frac{y^p}{p} = \frac{f^p(z)}{p}$, par la formule (2) suivant les puissances de t; on a ainsi :

$$\frac{y^p}{p} = \frac{f^p(\varsigma - \eta t)}{p} + \sum_0^\infty \frac{t^n}{1 \cdot 2 \ldots n} \left[D_z^n \frac{f^{n+p}(z)}{n+p} \right]_{z=\varsigma-\eta t},$$

c'est-à-dire

$$\frac{y^p}{p} = \frac{y_0^p}{p} + \left(\frac{\varsigma - \eta t}{p}\right)\left(\frac{dy^p}{dz}\right)_0 + \frac{(\varsigma - \eta t)^2}{1 \cdot 2 \cdot p}\left(\frac{d^2 y^p}{dz^2}\right)_0 + \ldots$$

$$+ \frac{t}{1}\left[\frac{1}{p+1}\left(\frac{dy^{p+1}}{dz}\right)_0 + \frac{\varsigma - \eta t}{p+1}\left(\frac{d^2 y^{p+1}}{dz^2}\right)_0 + \ldots\right] + \ldots\ldots \quad (4)$$

$$+ \frac{t^n}{1 \cdot 2 \ldots n}\left[\frac{1}{p+n}\left(\frac{d^n y^{p+n}}{dz^n}\right)_0 + \frac{\varsigma - \eta t}{p+n}\left(\frac{d^{n+1} y^{p+n}}{dz^{n+1}}\right)_0 + \ldots\right]$$

$$+ \ldots\ldots$$

On conclut de cette formule (4), en supposant $(\varsigma - \eta t)^k$ et t^k remplacés par leurs développements suivant les puissances de φ, que les coefficients des puissances de φ dans le développement de y^p sont des fonctions linéaires de termes de la forme

$$\frac{1}{j}\frac{d^i y^j}{dz^i}.$$

En outre, si l'on remarque que r^p est donné par la formule

$$\frac{r^p}{p} = \left(\frac{y - \eta}{p}\right)^p \frac{1}{\cos^p \varphi} \quad (5)$$

on voit aussi que les coefficients des diverses puissances de φ dans le développement de r^p jouissent de la même propriété.

Cela établi, M. Simart donne, sous forme de déterminants très simples, les expressions des coefficients des différents développements auxiliaires nécessaires au développement de la formule (5).

TRAITÉ

DES

ÉVOLUTIONS ET ALLURES[1]

par M. le contre-amiral MOTTEZ

Les considérations qui guident le manœuvrier dans une évolution dépendent en majeure partie de l'état du temps; quand le temps est beau et la mer peu houleuse, le manœuvrier tâche d'évoluer vite et sûrement; quand le vent est fort, la conservation des voiles tient une grande place dans ses préoccupations; enfin, quand la mer est dangereuse, il a en vue de préserver le navire du choc des lames.

Avant d'entrer dans le détail des évolutions, il est bon de poser les principes sur lesquels toutes les évolutions s'appuient, c'est-à-dire de faire connaître les différentes impulsions évolutives que reçoit le bâtiment dans le cours d'une évolution. Il y en a de deux sortes : celles imprimées par les voiles et celles qui résultent des modifications des pressions de la carène de la part de l'eau, suivant les mouvements imprimés au bâtiment. Les premières se voient; on sait que l'effort du vent sur une voile a pour direction la normale à la voile; de façon qu'en voyant agir une voile, on voit par le fait la force qui sollicite le bâtiment; on la voit en direction par

1. Ce traité fut publié pour la première fois en 1873, par M. Mottez, alors capitaine de vaisseau, après qu'il eut quitté le commandement de l'École d'application des aspirants établie sur le vaisseau le *Jean-Bart*. Il est rédigé sous la forme d'un exposé d'un mode rationnel d'enseignement de la manœuvre.

l'orientement de la voile et on en mesure la grandeur par la force du vent que l'on ressent.

Les impulsions évolutives qui agissent sur la carène par le fait du mouvement du bâtiment sont moins apparentes; cependant, comme il est impossible de comprendre une évolution sans se rendre compte de ces impulsions, il faut que tous les élèves y portent leur sérieuse attention.

Elles font lofer ou elles font arriver suivant le sens du mouvement; leur énergie dépend de la vitesse et peut toujours se comparer à l'énergie des forces évolutives imprimées par les voiles.

Elles font lofer quand le bâtiment marche en avant et dérive, elles font arriver quand le bâtiment marche en arrière et dérive, avec la même vitesse en avant ou en arrière, elles croissent avec la dérive; avec la même dérive, elles croissent avec la vitesse en avant ou en arrière. Celles qui font arriver sous l'influence de la dérive et de la marche en arrière ont une énergie toujours plus grande que celle de l'action évolutive des voiles et du gouvernail, tandis que l'action évolutive de la carène qui fait lofer sous l'influence de la dérive et de la marche en avant peut être vaincue par l'action évolutive des voiles et celle du gouvernail. Ces principes régissent toutes les évolutions et jouent un rôle principal dans toutes les allures.

Faut-il les démontrer? Nous ne le pensons pas, car les lois de résistance des fluides ne sont pas assez connues pour que le raisonnement puisse donner une idée exacte de leur grandeur; mieux vaut exercer les élèves à les voir et à juger de leur grandeur par les effets produits.

Cependant il est évident que, sous l'influence de la marche en avant et de la dérive, c'est la joue sous le vent qui est la partie du bâtiment la plus pressée par le fluide; d'où résulte la tendance à lofer. De même, sous l'influence de la marche en arrière et de la dérive, c'est la hanche sous le vent qui est la partie du bâtiment la plus pressée par le fluide, d'où résulte la tendance à arriver. Mais ces considérations ne rendent pas compte de la grandeur de ces influences. Ayant la même dérive, la tendance à lofer avec une vitesse en avant est moins grande que la tendance à arriver avec une égale vitesse en arrière; cela provient de la différence qu'il y a entre les formes de l'avant et celles de l'arrière.

Mais comme nous ne connaissons pas assez les lois de résistance des fluides pour mesurer exactement le jeu de ces forces dans les différents mouvements, nous ne pouvons nous rendre compte de la grandeur de ces actions évolutives qu'en les voyant agir et en mesurant les effets qu'elles produisent.

Nous allons donc nous efforcer de faire ressortir aux yeux des élèves ces actions évolutives des résistances de carène, et nous n'abandonnerons ce point de vue si important, pour en envisager d'autres, que quand les élèves auront acquis une grande sûreté de coup d'œil dans ce genre d'observation.

En premier lieu, nous prendrons le bâtiment à sec de toile, les feux allumés; nous choisirons un jour de jolie brise, mer plate, pour exécuter sous les yeux des élèves ce que nous allons décrire.

Toutes les voiles serrées, la machine stopée, le bâtiment tombera en travers à cause des actions évolutives des résistances de carène. En effet, le bâtiment étant arrêté, si la brise vient de quelques quarts de l'avant du travers, l'effet du vent sur le gréement, la mâture et la coque sera de faire culer et de faire dériver: donc le bâtiment abattra. Les élèves le verront et constateront que, sous l'influence de la dérive et de la marche en arrière, le bâtiment abat. Le bâtiment étant arrêté, si la brise vient de quelques quarts de l'arrière du travers, l'effet du vent sur le gréement, la mâture et la coque sera de faire dériver et de faire aller de l'avant: donc le bâtiment lofera. Les élèves le verront et constateront que, sous l'influence de la dérive et de la marche en avant, le bâtiment lofe. C'est un fait d'expérience que tout bâtiment à sec de

toile tombe en travers. Et en effet, il ne peut pas être dans une autre position sans prendre de la vitesse soit en avant, soit en arrière, et, dans les deux cas, il est rappelé par les propriétés évolutives qu'il acquiert vers le vent du travers.

Le bâtiment laissé à lui-même dérivera, à peu de chose près, par le travers. Partons de cette position initiale ; si nous mettons la machine en avant sans toucher la barre, nous verrons le bâtiment venir au vent aussitôt qu'il aura pris un peu d'erre ; comme nous n'aurons rien changé aux choses existantes, que nous aurons seulement ajouté à ces choses de la vitesse en avant, il nous sera rendu évident que, sous l'influence de la dérive, la marche en avant fait lofer. Repartons de la position initiale et mettons la machine en arrière ; nous verrons le bâtiment arriver ; les mêmes considérations que dans le cas précédent nous rendent évident que, sous l'influence de la dérive, la marche en arrière fait arriver.

Il est bon de s'assurer que ce n'est pas la force imprimée au bâtiment par l'hélice qui fait évoluer. Partons de la position initiale et mettons la machine en avant ; nous verrons le bâtiment prendre de l'erre et venir au vent ; mais avec la barre nous pourrons contre-balancer le mouvement d'olofée ; nous pourrons donc, grâce à la barre, obtenir une vitesse en avant sans mouvement giratoire. Ce point obtenu, nous renverserons brusquement la machine, en même temps que nous dresserons la barre ; pendant un certain temps, à cause de son inertie, le bâtiment marchera en avant ; nous pourrons alors constater que, le mouvement de la machine étant en arrière, sous l'influence de la marche en avant et de la dérive, le bâtiment lofe. Il n'y a donc pas lieu d'attribuer à la poussée de l'hélice les propriétés évolutives que le bâtiment sous vapeur acquiert soit par la marche en avant, soit par la marche en arrière. Nous recommencerons les deux premières expériences en accélérant le mouvement de la machine et nous verrons que les actions évolutives dues aux résistances de la carène augmentent avec la vitesse. Puis nous recommencerons encore ces expériences après avoir

bordé, à l'aide des écoutes du vent, les goëlettes, les focs et la brigantine dans le sens de la quille, et nous constaterons que les actions évolutives dues aux résistances de carène augmentent avec la dérive.

Quand nous aurons fait cette leçon, tous les élèves seront convaincus. Mais les phénomènes nautiques demandent à être vus un grand nombre de fois et de points de vue différents pour être exactement appréciés ; aussi devons nous compter sur les positions d'équilibre pour achever de les éclairer. Les positions d'équilibre ont cela de bon que les élèves manœuvrent eux-mêmes ; ils créent, en brassant, les différents mouvements du bâtiment, desquels résultent les actions évolutives dues aux résistances de carène ; ils voient donc bien si l'action évolutive qu'ils ont voulu faire naître en créant tel mouvement se produit comme ils l'ont prévu. Aussi est-il bon que tous les élèves prennent et modifient, *tous, plusieurs fois,* les deux positions d'équilibre vent dedans et vent dessus.

Positions d'équilibre vent dedans et vent dessus.

Pour comprendre une évolution, il faut savoir mesurer des yeux les causes qui la favorisent et celles qui lui font obstacle. Par conséquent, il faut savoir distinguer où est la position d'équilibre, et quelles sont les forces qui agissent dans cette position. Souvent tout le secret de l'évolution consiste à dépasser par l'impulsion donnée cette position où le navire tend à se placer et à rester ; on franchirait mal cet obstacle si l'on ne connaissait pas d'avance le moment où il se présentera et la difficulté qu'il y aura à le surmonter.

Prenons, par exemple, le virement de bord vent devant par petite brise, mer plate.

Si l'on fait venir le bâtiment en ralingue, et que l'on tâche de gouverner à ce cap, la chose sera facile tant que le bâtiment aura de la vitesse ; mais, au fur et à mesure que la vitesse se perdra, la tendance à abattre augmentera, et, pour

maintenir le bâtiment dans cette position, il faudra mettre de plus en plus de barre dessous. Bientôt toute la barre s'y trouvera et n'aura plus assez d'action pour balancer la tendance à arriver ; le bâtiment abattra et mettra le vent dans les voiles. Aussitôt qu'il aura repris un peu d'erre, la barre le rappellera au vent où de nouveau il perdra sa vitesse. Après quelques oscillations de plus en plus petites, il prendra un cap auquel la tendance à arriver sera exactement contre-balancée par l'effet de la barre. Il aura dans cette position le vent dans les voiles, mais sous un angle très aigu.

On comprend que, si en louvoyant dans une rade, dans le but de diminuer le nombre des bordées, on avait serré le vent jusqu'à un angle voisin de cette position d'équilibre, on ne pourrait plus virer vent devant au moment où il faudrait le faire. Beaucoup d'accidents ont eu lieu parce que le bâtiment n'a pas viré alors que le temps était si beau qu'on croyait l'évolution certaine.

Étudions donc cette position d'équilibre dans une mer tout à fait plate : le bâtiment est orienté au plus près, et prend le vent sous un angle très aigu. La barre est toute dessous.

Les effets du vent sur la coque, le gréement et les mâts sont de faire culer, de faire dériver et de faire abattre.

Les effets du vent sur les voiles sont de faire aller de l'avant, de faire dériver et de faire abattre, car le centre de gravité de la voilure est en avant du centre de gravité du bâtiment.

Les deux forces pour faire abattre s'ajoutent et dépendent de la force du vent dans le moment même.

Les deux forces pour faire dériver s'ajoutent aussi. Mais comme la dérive est une vitesse donnée au bâtiment, la dérive du moment dépend du vent de l'instant qui précède.

Les deux effets pour faire culer et aller de l'avant se combattent ; mais, dans cette position, c'est l'effort qui pousse en avant qui l'emporte ; le bâtiment marche en avant et dérive. Sous ces deux influences, la pression de la joue sous le vent

imprime une tendance à lofer qui s'ajoute à l'effet du gouvernail pour combattre la tendance à arriver déterminée par la position des voiles.

Mais il faut remarquer que la vitesse en avant qu'une force imprime à un bâtiment n'a acquis toute sa grandeur qu'au bout de plusieurs minutes de son action ; donc, si le vent n'est pas régulier, la tendance à arriver ne sera jamais imprimée par un vent égal à celui qui détermine la tendance à lofer ; elle sera toujours plus grande pendant que la brise fraîchira, et plus petite pendant que la brise mollira. La position d'équilibre sera donc bien plus difficile à franchir pendant que la brise fraîchira, d'où il résulte que si l'on a à virer de bord alors qu'on gouverne très près, il faut attendre la fin d'une risée pour envoyer vent devant. Mais comme cette fin de risée peut arriver trop tard, il est prudent, pour peu que la brise soit inégale, si l'on est obligé de virer à un endroit donné, de gouverner bon plein afin de donner une grande influence au gouvernail par la vitesse acquise.

Si, au lieu d'être dans une rade, le bâtiment est à la mer, et si la brise a une certaine force, il faudra faire entrer en ligne de compte la mer soulevée par le vent. La mer ayant la même direction que le vent frapperait la joue du vent, augmenterait la tendance à abattre et diminuerait la vitesse en avant ; le bâtiment abattrait donc ; il recevrait alors le vent sous un angle moins aigu, et reprendrait de la vitesse jusqu'à se retrouver de nouveau, après quelques oscillations, dans une position d'équilibre un peu plus arrivée que la précédente. Ainsi, plus la mer grossira, plus l'angle sous lequel le vent frappera les voiles sera grand.

Si, maintenant on diminue la surface de voilure, les efforts pour faire aller de l'avant et dériver diminueront ; les pressions de la joue sous le vent qui font lofer diminueront aussi, et le bâtiment abattra jusqu'à ce que l'effet des voiles restantes ait suffisamment crû, par l'augmentation de l'incidence du vent, pour équilibrer les tendances à arriver. Le bâtiment prendra donc une nouvelle position d'équilibre plus

arrivée que la précédente. Toute diminution de voiles, sans changer la position du centre de voilure, aura donc pour effet une arrivée dans la position d'équilibre.

La diminution de voiles et l'augmentation de la mer ayant l'une et l'autre pour effets de rendre la position d'équilibre plus arrivée, le virement de bord vent devant sera rendu plus difficile quand la brise aura assez fraîchi pour obliger à diminuer de toile et quand la mer proportionnée à la brise aura eu le temps de se former. Pour mesurer cet accroissement de difficulté dans le virement de bord, il faut voir de combien la position d'équilibre s'est rapprochée de l'allure que l'on tient ; l'augmentation de la dérive en est un indice, la nouvelle position de la barre en est un autre, la diminution de vitesse achève de vous éclairer.

L'état de la mer et la surface de voilure ne sont pas les seules choses à étudier dans la position d'équilibre, le vent dans les voiles. Il faut encore se rendre compte de ce que devient la position d'équilibre quand le balancement des voiles change.

Si le bâtiment est rendu plus mou par la nouvelle disposition des voiles sans que la surface de voilure soit changée, son premier mouvement sera d'abattre ; l'effort du vent dans les voiles en sera accru, ce qui en augmentera la dérive de la vitesse et l'augmentation des pressions de la joue sous le vent viendra équilibrer le nouveau balancement des voiles.

Rendre le bâtiment plus mou, a donc pour résultats de faire croître la vitesse et de faire prendre au bâtiment un cap plus arrivé. En gardant la barre droite, on réussit à faire gouverner à dix quarts, mais je ne crois pas que l'on puisse dépasser ce point.

Si l'on modifiait l'équilibre des voiles dans le sens inverse, c'est-à-dire si l'on rendait le bâtiment plus ardent, la vitesse diminuerait et le cap de la position d'équilibre serait plus au vent. Mais ici l'on ne peut pas pousser aussi loin que dans l'autre cas le changement d'équilibre de la voilure, car si l'on dépassait une certaine mesure, le bâtiment ne trouverait

plus de position d'équilibre ; pour qu'en effet cette position soit possible, il faut que le bâtiment sans vitesse soit mou ; en d'autres termes, si le bâtiment vient au vent alors qu'il n'a pas de vitesse en avant, la position d'équilibre n'existe pas. Cette considération mérite quelques développements sans lesquels on ne comprendrait pas certains effets qui se manifestent en panne et à la cape.

Quand un bâtiment est accidentellement arrêté, et qu'il est soumis à un couple et à une force, il obéit plus rapidement au couple qu'à la force ; un exemple de ce fait se trouve dans presque tous les appareillages ; les voiles de l'avant sont masquées et brassées pour faire abattre d'un bord ; quand l'ancre dérape, le bâtiment tourne et cule très peu.

Considérons le bâtiment orienté au plus près, ayant plus de voiles derrière que devant, dans une proportion telle que, si le bâtiment était arrêté, il loferait et supposons la barre droite. Si le bâtiment est assez près du vent pour que la poussée en avant imprimée par les voiles soit justement équilibrée par l'effet du vent sur le gréement, la mâture et la coque, il ne culera pas, mais il dérivera. Partons de cette position initiale pour suivre les mouvements du bâtiment, le balancement des voiles est tel qu'il en résulte un couple qui fait lofer ; le bâtiment se rangera donc dans le vent. Une fois ce mouvement commencé, la force qui pousse à culer l'emporte sur la poussée en avant des voiles ; le bâtiment obéit lentement à cette force, et avant qu'elle ait imprimé une vitesse en arrière suffisante, le couple qui fait lofer aura rangé le bâtiment dans le vent jusqu'à mettre les voiles en ralingue. En ce moment, le couple d'olofée s'évanouit, et le bâtiment n'est plus sollicité que par une force qui fait dériver, et une force qui hale à culer ; rien ne venant les équilibrer, le navire, au bout d'un certain temps, obéit à leur influence ; il cule et il dérive, donc il abat ; sa vitesse en arrière croît jusqu'au moment où il passe par le cap de la position initiale. Ici il faut admettre un axiome de marine que chacun peut voir tous les jours, c'est que l'énergie du

couple d'abatée créé par la dérive et la marche en arrière, dépasse de beaucoup l'énergie de tout couple que l'on pourra produire avec les voiles. Le bâtiment dont nous avons commencé à suivre les mouvements abattra donc jusqu'à ce qu'il ait perdu sa vitesse en arrière; or, cette vitesse avait atteint son maximum quand le bâtiment passa par la position que nous avons appelée initiale; le bâtiment arrêté aura donc un cap plus arrivé que celui de la position initiale, d'où il suit qu'il prendra de la vitesse en avant et lofera. Cette vitesse croîtra jusqu'au moment où l'on passera de nouveau par le cap de la position initiale, et le bâtiment continuera à se ranger dans le vent; mais cette fois il faut ajouter aux premières influences celle de la vitesse en avant dont il est animé, et qui détermine avec la dérive un couple énergique pour faire lofer. Ainsi, le bâtiment trop ardent ne trouvera pas de position d'équilibre parce que les couples d'olofée et d'arrivée agiront alternativement et non en même temps; pour qu'il en trouvât une, il faudrait que dans cette position toutes les forces du bâtiment s'équilibrassent et que si l'une d'elles venait à croître accidentellement, celle qui lui est opposée crût en même temps; mais nous voyons par l'examen que nous venons de faire des mouvements d'un bâtiment trop ardent qu'il n'en est pas ainsi; le couple d'arrivée se produit quand le couple d'olofée a cessé d'exister, et le couple d'olofée ne reprend d'influence que quand l'autre à son tour s'est évanoui.

Il n'en est pas de même quand le bâtiment est mou, car la vitesse en avant, qui fait croître la tendance à lofer, est créée par une arrivée. De même, si une olofée accidentelle écarte le bâtiment mou de la position d'équilibre, il y sera tout naturellement rappelé par le changement de vitesse qu'entraînera cette embardée accidentelle.

Des considérations qui précèdent on peut tirer les conclusions: que, dans la position d'équilibre le vent dedans, plus le navire sera mou, plus il marchera; que si l'on a intérêt à aller moins vite, il faut rendre le bâtiment plus

ardent; qu'un rayon de barre dessous procure le même résultat qu'une diminution de voilure pour ce qui est de la vitesse, qu'enfin, si l'on veut que le bâtiment aille le moins vite possible, c'est-à-dire n'ait pas du tout de vitesse en avant, il faut qu'il ne soit pas mou du tout. Mais comme il ne peut pas non plus être ardent, l'on voit que le moment où il faut cesser de le rappeler au lof est difficile à trouver. Cependant, il ressort encore des considérations précédentes qu'on est averti que le bâtiment est trop mou quand il marche et trop ardent quand il embarde.

Avec toutes les voiles dessus, la position d'équilibre le vent dedans, sans marcher, est une limite que, dans la pratique, on n'atteindra jamais; la moindre cause accidentelle ferait prendre le vent dessus; la brise refusant d'un quart masquerait les voiles; la brise adonnant d'un quart ferait prendre assez d'erre pour masquer les voiles et peut-être virer. Mais elle devient très facile quand on augmente la force en arrière en masquant une voile, car alors l'angle d'incidence du vent dans les voiles pleines devient plus grand et augmente le champ des tâtonnements; c'est ce que l'on appelle la panne. Elle devient aussi très facile quand on a diminué, dans une grande proportion, la surface de voilure, car alors l'effet du vent sur le gréement fournit la force en arrière que l'on demande à un hunier masqué dans la panne; c'est ce que l'on nomme la cape.

La position d'équilibre pour un bâtiment qui n'est pas orienté au plus près dépend des mêmes considérations, mais l'angle d'incidence du vent dans les voiles sera diminué par deux causes : 1° l'effort du vent sur le gréement, la mâture et la coque, aura une moins grande influence pour faire culer; 2° l'effort du vent dans les voiles aura une plus grande composante halant en avant. Il en résulte qu'au fur et à mesure que l'on sera plus fermé, les voiles seront de plus en plus près d'être en ralingue, et le cap du bâtiment se rapprochera de plus en plus de la perpendiculaire du vent.

Passons maintenant à la position d'équilibre le vent sur les voiles du côté des écoutes.

Cette position dépend de l'axiome cité plus haut : un bâtiment qui cule et dérive abat nécessairement; donc, tant que l'effort du vent sur les voiles le fera culer, le bâtiment abattra. De plus, le centre de gravité des voiles étant sur l'avant du centre de gravité du bâtiment, l'effet latéral du vent sur les voiles fournit un couple qui fait abattre. Quand l'angle d'incidence du vent sur les voiles sera assez diminué pour que le vent ait prise sur le gréement, l'effet du vent sur le gréement et sur la coque poussera en avant. Puisque le bâtiment doit abattre tant qu'il cule, il est évident que la force qui pousse en avant finira par l'emporter, et la marche dans cette position d'équilibre ne pourra être qu'en avant. Quand le bâtiment marchera en avant, par l'effet de la vitesse et de la dérive il lofera ; mais alors sa vitesse en avant diminuera, car l'angle du vent et des voiles augmentera et le couple d'abatée augmentera en même temps. D'où il résulte que, dans cette position d'équilibre, le bâtiment marchera en avant de la quantité voulue pour que l'augmentation des pressions de la joue sous le vent équilibre le couple d'abatée provenant de la position des voiles.

Pour s'assurer que c'est bien là une position d'équilibre stable, il suffit de voir l'effet produit par une embardée accidentelle. Supposons que le bâtiment soit venu accidentellement d'un quart au vent; l'effet du vent sur les voiles ayant crû, le couple d'abatée sera augmenté et la vitesse en avant diminuée; ces deux effets de l'embardée agiront ensemble pour rappeler le bâtiment dans sa position d'équilibre. Si l'embardée a été produite sous le vent, le couple d'abatée aura diminué et la vitesse augmenté; le bâtiment sera donc encore rappelé vers la position d'équilibre. La position d'équilibre existera donc avec une petite vitesse en avant, quelle que soit l'orientation des voiles.

De ce que la vitesse sera en avant, on peut toujours conclure que l'angle d'incidence du vent sur les voiles sera

petit; la conséquence de cette déduction est que plus les voiles sont orientées, plus le cap du bâtiment sera arrivé; cette remarque est utile à faire pour se guider dans les évolutions où il y a à culer; elle montre que, dans ces évolutions, on rencontrera la position d'équilibre d'autant plus près du vent arrière que l'on aura orienté davantage les vergues en masquant.

La manière de faire cette leçon aux élèves est bien simple. Par un beau temps, le bâtiment étant au plus près, on fait gouverner en ralingue jusqu'à ce que le bâtiment prenne de lui-même la position d'équilibre; la barre est alors toute dessous. Après avoir attiré l'attention de l'élève qui commande dans le moment, sur la dérive et la vitesse en avant d'où résulte le couple d'olofée, on redresse peu à peu la barre jusqu'à ce que le bâtiment prenne une nouvelle position d'équilibre, la barre droite. Là, on fera remarquer à l'élève que le bâtiment est plus arrivé que la première fois, que par conséquent la force qui fait dériver est plus grande, d'où il suit que le couple d'olofée a dû augmenter; il faut en effet qu'il en soit ainsi puisque la barre ne fournit plus de couple d'olofée.

Gardant la barre droite, on changera la surface de voilure, puis le balancement des voiles, et chaque fois on leur fera tirer les conséquences de ces changements au point de vue du couple d'olofée et du cap du bâtiment. Ayant à la fois sous les yeux les causes et les effets produits, les élèves arriveront très promptement à bien saisir le pourquoi et le comment des choses.

Passons à la position d'équilibre le vent dessus.

On peut encore là faire aux élèves une délicieuse leçon sans fatiguer l'équipage. Le bâtiment étant au plus près toutes voiles dessus, sans toucher aucune manœuvre on met la barre dessous; le bâtiment vire et prend de lui-même la position d'équilibre le vent dessus. Cette étude est encore plus intéressante que la première, car l'esprit ne saisit pas tout de suite la nécessité de la marche en avant dans cette posi-