

SAFRANS

Pourquoi un article sur les safrans ? Parce que l'on s'aperçoit que circulent pas mal d'idées à ce sujet, notamment en ce qui concerne la mèche (dans le cas d'un safran compensé).

Il existe aussi des différences d'appréciation sur la valeur à donner à la surface du gouvernail, ou sur sa position par rapport à la dérive, par rapport à la carène, etc. .

Il y a donc quelques connaissances à avoir pour éviter de copier ce qui se fait sans se poser de questions : Il y a aussi des erreurs qui coûtent cher .

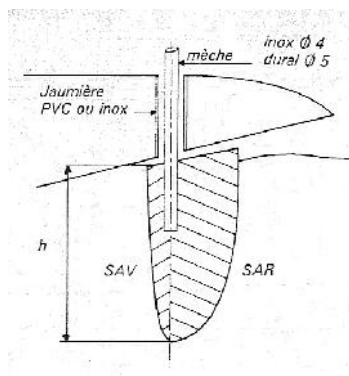
A – Le safran comme plan fixe .

Le gouvernail n'est pas toujours agité par le skipper, même si celui-ci est particulièrement nerveux ; même immobilisé dans l'axe, c'est à dire manche au neutre sur l'émetteur, il n'est pas inutile, loin s'en faut :

1° - Aux allures portantes, instables par nature, le safran stabilise la trajectoire de manière passive, c'est-à-dire qu'il ne fait que retarder les embardées, ne pouvant jouer ce rôle que s'il est bloqué et c'est le cas avec les servocommandes .

2° - Aux allures de près, le safran est une **surface portante** qui empêche le bateau de dériver, tout comme la dérive (ou " quille " ou " aileron " selon les appellations) .

Dans l'établissement d'un projet, il faut donc établir la surface anti-dérive nécessaire (dérive + safran ; la coque n'est pas comptée car son action anti-dérive rapporté à la surface projeté est faible) .



La figure ci-contre donne la relation longueur, rapport surface anti-dérive sur surface de voilure SAD / SV .

SAV : surface du safran en avant de l'axe de rotation .

SAR : surface du safran en arrière de l'axe du safran .

SAV + SAR = surface totale du safran .

SAV / VAR = pourcentage de compensation .

H² / S = allongement géométrique .

Ce rapport diminue avec la taille et la vitesse : plus le bateau est grand et rapide moins il a besoin de proportion de SAD . En voile radio, on tourne autour de 6% . Un multicoque 1 m² pourrait descendre à 4%, soit SAD = 1m² x 0.04 = 4 dm².

Le SAD étant déterminé, quel pourcentage de cette surface attribuer au safran ?

Le tableau ci-dessous donne quelques chiffres, relevés sur des carènes connues .

Le rapport S Safran / SAD va de 22% à 32% .

TABLEAU		S dérive dm ²	Safran dm ²	SAD dm ²	S safran / SAD	SV	SAD / SV
1 mètre	10*40	2.08	0.90	2.98	30	62	5.73
Classe M	Cédar - 1980	3.00	1.10	4.10	27	66	6.21
	Cédar 2 - 1981	3.24	1.50	4.74	31	66	7.18
	Cédar 3 - 1983	3.24	1.56	4.80	32	66	7.27
	MK 2 - 1978	3.46	1.05	4.51	23	66	6.83
	Star M - 1982	3.51	1.50	4.51	22	66	6.83
DUVA	1979	3.50	0.98	4.48	22	66	6.79
Classe 10	Star 10	4.51	1.32	5.83	23	98	6.95
	DARE DARE	4.13	1.62	5.75	28	92	6.25
Catmaran				4.60		100	4.50

En toute rigueur la forme de la carène intervient dans ce choix : un fond très plat favorise la maniabilité , ce qui explique qu'un Star M , par exemple , soit très évolutif avec une S safran / SAD = 2% .

Le tableau ci-dessous donne une idée du pourcentage à retenir en fonction de la maniabilité recherchée et du type de carène .

Ce tableau ne s 'applique qu'au monocoque RC .

S safran / SAD	Maniabilité recherchée		
	Carène	Normale	Forte
Large et Plate		20	24
Normale		24	28
Etroite et Profonde		28	32

B – Le safran comme plan mobile

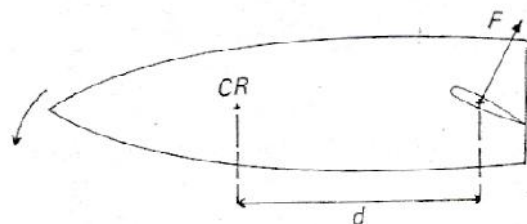
A la différence de la dérive , le safran sert à créer une force de portance variable qui destiné :

- 1° - A conserver une trajectoire donnée , généralement avec de petits angles , mais dans les cas limites , on peut être amener à braquer à fond .
- 2° - A modifier sa trajectoire : ce sont alors des virements de bords nécessitant de grands angles de barre .

Dans les 2 cas il faut créer un " moment de lacets " , moment qui est le produit d'une force par une distance .

$$MT = F \times d$$

Voir figure ci-contre



CR = centre de rotation

d = distance de CR à la mèche du safran

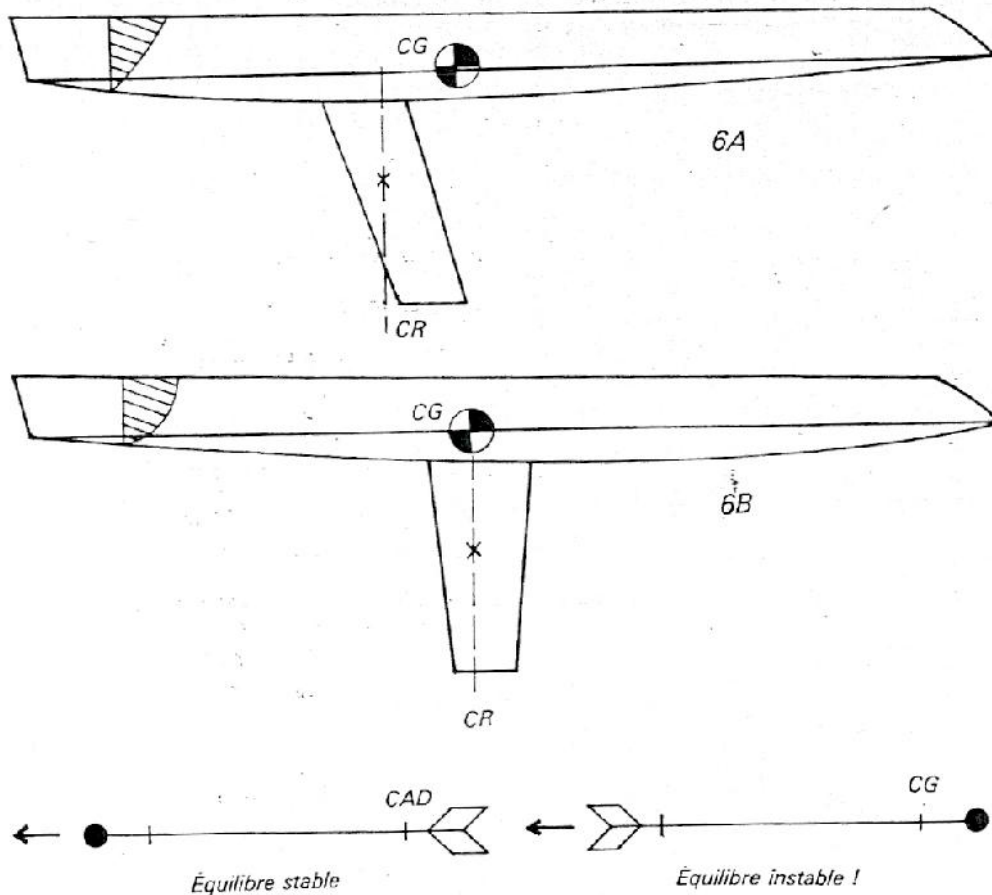
f = Force développée par le safran

Pour avoir la meilleure maniabilité possible on cherche à augmenter ce moment en jouant sur les 2 facteurs " d " et " f " .

Voyons d 'abord " d " .

C – Le bras de levier du safran (d)

La coque pivote autour d 'une " charnière " invisible qui est grosso modo l 'axe verticale de la dérive .



Les sections de carène en V très profond , peuvent déplacer cette charnière en avant de l 'axe de la dérive .

Pour augmenter le distance CR – Safran on n 'a que 2 solutions

1° - avancer la dérive , mais sans trop dépasser le milieu de la flottaison sinon on risque de rendre le bateau très nerveux et difficile à piloter .En effet , plus la dérive est éloignée en avant du centre de gravité , plus l 'instabilité augmente (fig. ci-dessus 6A) .

Pour avoir un bateau stable , il faudrait reculer la dérive en arrière du CG (fig. ci-dessus 6B) ..

Pour en revenir à la position de la dérive , il faut aussi tenir compte du caractère de la carène ; une coque en V supportera très mal un surcroît d'instabilité dû à une dérive avancée (fig. 6A) . Une coque en U sera plus tolérante à ce sujet .

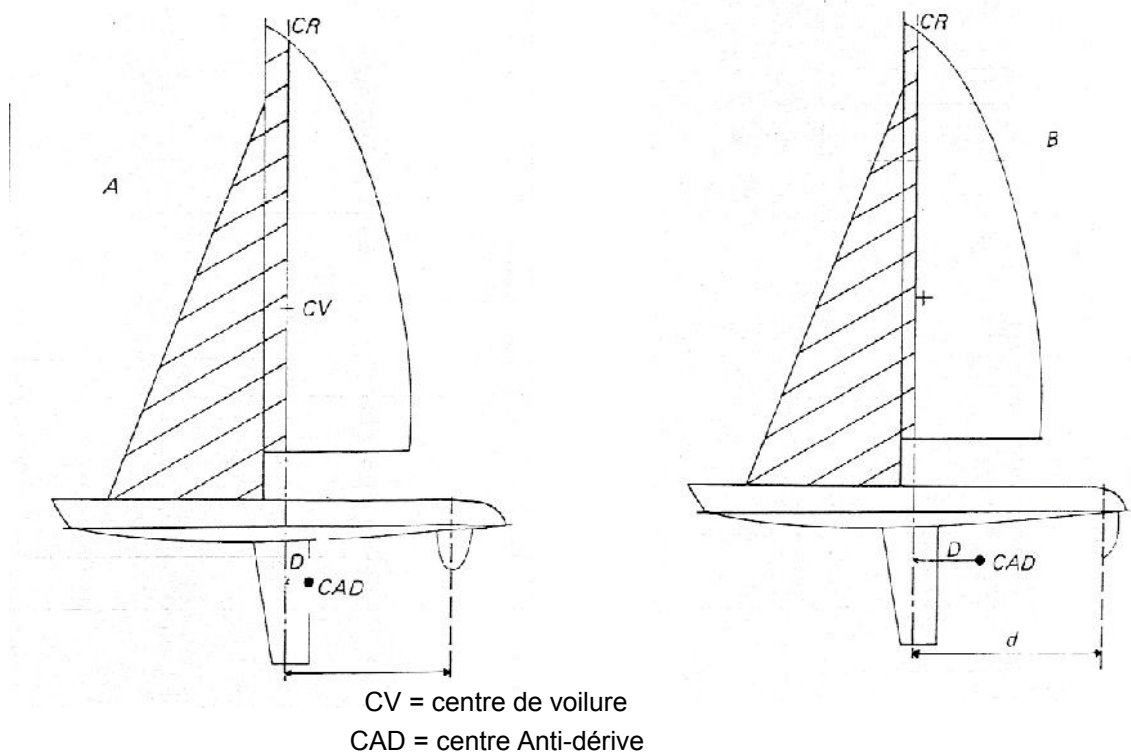
2° - La deuxième façon d'augmenter la distance " d " est , bien sur , de reculer le safran au maximum ; cela ne se faisait pas il y a quelques années et on se demande pourquoi ? Les bateaux étant plus lourds il y avait moins de problèmes de maniabilité (lié à l'inertie) que maintenant ; le safran tout à l'arrière faisait aussi moins " vrai bateau " ?

En tout cas il y a des avantages à cette disposition :

- augmentation du bras de levier
- recul du centre de dérive global ; du coup on peut reculer le centre de voilure , ce qui diminue la surface de voilure qui se trouve en avant du centre de rotation .

C'est cette surface de voile (le foc + une partie de la grande voile) qu'il faut amener de " force " contre le vent pour virer de bord qu'il faut diminuer le plus possible dès que le vent force , sous peine de manque à virer . Les figures ci-dessous représentent 2 bateaux A et B ayant la même carène , même plan de voilure , même dérives et safrans ; le centre de dérive est placé au même endroit , mais ceci est obtenu de manière différentes :

- En A la dérive est reculée , le safran est avancé .
- En B c'est l'inverse : on voit que la surface de voilure en avant du centre de rotation est plus petite en B qu'en A ; B sera plus maniable , d'autant plus que " d " est également plus grand .



	A	B
S dérive	35	35 dm ²
S safran	10	10 dm ²
d	48	58 cm
D	10.7	12.9 cm

	A	B
S dérive	35	32
S safran	10	13
d	58	58
D	12.9	16.5

Conclusion :

On peut reculer le centre de voilure
de = 12.9 – 10.7 = 2.2 cm

En passant de B à C , on peut reculer le centre
de 16.7 – 12.9 = 3.8 cm ; Gain de A à C 6 cm

Voir page suivante pour C

D – La force développée par le safran

C'est le gros morceau , la tarte à la crème des amateurs de Cx , Cz et autres coefficients ...

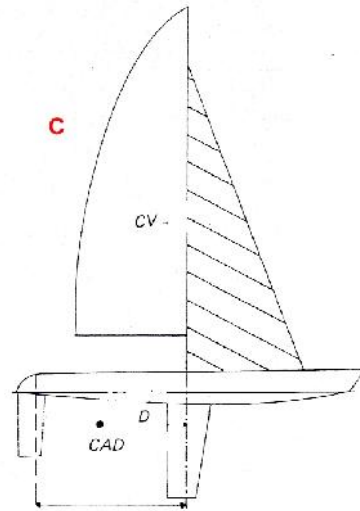
Cette force dépend de tout un tas de facteur :

1 – **La vitesse** : moins on va vite , plus il faut un grand safran ($F = fV^2$) c'est une des raisons , illustrée au début de l'article , qui explique nos grands safran .

2 – **La surface** : la relation force développée / surface , est évidente ; mais pour avoir un grand safran SANS augmenter la surface mouillée , il faut l'enlever ailleurs .

L'opération peut-être faite au détriment de la dérive ; vous constaterez alors que le centre de dérive recule avec les avantages vus plus haut .

Comparons cette fois-ci 2 bateaux ; le bateau B de tout à l'heure et **C** dont la dérive a diminué et le safran augmenté : " d " augmente et le CAD recule encore .



Résumons ces 3 cas sur un tableau qui fait apparaître le produit S x d (surface de safran par bras de levier) ainsi que la surface de voile en avant du centre de rotation (S.AV.CR)

" C " et maintenant plus maniable .

Maniabilité = $S \times d / S.AV.CR$

Si : GV = 190 x 36 ==> SAV CR =

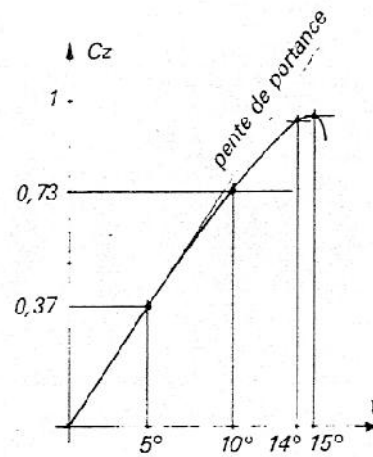
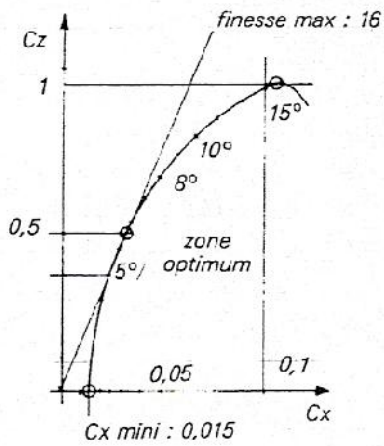
A	B	C
38.2	34.4	26.8

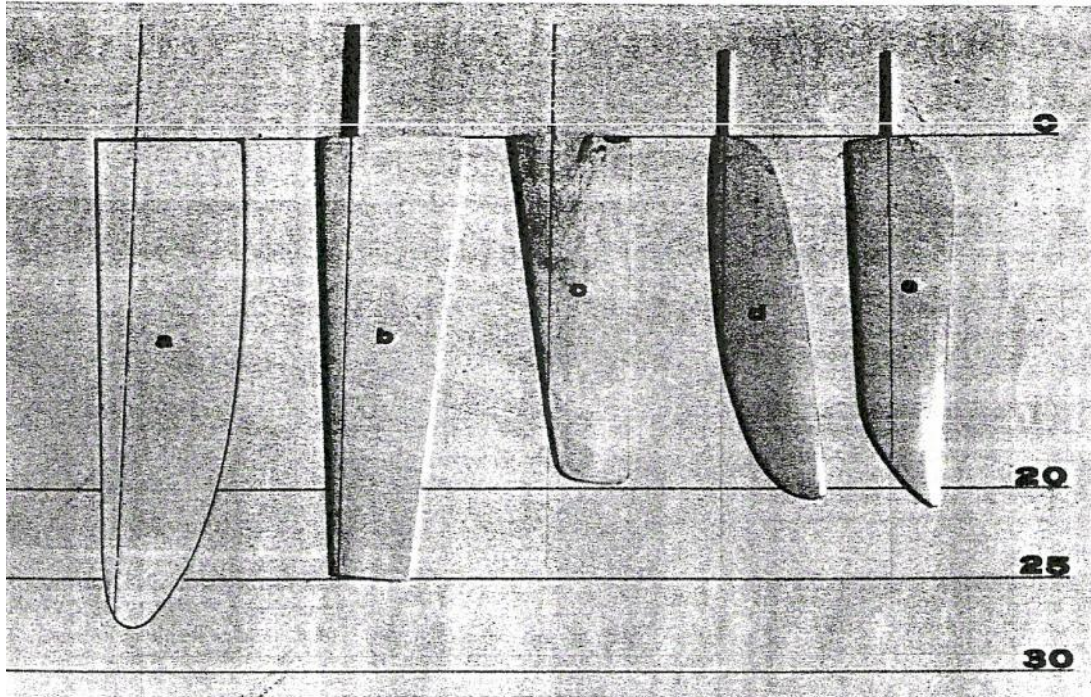
	S Safran	d	S x d	S AV CR	Maniabilité
A	10	48	480	38.2	1.26
B	10	58	580	34.4	1.69
C	13	58	754	26.8	2.81

3 – L'angle de barre :

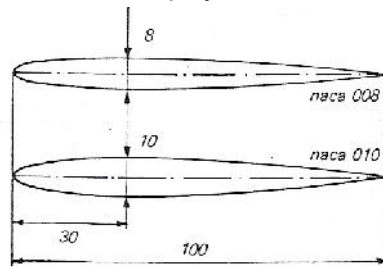
Si , quand vous naviguez , vous mettez tout le temps le manche de direction en butée , c' est que le safran est trop petit ; il vaut mieux donner un petit angle de barre avec un grand safran plutôt que l' inverse .

L'explication tient au fait que les profils que l 'on utilise ne sont rentables qu'aux petits angles d 'incidence ; au delà de ces angles la traînée augmente beaucoup plus vite que la portance : on dit que la " finesse " diminue .





4 – **Le profil** : là il n'y a pas besoin d'hésiter ; les profils symétriques non laminaires , type NACA 0009 à 0015 sont universellement employés en VRC .

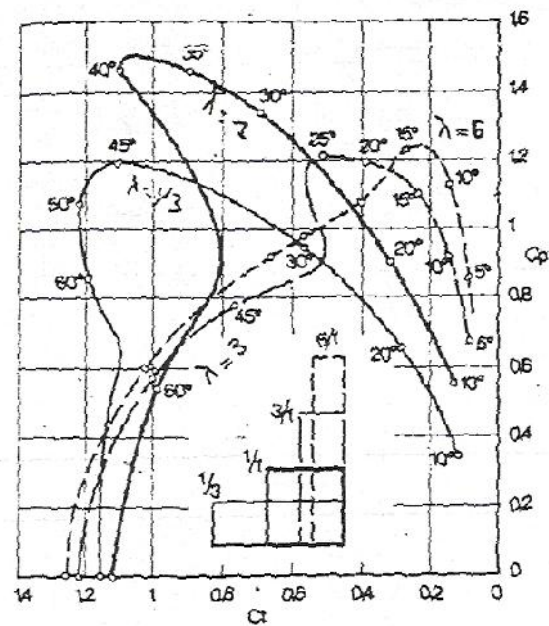
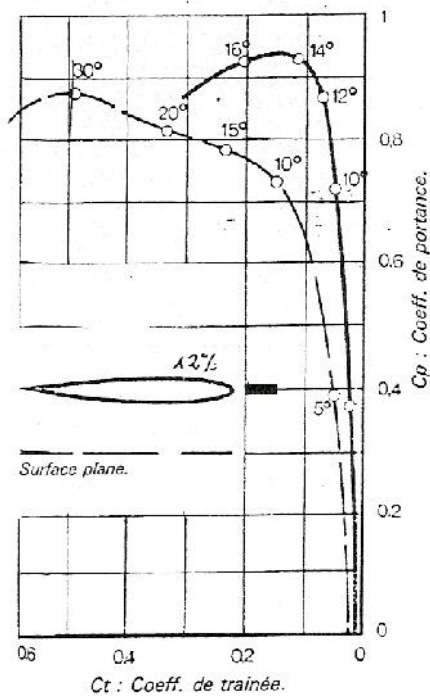


Il faut remarquer 2 choses :

- De toute façon la traînée du safran est infime à côté de celle de la carène ; la différence de vitesse due à un bon ou mauvais profil n'est pas mesurable , mais elle existe quand même ...
- L'inconvénient d'une plaque non profilée vient surtout d'une plage d'utilisation plus réduite (le profil décroche plus tôt). Cela se vérifie sur des modèles équipés de dérive plane ; qui ont plus souvent que d'autres tendance à dériver dans le clapot , ou par petit temps , ou en sortie de virage de bord : bref un profil " plat " ne peut pas encaisser une portance élevée .

5 – **Dessin du gouvernail** : (allongement , interaction entre la carène et forme en plan)

- Allongement
- Pour créer le maximum de portance avec le minimum de traînée , on sait qu'il faut utiliser un grand allongement (> 3) avec un avantage annexe , c'est que le centre de poussée se déplace peu , ce qui est intéressant pour positionner la mèche . Un inconvénient , la plage de fonctionnement est un peu plus limitée de part et d'autre de l'axe , sous peine de décrochage .

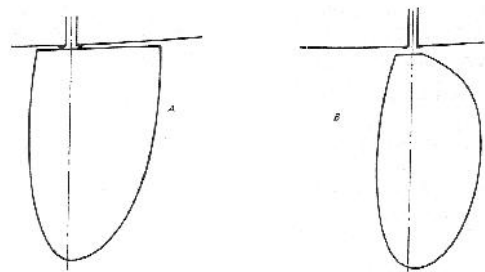


Comparaison des polaires d'une surface plane sans épaisseur et d'une surface profilée 12 % et d'allongement 5 . Le C_p est peu différent alors que le C_t est beaucoup plus faible pour la surface mouillée .

Polaires des surfaces planes sans épaisseur et d'allongements différents . On voit que la force développée est d'autant plus grande que l'allongement est voisin de 1 , que la finesse est améliorée par l'augmentation de l'allongement mais que l'angle incidence de décrochement de C_z augmente avec la diminution de l'allongement .
 λ = allongement

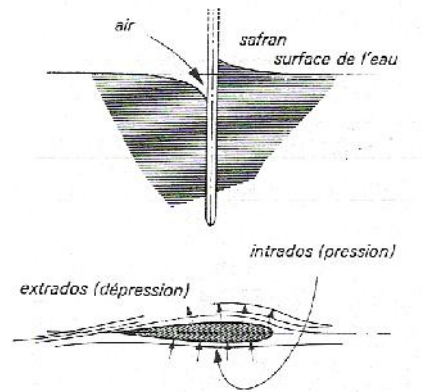
- Interaction avec la carène
il ne faut pas considérer le safran comme s'il était isolé ; la présence du fond de la coque provoque des effets positifs et négatifs . Selon qu'il on pense que le bilan de ces effets est favorable ou non , on se trouve en présence de 2 safrans :

Dans le cas A ci contre , le haut du safran lèche le fond de la carène ; il y a intérêt à ce que la carène soit plate à cet endroit , et que la mèche sorte d'équerre avec le fond (cas B safran Cédar 3) .



On profite alors d'un " effet miroir " qui augment artificiellement l'allongement du safran , et donc son rapport portance / traînée (voir au dessus diagramme de droite " polaire de surface ...) . En théorie cet effet double l'allongement initial , mais à cause des écoulements dans l'interstice , il faut plutôt compter sur un facteur de 1.5 à 1.8 selon la valeur du jour existant .

Tout ceci n'est valable que lorsque le safran et la coque sont dans l'eau ; si le haut du safran émerge, l'effet de plaque disparaît l'allongement effectif chute et la portance avec ; il y a alors, en plus, risque de ventilation (voir fig. ci contre). je fais remarquer au passage que l'effet de plaque n'est pas gratuit : il se paye en traînée d'interaction .

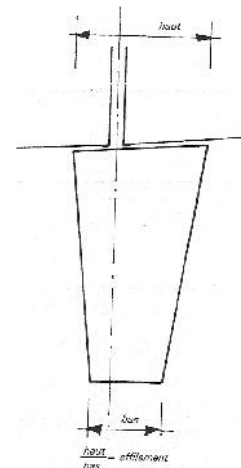


- **Solution B** : à surface projetée égale, l'allongement est plus petit, mais on gagne en traînée d'interaction. Cette forme est moins sensible à la ventilation, car la dépression qui intéresse la partie haute du safran est moins forte que dans le cas A.

- **Inconvénients** : le centre de portance est plus bas, ce qui augmente la gîte ; le profilage du haut n'est pas très fin à cause de la mèche ; la forme de l'ensemble n'est pas facile à profiler (génératrices courbes).

- **Forme en plan** : Pour des raisons théoriques de distribution optimal de la portance le long de l'envergure, il faudrait utiliser en A une forme en demi ellipse et en B une ellipse. Ces formes sont difficiles à façonner, on peut approcher le contour de façon satisfaisant (dans le cas A) en dessinant un trapèze dont l'effilement se situe entre 0.4 et 0.5. L'effilement est le rapport de la petite base sur la grande base du trapèze.

Cas particulier : si la mèche est inclinée sur l'AR (flèche AR) il faut diminuer l'effilement.



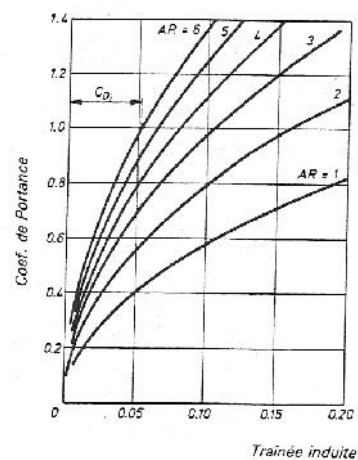
E – La traînée

Après avoir vu les facteurs qui jouent sur la force développée du safran, voyons les facteurs qui créent une résistance à l'avancement, ce que l'on appelle " traînée " .

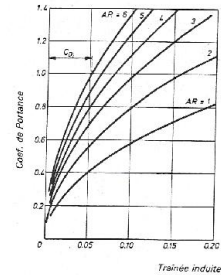
1 – **Traînée de frottement** : proportionnelle à la surface du safran, à son état de surface et à l'épaisseur du profil.

Il faut donc soigner la finition et utiliser les profils les plus fins compatibles avec une bonne résistance mécanique ; en général le diamètre de la mèche fixe l'épaisseur minimum.

Ex : pour un profil de 60 mm de long et une mèche de 4 mm de diamètre on aura une épaisseur relative de $4 / 60 = 7\%$, ce qui est très fin, mais suffisant, dans ce cas une épaisseur de 7 mm (12%) serait un maximum.



2 – **La traînée induite** : sous entendu " par la portance " .Elle apparaît dès que le safran s'appuie sur l'eau (angle d'incidence $\neq 0$) .
On a vu que pour la réduire , il fallait un grand allongement .
Soyons logique jusqu'au bout il faut également travailler aux petits angles , donc avoir une grande surface .



3 – **La traînée d'interaction** : due aux écoulements parasites entre la coque et le safran .

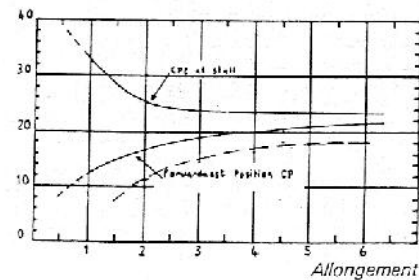
F – Centre de poussée et position de la mèche .

Les forces de portance exercées pour le safran ont une résultante en un point précis :le centre de poussée . Il est intéressant de faire passer la mèche par ce centre , ou le plus près possible pour limiter les efforts sur le servo de barre (efforts = jeu + usure) .

On parle alors de safran compensé ; ceci dit , même si les efforts sur les tringleries sont faible , les contraintes dues à la portance du safran n'ont pas disparues ; elles sont internes à la mèche .

- Position du centre de poussée .

Le problème est que ce centre se déplace , d'AR en AV du profil en fonction de l'angle d'incidence ; la plage totale de ce déplacement dépend de l'allongement du profil .



poussée en AR du bord d'attaque , en pourcentage de la corde (longueur du profil)

Les allongements de safran utilisés en voile RC étant de l'ordre de 3 à 6 , on voit qu'une compensation de 20% est un maximum ; en grandeur on dépasse rarement 15 à 18 % , des valeurs supérieures conduisant à un safran SUR compensé (inversion du sens de l'effort sur la barre), chose extrêmement désagréable , mais invisible en RC .) .

Beaucoup de skippers , s'inspirant sans doute qu'en avion on centre le modèle entre 1/4 et 1/3 de l'aile , appliquent le même raisonnement pour placer la mèche : c'est une grossière erreur qui n'apparaît que si le collage mèche /safran lâche ... c'est rare mais ça arrive !

- Contrainte dans la mèche .

Le calcul est fait pour un safran tel que :

$h = 20 \text{ cm}$ $S = 1.3 \text{ dm}^2$ $V = 4 \text{ nœuds}$ $Cz \text{ max} = 0.9$

Force latérale : contrainte pour une mèche de diamètre

3 mm 93 Kg / mm² 4 mm 39 Kg / mm² 5 mm 20 Kg / mm²

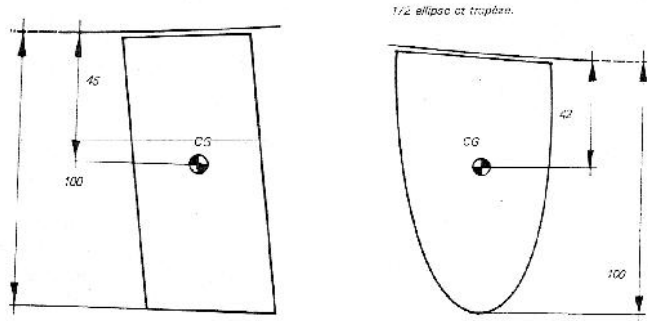
contrainte admissible :

dural = 40 inox = 60 titane = 90

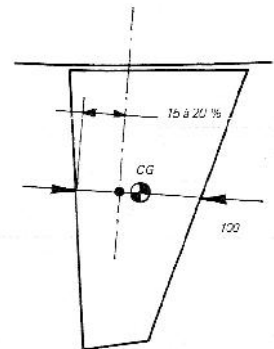
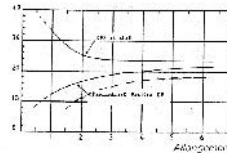
G – Construction du safran

- 1 - Surface , forme , etc. voir début de l'article .
- 2 - Tracé et emplacement de la mèche .

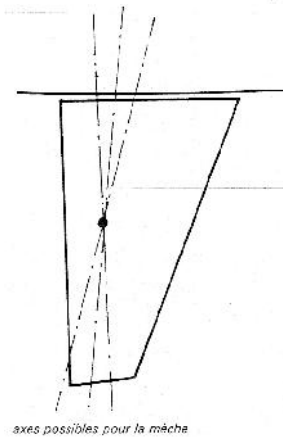
- Chercher le centre de gravité des surfaces ci- contre .



- sur l'horizontale qui passe par ce point , porter un point 15 à 20% en arrière du bord attaque (selon le pourcentage ==> de compensation calculé en fonction de l'allongement

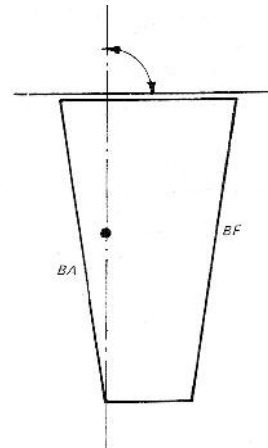
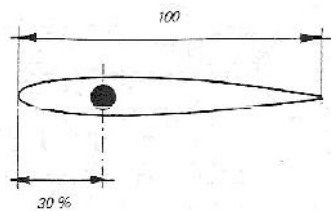


- la mèche doit passer par ce point mais peut-être inclinée de différentes façons , pour que le haut du safran se raccorde au mieux avec le fond de la coque



axes possibles pour la mèche

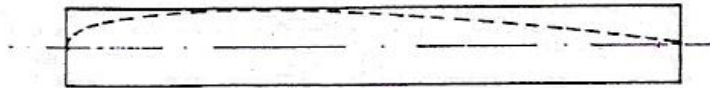
- Dans la plupart des cas , il est avantageux de basculer le safran sur l'AR , de façon à ce que la mèche sorte au 1/3 de la tranche du safran , là ou il y a le plus d'épaisseur .



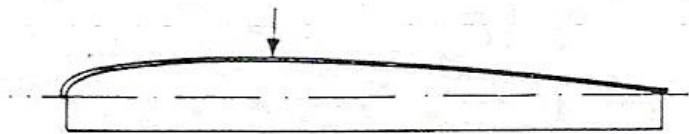
3 – Construction .

Gagner du poids étant le refrain éternel , voici la façon de procéder .

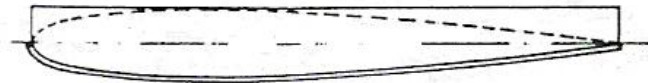
- Façonner le safran dans du balsa 60/100 .



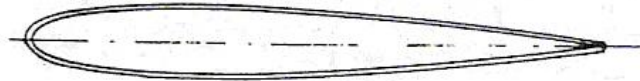
- Stratifier (unidirectionnel 110gr + époxy)



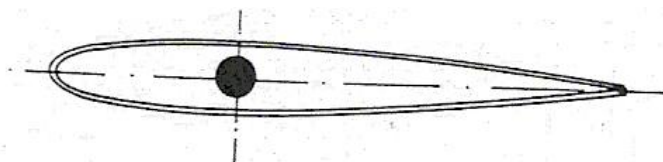
- Façonner l 'autre face



- Stratifier

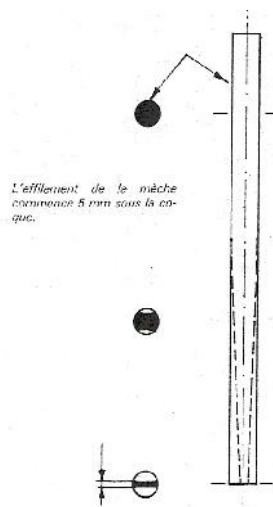


- Tracer et percer le logement de la mèche dans le balsa



- La mèche est en Inox de 4 mm , ou en dural de 5 mm est amincie dans le bas

- La mèche en Inox de 4 mm de diamètre , en dural de 5 mm est amincie dans le bas .
(l 'effilement de la mèche commence 5 mm sous la coque)



- Collage à l 'époxy , chauffer .
On obtient ainsi un safran de 30 à 35 gr au lieu des 50 à 60 gr habituel .

H – Pour finir ...

un tableau de quelques safrans utilisés sur des classes M et 10 .

	A	B	C	D	E
h	27.5	25.0	19.5	20.8	21.0
S	1.91	1.57	1.07	0.88	0.97
l	3.96	3.98	3.55	4.91	4.54
K	1.6	1.6	1.6	1.1	1.3
lc	6.3	6.3	5.6	5.3	5.9
Pourcentage de compensation	20	20	21	6	36

Remarques : D est sous compensé

E est surcompensé

h en cm ; S en dm²

A : safran de classe 10 , semi elliptique ----- B : safran Cédar (1938)
C : safran de Ô Cédar (1980) ----- D : safran classe M " d'occasion " (1978)
E : safran classe M " d'occasion " (1978)

Le tableau utilise les paramètres suivants :

h : Hauteur

c : allongement corrigé = l x k

S : Surface

k : facteur de correction d 'allongement ,dépend de la forme du haut du safran en contact avec la

l : Allongement corrigé = h²/S

carène ; k varie de 1.0 à 1.8 .