



## La stabilité des navires... appliquée aux SUP.

### 1- la flottabilité

Tout commença (historiquement) avec ce vieil Archimède... ce type curieux et intelligent qui, en prenant son bain, s'aperçut qu'il pesait moins lourd et que le niveau de la baignoire avait monté, et en déduisit un principe bien connu qui dit que:

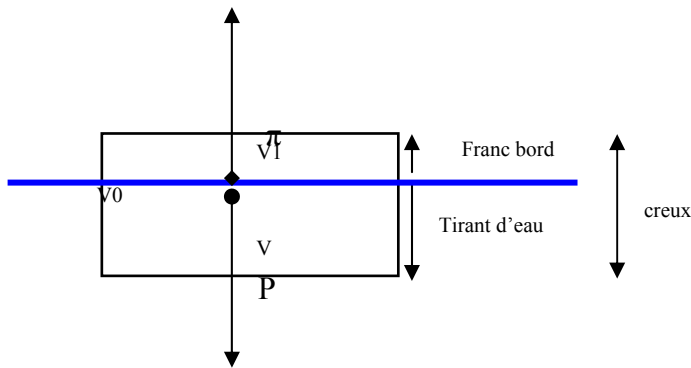
*“Tout corps plongé dans un liquide est soumis, de la part de ce liquide, à une poussée verticale  $\pi$  de bas en haut égale au poids du liquide déplacé. »...*

Donc, la poussée d'Archimède est une force égale au volume immergé que multiplie la densité du liquide...  $\pi$  (en newtons) =  $V \times d \times g$

Donc pour qu'un objet flotte, il faut que cette fameuse poussée s'oppose au poids du corps, il faut donc que ce corps ait un volume  $V_0$  supérieur au volume  $V$  immergé donc supérieur à son poids divisé par la densité de l'eau !!!

En effet la poussée d'Archimède s'oppose au poids du corps, dans la mesure où celui-ci flotte.

On néglige, bien entendu la densité de l'air dans ce petit laïus. Ce n'est pas un traité sur les ballons ;)



$P - \pi = 0$ , donc  $V = P/dg = m/d$

La différence  $V_0 - V$  s'appelle la réserve de flottabilité  $V_1$ , matérialisée par le franc-bord, hauteur du pont au dessus de l'eau.

Je commence par la car si  $V_0$  est inférieur à  $P/Dg$ , l'objet coule, et ceci n'est pas une théorie sur les épaves ou les sous marins ☺

Prenons un flotteur, en matériau léger, de forme parallépipédique, disons de 1 litre soit par exemple 50 cm de long par 20 cm de large par 1 cm d'épaisseur (creux), assez plat et "pesant" 100 grammes et posons le sur l'eau (douce). Il flotte haut et bien à plat sur l'eau

Posons un poids dessus, une patate fixée par une brochette en bois, ( bien au milieu)

Il s'enfonce .

Si le poids n'est pas trop important, une partie de notre flotteur va dépasser de l'eau...tant que l'ensemble poids+ flotteur est inférieur à 1 kg ( dans l'eau douce) pas de problème... en principe!

Admettons que nous fixons un poids de 500 g sur le flotteur, le total déplacera donc  $100+500 = 600$  grammes, et le volume immergé sera donc de 0,6 l, soit 0,4 l de réserve de flottabilité. Tout va bien! Tant que le poids est bien au milieu du flotteur...

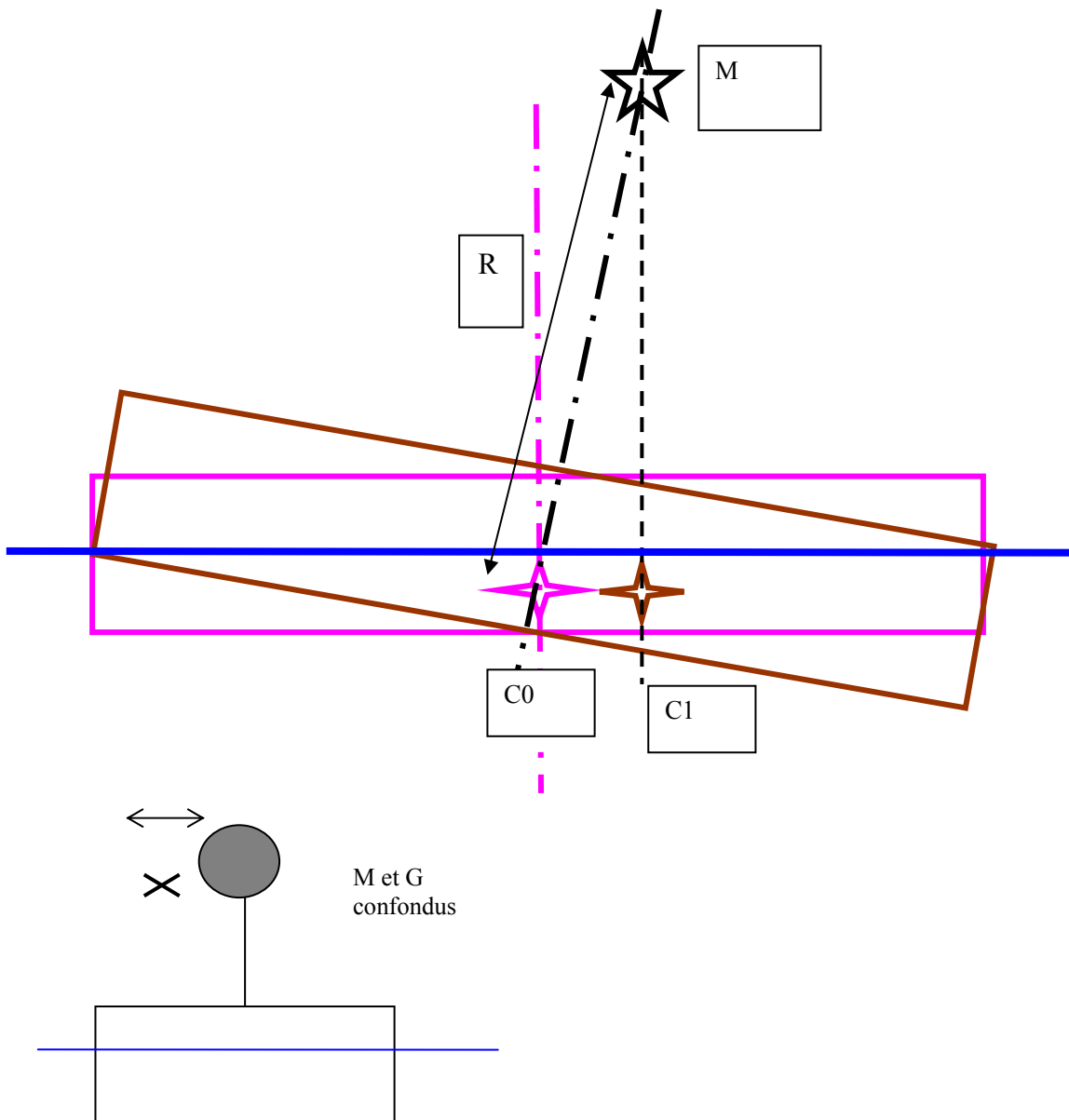
Maintenant je place toujours mes 500 g, mais plus en hauteur ( en le faisant coulisser sur la brochette)... tout va bien jusqu'à un certain point où le flotteur commence à s'incliner, et ensuite à chavirer...

Ce moment où le flotteur commence à s'incliner est le moment où le centre de gravité de l'ensemble poids + flotteur est passé au dessus du **point métacentrique...**

Kesako?

Le point métacentrique est un point virtuel situé , pour une inclinaison donnée au croisement de la verticale du centre de carène et de l'axe longitudinal du flotteur...

Le rayon métacentrique est la distance entre le centre de carène et le point métacentrique



La position du métacentre varie en fonction de l'inclinaison. Pour des bords verticaux il remonte un peu. Avec l'inclinaison. C'est pourquoi le flotteur commencera à s'incliner il trouvera une position légèrement inclinée avant de chavirer on parlera de rayon métacentrique initial transversal.

Le rayon (ou hauteur) métacentrique initial TRANSVERSAL se calcule comme suit:  $R = I/V$

Avec I moment d'inertie de la surface de flottaison,  $I = L^3/12$  où "L" est la longueur à la flottaison et "l" la largeur... à la flottaison

Nous voyons donc que la hauteur de ce métacentre au dessus du centre de carène est **proportionnelle** à la **longueur** par le **CUBE** de la **largeur à la flottaison**... Et **inversement proportionnelle** au **volume immergé**.

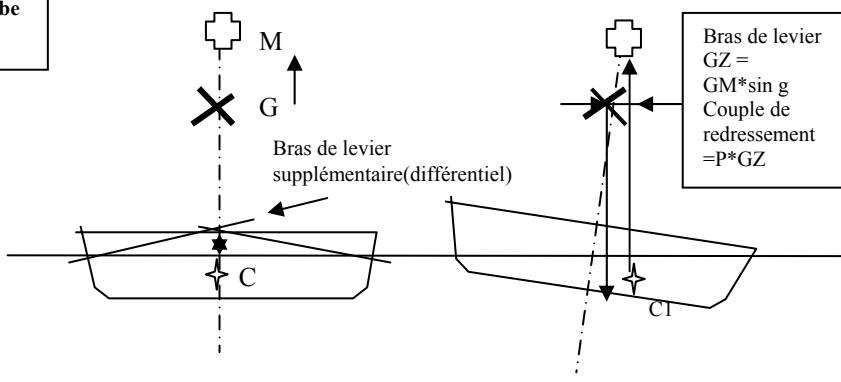
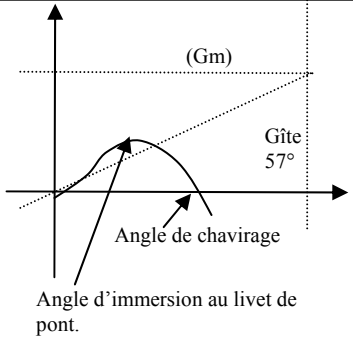
La stabilité initiale transversale se calcule comme la distance entre le centre de gravité **G** et le **métacentre M**... si **GM** est Positif (**G** en **dessous de M**) le flotteur est **stable**, si G est au dessus de M, il est **INSTABLE**.

Mais ceci est le métacentre flotteur droit;

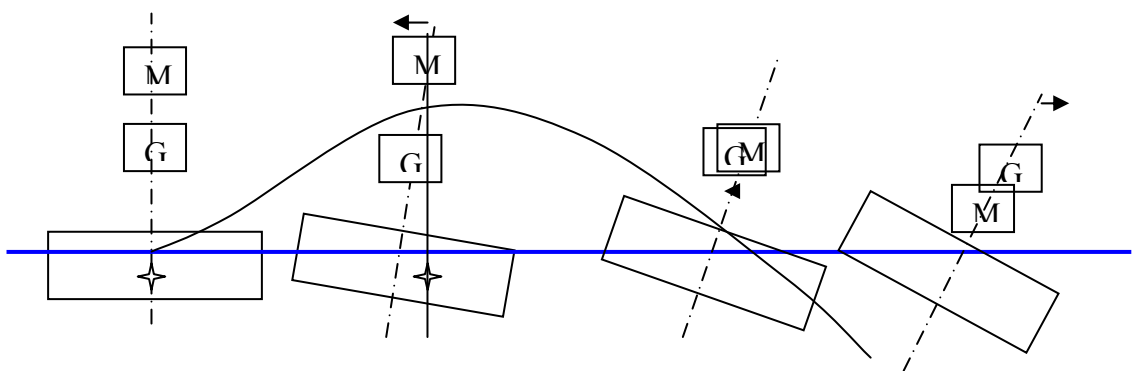
Lorsqu'on incline le flotteur, le centre de carène se déplace latéralement, le métacentre aussi.... Il se crée un **COUPLE DE REDRESSEMENT !!** Il est égal à

$P \times G M \times \sin(\text{angle de gîte})$ .- le bras de levier est donc  $G M \times \sin(\text{angle de gîte})$

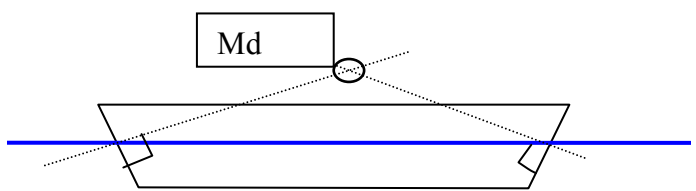
Bras de levier  $GZ = (GM \sin g)$  de redressement en fonction de la gîte (courbe de stabilité) pour un  $GM$  positif.

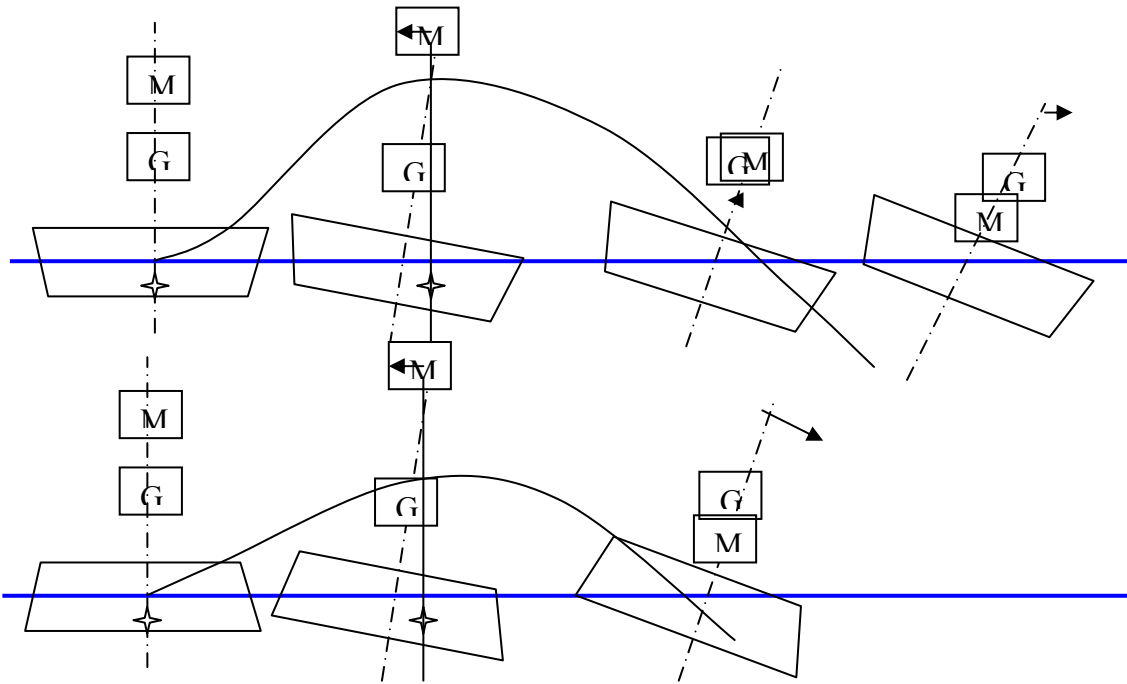


Pour un flotteur stable le couple de redressement augmente aux petits angles de gîte, puis quand un bord du flotteur commence à être immergé, dès lors la largeur à la flottaison baisse, et la hauteur métacentrique aussi, en proportion du cube de la largeur à la flottaison, on appelle ça "l'angle d'immersion". La le couple de redressement augmente moins vite puis diminue ! plus l'angle d'immersion arrive tôt ( faible réserve de flottabilité) plus notre flotteur chavirera tôt...  
 Cela dépend bien évidemment de la position de G..  
 Cet angle d'immersion est d'autant plus petit que la réserve de flottabilité est faible... donc quand on "charge" notre flotteur, son angle de chavirage est plus faible.



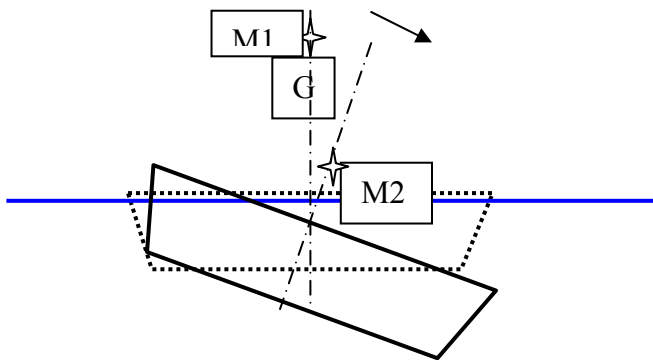
Si les bords du flotteur sont verticaux ou à *fortiori* évasés vers le haut, le métacentre remonte un peu avec l'inclinaison, par contre si les bords du flotteur sont "tombants" (moins de largeur dans le haut) ce métacentre va "descendre" !!!  
 En effet en plus du métacentre s'ajoute le **métacentre différentiel**: dans ce cas tout poids placé en dessous de  $M_d$  qui est l'intersection des perpendiculaires au bords passant par la flottaison, augmente la stabilité...





Et en plus, le volume de carène augmentant, notre hauteur métacentrique va diminuer... et de plus l'angle d'immersion devient très faible...

Chargeons notre flotteur avec une patate de plus, le total faisant 890 grammes, que va-t-il se passer?



Poids du flotteur=100 grammes, plus 890 grammes = 0,99 kilogramme, sur un flotteur de 1 litre, il n'y aura pratiquement plus que les poids à dépasser de l'eau.... Plus de réserve de flottabilité !!!

Eh bien , celui ci va chavirer presque instantanément: en effet la moindre inclinaison veut dire que la largeur de flottaison est quasiment réduite à ZERO... donc angle d'immersion immédiat, le centre de carène et le métacentre sont confondus...

Donc pour rester stable, il faudrait placer notre centre de gravité SOUS le centre de carène, c'est ce qu'on fait sur les sous marins ☺

## Et le SUP dans tout ça, direz vous ?

Eh bien c'est pareil, ou presque:

Vous avez un SUP de balade de 11'6" par 31" de large ( soit 3,50 m x 78 cm), rails bien épais, volume 200 litres, poids 15 kilos mouillé, bref un vrai "ponton", et vous "pesez" 85 kilos (combinaison mouillée et pagaie comprise) et mesurez 1m80.....mettez le à l'eau ( en rivière) et mettez vous à genoux dessus.

Pas de problème.... En plus vous avez une réserve de flottabilité de 100 litres, soit 50%... donc une légère inclinaison ne provoque pas d'immersion des rails.

Maintenant levez vous, ( sans pagaie) ne bougez plus et fermez les yeux....

Plouf !!!

Pourquoi?

Parce que la hauteur métacentrique de ce genre de flotteur avec 85 kg dessus, d'après mes calculs, est d'environ 79 cm, soit environ 72 cm au dessus du pont, et que le centre de gravité de l'ensemble planche plus rameur debout sera à environ 1 m au dessus du pont... soit un GM de ..-28 cm !!! . alors qu'à genoux le centre de gravité ne serait qu'à environ 70 cm....soit un GM de +2 cm !

Donc vous êtes 30 cm trop grand... ☺

A moins d'être une "crevette", vous tenez debout sur votre planche en équilibre instable: c'est votre notion de l'équilibre qui vous aide à tenir debout, aidé par la pagaie qui sert ou d'appui ou de balancier !

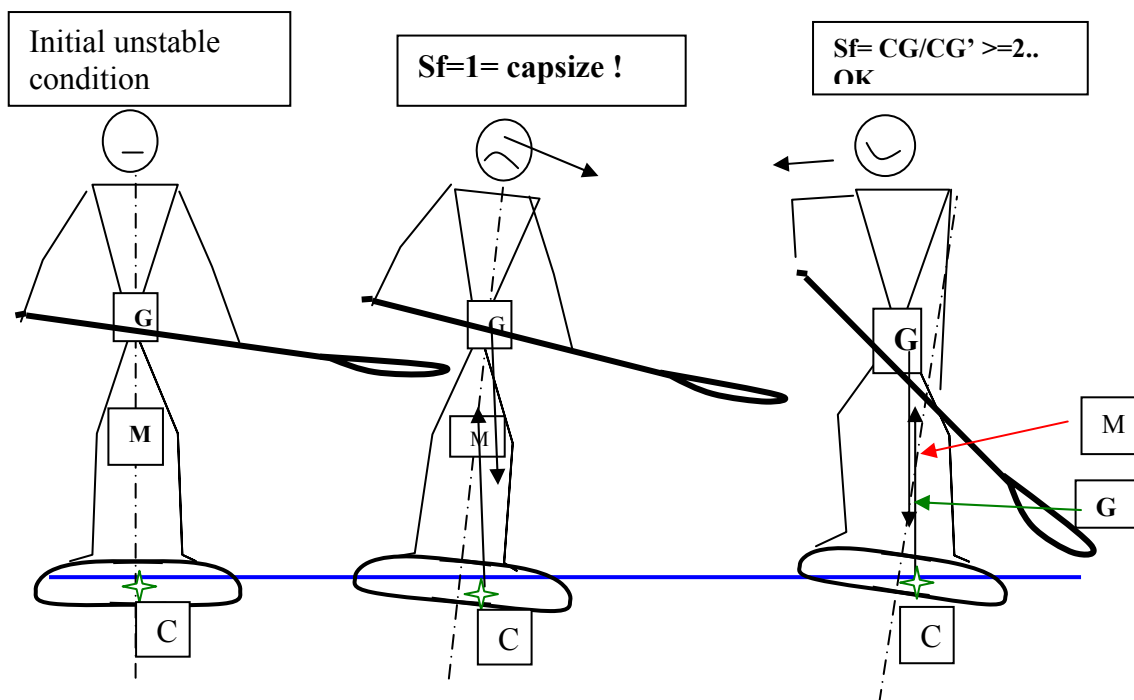
**On peut admettre que la hauteur du centre de gravité « dynamique » du SUPeur est à celle de son centre de gravité réel divisé par un facteur (coefficient) supérieur à 1 et qui dépend de son niveau !!!**

Illustration du facteur de niveau : en anglais « skill factor » Sf : le rameur du milieu ne réagit pas, il chavire ( ou tombe) car son centre de gravité se décale à l'extérieur de la verticale du centre de carène... créant un moment de chavirement...

Le rameur de droite a réagi en appuyant sur sa pagaie et replace son centre de gravité au dessus ou à m'intérieur de la verticale du centre de carène et du métacentre. De plus il équilibre le flotteur avec les jambes. J'appelle G' le point d'intersection de la verticale du centre de gravité et de l'axe vertical de la planche ( passant par le centre de la planche et le métacentre)

On peut dire :  $CG/CG' = Sf$  ..... ☺

**Bien sur ce coefficient est variable : le rameur est distrait ou fatigué, son Sf va baisser...**



C'est la qu'on peut imaginer qu'un clapot désordonné va rendre la chose beaucoup plus compliquée. Un clapotis régulier est prévisible, un plan d'eau perturbé par du « backwash » l'est beaucoup moins. Le seul moyen de tenir sur des petits flotteurs est en corrigeant son centre de gravité par appui sur la pagaie... en plus du **facteur de niveau** on pourrait envisager un **facteur d'adaptabilité...** disons que ça en fait partie.

## AJOUT DE POIDS OU DIMINUTION DE RESERVE DE FLOTTABILITE

Vous avez votre fils ou fille ou votre neveu, ou votre petite soeur, ou votre copine ...qui veut se balader ( ou surfer) avec vous... pas de problème: il (ou elle) ne pèse que 50 kilos, et vous êtes en short et pesez 5 kg de moins, ce qui vous laisse 55 litres de réserve de flottabilité, à condition que le passager reste accroupi ou assis(e): en effet, le centre de gravité va baisser, et s'il reste de la largeur à la flottaison, votre hauteur métacentrique ne sera plus que de 50 ou 55 cm, mais avec un centre de gravité 20 cm plus bas ça devrait le faire... par contre si votre planche a moins de volume, ça ne va pas le faire...

Plus vous progressez plus vous pourrez tenir sur une planche étroite...exemple :

Sf=	1	1.5	2	2.5	3	3.5
Masse Kg	70					
Taille m	largeurs en cm:					
1.70 :	84.7	74.0	67.2	62.4	58.7	55.8

Cela dépend aussi des conditions ☺... et ci dessus je considère des planches avec du volume...

Maintenant montez sur un SUP de vague typé « longboard » de 9'3" (2m80) par 27"1/2 (70 cm), avec un volume de 130 l... bon vous avez gagné 5 kg sur le poids de la planche, et vous avez une "réserve" de ...30 litres. Mais les rails, même planche à plat, sont bien immergés... votre largeur à la flottaison ne dépasse pas les 65 cm...

Votre hauteur métacentrique initiale n'est plus que de ...45 cm, en plus la moindre inclinaison de la planche va immerger le tiers du pont... autant dire que même à genoux vous êtes en équilibre instable ! A moins d'être un pratiquant doué ou expérimenté, vous allez en baver... avec votre centre de gravité à 1 m il vous faut un **'facteur de niveau' de 3 au moins !!!**

Augmentez la largeur de 5 cm ( 2 pouces) et la ça va devenir 10 fois plus facile ! en effet 7% de plus de largeur vous font 22% de hauteur métacentrique en plus !!!

L'instabilité est à peu près la même sur un SUP de 8'3" mais de 28'1/2 de large. Et pourtant on arrive à tenir debout dessus... mais c'est un numéro d'équilibriste, c'est grâce à l'entraînement, la pagaie, etc... Alors imaginez un SUP de 6 pieds, eh bien s'il est beaucoup plus large ( 33 » par exemple) il sera plus stable qu'un 8' par 28 » ... marrant non ? Par contre à ces faibles longueurs ça sera la **stabilité longitudinale** qui va poser problème !!! Je n'en ai pas parlé mais le principe est équivalent à la stabilité transversale. Si par exemple la réserve de flottabilité est très faible avec peu d'épaisseur devant et derrière, dès que par exemple l'arrière est immergé, on aura tendance à tomber en arrière. Le placement des pieds devient ESSENTIEL. Engénéral la planche étent spatulée sur l'avant, la perte de stabilité longitudinale vers l'avant est moins problématique. Si vous êtes aussi lourd mais moins grand, ce sera un peu moins difficile car votre centre de gravité est plus bas....

Mais si vous êtes moins lourd, les rails seront moins immergés et ce sera beaucoup moins difficile... la largeur à la flottaison augmente et le volume immergé diminue : tout bon...

En gros, une personne plus lourde ou plus grande aura (dans la mesure où le volume est suffisant) les mêmes problèmes d'instabilité, tant que le rapport poids/volume et la largeur de flottaison reste la même! C'est à dire que la personne plus grande ira bien avec une planche un peu plus large et moins épaisse, la personne lourde avec une planche plus large et plus épaisse!

Moralité: un flotteur large et épais aux rails épais est plus stable qu'un flotteur étroit aux rails fins, et un flotteur de un pouce de moins en largeur est aussi instable qu'avec un pied de moins en longueur!

### **Volumes faibles.**

Imaginez que vous « pesez » 80 kg et que votre « planche ait 90 litres de volume « pèse » 7 kg toute mouillée. Votre pagaie fait 700 g et votre short 300.

Vous êtes très doué. la densité de la mer est de 1,025, votre volume déplacé est de  $(80+7+1)/1,025=86$  litres... Votre réserve de flottabilité est de  $90-86=4$  litres soit moins de 4% !!!

Autant dire que votre stabilité est quasiment nulle : vous ne pouvez tenir debout que grâce à la pagaie et le moindre déplacement des pieds latéralement comme longitudinalement est extrêmement difficile !

Maintenant c'est l'hiver, vous enflez une combinaison qui pèse 5 kg mouillée.. réserve= -1 litre

Vous êtes en négatif.

Vous essayez dans l'eau douce : réserve = 2 litres .

.....

C'est un exemple, afin de montrer que les flotteurs de faible volume, le simple poids d'une combi fait changer énormément la réserve de flottabilité et donc la stabilité.

Une planche à la réserve de flottabilité faible ( en dessous de 20-30%) aura une stabilité très faible et sera extrêmement fatigante pour le rameur...

Par contre plus il y a de réserve de flottabilité plus il y a d'effet " bouchon", déstabilisant en cas de plan d'eau clapoteux, surtout à l'arrêt. On peut pour de SUP de vagues faire des flotteurs avec **peu de réserve de flottabilité mais cette réserve bien répartie.**

Les dessus plats ou concaves donneront plus de réserve de flottabilité sur les bords, diminueront moins la largeur à la flottaison, et seront plus stables, surtout si ce volume est important au milieu du flotteur: sur un flotteur très spatulé avec peu de réserve de flottabilité, on risqué de se retrouver avec le pont au ras de l'eau au milieu, et les conséquences que l'on imagine!

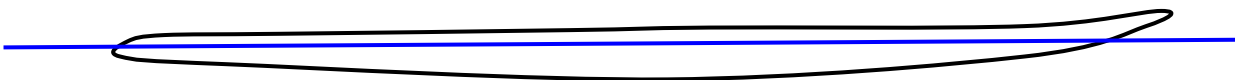
Les arrières étroits et fins sont performants, mais un recul des pieds va l'immerger immédiatement. La aussi on veillera à ce que l'épaisseur soit juste suffisante.

Bref à volume égal, la **stabilité maximale est donnée avec la flottaison la plus large sur la plus grande longueur...**

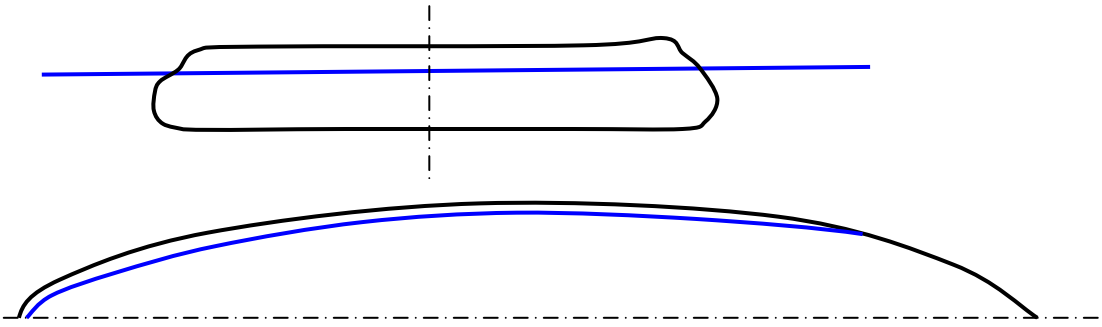
Si l'on veut des rails bien couchés, une solution: les "s-rails"

Exemples de flotteur, pour être plus ou moins stables à rapports volumes /poids / dimensions équivalentes. On voit que quand la réserve de flottabilité est faible, il est important qu'elle soit bien répartie !

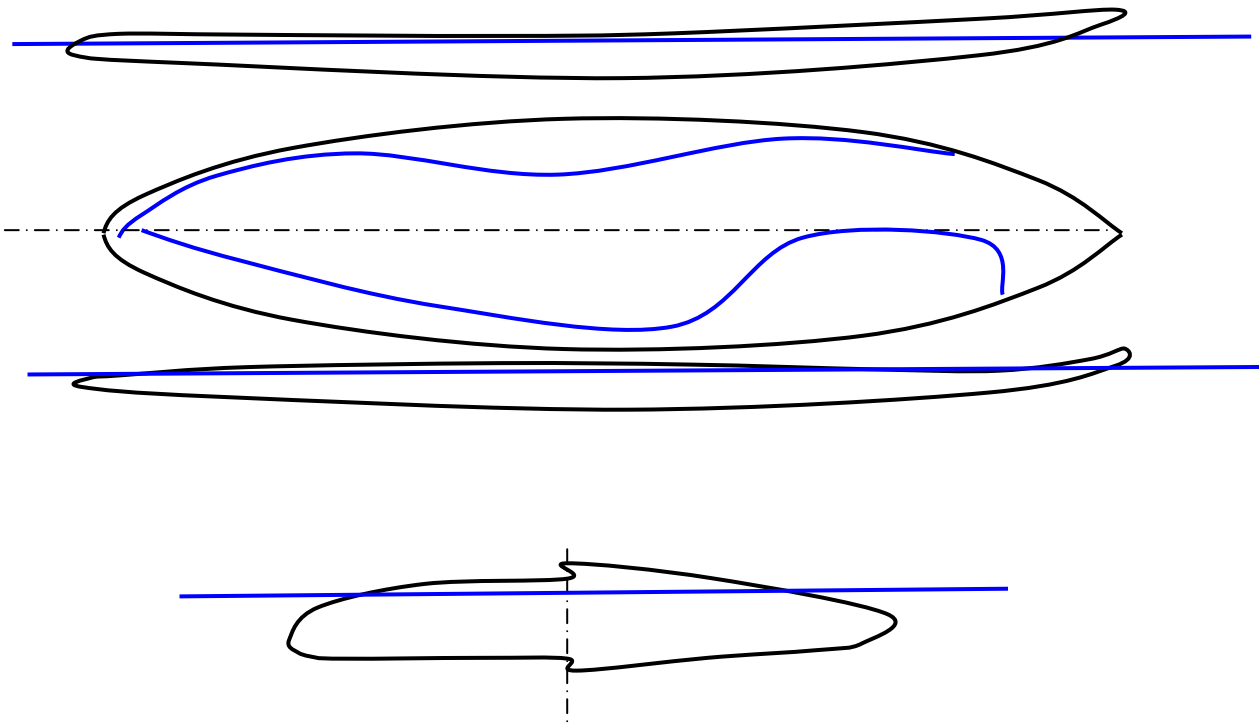
Stable :







Instable (latéralement et/ou longitudinalement) : volume mal réparti ou très peu de volume au dessus de l'eau...  
 a part une expertise du SUPER, aucune ou presque aucune stabilité.



Les carènes en "V" diminuent-elles la stabilité ? , un peu car le centre de carène est plus bas, mais si les rails sont plus haut sur l'eau la flottaison se trouvera élargie, ce qui compense largement! ( à moins d'avoir 4 ou 5 cm de V!!!!)

Contrairement à certaines idées reçues, les concaves n'améliorent pas la stabilité...

A partir de tout ce qu'on a vu au dessus va pouvoir choisir la planche idéale... en fonction de sa taille et de son poids, et de son facteur de niveau... pour une stabilité équivalente.

## A- Tableau d'équivalence pour une longueur donnée.

1- pour un débutant qui veut se balader avec une planche de 10'8 »

Largeurs de planche polyvalentes / débutant en cm pour avoir une stabilité équivalente en fonction de son poids et de sa taille.

calculées pour une longueur de planche de 3.3 m soit 10.8 pieds

**et pour un volume équivalent à au moins 1.5 fois le poids rider + planche.**

1 pouce = 2.54 cm		facteur de niveau environ								
Masse Kg		50	60	70	80	90	100	110	120	
Taille m		largeurs en cm:								
1.50	:	55.9	59.4	62.5	65.4	68.0	70.4	72.7	74.9	55.9
1.60	:	62.3	66.2	69.7	72.8	75.7	78.5	81.0	83.4	62.3
1.70	:	63.5	67.5	71.0	74.3	77.2	80.0	82.6	85.0	63.5
1.80	:	64.7	68.7	72.4	75.6	78.7	81.5	84.1	86.6	64.7
1.90	:	65.8	69.9	73.6	77.0	80.1	82.9	85.6	88.1	65.8
2.00	:	66.9	71.1	74.9	78.3	81.4	84.3	87.0	89.6	66.9

2- passons à plus petit... avec de bon rameurs, attention valable si le pont est suffisamment hors de l'eau.

Largeurs de **planche de vague** en cm pour avoir une stabilité équivalente en fonction de son poids et de sa taille.

calculées pour une longueur de

planche de 2.60 m soit 8,8 pieds

et pour un volume équivalent à 1.3 fois du poids rider plus planche.

1 pouce = 2.54 cm		facteur de niveau environ							
Masse Kg		50	60	70	80	90	100	110	120
Taille m		largeurs en cm:							
1.50	:	56.8	60.3	63.5	66.4	69.0	71.5	73.8	76.0
1.60	:	57.9	61.6	64.8	67.8	70.5	73.0	75.4	77.6
1.70	:	59.1	62.8	66.1	69.1	71.9	74.4	76.8	79.1
1.80	:	60.2	64.0	67.3	70.4	73.2	75.8	78.3	80.6
1.90	:	61.2	65.1	68.5	71.6	74.5	77.2	79.7	82.0
2.00	:	62.3	66.2	69.7	72.8	75.7	78.5	81.0	83.4

Passons au short SUP... la j'enlève les très lourds...

Largeurs de planche de vague en cm pour avoir une stabilité équivalente en fonction de son poids et de sa taille.

calculées pour une longueur de planche

de 2.20 m soit 7.2 pieds

et pour un volume équivalent à 1.2 fois du poids rider plus planche

1 pouce = 2.54 cm		facteur de niveau environ					
Masse Kg		50	60	70	80	90	100
Taille m		largeurs en cm:					
1.50	:	61.5	65.3	68.8	71.9	74.8	77.4
1.60	:	62.7	66.7	70.2	73.4	76.3	79.1
1.70	:	64.0	68.0	71.6	74.8	77.8	80.6
1.80	:	65.2	69.3	72.9	76.2	79.3	82.1
1.90	:	66.3	70.5	74.2	77.6	80.7	83.6
2.00	:	67.4	71.7	75.4	78.9	82.0	85.0

Si on réduit l'épaisseur et donc la réserve de flottabilité, cela risque d'être beaucoup plus difficile...on aura tout intérêt à augmenter un peu la largeur dans ce cas,...

### Et si on faisait varier la longueur en fonction de la taille et du poids ?

Voyons avec du SUP style « longboard » pour personnes confirmées... j'ai adapté la longueur pour avoir des proportions longueur/largeur équivalentes...volume = 1.3 x poids rider+ planche.

1 pouce = 2.54 cm		facteur de niveau environ		2.5												
Masse Kg		50	/	60	/	70	/	80	/	90	/	100	/	110	/	120
Taille m		longueurs m /largeurs en cm:														
1.50	L=	2.70	/	2.80	/	2.90	/	3.00	/	3.10	/	3.20	/	3.30	/	3.40
1.50	l=	60.5	/	63.6	/	66.1	/	68.4	/	70.3	/	72.1	/	73.6	/	75.1
1.60	L=	2.75	/	2.85	/	2.95	/	3.05	/	3.15	/	3.25	/	3.35	/	3.45
1.60	l=	61.4	/	64.5	/	67.1	/	69.4	/	71.4	/	73.2	/	74.8	/	76.3
1.70	L=	2.80	/	2.90	/	3.00	/	3.10	/	3.20	/	3.30	/	3.40	/	3.50
1.70	l=	62.3	/	65.4	/	68.1	/	70.4	/	72.4	/	74.3	/	75.9	/	77.4
1.80	L=	2.85	/	2.95	/	3.05	/	3.15	/	3.25	/	3.35	/	3.45	/	3.55
1.80	l=	63.0	/	66.2	/	69.0	/	71.3	/	73.4	/	75.3	/	76.9	/	78.5
1.90	L=	2.90	/	3.00	/	3.10	/	3.20	/	3.30	/	3.40	/	3.50	/	3.60
1.90	l=	63.8	/	67.0	/	69.8	/	72.2	/	74.3	/	76.2	/	77.9	/	79.5
2.00	L=	2.95	/	3.05	/	3.15	/	3.25	/	3.35	/	3.45	/	3.55	/	3.65
2.00	l=	64.5	/	67.8	/	70.6	/	73.0	/	75.2	/	77.1	/	78.8	/	80.4
2.10	L=	3.00	/	3.10	/	3.20	/	3.30	/	3.40	/	3.50	/	3.60	/	3.70
2.10	l=	65.1	/	68.5	/	71.3	/	73.8	/	76.0	/	78.0	/	79.7	/	81.3

Kg-		->														
Taille m		50	/	60	/	70	/	80	/	90	/	100	/	110	/	120
		lengths feet + decimals/width inches														
1.50	L=	8.9	/	9.2	/	9.5	/	9.8	/	10.2	/	10.5	/	10.8	/	11.2
1.50	l=	23.8	/	25.0	/	26.0	/	26.9	/	27.7	/	28.4	/	29.0	/	29.6
1.60	L=	9.0	/	9.4	/	9.7	/	10.0	/	10.3	/	10.7	/	11.0	/	11.3
1.60	l=	24.2	/	25.4	/	26.4	/	27.3	/	28.1	/	28.8	/	29.5	/	30.0
1.70	L=	9.2	/	9.5	/	9.8	/	10.2	/	10.5	/	10.8	/	11.2	/	11.5
1.70	l=	24.5	/	25.7	/	26.8	/	27.7	/	28.5	/	29.2	/	29.9	/	30.5
1.80	L=	9.4	/	9.7	/	10.0	/	10.3	/	10.7	/	11.0	/	11.3	/	11.6
1.80	l=	24.8	/	26.1	/	27.1	/	28.1	/	28.9	/	29.6	/	30.3	/	30.9
1.90	L=	9.5	/	9.8	/	10.2	/	10.5	/	10.8	/	11.2	/	11.5	/	11.8
1.90	l=	25.1	/	26.4	/	27.5	/	28.4	/	29.3	/	30.0	/	30.7	/	31.3
2.00	L=	9.7	/	10.0	/	10.3	/	10.7	/	11.0	/	11.3	/	11.6	/	12.0
2.00	l=	25.4	/	26.7	/	27.8	/	28.8	/	29.6	/	30.4	/	31.0	/	31.7
2.10	L=	9.8	/	10.2	/	10.5	/	10.8	/	11.2	/	11.5	/	11.8	/	12.1
2.10	l=	25.6	/	27.0	/	28.1	/	29.1	/	29.9	/	30.7	/	31.4	/	32.0

Et avec SUP vague plus « pointu »... reprenons le tableau :

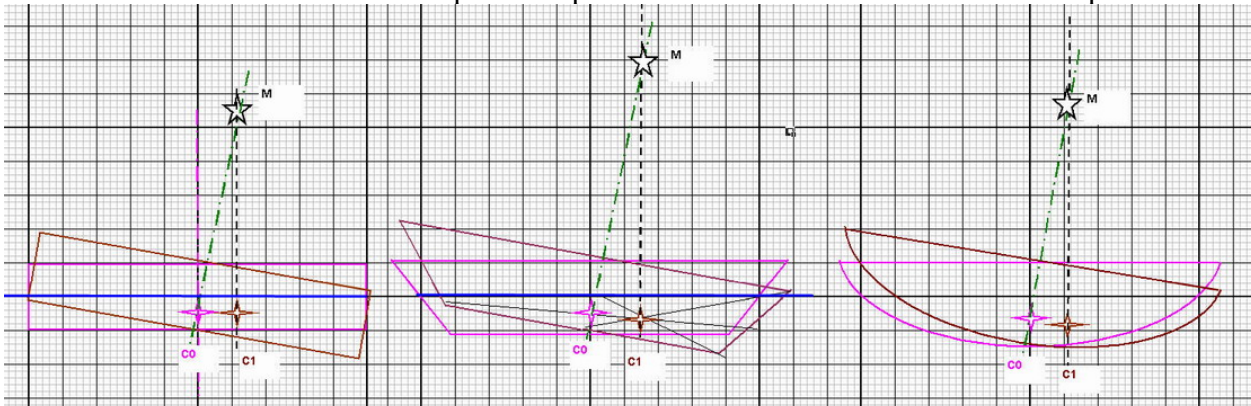
1 pouce = 2.54 cm		facteur de niveau environ		2.6											
----------------------	--	------------------------------	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Masse Kg	50	60	70	80	90	100	110	120
Taille m	longueurs m /largeurs en cm:							
1.50 L=	2.15	2.23	2.31	2.39	2.47	2.55	2.63	2.71
1.50 l≡	64.5	67.7	70.4	72.8	74.9	76.7	78.4	79.9
1.60 L=	2.19	2.27	2.35	2.43	2.51	2.59	2.67	2.75
1.60 l≡	65.4	68.7	71.5	73.9	76.0	77.9	79.6	81.2
1.70 L=	2.23	2.31	2.39	2.47	2.55	2.63	2.71	2.79
1.70 l≡	66.3	69.6	72.5	74.9	77.1	79.1	80.8	82.4
1.80 L=	2.27	2.35	2.43	2.51	2.59	2.67	2.75	2.83
1.80 l≡	67.1	70.5	73.4	75.9	78.1	80.1	81.9	83.5
1.90 L=	2.31	2.39	2.47	2.55	2.63	2.71	2.79	2.87
1.90 l≡	67.9	71.4	74.3	76.9	79.1	81.1	82.9	84.6
2.00 L=	2.35	2.43	2.51	2.59	2.67	2.75	2.83	2.91
2.00 l≡	68.7	72.2	75.1	77.7	80.0	82.1	83.9	85.6
2.10 L=	2.39	2.47	2.55	2.63	2.71	2.79	2.87	2.95
2.10 l≡	69.4	72.9	75.9	78.6	80.9	83.0	84.9	86.6

Kg-	50	60	70	80	90	100	110	120
Taille m	lengths feet + decimals/width inches							
1.50 L=	7.1	7.3	7.6	7.8	8.1	8.4	8.6	8.9
1.50 l≡	25.4	26.6	27.7	28.7	29.5	30.2	30.9	31.5
1.60 L=	7.2	7.4	7.7	8.0	8.2	8.5	8.8	9.0
1.60 l≡	25.8	27.0	28.1	29.1	29.9	30.7	31.4	32.0
1.70 L=	7.3	7.6	7.8	8.1	8.4	8.6	8.9	9.2
1.70 l≡	26.1	27.4	28.5	29.5	30.4	31.1	31.8	32.4
1.80 L=	7.4	7.7	8.0	8.2	8.5	8.8	9.0	9.3
1.80 l≡	26.4	27.8	28.9	29.9	30.8	31.5	32.2	32.9
1.90 L=	7.6	7.8	8.1	8.4	8.6	8.9	9.2	9.4
1.90 l≡	26.7	28.1	29.3	30.3	31.1	31.9	32.7	33.3
2.00 L=	7.7	8.0	8.2	8.5	8.8	9.0	9.3	9.5
2.00 l≡	27.0	28.4	29.6	30.6	31.5	32.3	33.0	33.7
2.10 L=	7.8	8.1	8.4	8.6	8.9	9.2	9.4	9.7
2.10 l≡	27.3	28.7	29.9	30.9	31.9	32.7	33.4	34.1

### Et dans le cas des planches de "Race"?

Les carènes sont en général avec un dessous plats et des bords arrondis, verticaux ou évasés, et vu l'épaisseur cette stabilité est maintenue même en inclinant le flotteur. Les bords évasés avec la largeur au pont plus importante que la largeur du fond, augmenteront d'autant cette stabilité initiale. On appelle ça stabilité secondaire ou réserve de stabilité qui correspond à une réserve de flottabilité bien répartie:



L'autre intérêt des bords évasés est l'augmentation de la largeur à la flottaison avec la surcharge. Un SUP de 14' par 28 » de large ( 71 cm) a presque 2 m2 de surface de flottaison. Si les bords sont inclinés à 45° une surcharge de 20 kg enfoncera la planche de 1 cm mais l' »élargira « de 2 cm.

Si : Poids initial = 80 kg

On a  $HM_{final}/HM_{initial} \times (73/71)^3 / (100/80) = 0.87$

Si les bords étaient verticaux ce rapport serait de 0.8. on ne gagne pas mais bon c'est moins pire...

Ensuite un fond et un arrière large et plat, des rails durs donneront plus de stabilité "dynamique" en route qu'une carène arrondie, arrière pointu et /ou en V, pour une même stabilité initiale.

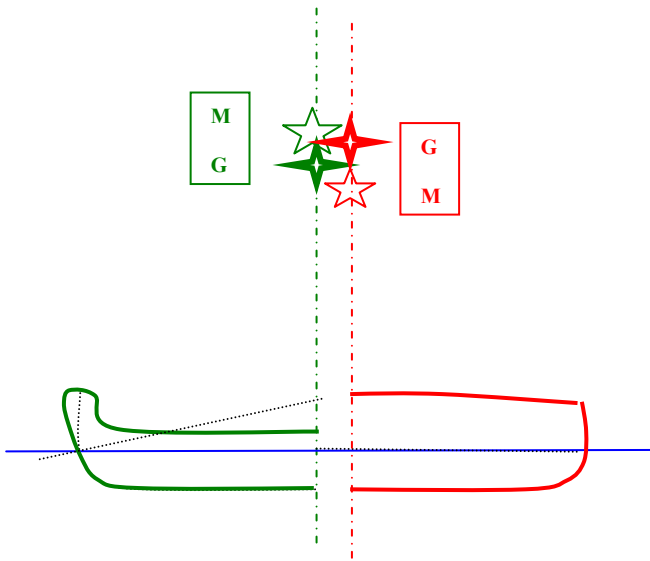
Des **ailerons profonds** et/ ou **dérives amovibles** augmenteront aussi cette stabilité dynamique. Très utile pour les carènes arrondies. Ensuite il faut faire la part des choses entre stabilité et performances !

Autre chose : la hauteur du pont au dessus de l'eau.

Planche aux bords évasés et pont surbaissé : **stable**

planche aux bords verticaux et pont haut : **instable**

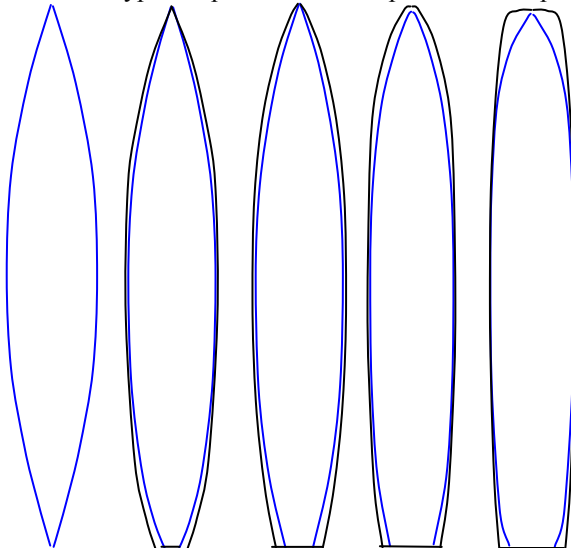
En plus de la largeur accrue au **dessus** de la flottaison... dans la mesure où les pieds sont plus bas le centre de gravité le sera d'autant, et l'appui des pieds plus près de l'eau rendant le contrôle plus facile... tant que l'eau s'écoule bien évidemment !



En rajoutant peu de volume sur les abords et en enlevant beaucoup au milieu; on gagne en stabilité  
**Moralité: une planche avec 50 l de volume en moins qu'une autre peut être plus stable.**  
*... par contre si on enlève le volume sur les bords, l'angle d'immersion sera plus faible, on aura moins de réserve de stabilité...*

### Influence des formes du plan de flottaison Fig 1<sup>E</sup> 5

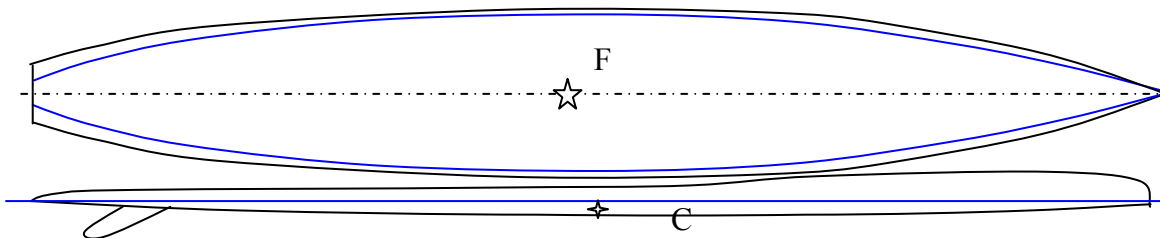
Prenons 5 types de planches de la « pointue » à la presque rectangulaire...



Pour la même largeur nous avons la hauteur métacentrique qui change énormément...

	1	2	3	4	5
vol:	90.0	90.0	90.0	89.9	90.0
L	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
I cm	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0
SF					
m2:	1.70	1.79	1.84	2.00	2.09
Cf=	0.69	0.72	0.74	0.80	0.84
<b>H M</b> <b>cm</b>	<b>44.4</b>	<b>47.6</b>	<b>49.6</b>	<b>58.0</b>	<b>63.7</b>

Autre problème de stabilité de forme : position du centre de flottaison.



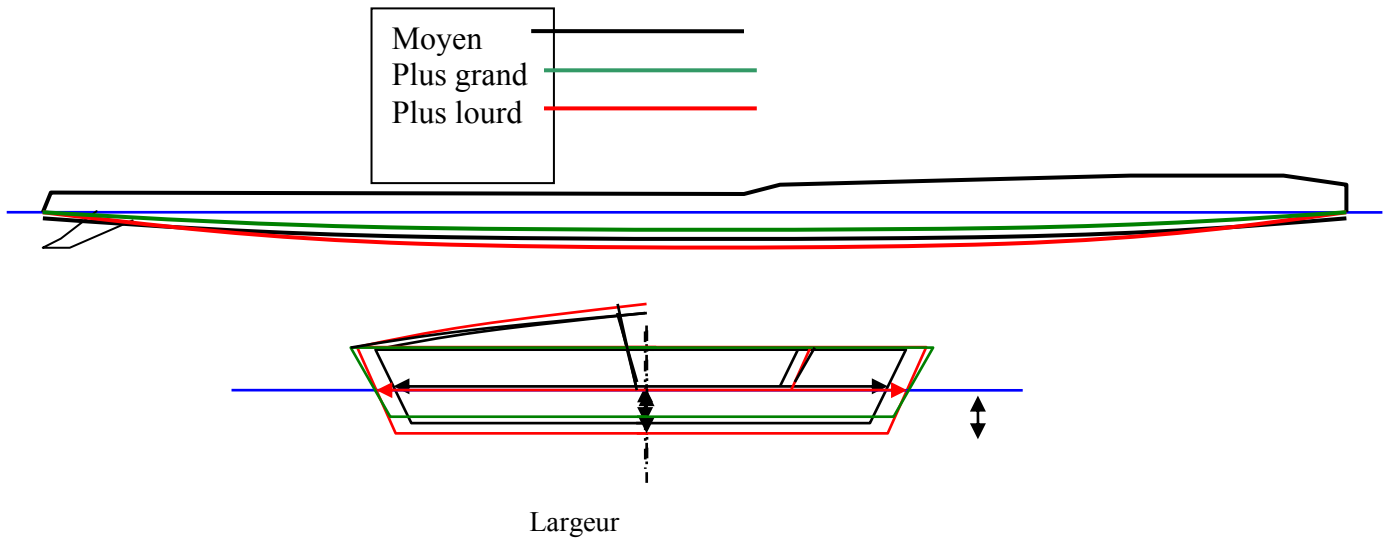
Le centre de gravité de la flottaison étant en général derrière le centre de carène ; la largeur est moindre devant les pieds du rameur... donc sensation d'instabilité quand on s'avance et de meilleure stabilité quand on se recule.. Les planches doivent avoir des formes aussi équilibrées que possible ; surtout si c'est étroit devant et derrière... il y a aussi une stabilité longitudinale.

Pour la longueur, si on garde la même largeur et la même forme de planche , le gain en stabilité sera proportionnel à la longueur. Pas si énorme, +12% entre 12'6'' et 14' ; Les longues planches étant en général plus fines aux extrémités, elles seront aussi instables.

Sinon les rapports entre les poids le volume la taille la largeur sont les mêmes qu'avec une planche standard, avec en général beaucoup plus de réserve de flottabilité... on considère un volume double de celui déplacé par le rameur et la planche

On peut aussi inclure le tirant d'eau (la profondeur de la carène) pour adapter la planche au gabarit du rameur... tout ça pour monter que le choix de planche est important.

On considère ici une planche avec l'étrave et le tableau arrière au ras de l'eau, largeur au tableau des 2/5 de la largeur totale, d'un coefficient bloc de 0,55. les formes sont les mêmes, seules les cotes changent.



WIDTH AND DEPTH OF RACE BOARD LENGTH 12'6" FOR SAME CHARACTERISTICS ACCORDING TO SIZE AND WEIGHT

1 inch = 2.54 cm

Masse Kg

SKILL FACTOR ABOUT 2

SIZE m		50	60	70	80	90	100	110	120
1.50	<b>breadth=</b>	58.3	61.3	64.0	66.5	68.9	71.0	73.1	75.0
	<b>draft=</b>	<b>4.7</b>	<b>5.4</b>	<b>6.0</b>	<b>6.6</b>	<b>7.2</b>	<b>7.7</b>	<b>8.3</b>	<b>8.8</b>
1.60	<b>breadth=</b>	59.5	62.6	65.3	67.9	70.3	72.5	74.6	76.6
	<b>draft=</b>	<b>4.6</b>	<b>5.3</b>	<b>5.9</b>	<b>6.5</b>	<b>7.0</b>	<b>7.6</b>	<b>8.1</b>	<b>8.6</b>
1.70	<b>breadth=</b>	60.7	63.8	66.6	69.2	71.6	73.9	76.1	78.1
	<b>draft=</b>	<b>4.5</b>	<b>5.2</b>	<b>5.8</b>	<b>6.3</b>	<b>6.9</b>	<b>7.4</b>	<b>7.9</b>	<b>8.4</b>
1.80	<b>breadth=</b>	61.8	65.0	67.8	70.5	73.0	75.3	77.5	79.5
	<b>draft=</b>	<b>4.4</b>	<b>5.1</b>	<b>5.7</b>	<b>6.2</b>	<b>6.8</b>	<b>7.3</b>	<b>7.8</b>	<b>8.3</b>
1.90	<b>breadth=</b>	62.9	66.1	69.0	71.7	74.2	76.6	78.8	80.9
	<b>draft=</b>	<b>4.4</b>	<b>5.0</b>	<b>5.6</b>	<b>6.1</b>	<b>6.7</b>	<b>7.2</b>	<b>7.7</b>	<b>8.1</b>
2.00	<b>breadth=</b>	63.9	67.2	70.2	72.9	75.5	77.9	80.1	82.2
	<b>draft=</b>	<b>4.3</b>	<b>4.9</b>	<b>5.5</b>	<b>6.0</b>	<b>6.5</b>	<b>7.0</b>	<b>7.5</b>	<b>8.0</b>
2.10	<b>breadth=</b>	64.9	68.3	71.3	74.1	76.7	79.1	81.4	83.5
	<b>draft=</b>	<b>4.2</b>	<b>4.8</b>	<b>5.4</b>	<b>5.9</b>	<b>6.4</b>	<b>6.9</b>	<b>7.4</b>	<b>7.9</b>

US measures

1 inch = 2.54 cm

Mass Lbs --->

2.2 Lbs=

1 kg

SIZE m	Kg-->	110	132	154	176	198	220	243	265
1.50	<b>breadth=</b>	23.0	24.1	25.2	26.2	27.1	28.0	28.8	29.5
	<b>draft=</b>	<b>1.9</b>	<b>2.1</b>	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3.0</b>	<b>3.3</b>	<b>3.5</b>
1.60	<b>breadth=</b>	23.4	24.6	25.7	26.7	27.7	28.5	29.4	30.2
	<b>draft=</b>	<b>1.8</b>	<b>2.1</b>	<b>2.3</b>	<b>2.5</b>	<b>2.8</b>	<b>3.0</b>	<b>3.2</b>	<b>3.4</b>
1.70	<b>breadth=</b>	23.9	25.1	26.2	27.3	28.2	29.1	29.9	30.7
	<b>draft=</b>	<b>1.8</b>	<b>2.0</b>	<b>2.3</b>	<b>2.5</b>	<b>2.7</b>	<b>2.9</b>	<b>3.1</b>	<b>3.3</b>
1.80	<b>breadth=</b>	24.3	25.6	26.7	27.8	28.7	29.6	30.5	31.3
	<b>draft=</b>	<b>1.7</b>	<b>2.0</b>	<b>2.2</b>	<b>2.5</b>	<b>2.7</b>	<b>2.9</b>	<b>3.1</b>	<b>3.3</b>
1.90	<b>breadth=</b>	24.8	26.0	27.2	28.2	29.2	30.2	31.0	31.8
	<b>draft=</b>	<b>1.7</b>	<b>2.0</b>	<b>2.2</b>	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3.0</b>	<b>3.2</b>
2.00	<b>breadth=</b>	25.2	26.5	27.6	28.7	29.7	30.7	31.5	32.4
	<b>draft=</b>	<b>1.7</b>	<b>1.9</b>	<b>2.2</b>	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3.0</b>	<b>3.2</b>
2.10	<b>breadth=</b>	25.6	26.9	28.1	29.2	30.2	31.1	32.0	32.9
	<b>draft=</b>	<b>1.7</b>	<b>1.9</b>	<b>2.1</b>	<b>2.3</b>	<b>2.5</b>	<b>2.7</b>	<b>2.9</b>	<b>3.1</b>

Il est à noter que les tableaux ci-dessus sont indicatifs seulement... et plutôt applicables pour du SUP race polyvalent ou Downwind... on peut considérer pour des planches plus typées « Flat » : facteur de niveau 3 Attention CB 0.5. une planche aux formes arrondies aura un Cb 0.45-0.5

Cela devient très étroit... noter que quand la largeur diminue la profondeur augmente.

1 inch = 2.54 cm				2.2 Lbs=		1 kg			
Mass Lbs --->		110	132	154	176	198	220	243	265
SIZE m	Kg-->	50	60	70	80	90	100	110	120
1.50	<b>breadth=</b>	21.0	22.1	23.1	24.0	24.8	25.6	26.4	27.1
	<b>draft=</b>	<b>2.0</b>	<b>2.3</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3.1</b>	<b>3.3</b>	<b>3.5</b>	<b>3.8</b>
1.60	<b>breadth=</b>	21.5	22.6	23.6	24.5	25.4	26.2	26.9	27.6
	<b>draft=</b>	<b>2.0</b>	<b>2.3</b>	<b>2.5</b>	<b>2.8</b>	<b>3.0</b>	<b>3.3</b>	<b>3.5</b>	<b>3.7</b>
1.70	<b>breadth=</b>	21.9	23.0	24.0	25.0	25.8	26.7	27.4	28.2
	<b>draft=</b>	<b>1.9</b>	<b>2.2</b>	<b>2.5</b>	<b>2.7</b>	<b>3.0</b>	<b>3.2</b>	<b>3.4</b>	<b>3.6</b>
1.80	<b>breadth=</b>	22.3	23.4	24.5	25.4	26.3	27.2	27.9	28.7
	<b>draft=</b>	<b>1.9</b>	<b>2.2</b>	<b>2.4</b>	<b>2.7</b>	<b>2.9</b>	<b>3.1</b>	<b>3.3</b>	<b>3.6</b>
1.90	<b>breadth=</b>	22.7	23.8	24.9	25.9	26.8	27.6	28.4	29.2
	<b>draft=</b>	<b>1.9</b>	<b>2.1</b>	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.9</b>	<b>3.1</b>	<b>3.3</b>	<b>3.5</b>
2.00	<b>breadth=</b>	23.1	24.2	25.3	26.3	27.2	28.1	28.9	29.7
	<b>draft=</b>	<b>1.8</b>	<b>2.1</b>	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3.0</b>	<b>3.2</b>	<b>3.4</b>
2.10	<b>breadth=</b>	23.4	24.6	25.7	26.7	27.7	28.5	29.4	30.1
	<b>draft=</b>	<b>1.8</b>	<b>2.1</b>	<b>2.3</b>	<b>2.5</b>	<b>2.8</b>	<b>3.0</b>	<b>3.2</b>	<b>3.4</b>

Après en fonction de la forme de la planche...

Tableau des similitudes en fonction de la forme de la surface de flottaison, entre 1 une planche pointue et 5 une planche très rectangulaire : **quelle largeur pour avoir la même stabilité...** la planche « moyenne » est celle du milieu...

	1	2	3	4	5
<b>vol:</b>	<b>90.0</b>	<b>90.0</b>	<b>90.0</b>	<b>89.9</b>	<b>90.0</b>
<b>L</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>
<b>l cm</b>	<b>67.8</b>	<b>66.2</b>	<b>65.3</b>	<b>62.0</b>	<b>60.1</b>
<b>p cm</b>	6.0	6.1	6.1	6.1	6.2
<b>SF m2:</b>	<b>1.86</b>	<b>1.91</b>	<b>1.94</b>	<b>2.00</b>	<b>2.03</b>
<b>Cf=</b>	0.69	0.72	0.74	0.80	0.84
<b>H M cm</b>	58	58	58	58	58

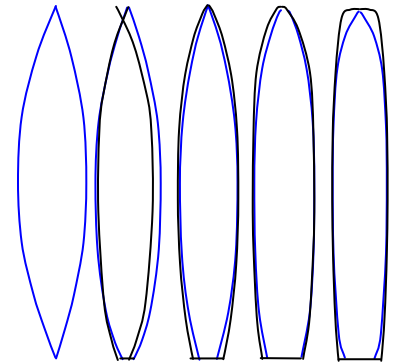


Tableau des similitudes : pour la même forme et le même volume une planche de 14' x 25 » de large sera moins stable qu'une 12'6 » par 26... A stabilité équivalente on a :

L m	L ft	l m	l in
<b>3.81</b>	<b>12.5</b>	<b>0.66</b>	<b>26.0</b>
<b>4.26</b>	<b>14.0</b>	<b>0.64</b>	<b>25.1</b>
<b>4.87</b>	<b>16.0</b>	<b>0.61</b>	<b>24.2</b>
<b>5.5</b>	<b>18.0</b>	<b>0.59</b>	<b>23.3</b>

Cela nous montre aussi qu'augmenter la longueur ne permet pas de diminuer la largeur d'autant, loin de la....

Dans la mesure où les formes sont **également réparties**, ce qui n'est pas le cas car les planches **plus longues** sont en général **plus pointues** : dans la pratique une 12.6 ventrue avec tableau arrière aura presque la même stabilité qu'une 16' très pointue de la même largeur...



Rien de ce qui écrit ici ne remplacera bien sur l'expérience. Une planche s'essaie. Juste à titre indicatif !

Version 1, septembre 2012 modif Version 2 janvier 2014 pour le SUP de race.

Bonne(s) sessions.

Pierrot

