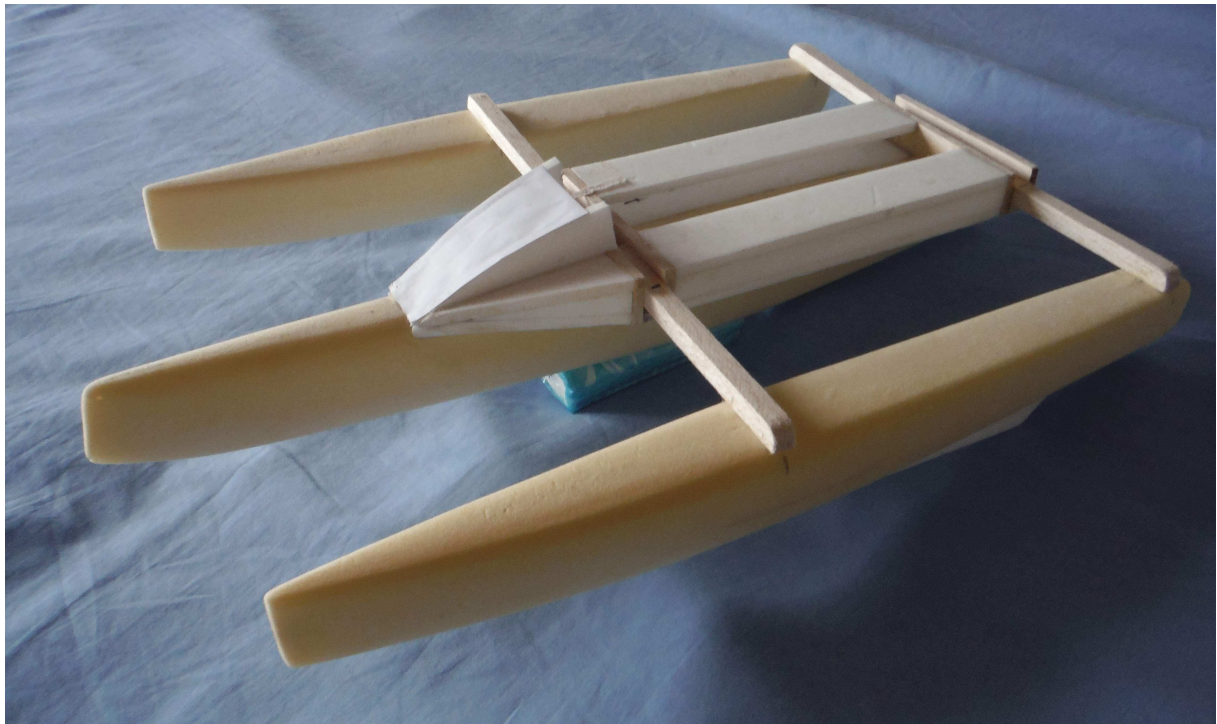


Dossier Technique Trimaran TAENGA 16
Conformément à la Division 245
(J.O du 1/09/2015)



Définition du projet Taenga 16

Du 30 novembre au 11 décembre 2015 se déroule l'événement mondial COP21 (conference of the parties) à Paris.

C'est la 21^{ème} conférence mondiale sous l'égide des Nations Unies sur les changements climatiques.



Et si on appliquait cela au nautisme. Moins de gâchis, la réutilisation et le recyclage à la place d'une destruction coûteuse et polluante.

Taenga 16 est le fruit de cette réflexion. Construire un trimaran de raid côtier en utilisant au maximum des éléments en fin de vie et ou voués à la destruction.

Ce projet entre dans le cadre de la Division 245 (JO du 1/09/2015) sur la modification des navires.

La base est un catamaran KL 14 de 1990 en état de naviguer et immatriculé et d'une coque de Pindle 18-2 en excellent état et voué à terme à la destruction.

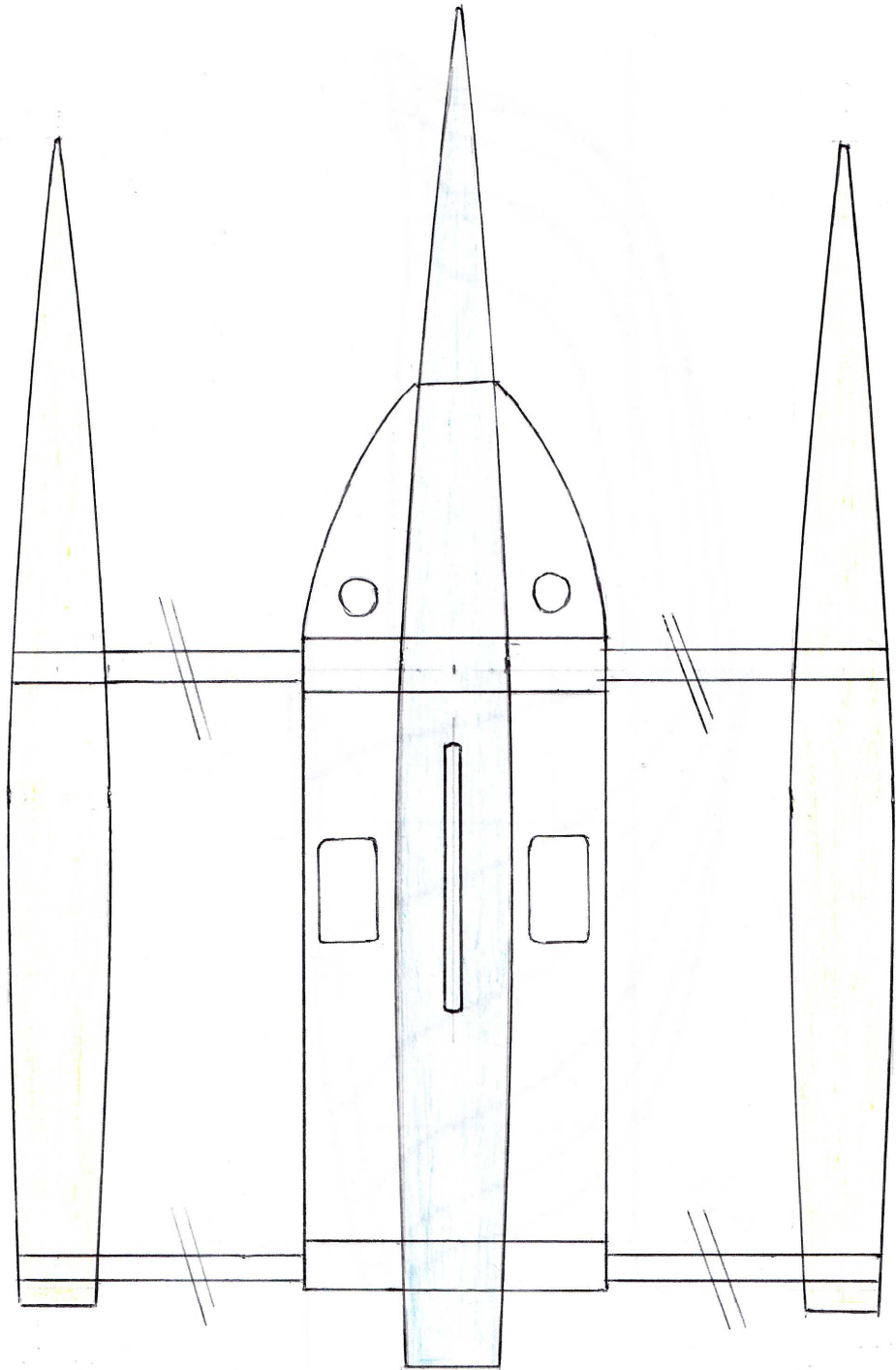
L'impact écologique est important et c'est plus de 150 kg de matières réutilisées.

Les éléments non utilisés du catamaran KL 14 sont conservés et il peut à tout moment retrouver sa configuration d'origine.

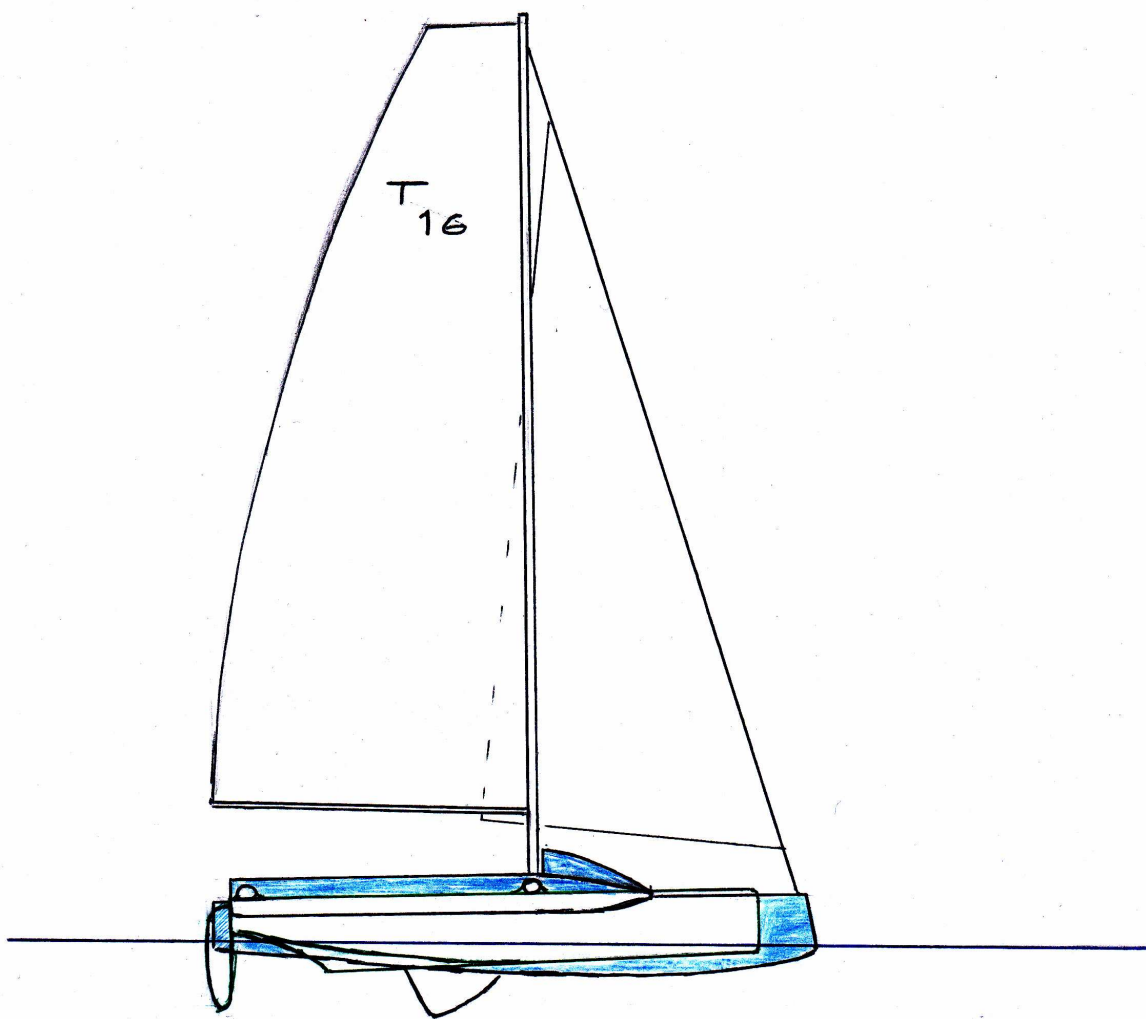
Fiche de renseignements

- 1 – Nom du navire : Taenga (Trimaran)
- 2 – Propriétaire et nom de la personne ayant en charge le dossier :
Jacques Aubert, 9 rue de l'ormelette 44770 La Plaine sur Mer. Tel : 07 82 06 99 87
- 3 – Constructeur :
Jacques Aubert, 9 rue de l'ormelette 44770 La Plaine sur Mer. Tel : 07 82 06 99 87
- 4 – Date de début de construction : 1^{er} mai 2015
- 5 – Organisme agréé : sans objet
- 6 – Longueur de coque : 4,98 m
- 7 – Longueur à la flottaison en charge : 4,97 m
- 8 – Maître de bau de coque : 3,50 m
- 9 – Tirant d'eau maxi : dérive haute : 0,25 m, dérive basse : 0,70 m
- 10 – Franc bord en charge : avant : 0,40 m, arrière : 0,32 m
- 11 – Déplacement lège : 300 kg, en charge : 300 kg
- 12 – Catégorie de conception demandée :
Catégorie C pour 2 personnes, Catégorie D pour 4 personnes
- 13 – Mode de propulsion : voile
- 14 – Surface de voilure au près : 15 m² (GV 10 m², Foc 5 m²)
- 15 – Puissance propulsive : néant
- 16 – Nombre et type hélices : néant
- 17 – Puissance auxiliaires : 4 cv (3 kw) moteur hors bord
- 18 – Vitesse en service : fonction du vent, maxi 15 knots
- 19 – Nombre de personnes maximales embarquées : 4

1/20



Trimezan TAENGA 16



— capre Centrale
— Flotteur

3 – Eventuellement

Sans objet

4 – Manuel Propriétaire

Sans objet

Consigne de sécurité :



**Le trimaran Taenga est susceptible de chavirer
(Vulnérable à l'inversion).**

**Il est impératif de respecter surfaces de voiles ou combinaisons de voiles
présentés dans le tableau ci-dessous**

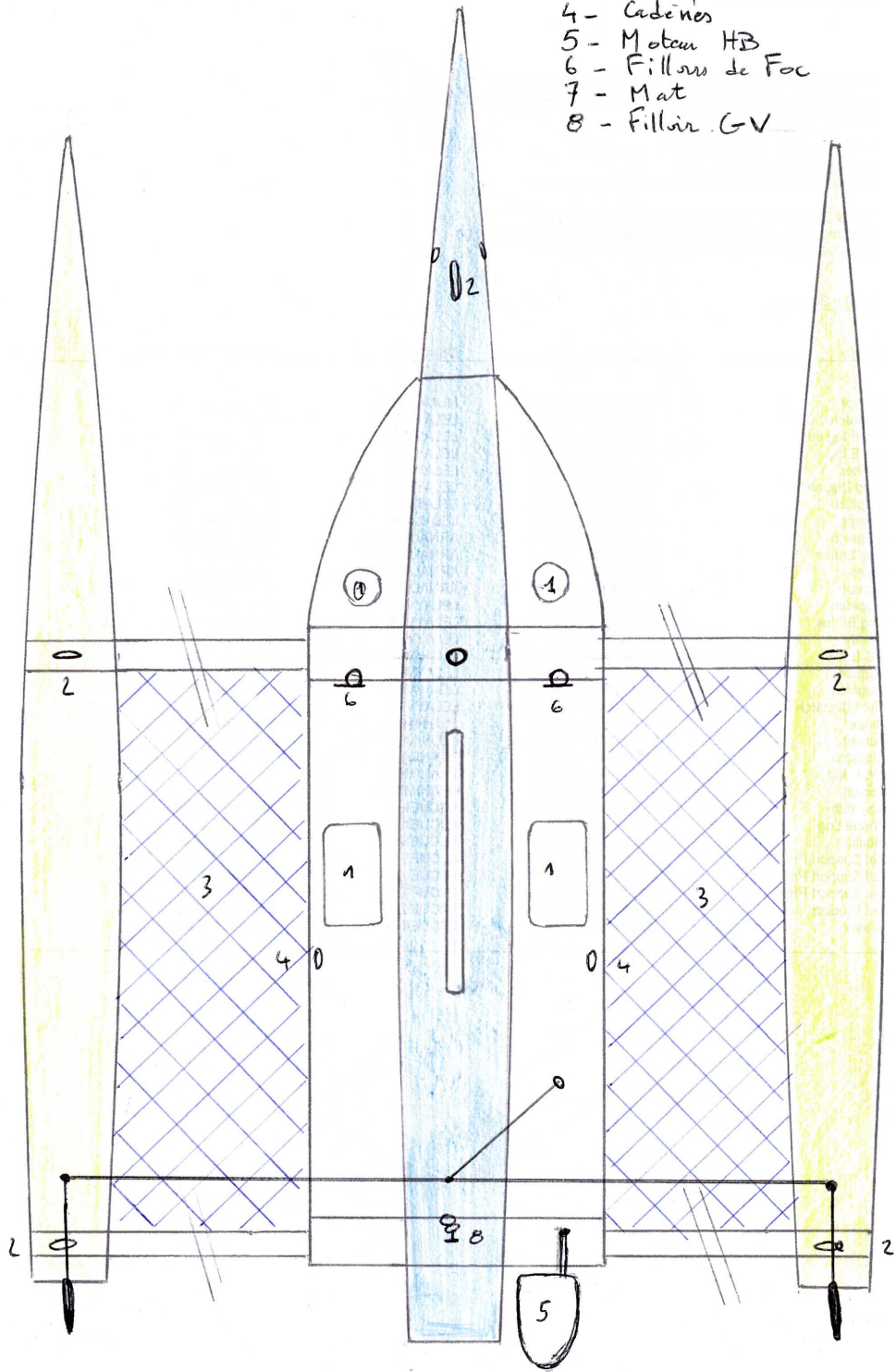
**Les combinaisons et surfaces permettent d'obtenir un quotient de 200%
(Résistance au chavirement / Couple aéro)**

Combinaison de voiles	Surface maxi	Plage de vent	Force Beaufort
GV + Génois	15 m ²	0 à 16 nds	4
GV + Génois	15 m ²	17 à 19 nds	5
GV 1 ris + Foc	13 m ²	19 à 21 nds	5/6
GV 2 ris + 2/3 Foc	9 m ²	22 à 25 nds	6
GV 3 ris + 1/3 Foc	7 m ²	26 à 28 nds	6
Voiles de petit temps			
GV + Spi asymétrique	30 m ²	0 à 14 nds	0/4

5 - Plan de pont

1/20

- 1 - Trappes
- 2 - Taquets
- 3 - Trampelines
- 4 - Cadènes
- 5 - Moteur HB
- 6 - Fillons de Foc
- 7 - Mat
- 8 - Fillon GV



6 – Moyens de prévention des chutes à l'eau

Cadène inox pour capelage de longues de sécurité

Trampoline entre coque centrale et flotteurs

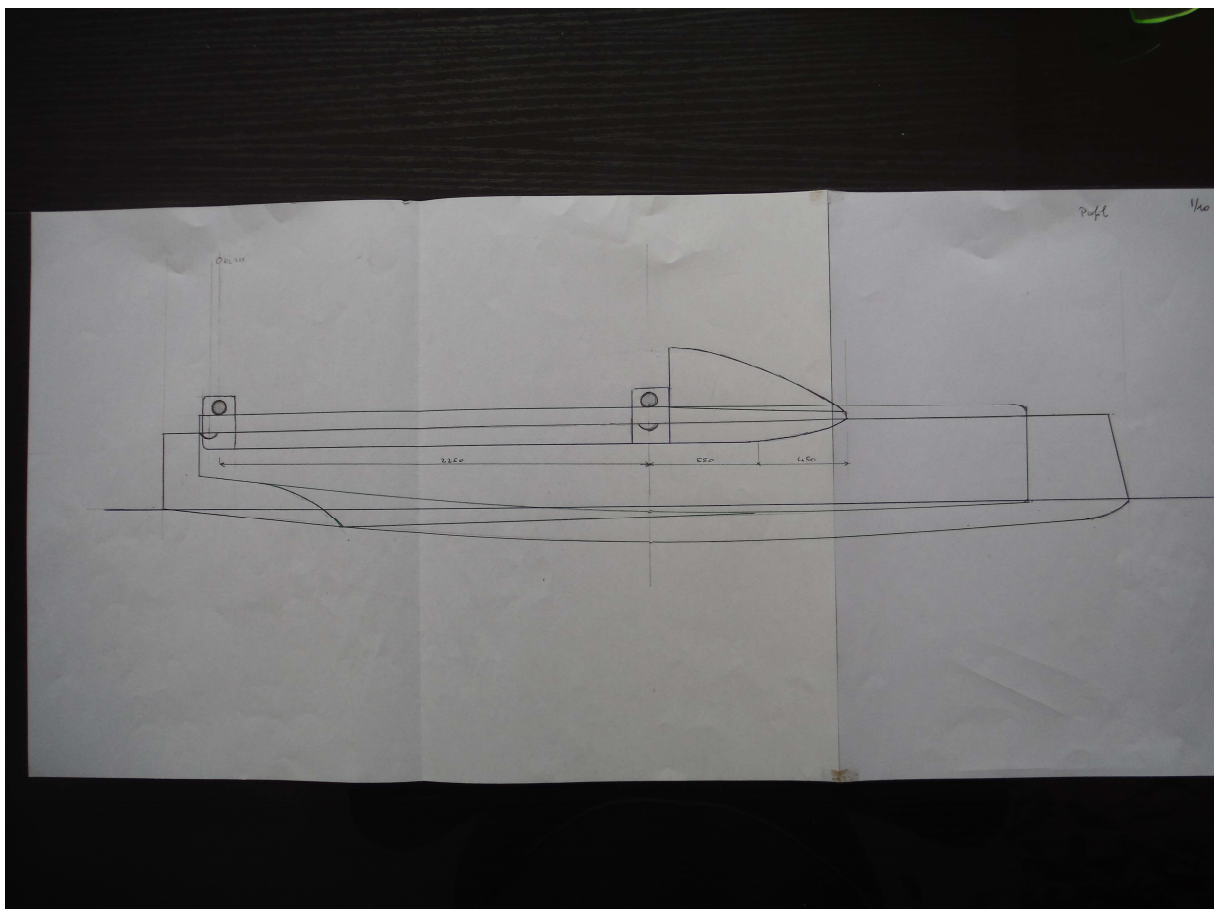
7 – Moyens de remontée à bord en cas de chute à l'eau

Echelle de secours du commerce conforme à la norme EN/ISO 15085

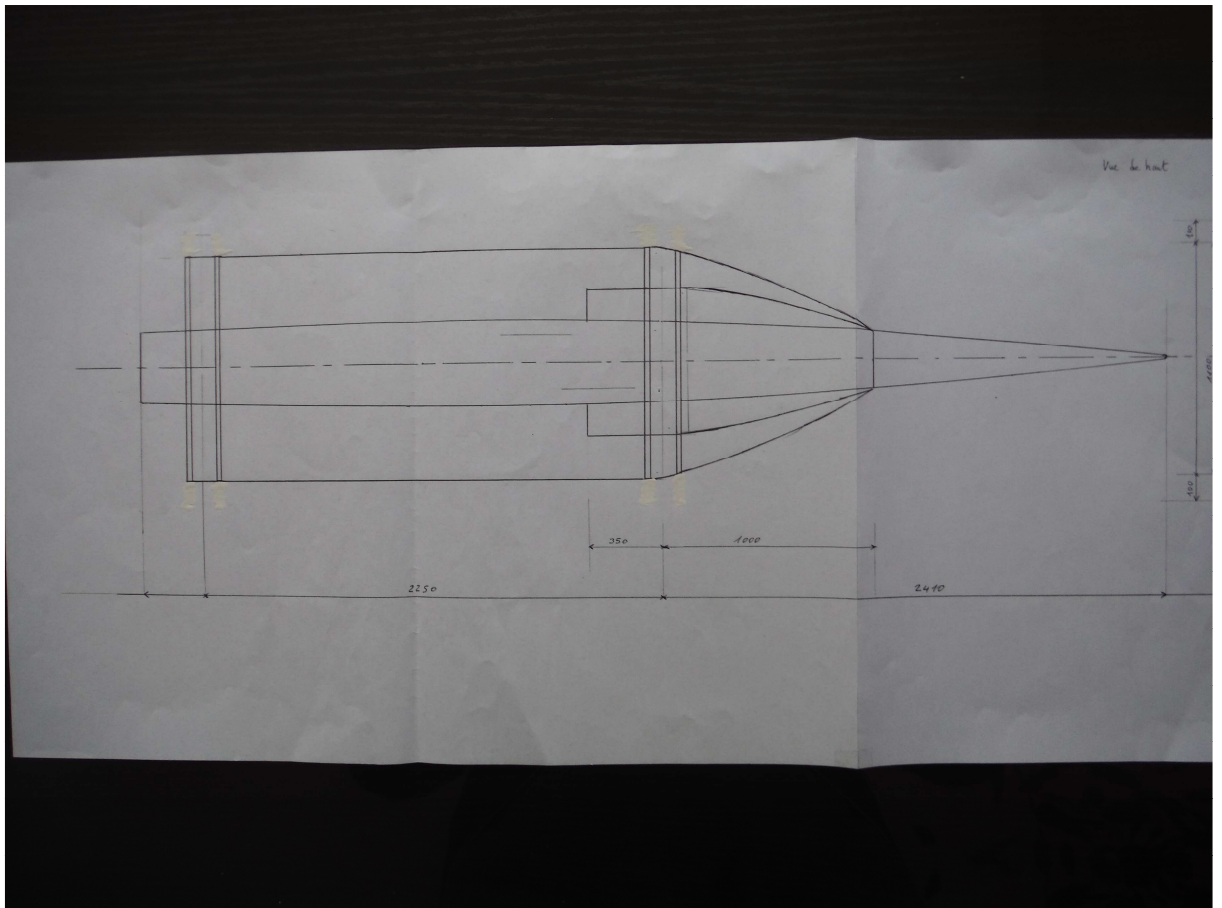
8 – Plan général du navire avec 3 coupes et échantillonnage au maître bau

Photos des plans sont présentés ci-dessous

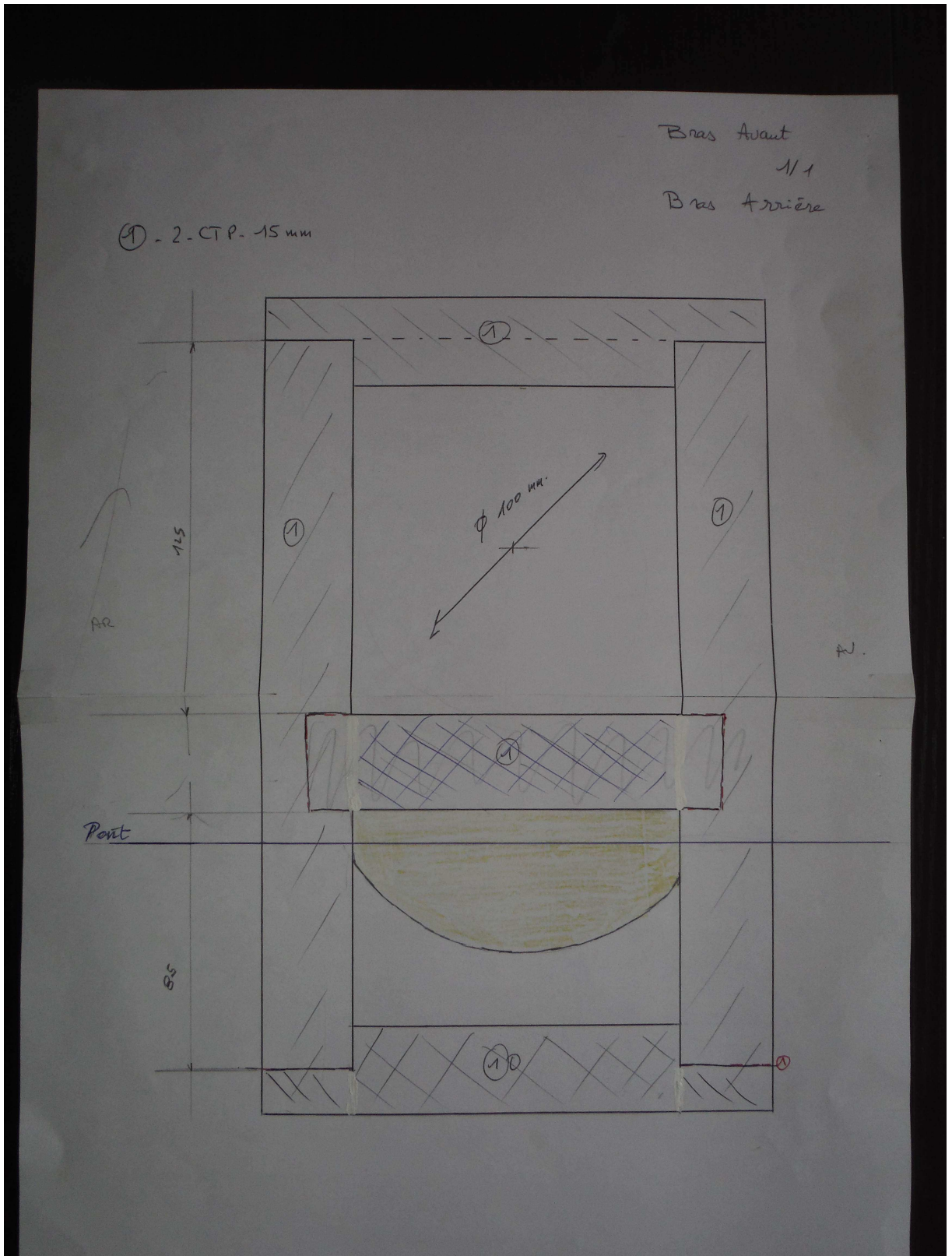
A - Profil



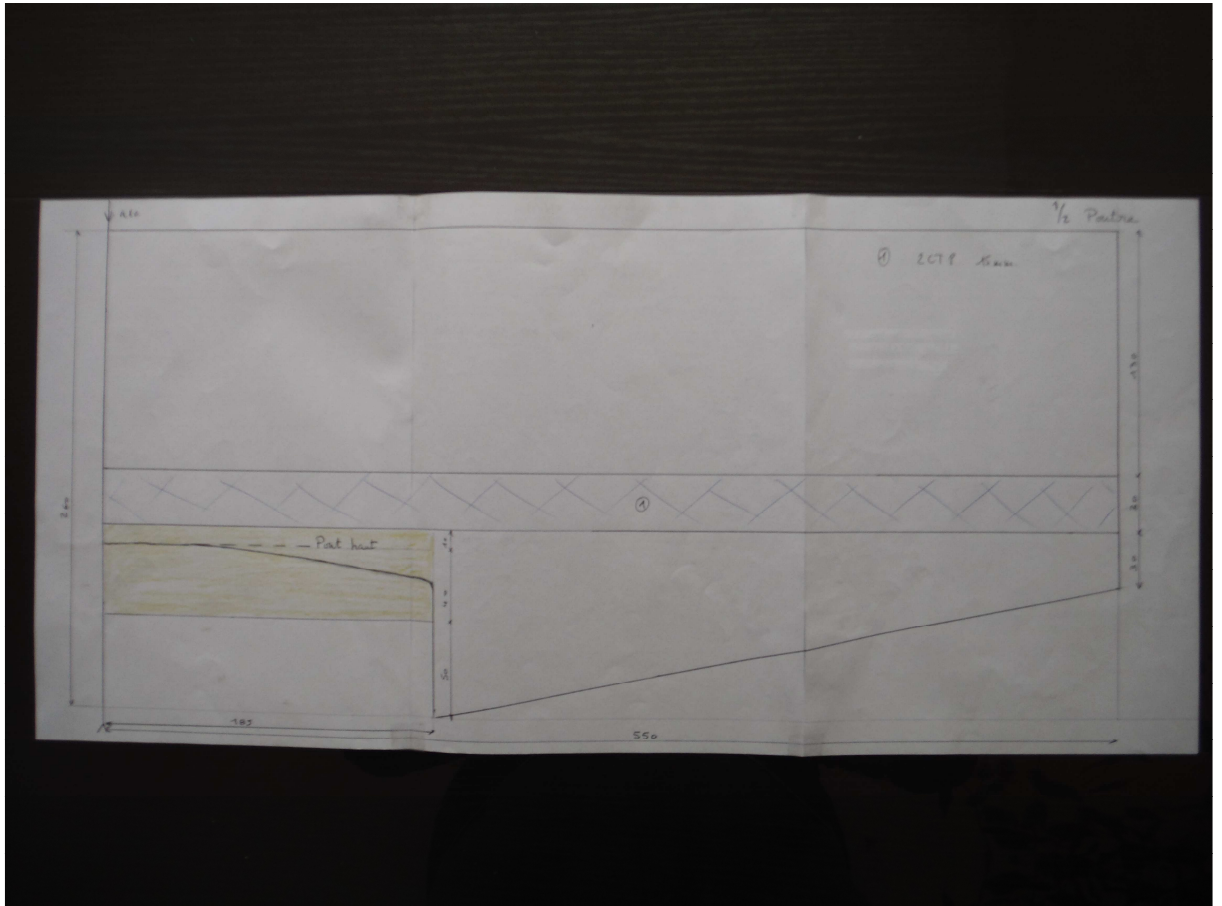
B – Vue de haut



C – Coupe poutre



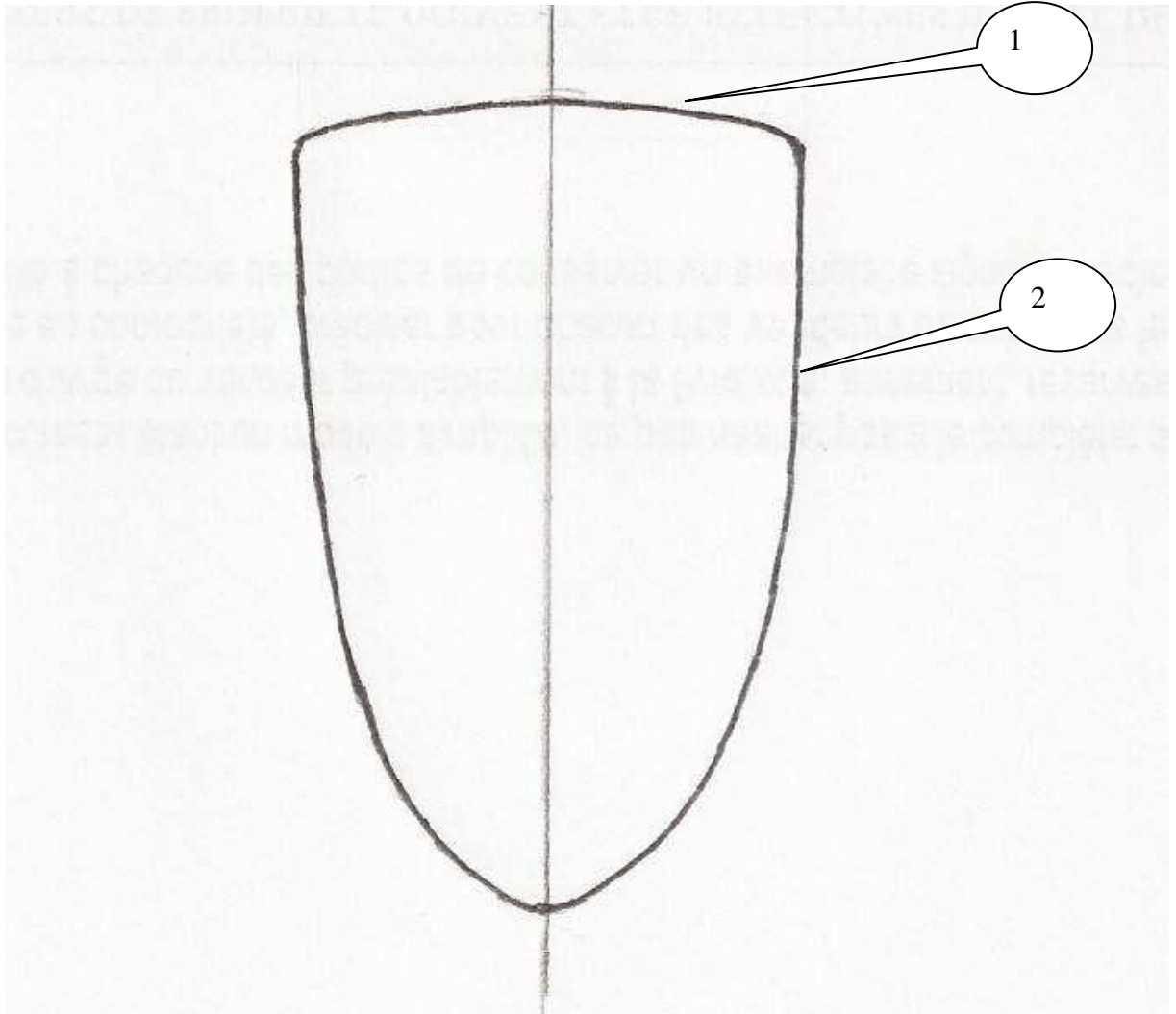
D – Profil poutre



Les coupes

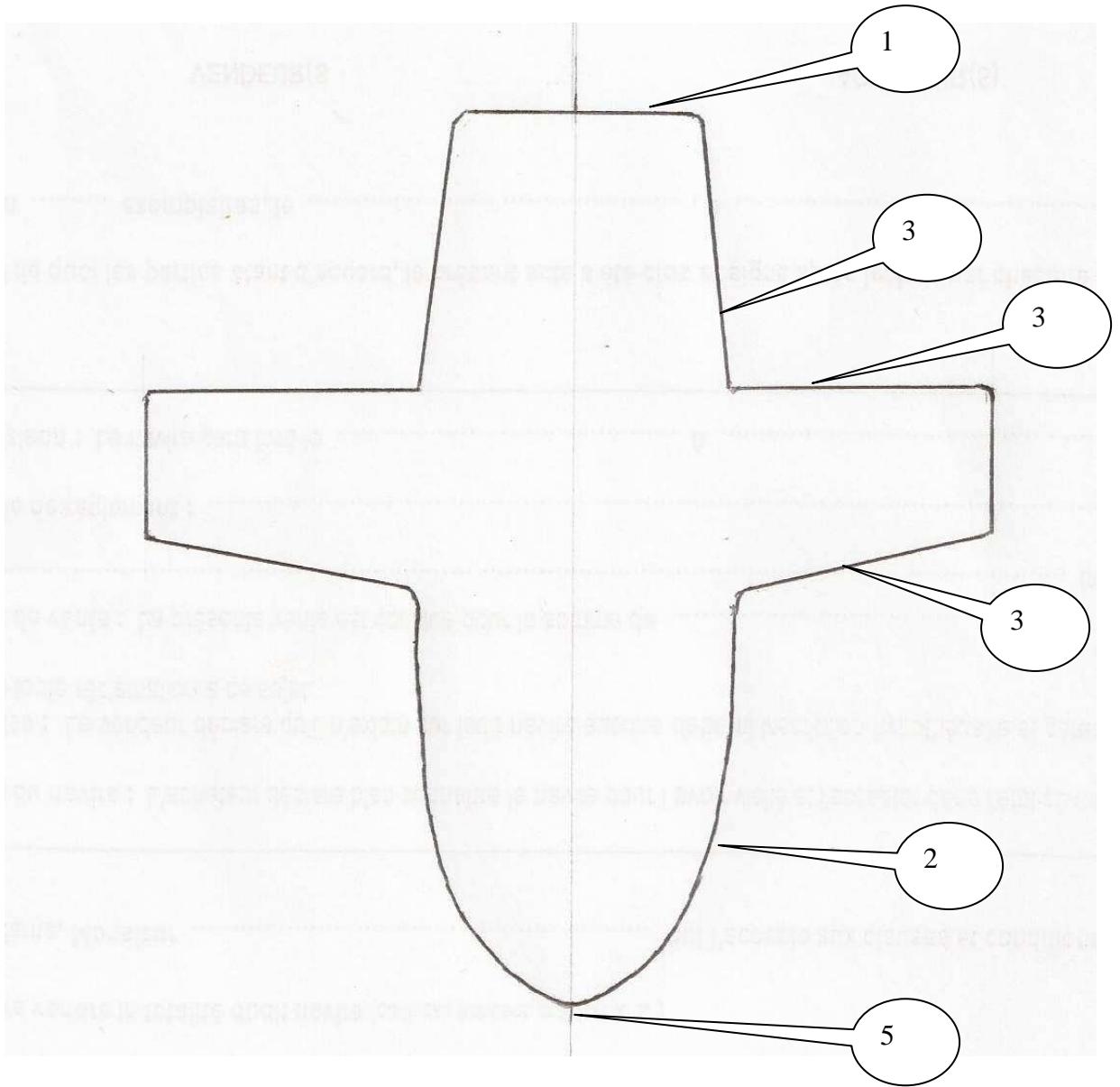
A – Coupe avant

- 1 - Sandwich Bibiais 440 grs, Balsa 5 mm, Bibiais 440 grs
- 2 - Sandwich Bibiais 440 grs, Mousse PVC 5 mm, Bibiais 440 grs



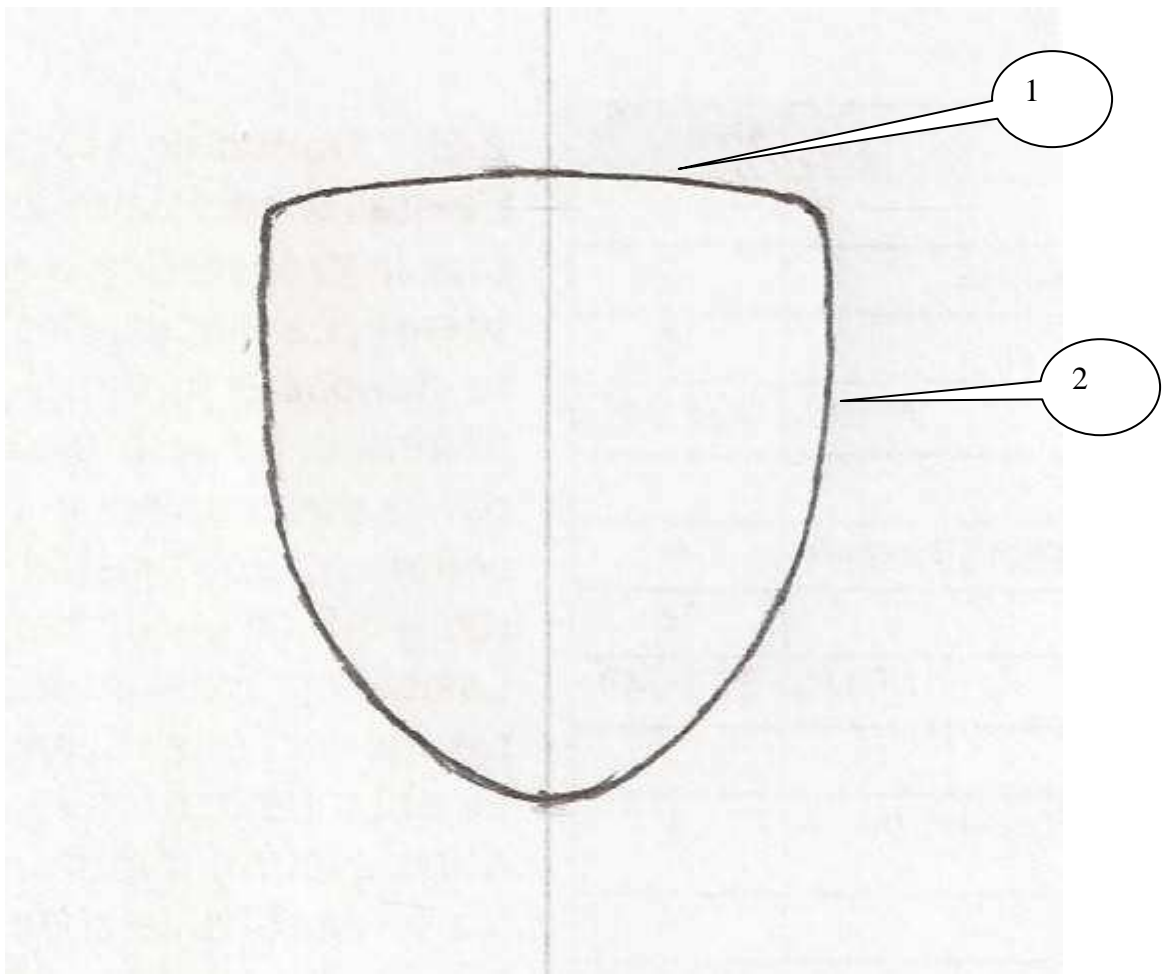
B – Coupe Maître Baud

- 1 - Sandwich Bibiais 440 grs, Mousse PVC 10 mm, Bibiais 440 grs
- 2 - Sandwich Bibiais 440 grs, Mousse PVC 5 mm, Bibiais 440 grs
- 3 - Sandwich Bibiais 440 grs, Mousse PVC 20mm, Bibiais 440 grs
- 5 – Renfort + 2 Bibiais 440 grs



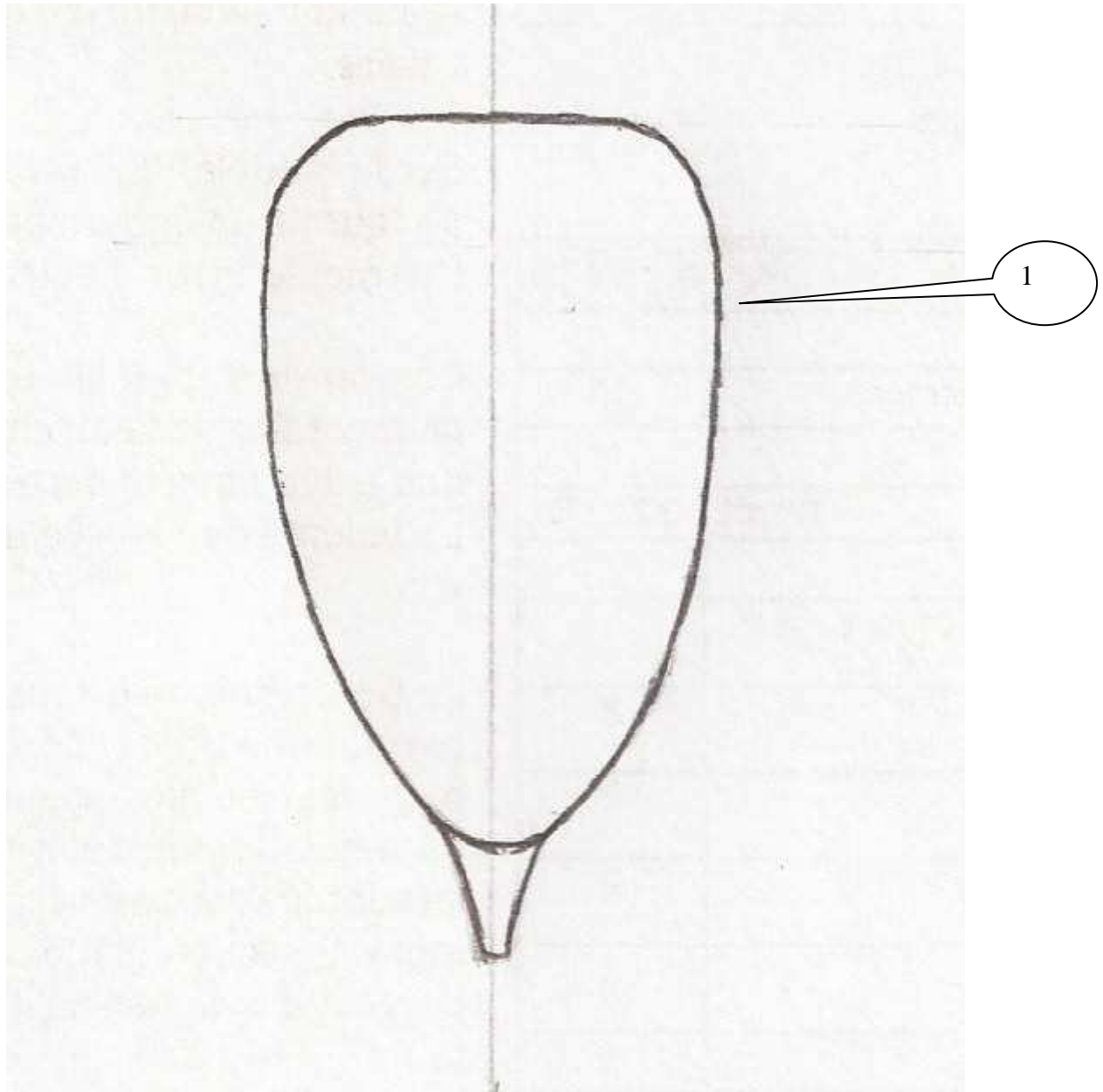
C – Coupe Tableau Arrière

- 1 - Sandwich Bibiais 440 grs, Balsa 5 mm, Bibiais 440 grs
- 2 - Sandwich Bibiais 440 grs, Mousse PVC 5 mm, Bibiais 440 grs



D – Coupe Flotteur

1 – Monolithique : Mat 300 grs, Rowing 450 grs, Mat 300 grs



Divers

A – Bras de Liaisons

Ils sont réalisés en tube rond aluminium référence 6060 T6, diamètre 100 mm épaisseur 5 mm, ce qui est sur dimensionné.

Pour le trimaran **Sardine Run** de 5,50 m de l'architecte Eric Henseval Yacht Design
Utilisation de tubes de 100 x 3

<http://www.duckworksheets.com/plans/henseval/sardinerun55/index.htm>

Pour le trimaran **Tricat 22** de 6,8 m de l'architecte Houdet
Utilisation de tubes de 100

<http://www.trimaran-tricat.com/la-gamme/fiches-techniques-tricat-22>

PROFILES STANDARDS 6060 T6

TUBES RONDS

Sections (mm)	~ kg/ml	6060 T6
16 x 2	0,25	●
20 x 1,5	0,23	●
20 x 2	0,32	●
22 x 1,5	0,26	●
25 x 1,5	0,31	●
25 x 2	0,40	●
25 x 2,5	0,49	●
26 x 2,5	0,56	●
30 x 2	0,49	● ●
30 x 3	0,71	●
30 x 4	0,91	●
30 x 5	1,10	●
35 x 2	0,58	●
35 x 5	1,32	●
40 x 2	0,67	● ●
40 x 5	1,54	●

Sections (mm)	~ kg/ml	6060 T6
45 x 2	0,76	●
50 x 2	0,84	● ●
50 x 2,5	1,04	●
50 x 3	1,24	●
50 x 4	1,56	●
50 x 5	1,98	●
50 x 10	3,52	●
55 x 2	0,93	●
60 x 2	1,02	●
60 x 3	1,45	●
60 x 5	2,42	●
60 x 10	4,40	●
70 x 5	2,86	●
75 x 5	2,97	●
80 x 2	1,37	●
80 x 5	3,30	●

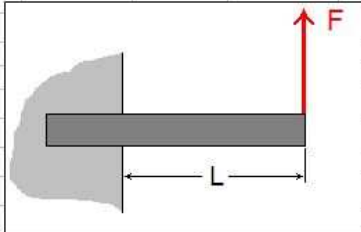
Sections (mm)	~ kg/ml	6060 T6
80 x 10	6,16	●
90 x 5	3,74	●
100 x 2	1,66	●
100 x 5	4,18	●
100 x 10	7,92	●
110 x 5	4,62	●
120 x 5	5,06	●
120 x 10	9,68	●
130 x 5	5,30	●
130 x 10	10,56	●
140 x 5	5,94	●
140 x 10	11,44	●
150 x 5	6,38	●
160 x 5	6,82	●
200 x 5	8,58	●

Référence

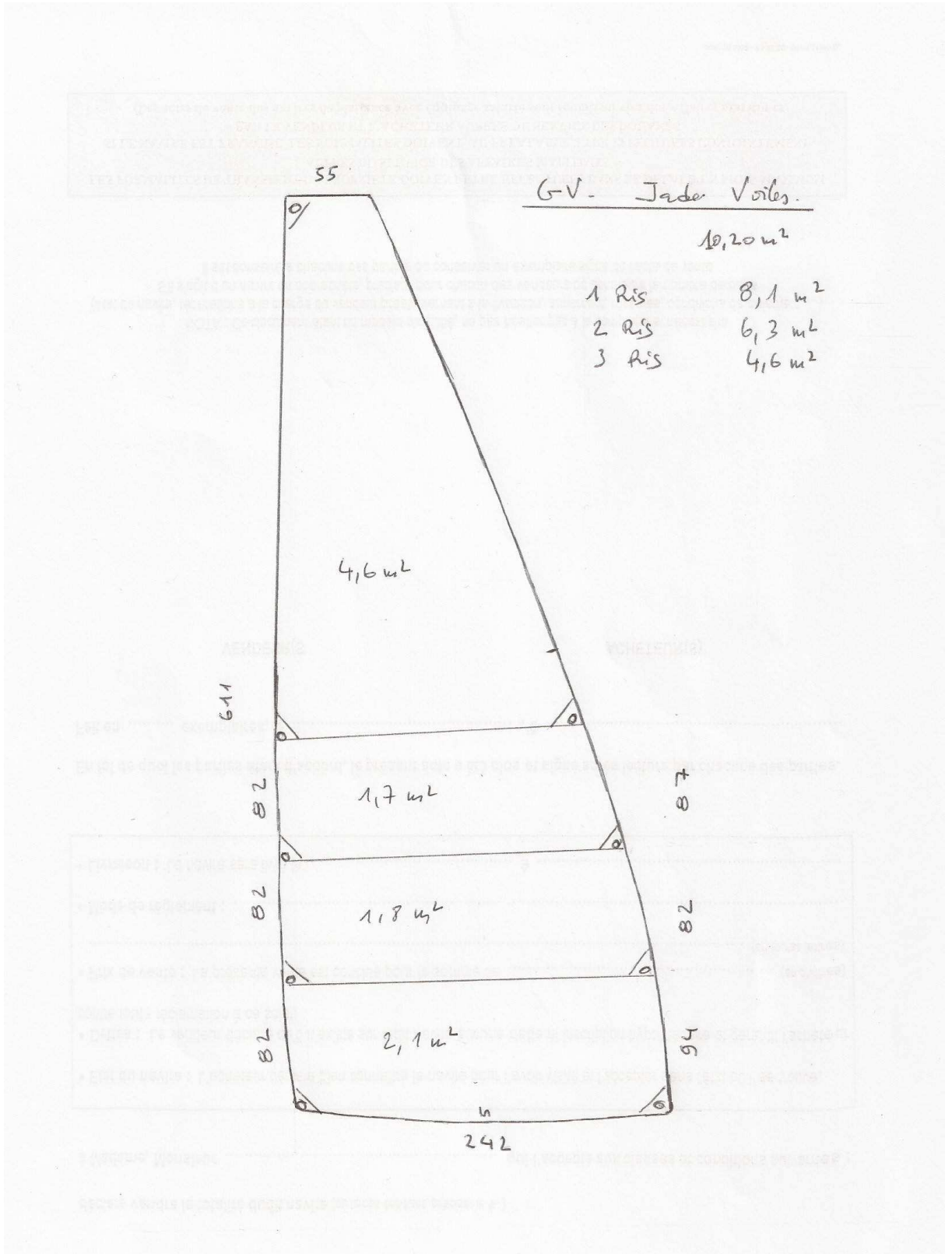
ZI – 6, rue de la Métallurgie – 44476 CARQUEFOU CEDEX
Tél: +33(0)251851580 – Fax: +33(0)251851589 – www.almet-marine.com

Feuille de calcul Excel prise sur le site

http://pou.guide.free.fr/comprendre/tubes/POU_GUIDE_tubes_en_flexion.htm

CALCUL DE TUBE EN FLEXION SIMPLE			
			
		Contrainte maxi =	17,89 kg/mm ²
Longueur L (mm) =	1510		
Charge F (Kg) =	400		
		inférieur à ?...	
Pour un tube rond :		Limites élastiques :	
		Alu 6060 T6	21 kg/mm ²
		Acier doux	28 kg/mm ²
		20CD4 S (Th-Rev)	70 kg/mm ²
		15CDV6 (T huile)	105 kg/mm ²
		VALEURS	
Diamètre ext. (mm) =	100,0	DONNEES	
Diamètre int. (mm) =	90,0	A TITRE INDICATIF	
Longueur totale (mm) =	1510,0	Masse totale =	6,312 kg
(utilisé pour calcul de la masse)			
<p>▶▶ Tube en flexion simple / Calcul d'axe de roue / <</p>			

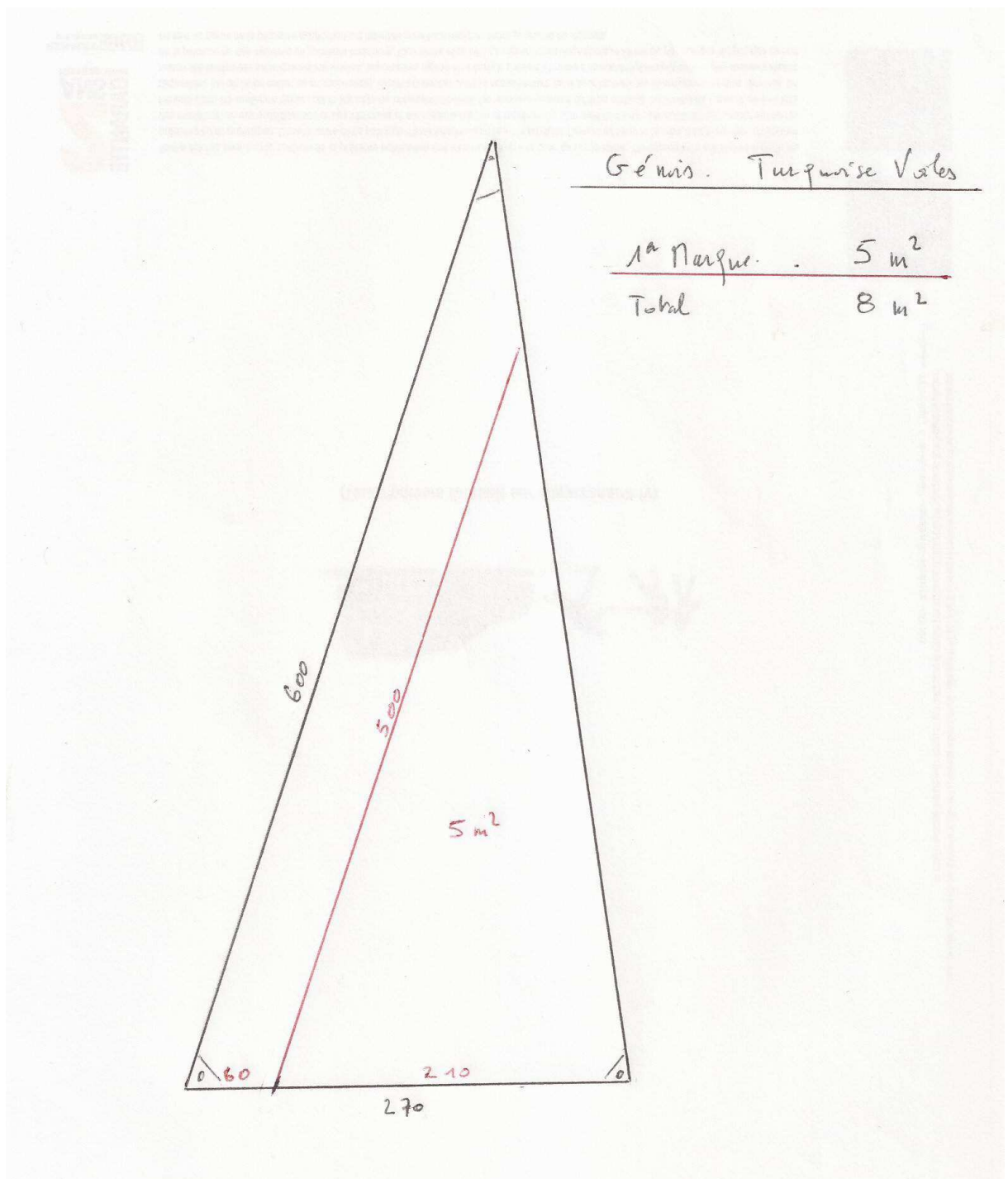
B - Grand Voile



C – Génois sur Enrouleur

La surface nominale est de 5 m².

Par petit temps, force 3 moins de 10 nœuds la surface totale de 8 m² pourra être utilisée.



9 – Schéma d'implantation des machines

Sans objet

10 – Liaison coque quille

Sans objet

11 – Liaison pont coque

Suivant la zone elle est collée et ou collée avec joint congé époxy et stratée à la bande de tissus 100 mm et 300 grs.

12 – implantation du gréement

Le mat orientable sur rotule de 7 m est posé au dessus de la poutre centrale. Ils est haubané en câble inox monotoron 1x19 de 4 mm avec galhaubans en patte d'oie revenant au flotteurs

13 – Moyens d'évacuation de l'eau

Orifice puit de dérive et sorties basses dans coffres ouverts bâbord et tribord arrière

14 – Calcul ou essais de stabilité ainsi que leur résultat représenté sous forme de courbe

La base des hypothèses et calculs a pour origine le dossier Stabilité des Multicoques Océanique issu du document

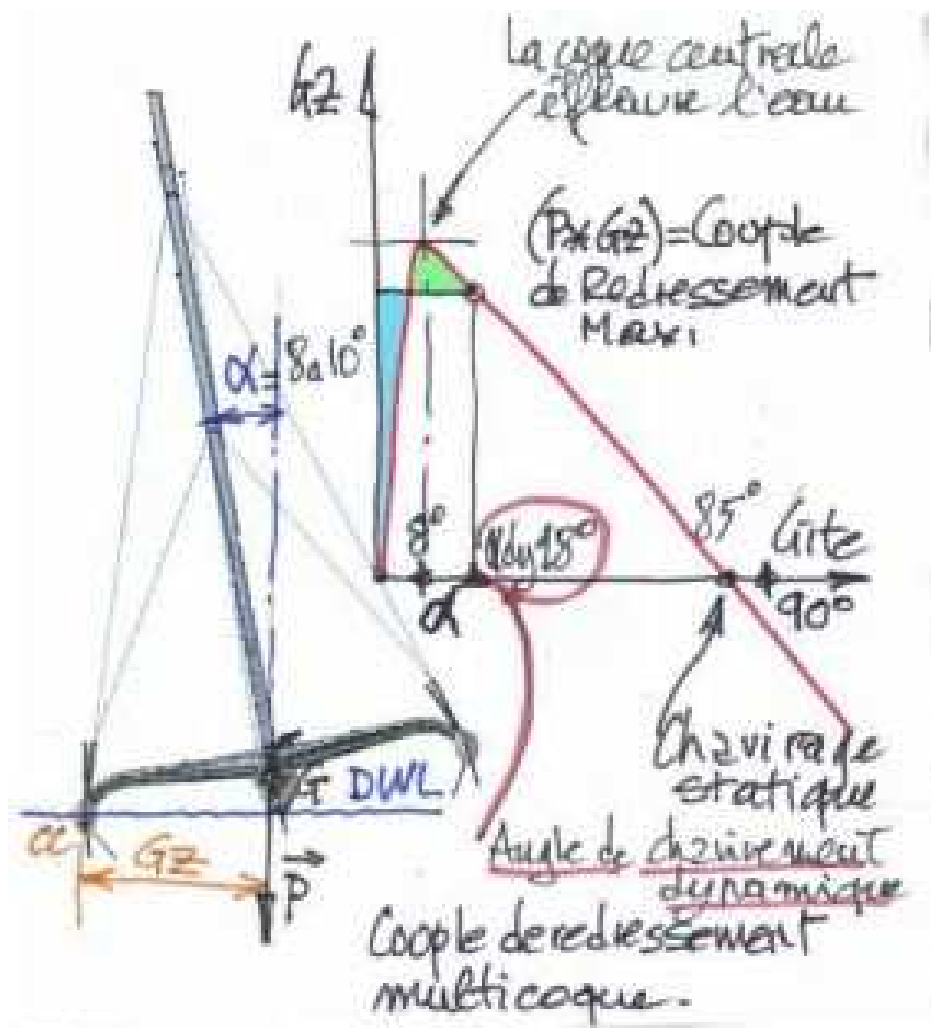
http://sans.jean.free.fr/STABILITE_des_MULTICOQUES.pdf

Mr Jean SANS est expert judiciaire auprès de la cour d'appel de Rennes et membre de la Chambre Nationale des Experts Maritime Plaisance

Rappel : pour un trimaran il y a 2 positions d'équilibre

1 – Position normale

2 – Position chavirée à 180°



Pour un trimaran, lorsque la coque centrale déjauge entièrement (à fleur d'eau) tout le volume immergé est dans le flotteur sous le vent.

Le chavirage peut provenir de 2 situations :

Hypothèse 1 – Chavirage sensiblement latéral sous un vent extrêmement violent (> à 50 nds), aucune voile n'est hissée et la vitesse est voisine de zéro.

Le trimaran chavire sous l'effet du vent sur le mat et la coque.

Hypothèse 2 – Chavirage alors que le trimaran navigue à grande vitesse.

Le trimaran chavire alors principalement par effet dynamique

Etude du chavirage latéral Hypothèse 1

Couple résistant au chavirage, c'est celui qui maintient le trimaran à l'endroit sur l'eau
L'expression physique du couple est :

Poids du bateau * Distance horizontale entre le centre de gravité et le centre de carène du flotteur sous le vent.

Couple pouvant créer le chavirage ou couple aérodynamique (couple aéro) est créé par :

Le couple aéro généré par le mat perpendiculairement au vent.

Le couple aéro généré par la prise au vent de la muraille (coque) latérale du trimaran.

L'expression physique des couples aéro est :

Couple aéro mat = Force aéro créée par le mat * distance verticale entre le point d'application de cette force (sensiblement mi-hauteur du mat) et le centre de dérive sous le vent

Couple aéro muraille = Force aéro créée par la muraille * distance verticale entre le point d'application de cette force (sensiblement mi-hauteur de la muraille) et le centre de dérive sous le vent.

Condition de calcul retenue : vitesse du vent 70 nds

Trimaran TAENGA 16

Longueur : 4,97 m

Longueur Flotteur : 4,30 m

Largeur : 3,50 m entre axe : 3,10 m

Centre de dérive (flotteur sous le vent) : 0,10 m sous DWL (ligne de flottaison)

Tirant d'air : 7,50 m

Hauteur du mat : 7,0 m

Corde du mat : 0,12 m

Surface de voiles GV Foc : 15 m²

Déplacement : 450 kg (avec 2 personnes) 375 kg (avec 1 personne) 300 kg à vide,

Hauteur moyenne du livet du flotteur bateau appuyé : 0,60 m

Vitesse du vent prise en compte : 70 nds ou 36 m/s

Force aéro créée par le mat

Force aéro mat (cat 0) exprimée en Newton = $0,5 * \text{masse volumique de l'air} * C_x * S * V^2$

Masse volumique de l'air : 1.225 kg/m³

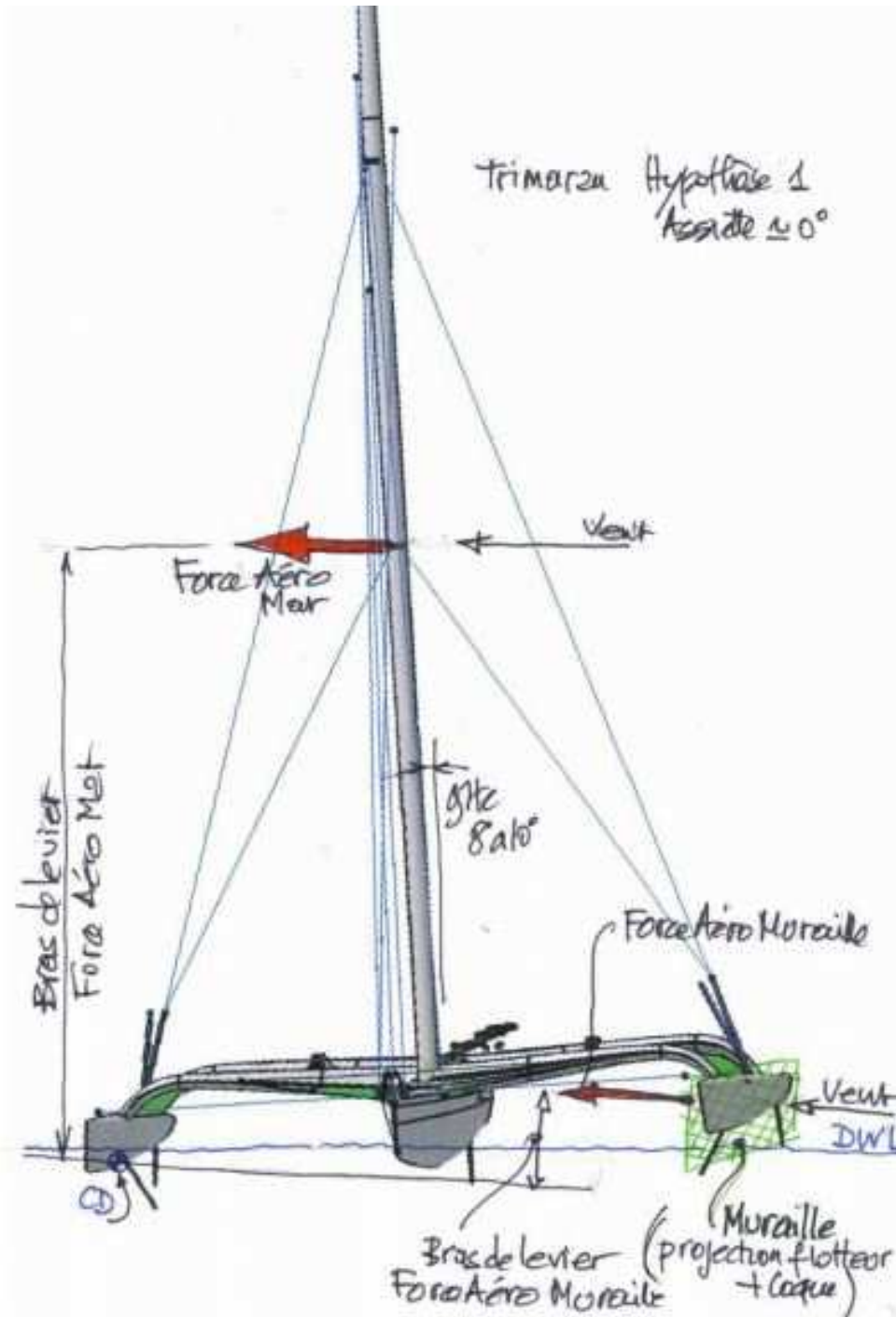
Cx : plaque perpendiculaire à un fluide, 1.24

S : surface latérale du mat perpendiculaire au fluide en m²

V : vitesse du fluide en m/s.

CX : Voiles GV + Géois, 0,9

Calculs pour hypothèse 1 – Vent 70 nœuds (36 m/s) et pas de voile



Couple résistant au chavirage = poids du trimaran * entraxe/2
 $450 * 9,81 * 3,10/2 = 6842 \text{ m.N}$

Couple résistant au chavirage 684 m.daN

Force aéro créée par le mat = $0,5 * 1,225 * 1,24 * (7 * 0,12) * 36^2 = 826 \text{ mN}$

Force aéro mat = 82 daN

Force aéro créée par la muraille = $0,5 * 1,225 * 1,24 * (5 * 0,35) * 36^2 = 1722 \text{ mN}$

Force aéro muraille = 172 daN

Couple aéro créée par le mat = $\frac{1}{2} \text{ mat} + \text{hauteur pied mat/DWL} + \text{profondeur centre de dérive/DWL}$

= $3,5 + 0,4 + 0,1 = 4$

Couple aéro mat = $82 * 4 = 328 \text{ m.daN}$

Force aéro créée par la muraille = $H \text{ muraille} / 2 + \text{profondeur centre de dérive/DWL}$

= $0,60 / 2 + 0,15 = 0,45$

Couple aéro muraille = $172 * 0,45 = 77 \text{ m.daN}$

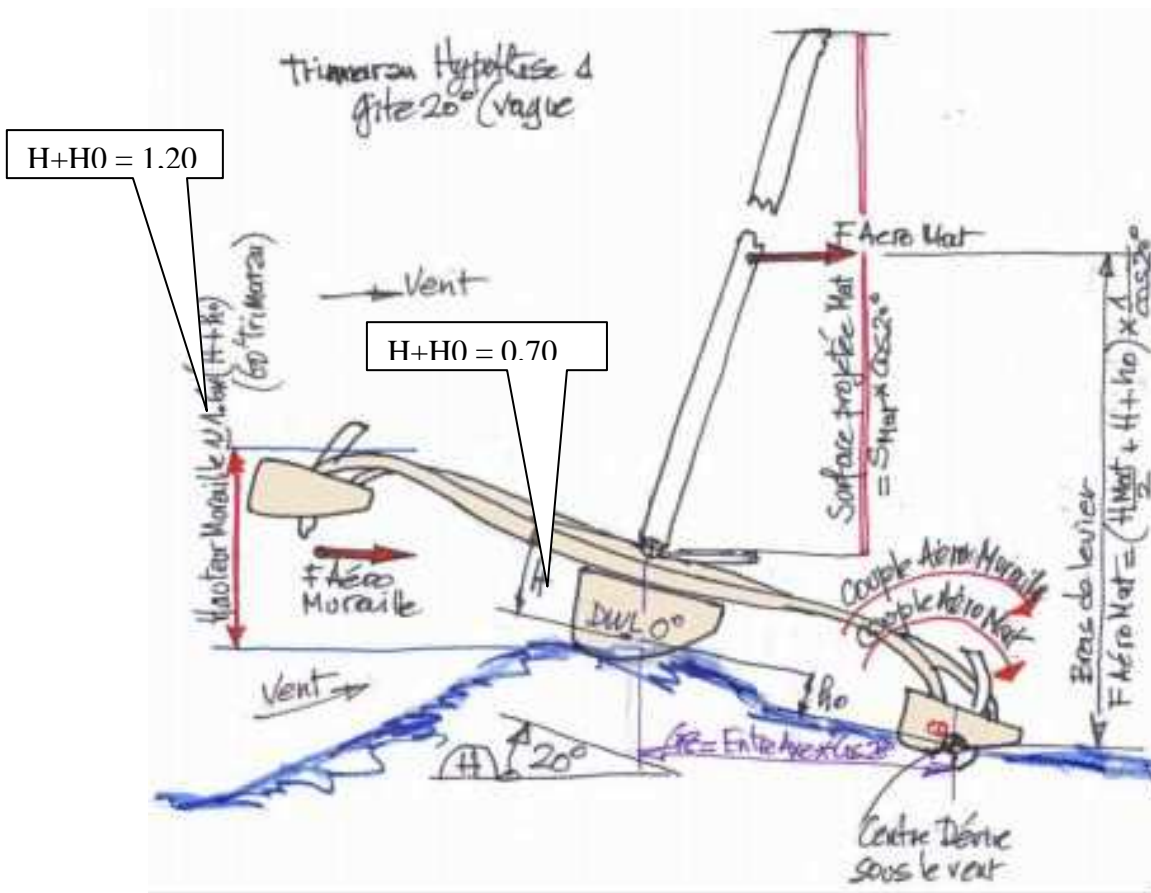
Somme des couples aéro : 405 m.daN

Conclusion, ratio couple résistant au chavirage / couples créant le chavirage (aéro)

$R = 684 / 405 = 1,68$

Le trimaran dispose dans cette configuration d'une marge de 168% de sécurité

Calculs pour hypothèse 1 avec gîte de 20° - Vent 70 nœuds et pas de voile



Pour mémoire $\cos 20^\circ = 0,93969$
 $\sin 20^\circ = 0,34202$

Couple résistant au chavirage = poids du trimaran * entraxe/2 * $\cos 20^\circ$

$450 * 9,81 * 3,10/2 * \cos 20 = 6429 \text{ m.N}$

Couple résistant au chavirage 643 m.daN

Force aéro créée par le mat = $0,5 * 1,225 * 1,24 * (7 * 0,12 * \cos 20) * 36^2 = 777 \text{ mN}$

Force aéro mat = 77 daN

Hauteur muraille = $H + H1 = 1,20 \text{ m}$

Force aéro créée par la muraille = $0,5 * 1,225 * 1,24 * (5 * 0,6 * 1,0) * 36^2 = 2952 \text{ mN}$

Force aéro muraille = 295 daN

Couple aéro créée par le mat = $\frac{1}{2} \text{ mat} + \text{hauteur pied mat/DWL} + \text{profondeur centre de dérive/DWL} * 1/\cos 20$

$= (3,5 + 0,6 + 0,1) * 1/\cos 20 = 4,5$

Couple aéro mat = $77 * 4,5 = 346 \text{ m.daN}$

Force aéro créée par la muraille = $(\text{entraxe } (1,55) * \sin 20^\circ - H0) + H \text{ muraille}/2 (0,60) = 1$

Couple aéro muraille = $295 * 1 = 295 \text{ m.daN}$

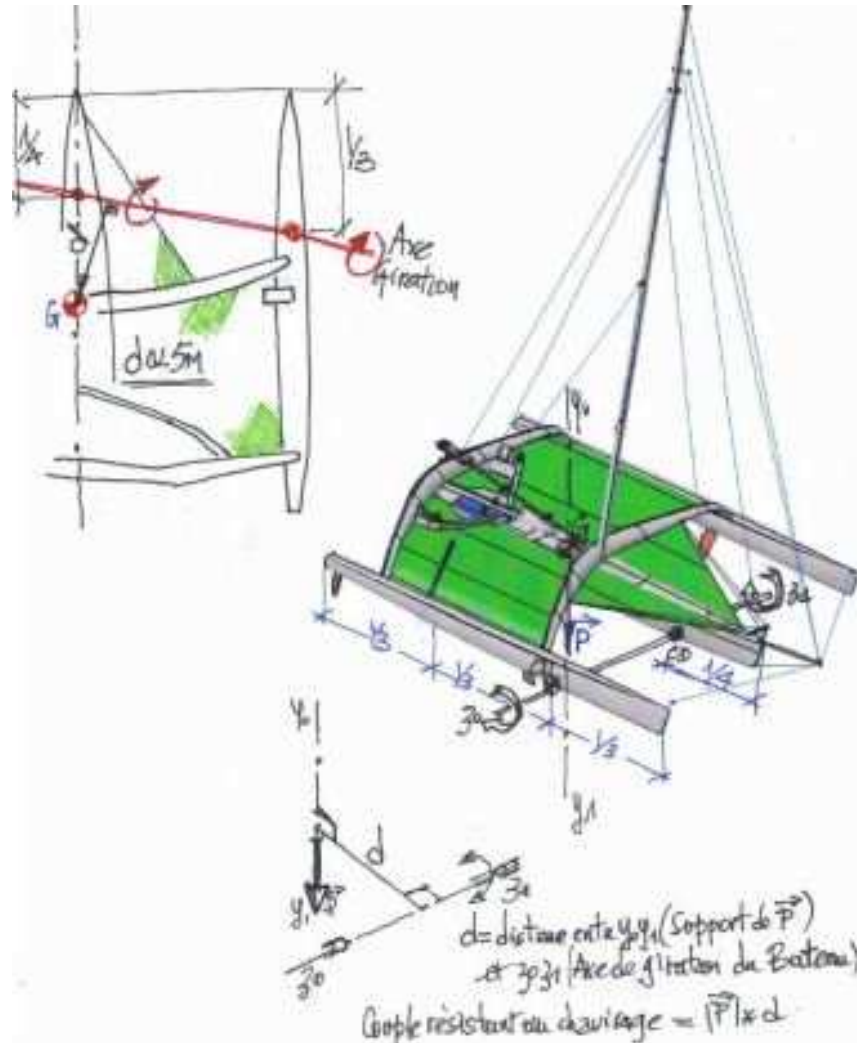
Somme des couples aéro : 641 m.daN

Conclusion, ratio couple résistant au chavirage / couples créant le chavirage (aéro)

$$R = 643/641 = 1$$

Le trimaran dispose dans cette configuration d'une marge 100% de sécurité

Calculs pour hypothèse 2 - Vent 70 nœuds et pas de voiles



Le trimaran navigue au portant à grande vitesse

Alors que le trimaran navigue à grande vitesse il bloque sur un train de vagues. La vitesse va passer de 15 nœuds à 3 nœuds voir moins en quelques secondes. Il passe d'une assiette longitudinale horizontale ou presque à une assiette négative avec enfournement du flotteur sous le vent voir de la coque centrale.

Dans notre cas la force correspond à la distance entre le centre de gravité du trimaran et le point de rotation défini comme sur le dessin ci-dessus

Dans notre cas distance d'environ 1,20 m

Le couple de résistance au chavirement est donc de $450 \times 9,81 \times 1,20 = 530 \text{ m.daN}$

On remarque que ce couple est moins fort que dans le cas du chavirage latéral

Capacité à naviguer sous voile

Calculs pour hypothèse 1 - Catégorie de conception D Vent 16 nœuds – 8,2 m/s – Voilure standard

Configuration du bord avec 2 personnes et vent 16 nœuds (force 4), voilure standard de 15 m²

Couple résistant au chavirage = poids du trimaran * entraxe/2
 $450 * 9.81 * 3,10/2 = 6842 \text{ m.N}$

Couple résistant au chavirage 684 m.daN

Force aéro créée par le plan de voilure = $0,5 * 1,225 * 0,9 * 15 * 8,2^2 = 555 \text{ mN}$

Force aéro plan de voilure = 55 daN

Force aéro créée par la muraille = $0,5 * 1,225 * 1,24 * (5 * 0,35) * 8,2^2 = 89 \text{ mN}$

Force aéro muraille = 9 daN

Couple aéro créée par le plan de voilure = $\frac{1}{2} \text{ mat} + \text{hauteur pied mat/DWL} + \text{profondeur centre de dérive/DWL}$
 $= 3,5 + 0,4 + 0,1 = 4$

Couple aéro plan de voilure = $55 * 4 = 220 \text{ m.daN}$

Force aéro créée par la muraille = $H \text{ muraille} / 2 + \text{profondeur centre de dérive/DWL}$
 $= 0,35 / 2 + 0,10$

Couple aéro muraille = $9 * 0,45 = 4 \text{ m.daN}$

Somme des couples aéro : 224 m.daN

Conclusion, ratio couple résistant au chavirage / couples créant le chavirage (aéro)

$$R = 684 / 224 = 3,05$$

Le trimaran dispose dans cette configuration d'une marge de 305% de sécurité

Dans le cas d'une navigation en solitaire

$$R = 570 / 224 = 2,54$$

Le trimaran dispose dans cette configuration d'une marge de 254% de sécurité

Calculs pour hypothèse 1 - Catégorie de conception C
Vent 19 nœuds – 9,7 m/s – Voilure standard

Configuration du bord avec 2 personnes et vent 19 nœuds (Force 5), voile standard de 15 m²

Couple résistant au chavirage = poids du trimaran * entraxe/2
 $450 * 9.81 * 3,10/2 = 6842 \text{ m.N}$

Couple résistant au chavirage 684 m.daN

Force aéro créée par le plan de voile = $0,5 * 1,225 * 0,9 * 15 * 9,7^2 = 778 \text{ mN}$

Force aéro plan de voile = 77 daN

Force aéro créée par la muraille = $0,5 * 1,225 * 1,24 * (5 * 0,35) * 9,7^2 = 125 \text{ mN}$

Force aéro muraille = 12 daN

Couple aéro créée par le plan de voile = $\frac{1}{2} \text{ mat} + \text{hauteur pied mat/DWL} + \text{profondeur centre de dérive/DWL}$

= $3,5 + 0,4 + 0,1 = 4$

Couple aéro plan de voile = $77 * 4 = 308 \text{ m.daN}$

Force aéro créée par la muraille = $H \text{ muraille} / 2 + \text{profondeur centre de dérive/DWL}$
= $0,35 / 2 + 0,10$

Couple aéro muraille = $12 * 0,45 = 6 \text{ m.daN}$

Somme des couples aéro : 314 m.daN

Conclusion, ratio couple résistant au chavirage / couples créant le chavirage (aéro)

$R = 684 / 314 = 2,17$

Le trimaran dispose dans cette configuration d'une marge de 227% de sécurité

Dans le cas d'une navigation en solitaire

$R = 570 / 314 = 1,81$

Le trimaran dispose dans cette configuration d'une marge de 181% de sécurité

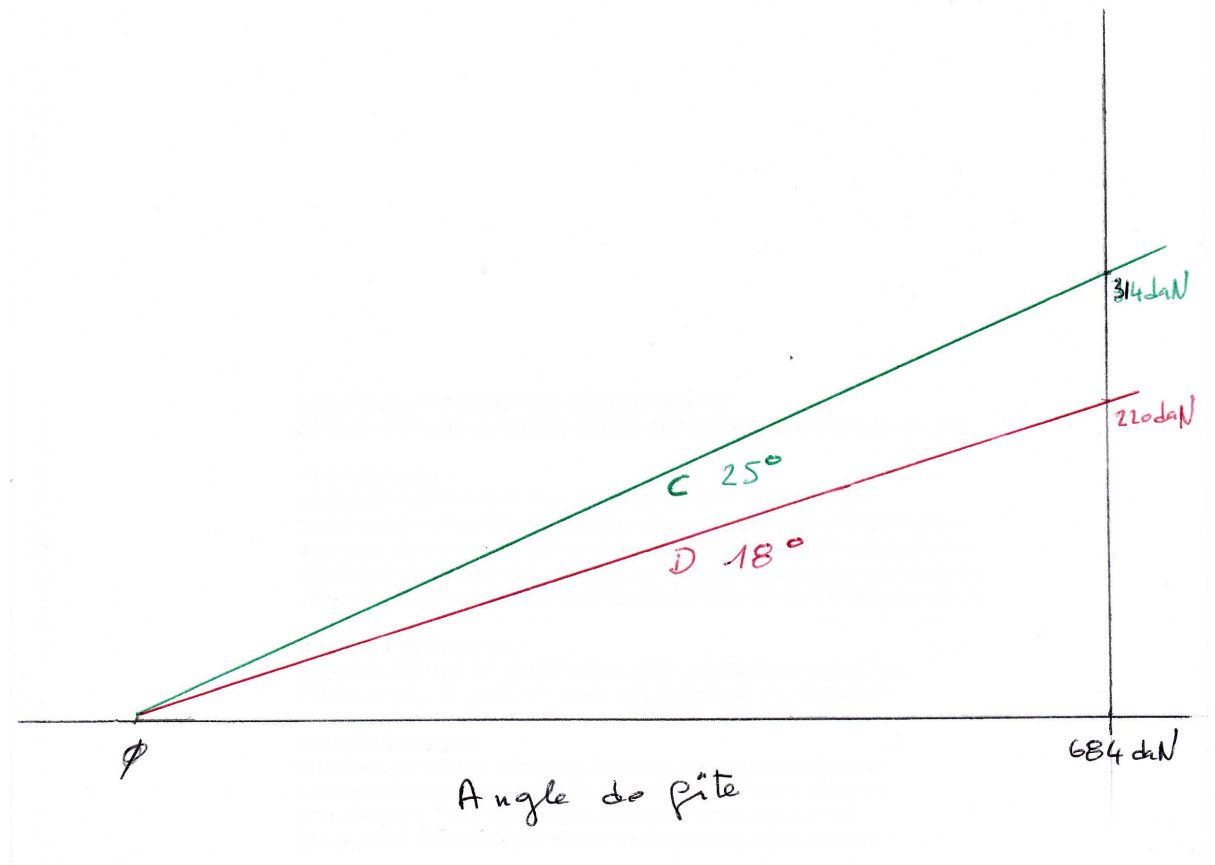
Détermination graphique des angles de gîte

Rappels :

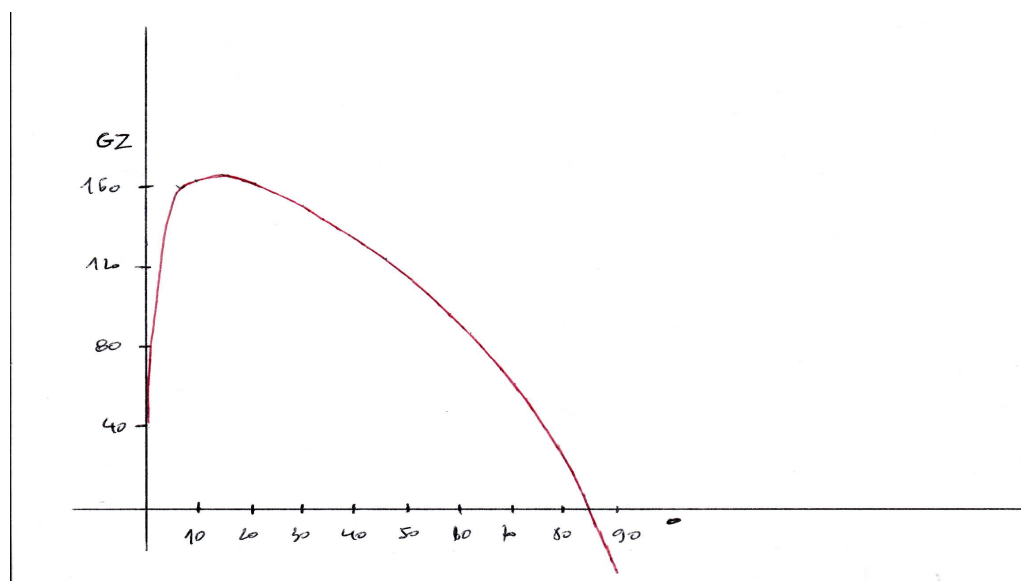
Couple anti-chavirement : 684 daN

Force aéro pour catégorie D : 224 daN

Force aéro pour catégorie C : 314 daN



Courbe de stabilité



Conclusions



Le trimaran Taenga est susceptible de chavirer (vulnérable à l'inversion).

Il est impératif de respecter surfaces de voiles ou combinaisons de voiles présentés dans le tableau ci-dessous

**Les combinaisons et surfaces permettent d'obtenir un quotient de 200%
(Résistance au chavirement / Couple aéro)**

Combinaison de voiles	Surface maxi	Plage de vent	Force Beaufort
GV + Génois	15 m ²	0 à 16 nds	4
GV + Génois	15 m ²	17 à 19 nds	5
GV 1 ris + Foc	13 m ²	19 à 21 nds	5/6
GV 2 ris + 2/3 Foc	9 m ²	22 à 25 nds	6
GV 3 ris + 1/3 Foc	7 m ²	26 à 28 nds	6
Voiles de petit temps			
GV + Spi asymétrique	30 m ²	0 à 14 nds	0/4

15 – Calculs ou essais de flottabilité

Le poids du navire en charge est de 600 kg.

Le volume de flottabilité minimum est fixé à 780 l (130% de la masse en charge)

Le volume de flottabilité mesuré est de 1300 l pour une répartition de :

760 l pour les 2 flotteurs

540 l dans la coque centrale

Par sécurité :

Les flotteurs contiendront 60 l de réserve de flottabilité sous forme de mousse

La coque centrale 200 l dont 150 l dans la structure de construction (sandwich verre époxy).

Un flotteur en tête de mat pourra être installé.

16 – Moyens d'assèchement

Pompe manuelle du commerce, sceau et écope

17 – Emplacement de chaque radeau de survie gonflable

Sans objet, navigation en côtier

18 – Moyens d'évacuation des locaux

Sans objet, pas de cabine

19 – Dispositifs de mouillage et d’amarrage

Mouillage composé d’une ancre FOB de 6 kg avec 5 m de chaîne et 25 m de bout.
Taquets d’amarrage sur coque centrale et flotteurs

20 – Installation de machines et échappements

Sans objet

21 – Ventilation

Sans objet

22 Schéma des installations électriques

Sans objet

23 – Schéma d’assèchement

Sans objet

24 – Schéma et descriptif des installations fixes de lutte contre l’incendie

Sans objet, (pour mémoire un extincteur de 2Kg à poudre fait partie de la liste du matériel de sécurité)

25 – Schéma des installations de gaz liquéfié

Sans objet