



Le 27/01/2022

CAPACITÉ des « CLASS 40 » à se REDRESSER après CHAVIRAGE (CATEGORIE 0)

STABILITE CLASS 40 en OSR Catégorie 0

(Cas de la traversée des océans Indien et Pacifique).

(Test de retournement à 180° lors des contrôles)

Extrait des OSR (Offshore Special Régulations)

Mo0 3.04.3 Capable of self-righting from an inverted position with or without reasonable intervention from the crew and independent of the condition of the rig

3.04. 3 Capable de s'auto redresser depuis une position à l'envers, avec ou sans intervention acceptable de l'équipage, quel que soit l'état du gréement

La stabilité se représente dans cette courbe qui varie de 0° à 180°.

- A 0° : Le bateau est « Upright » (Gite 0°)
La flèche Bleue représente le RM à 0°, c'est-à-dire la raideur du bateau. Plus la tangente (bleue) est verticale, plus le bateau est raide. Ce qui ne signifie pas qu'il est stable.
- A l'angle Avs (121° pour un CLASS 40 de 4500 kg), le bateau chavire.

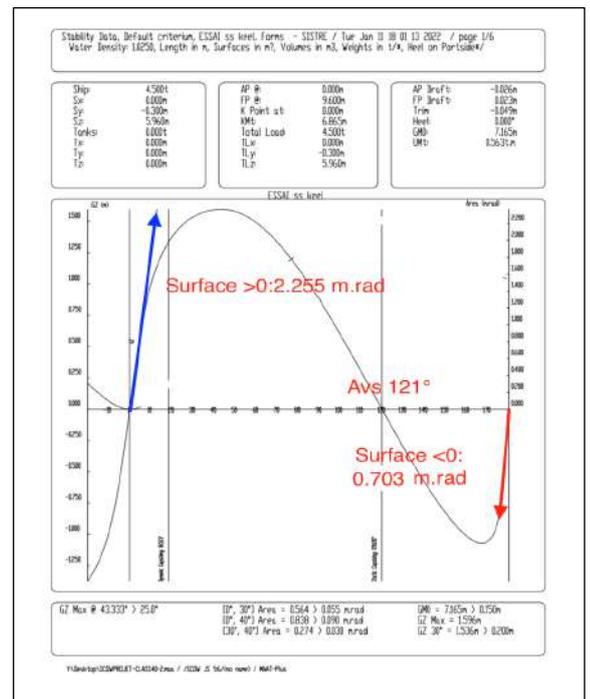
Le CLASS 40 étant un bateau certifié CE, l'angle « Avs minimal » est égal à :
(130° - 0.002 * 4500).

La règle de jauge permet une stabilité réelle des bateaux supérieure à celle imposée par la certification CE (force en tête de mât à 19 m admise entre 230 et 316 daN).

Toutefois comme la Box-Rule de la CLASS 40

impose le tirant d'air, la base du plan de voile (longueur du bateau) donc implicitement la surface de voile (de l'ordre de 115 m²), et aussi le poids minimal, l'optimisation des performances conduit les architectes rester proche d'un déplacement de 4500 kg (Jauge) afin d'obtenir un ratio Poids/Surface de voile optimum.

En optimisant le poids de la coque et de jouer sur le franc-bord, il sera possible d'augmenter la masse du bulbe donc d'obtenir un Avs plus élevé de 5, 10°.



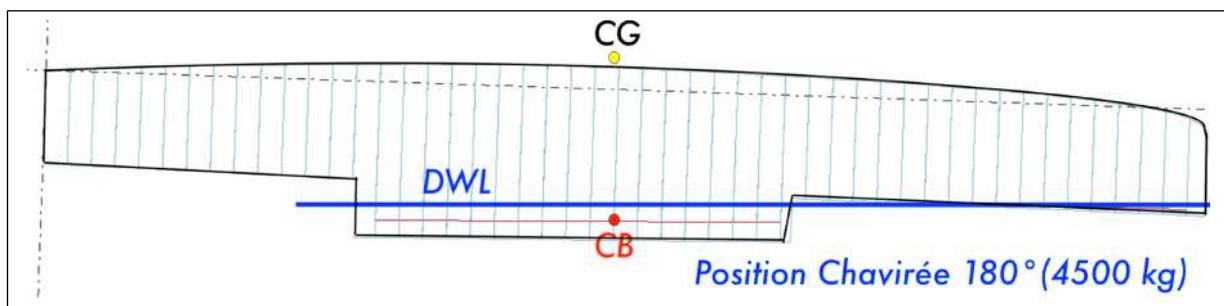
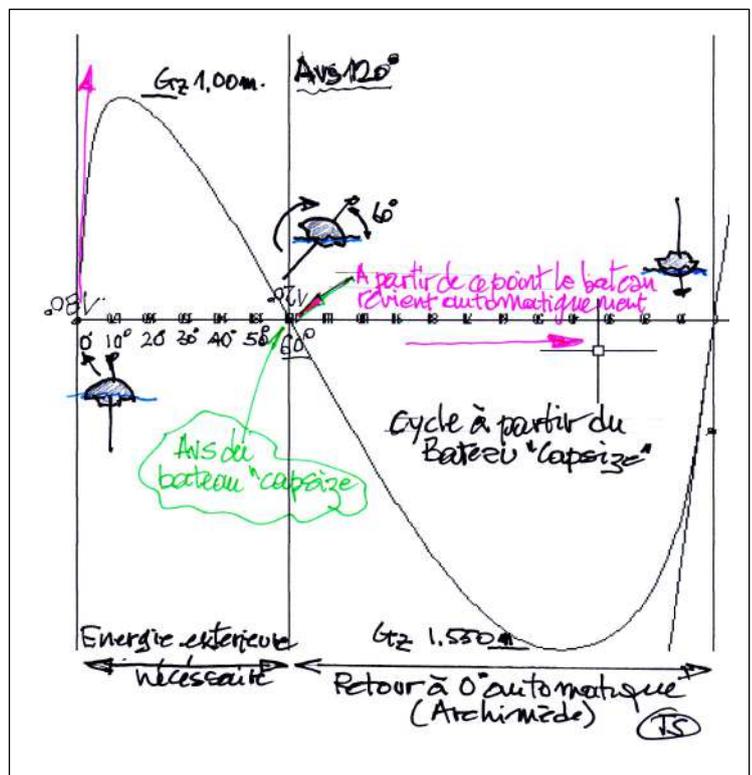
- Entre 0° et A_{vs} , lorsque l'on choque les voiles, le bateau revient « **Upright** ». C'est automatique (Voir les lois Archimédiennes).
- Au-delà de l'angle A_{vs} , les lois Archimédiennes sont toujours d'actualité MAIS fonctionnent « à l'envers » c'est-à-dire que le bateau continue sa giration jusqu'à 180° . Il prend alors la position **Capsize**.
- La **surface « >0 »** comprise entre la courbe en cloche et l'axe Ox multipliée par le déplacement du bateau représente l'énergie qui s'oppose au chavirage. La norme CE impose en Catégorie A (navigation offshore) que cette expression soit supérieure à $172000 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{deg}$.
- La **surface « <0 »** comprise entre la courbe en cloche qui se trouve sous l'axe Ox représente l'énergie qui faudra trouver pour revenir de la position capsize jusqu'à l'angle A_{vs} , c'est-à-dire 180° , 179° , 178° , 121° . Un fois arrivé à « $121^\circ + \text{epsilon}$ », Archimède prend le relai et automatiquement renvoie le bateau Upright.

Le problème étant, que pour aller de 180° à 121° , Archimède ne participe pas, il s'oppose même. Plus la tangente (rouge) à la courbe de stabilité est proche de la verticale, plus le bateau est raide, donc s'oppose, pour s'extraire de la position capsize.

La courbe de stabilité ci-contre représente le bateau en position **Capsize** avec 0° de gîte.

Le parcours de 0 à 60° (en fait 59° puisque l' A_{vs} est de 121°) est le plus difficile à réaliser, car **il faut nécessairement trouver de l'énergie extérieure**.

Cette rotation de 0° à 60° (180° à 120°) n'est vraie que si le volume immergé (Déplacement du bateau) est toujours de 4.39 m^3 (densité = $1,025$), ce qui correspond au « flotteur » (coque/pont/roof) intact et étanche.



L'étanchéité du flotteur.

Entre 0° et Avs, la coque, le pont, les ouvertures sont réputés étanches.

Dans la deuxième phase entre Avs et Capsize, l'étanchéité est plus aléatoire notamment au niveau de la descente, ou des systèmes d'aération.

Pour la navigation dans les mers australes, les organisateurs imposent une cloison étanche supplémentaire en retrait de la cloison d'abordage. Au final le bateau possèdera 3 compartiments étanches (deux à l'avant et un à l'arrière) qui assureront la flottabilité du bateau quel que soit sa position (0° ou 180° entres autres).

Les volumes de flottabilité (mousse, ballons, etc) prévus dans les règles de classe n'ont pas cette fonction. Ces volumes sont utiles en cas de voie d'eau grave dans la phase navigation normale. En effet on place ces volumes de flottabilité de telle manière que lorsqu'il y a une voie d'eau, le bateau reste à flot avec le plus possible de franc-bord.

Lorsque le bateau est à l'envers, les flottabilités se retrouvent au « plafond », ce qui n'est pas l'idéal.

Les volume étanches (avec des portes étanches) restent totalement indépendants de la position Upright ou Capsize puisqu'ils partagent le volume total de la Coque, c'est-à-dire les 56 m3.

Les prescriptions OSR en catégorie Zéro (Mo0) et celles des organisateurs

Les OSR doivent être respectées, ce qui implique que les bateaux soient équipés pour réaliser les opérations permettant de revenir de la position Capsize.

L'AVIS de COURSE de la « RACE AROUND » précise en plus :

« Les bateaux qui participent à la course autour du monde doivent démontrer qu'ils peuvent être redressés à partir d'une position inversée et rester ou être rendus étanches lorsqu'ils sont inversés.

Le test de redressement à 180 degrés peut être effectué avec le gréement non mis à l'eau, à la discrétion du concurrent. »

Le skipper devra donc démontrer qu'il peut ramener le bateau en position « upright » depuis la position Capsize (180°).

Lorsque le bateau se retrouve en position capsized, la seule méthode utilisable pour envisager son redressement, consiste à modifier le plan de chargement du bateau afin de déplacer le centre de gravité du bateau vers un des côtés du bateau (tribord ou bâbord).

Comme les CLASS 40 ne sont pas équipés de Canting Keel, la solution restante est de remplir un ballast latéral, qui combiné, à la masse du bateau désaxera suffisamment le CG du bateau pour revenir à l'angle 121° soit un parcours de $(180-121)^\circ = 59^\circ$.

La trop faible demi-largeur du CLASS 40 ne permet pas de réaliser un déplacement latéral suffisant du CG pour ramener le bateau Upright.

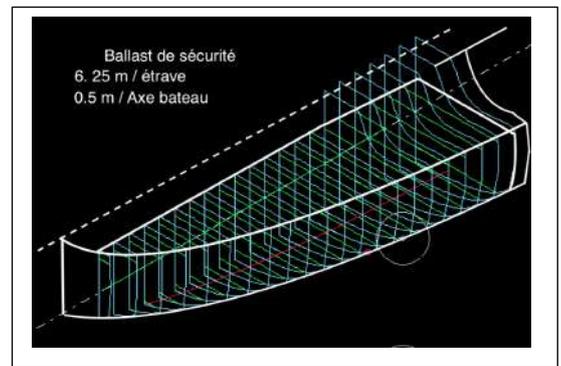
Il faut trouver un autre artifice associé à un ballast latéral pour obtenir ce potentiel de redressement.

Il faut être réaliste l'angle de gîte à obtenir pour redresser le bateau doit être très important et largement supérieur aux quelques degrés que pourrait fournir le ballast latéral de 750 L autorisé par la Jauge.

En effet lorsque le bateau est capsized, le roof est partiellement immergé comme la surface de pont avant, ce qui crée une stabilité de forme très supérieure à celle de la surface de flottaison normale.

Ainsi la gîte obtenue avec ce ballast de 750 L lorsque le bateau est en position capsized est alors inférieure à celle du bateau à l'endroit.

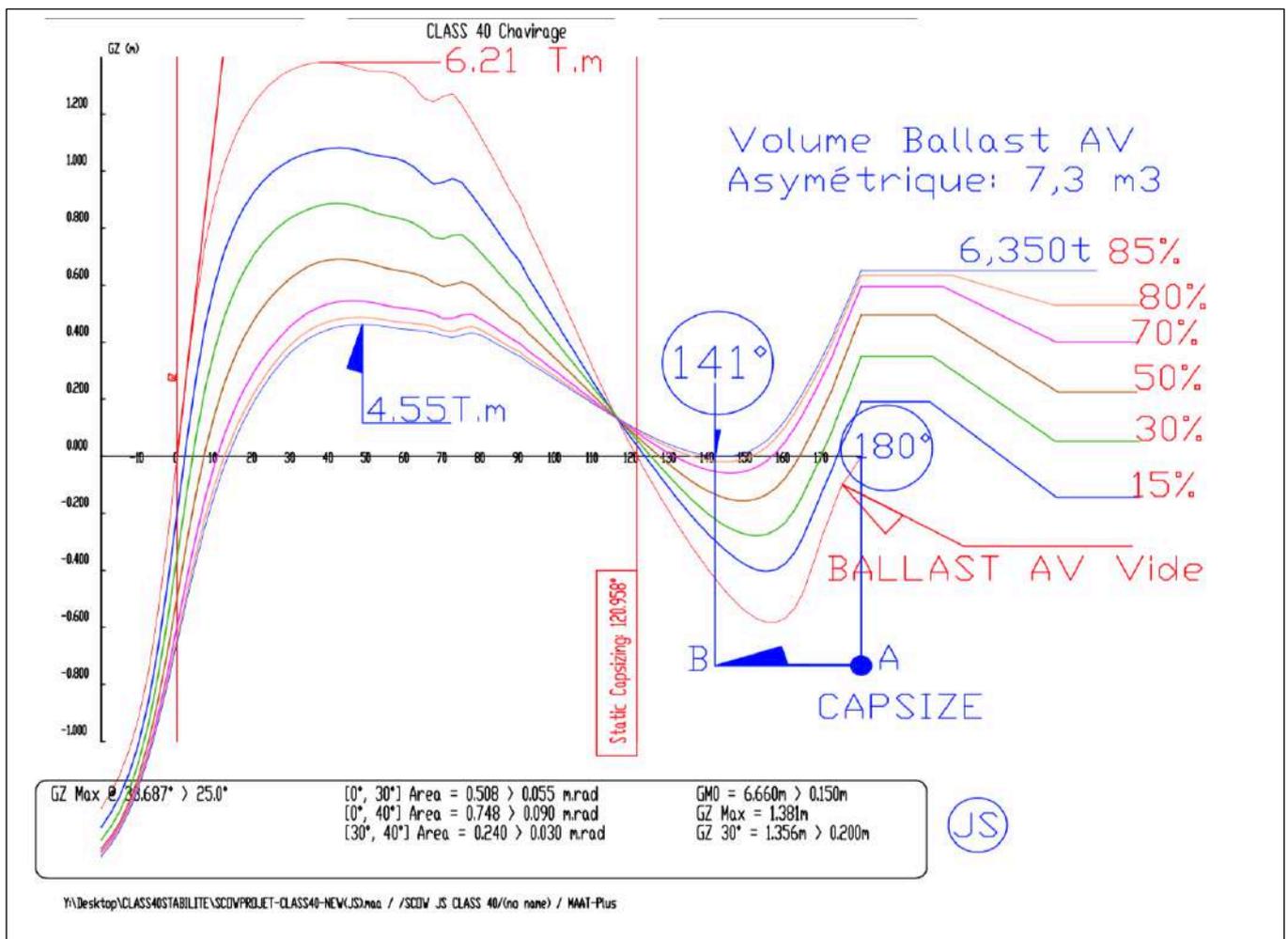
La simulation proposée propose un volume capable du ballast avant de 7.6 m3 environ. Ce ballast, comme le montre le dessin ci-contre et décalé par rapport à l'axe du bateau.



L'opération de remplissage en eau d'un ballast avant latéral se traduit par l'immersion progressive du volume de carène avant dont les effets sont :

- Le bateau s'enfonce sur le nez.
- Le bateau gîte du côté où est implanté le ballast.
- Sa stabilité de forme diminue

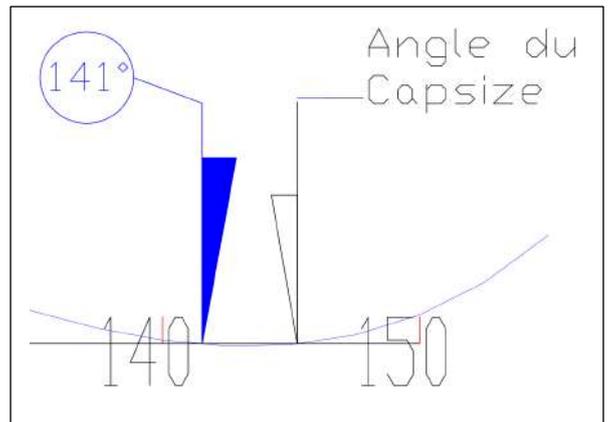
Conclusion : Le remplissage du ballast avant, provoque l'évolution de la stabilité du bateau retourné



Le tableau ci-dessus montre les évolutions des courbes de stabilité en fonction du taux de remplissage du ballast avant.

L'angle Avs (121°) correspondant au chargement du bateau sans aucun ballast rempli (Ballast 750L et Ballast AV) va évoluer vers 141° lorsque le ballast avant est à 85% soit 6,350 tonnes d'eau.

De manière identique pour chaque courbe on constate que l'angle de capsize diminue de 180° (0%) à 146° (85%).

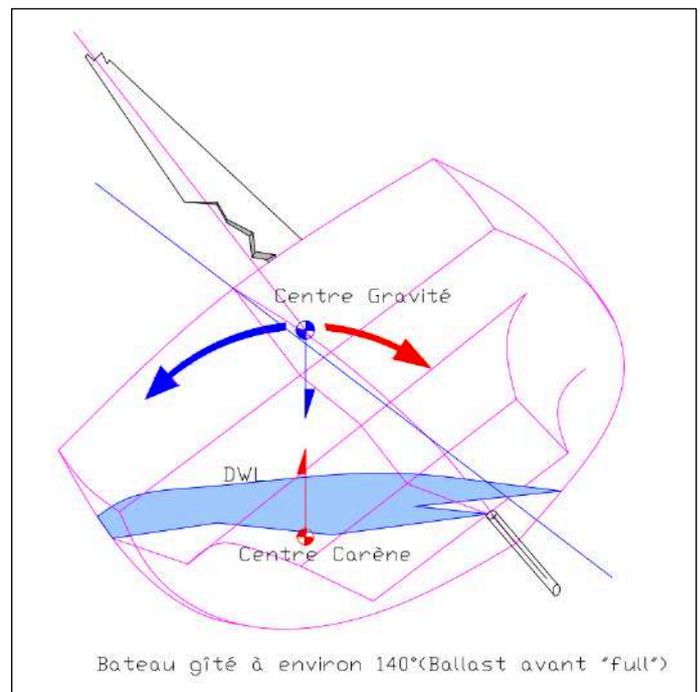


Au final, lorsque le bateau est à l'envers, sa « gîte » est de 180°, puisque son chargement est symétrique. Au fur et à mesure que le ballast avant se remplit, la gîte diminue et se rapproche de l'angle Avs correspondant au taux de remplissage.

Sur un plan d'eau calme, avec 65% de remplissage les deux valeurs Avs et Capsize seront très proche (5 à 6°).

Cela signifie que la verticale du CG du bateau (4500kg + 6350 kg dirigée vers le bas) est très proche de la verticale du CB (4500kg + 6350 kg MAIS dirigée vers le haut). Toutefois la verticale de CG est toujours du mauvais côté par rapport du CB.

A ce moment-là en générant un peu de roulis (mouvement du skipper à l'intérieur du bateau), on arrivera à faire passer la verticale du CG du « bon côté » et ainsi enclencher le retour immédiat et automatique à la position Upright (0°) (lois Archimédiennes).



Dans une mer formée, il est raisonnable de penser que les mouvements de la mer, associés à l'effet de carène liquide (malgré les cloisons intérieures nécessaires pour limiter l'effet destructeur des mouvement de l'eau), provoqueront ce phénomène (passage du CG du bon côté) vers 70% de remplissage soit 5000 litres environ.

Il faut rappeler que :

- La position « UPRIGHT » 0° est une position d'équilibre STABLE. C'est-à-dire que lorsque l'on écarte le bateau de cette position, et qu'on le relâche, il revient automatiquement à 0°.
- Qu'il est de même de la position CAPSIZE.
- Que la position Avs (angle de chavirage) est une position INSTABLE, c'est-à-dire que le bateau va indifféremment vers UPRIGHT ou CAPSIZE suite au moindre roulis qui modifiera les positions spatiales relative du CG et du CB vers un côté au l'autre.

Mais lorsque le bateau revient à la position Upright il n'est pas 0° (mat vertical, s'il a toujours son mat) mais de -15° de gîte et une inclinaison sur le nez Trim de 5° (Trim), puisque le ballast asymétrique AV est plein d'eau et cela en pivotant autour des positions successives du centre de carène CB.

Mais la pratique apparait beaucoup plus complexe.

L'ensemble de cette démonstration repose sur l'hypothèse que le flotteur (coque + pont + roof) est un volume étanche et intact. La réalité risque de montrer que ce n'est pas exact. Comme je l'ai écrit plus haut, si la coque (œuvres vives, œuvres mortes, pont) est toujours réellement étanche, c'est moins certain pour le roof à cause de la porte descente, des aérateurs, des prises d'air moteur etc.

Cela signifie que dans la position Capsized, le roof se remplira d'eau, puisque de part son volume (6,5 m3 pour un Scow) il « devient » la carène du bateau chaviré (Déplacement 4500 kg soit 4,3 m3 au moment de chavirage).

Il est envisageable de simuler la présence d'eau dans le volume du roof et de regarder qu'elle serait son influence sur la courbe de stabilité du bateau retourné et surtout d'étudier les conséquences sur le retournement et sur l'état du bateau après le retournement.

Une autre difficulté qui me paraît beaucoup plus ennuyeuse, est celle de l'assiette (latérale et longitudinale) du bateau lorsqu'il se retrouve à l'endroit.

En effet, avec un ballast avant contenant 5 à 6000 Litres d'eau, la stabilité hydrodynamique a largement diminué et le risque de chavirer sous l'effet de la mer et du vent devient alors important dans ces conditions.

Cela signifie qu'il faut vider au plus vite les quelques 5 à 6000 litres d'eau qui se trouvent dans ce ballast avant.

Les OSR prévoit que le bateau soit équipé d'une pompe de secours d'une capacité de 200L/mn. Cela représente pour 5000 L à extraire : 25 minutes... Encore faut-il que les batteries du bord, après un 360°, puissent fournir suffisamment de courant pour le faire.

Vider le ballast est une chose, mais avant cela il faut le remplir et c'est loin d'être évident.

On peut envisager le remplissage par envahissement naturel, avec une vanne posée sur le pont (commande à distance) et une autre vanne à l'intérieur du bateau afin qu'il y ait une mise à l'air libre. C'est loin d'être évident, car l'enfoncement du pont avant est relativement faible.

L'idéal serait de remplir ce ballast avec la pompe débitant 200L/mn, mais c'est aussi 25 minutes d'énergie électrique avec des batteries qui sont à l'envers.

Facteur aggravant.

Les deux ballasts arrière de 750 L chacun (Tribord et Bâbord) très utiles en navigation, imposent qu'il faudra équiper obligatoirement le poste avant avec deux ballasts de sécurité nécessaires au retournement.

En effet, on peut raisonnablement penser que le chavirage éventuel se produira en conditions de navigation optimales avec le ballast au vent rempli (750 L).

En termes de stabilité, naviguer avec un ballast plein au vent, augmente le moment de redressement, c'est son objectif, mais en contrepartie cette configuration diminue l'Avs (il passe de 121 à 118°), ce qui rend le bateau un peu plus sensible au chavirage.

Un fois chaviré, le skipper est obligé de remplir le ballast de sécurité qui se trouve du coté du ballast de 750L plein. Cela signifie que le bateau doit être équipé de deux ballasts de sécurité de 7.5 m³ dans le poste avant (!!!)

Conclusion

- Il est illusoire d'imaginer que le CLASS 40 non équipé de ballasts avant conséquents, puisse revenir de la position Capsized (180°) à 0°, donc se redresser, simplement avec les effets des vagues.
- De même j'imagine mal qu'un CLASS 40, même lourdement ballasté à l'avant, puisse revenir à l'endroit par mer plate dans un port (essai demandé par l'Organisation). La réussite de ce test par les IMOCA résultait très peu du volume imposé des roofs mais principalement du déport du bulbe en basculant la quille dont l'effet est bien supérieur à celui d'un ballast.
- Reste un point sous-jacent, c'est la résistance de la structure aux effets de carène liquide d'un ballast de 7,5 m3. Certes on peut installer des cloisons internes qui limitent les effets mécaniques de l'eau en mouvement, mais tout cela représente du poids assez mal placé (poste avant).

JS.

Pour information :

Le volume total de la coque + roof est de 56 m3, dont 6.5 m3 pour le pont et le roof (ce volume est imposé par la jauge).

