

Epreuve étude et conception
Sous-épreuve U42 : étude d'un élément du navire

ETUDE D'UNE PORTE DE GARAGE
EN COMPOSITE SUR UN VOILIER DE 25m

Présentation (voir documents 1 à 3)

L'étude concerne une porte arrière de garage d'un voilier de 25m fabriqué aux Chantiers JFA de Concarneau. Ce bateau dont les caractéristiques sont données sur le *document 1* a une coque en aluminium.

Cette porte permet la mise en place d'une annexe dans le garage du bateau. Un galet sur la porte reçoit l'annexe. L'action des vérins permet de relever la porte et donc de la faire glisser sur quatre autres galets dans le garage du bateau sans efforts. L'ouverture et la fermeture de la porte sont réalisées par l'intermédiaire de deux paires de biellettes et deux paires de triangles de manœuvre actionnées par deux vérins hydrauliques. La porte est complètement encastrée dans la coque du bateau (voir photo de la porte *document 1* et le plan *document 2*).

La porte composite a une structure sandwich, cœur en mousse PVC et peau en verre. Les caractéristiques sont données sur le plan *document 2*. Les explications relatives aux principes généraux de stratifications sont données sur le *document 3*.

1. Etude cinématique et statique du système d'ouverture et de fermeture de la porte.

Objectif : Vérifier l'échantillonnage du vérin.

Données et hypothèses :

- L'étude est faite dans le plan de symétrie du *document 4* (O, X, Y).
- La charge maximale en B représente l'action de l'annexe sur le galet de la porte. Elle a pour valeur : $\vec{P} = 20\,000\text{ N}$ (coefficient de sécurité de 4 compris).
- On considère que toutes les liaisons en A, B, C, D, E et F sont parfaites.
- Le poids propre de la porte et de toutes les autres pièces est négligé.
- Pression hydraulique maximale de service dans le vérin est de 200 bars.

1.1. Déterminer graphiquement sur le *document 4* la course du vérin pour les positions extrêmes de la porte (porte fermée et ouverte de 125°).

1.2. Calcul de la charge dans les vérins :

- 1.2.1. Lorsque la porte est ouverte à la position 125°, les points A, C et E sont alignés. Que vaut la charge dans le vérin ? Quel est l'intérêt de cette particularité géométrique ?
- 1.2.2. Quel que soit le résultat précédent, on considère que la position qui sollicite le plus le vérin est celle à 106°. En isolant successivement la porte, les biellettes et les triangles de manœuvre, déterminer la charge dans chaque vérin.

1.3. Echantillonnage du vérin :

Connaissant la pression maximale de service, choisir le vérin à l'aide du *document constructeur document 5*.

2. Analyse du plan de structure de la porte.

Objectif : Analyser la structure composite de la porte.

2.1. Sur la vue en plan de la porte du plan A0 du document 2, colorier ou hachurer les zones où l'on trouve les deux éléments suivants :

- En vert la mousse PVC H70
- En rouge la mousse PVC H130

2.2. En analysant le plan *document 2* et les principes généraux de stratification *document 3*, représenter le plan de drapage de la peau intérieure de la porte au niveau de la coupe L – L (section transversale renforcée passant par le rouleau arrière) sur le *document 2*. On représentera chaque épaisseur de tissus par un trait de couleur en fonction de la convention suivante :

- En vert XE 450@45°
- En rouge XE 450@0/90°
- En bleu UC 300

Coter les lais qui ne font pas toute la largeur de la porte.

2.3. Déterminer la surface de tissus XC 450 ajoutée en plus du stratifié de base pour renforcer le rouleau arrière et les charnières.

3. Vérification de l'échantillonnage de la poutre carbone transversale.

Objectif : Vérifier la résistance de la poutre carbone.

- *Document 2* : Plan de structure de la porte.
- *Document 3* : Principes généraux.
- *Document 6* : Charges sur la porte.
- *Document 7* : Calcul d'une structure composite (épaisseur d'un stratifié, contraintes).
- *Document 8* : Caractéristiques des matériaux composites, stratifiés carbone et mousses PVC.

Etant donné le procédé de stratification, on admettra que le taux de fibre en volume est : $V_f = 60\%$.

Calcul de la poutre en flexion

On admet que les contraintes dans la poutre sont essentiellement dues à la flexion suivant l'axe z (voir *document 6*). On ne tiendra alors compte que de la projection sur y des charges qui lui sont appliquées, à savoir :

- Actions nodales F des 2 biellettes (projection sur y).
- Action uniformément répartie du stratifié de base en verre sur toute la longueur de la poutre carbone.

On prendra $g = 10$ USI.

3.1. Calculer la charge répartie du stratifié de base sur la poutre carbone en traduisant l'équilibre de celle-ci.

3.2. Modéliser la poutre transversale carbone en précisant les longueurs et charges.

3.3. Tracer les diagrammes du moment fléchissant M_{fz} et de l'effort tranchant T_y , donner leur valeur maximale.

- 3.4. À partir du plan de structure de la porte (*documents 2 et 3*) et de la notice de calcul d'un stratifié (*documents 7 et 8*), calculer l'épaisseur des peaux de la poutre ainsi que celle de la mousse dans la zone centrale.
- 3.5. À l'aide du *document 7* déterminer les contraintes dans chaque peau et l'âme de la poutre.
- 3.6. À l'aide du *document 8* déterminer les contraintes de rupture du stratifié et de la mousse PVC. Conclure.
- 3.7. On remarque que la contrainte dans les peaux est très inférieure à la contrainte de rupture du stratifié. Donner une raison permettant de justifier cette différence ?

4. Conception des charnières.

Objectif : Concevoir le montage de la charnière entre la porte et le bateau.

Pour cette étude on utilisera les documents suivants :

- *Document 9* : schéma d'une charnière.
- *Document 2* format A0 : document réponse à compléter.

Cahier des charges :

Les charnières sont constituées :

- De pattes en matériaux composite stratifiées sur la porte (*voir document 2*).
- D'une chape en inox boulonnée sur la coque.
- D'un axe inox de diamètre 20mm.

Un calcul de mécanique nous impose les contraintes suivantes :

- Épaisseur de la chape inox : 6mm.
- Liaison chape/coque par 6 boulons M8.

Des contraintes d'ergonomie, de montage et d'encombrement nous impose les contraintes suivantes :

- Le boulonnage de la chape inox sur la coque est réalisé sur un surbau soudé à la coque d'une hauteur utile de 20mm.
- Le boulonnage est réalisé sur 2 lignes cotées sur le *document 9*.

Réaliser le freinage de l'assemblage boulonné.

Réaliser l'isolation électrique entre l'aluminium et l'acier inox.

On demande :

De compléter le dessin à l'échelle 1/1 d'une charnière du *document 2* et à cet effet de définir :

- La chape inox.
- Le surbau.
- La liaison chape-coque.
- La liaison chape-porte.
- Les renforcements structuraux sur la coque pour transmettre les charges de la charnière.
- Les soudures.