

UNIVERSITE DE BLIDA 1



كلية الهندسة – دائرة الميكانيك

**FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE**

PROJET DE FIN D'ETUDE

**POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER**

OPTION : CONCEPTION MECANIQUE

**PRISE EN COMPTE DE LA SOUDURE DANS LA
CONCEPTION D'UN CAISSON HYPERBARE**

PROMOTEUR :

Dr. H.Ferdjani

Présenté par :

Belalia Ahcene Arabi Abdellah

2016/2017

Remerciement

TOUTE NOTRE GRATITUDE, GRÂCE ET REMERCIEMENT

VONT À ALLAH LE TOUT PUISSANT

QUI NOUS A DONNÉ LA FORCE, LA PATIENCE, LE

COURAGE ET LA VOLONTÉ POUR ÉLABORER CE

TRAVAIL.

C'EST AVEC UNE PROFONDE RECONNAISSANCE ET

CONSIDÉRATION PARTICULIÈRE QUE NOUS

REMERCIONS NOTRE ENCADREUR **DR. H.FERDJANI**

POUR LA SOLLICITUDE AVEC LAQUELLE IL A SUIVI ET

GUIDÉ CE TRAVAIL.

NOUS REMERCIONS LES MEMBRES DU JURY QUI NOUS

FONT L'HONNEUR DE PRÉSIDER ET D'EXAMINER CE

MODESTE TRAVAIL. TOUTE NOTRE GRATITUDE VA À

TOUS LES ENSEIGNANTS QUI ONT CONTRIBUÉ À NOTRE

FORMATION.

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A mes parents

A toute ma famille

A tous mes amis

A tous ceux que j'aime et je respecte.

AHCENE

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A mes parents

A toute ma famille

A tous mes amis

A tous ceux que j'aime et je respecte.

ABDELLAH

الملخص :

تخصص هذا المذكرة لتقديم أبعاد وتصميم غرفة للضغط العالي، مع الأخذ بعين الاعتبار اللحام.

يتم إجراء النمذجة الهندسية باستخدام برنامج SOLIDWORKS.

يتم إجراء القياس عن طريق تحليل العناصر المنتهية باستخدام برنامج ANSYS. المراحل المختلفة والتصاميم والأبعاد يتم تفسيرها حتى الوصول للتصميم النهائي.

Résumé :

Ce mémoire est consacré à la conception et au dimensionnement d'un caisson hyperbare avec prise en compte de la soudure.

La modélisation géométrique est effectuée à l'aide du logiciel SOLIDWORKS. Le dimensionnement est réalisé par l'intermédiaire d'un calcul éléments finis en utilisant le logiciel ANSYS. Les différentes étapes de la conception et du dimensionnement sont explicitées jusqu'à l'aboutissement à la conception finale.

Summary:

This thesis is dedicated to the design and dimensioning of a hyperbaric chamber, taking into account the weld.

The geometric modeling is carried out using SOLIDWORKS software. The dimensioning is carried out by means of a finite element calculation using the ANSYS software. The various stages of the design and dimensioning are explained until the final design.

Sommaire

Titres	page
Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur le caisson hyperbare.	
I-1. Définition d'un caisson hyperbare.....	4
I-2. Définition de l'oxygénothérapie hyperbare (OHB).....	4
I-3. Historique.....	5
I-4. Incidences des variations de pression.....	6
I-5. Principe physique de l'oxygénothérapie hyperbare.....	7
I-5.1 Compression des volumes gazeux par augmentation de la pression ambiante..	7
I-5.2 Principes physiologiques.....	8
I-6. Déroulement d'une séance.....	8
I-7. Présentation d'une installation hyperbare.....	9
I-8.Homologation des chambres hyperbares et des dispositifs médicaux (DM) utilisés...	10
I-9.Nouveauté par rapport au travail précédent.....	12
I-9-1.Introduction.....	12
I-9-2.Insuffisance des conceptions précédentes.....	12
1)BENHAFSI.....	12
2) BENZIANE.....	13
3) MEDJBOUR et MIDOUNA.....	13
4) BENSOTRA et MOULOUDI.....	14
I-10.Conception actuelle.....	15
I-11 .Type de cordon de soudure.....	16
I-12 .Matériau de soudage.....	18
Chapitre II:Procédures de modélisations du caisson avec SOLIDWORKS	
II-Introduction.....	20
II-1 .Description du caisson	20
II-2 .Le verre acrylique (plexiglass).....	20

II-3 .Les profilés de construction.....	21
II-3-1.Profile en U.....	21
II-3-2.Profils plaines.....	22
II-4 .Conception du caisson “sans soudure“.....	23
II-4-1.Création des hublots.....	32
II-4-2 .Création d’une serrure de transfert de médicaments	36
II-4-3.Création des supports	39
II-4-4 .Création des fers plats et le profilé UPN	41
II-4-5.modélisation des cordons de soudure	44
1-Soudage du support.....	45
2-Soudage de cylindre.....	47
3-Soudage de L’UPN.....	48
4-Soudage du fond bombé.....	50
5-Le soudage de la séparation cylindrique	52

Chapitre III : Procédure de la modélisation de la structure avec ANSYS et calcules
préliminaires

III. Introduction.....	55
III .1.Modélisation de la structure par ANSYS.....	55
III.2.Etapes de realisation du modèle elements finis.....	55
III .2.1.Spécification du propriétés des matérieaux.....	55
III .2.2.Géométrie.....	57
III-3.Caisson sans soudure	58
III-3-1.Le maillage.....	58
III-3-2 .Calculé préliminaire	60
III-3-3 .Conditions aux limites en déplacements.....	60
III-4 .Application de la pression.....	61
III.5 .Résultats.....	62
III.6.Conclusion.....	63
III -7 .Caisson avec soudure	63

INTRODUCTION GENERALE

Le caisson (ou chambre) hyperbare est une enceinte en acier de forme cylindrique, étanche et résistante à la pression. Il est utilisé en médecine, dans le cas d'une oxygénothérapie hyperbare (parfois suite à un accident de décompression).

Dans des travaux précédentes, R. BENHAFSI [5], BENZIANE [6], MEDJBOUR et MIDOUNA [7], BENSOTRA et MOULOUDI [8] ont proposé différentes conceptions d'un caisson hyperbare.

L'objectif de ce travail est de prendre en compte les cordons de soudure.

Un des inconvénients moyens de ces différents travaux est la non prise en compte des cordons de soudure.

En effet les différentes parties du caisson ont été supposées idéalement collées.

Afin d'évaluer l'influence des cordons de soudure sur le comportement global de la structure, nous avons effectué deux conceptions, une première sans soudure, et une deuxième avec soudure.

Les deux conceptions ont été testées numériquement par la méthode des éléments finis.

La conception a été effectuée à l'aide du logiciel SOLIDWORKS et le calcul par éléments finis à l'aide du logiciel ANSYS.

I. Nous présentons les détails de notre travail dans ce mémoire en le divisant en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation des caissons hyperbares, leurs principes de fonctionnement ainsi que leurs installations. Nous présentons également une définition de l'OHB (Oxygénothérapie Hyperbare), ses domaines d'utilisation, les risques d'utilisation et son homologation.

- Le Deuxième chapitre présente la procédure détaillée de conception géométrique du caisson avec et sans soudure à l'aide du logiciel SOLIDWORKS. Cette conception est basée sur notre propre évaluation des besoins du malade et du soignant, sur le travail de BENSOTRA et MOULOUDI [8].

- Dans le troisième chapitre, nous avons réalisé une simulation par éléments finis du "Comportement du caisson" avec et sans soudure.

Nous avons également présenté la procédure de modélisation avec ANSYS.

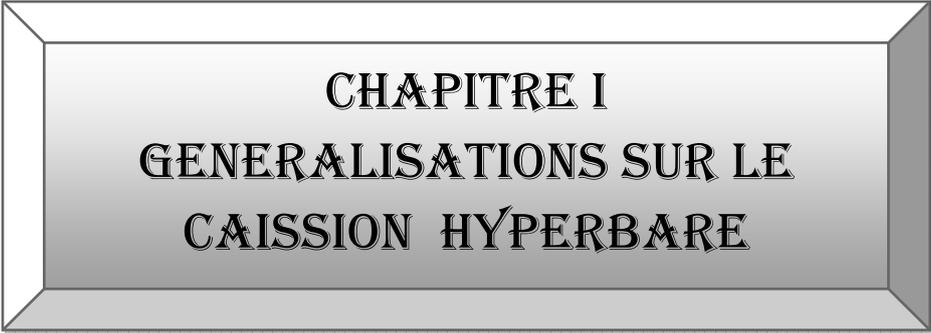
Cette première simulation a mis en évidence les insuffisances de la conception “avec Soudure”.

- Nous présentons dans le quatrième chapitre, les calculs effectués sur les

Améliorations successives apportées à la conception avec soudure jusqu'à

L'aboutissement à la conception finale.

- Nous terminons par une conclusion générale.



CHAPITRE I
GENERALISATIONS SUR LE
CAISSION HYPERBARE

I-1. Définition d'un caisson hyperbare:[1]

Le caisson hyperbare correspond à un cylindre étanche en acier pouvant accueillir une ou plusieurs personnes et au sein duquel la pression peut être augmentée au-delà de la pression ambiante (jusqu'à 2,5 bars, parfois plus).

Ce type d'installation est utilisé en médecine hyperbare pour soigner différentes maladies (par exemple une intoxication au CO₂ ou une embolie gazeuse) ou des accidents de décompression touchant des plongeurs. En plus d'être placés dans un environnement pressurisé, les patients reçoivent souvent de l'oxygène par le biais d'un inhalateur : on parle alors d'oxygénothérapie. L'augmentation de la pression permet notamment de réduire la taille des bulles de gaz présentes dans le corps, pour les plongeurs accidentés par exemple. L'arrivée massive d'oxygène facilite l'évacuation de ces bulles de gaz.

Certains caissons hyperbares ne peuvent accueillir qu'un seul patient, d'autres de véritables blocs opératoires ou une vingtaine de personnes. Il existe également des versions souples transportables destinées à soigner le mal aigu des montagnes, mais elles ne permettent pas d'atteindre de grandes pressions (au maximum 220 millibars en plus de la pression atmosphérique).

I-2. Définition de l'oxygénothérapie hyperbare (OHB) : [2]

L'oxygénothérapie hyperbare (OHB) est un mode de thérapie où les patients respirent de l'oxygène (O₂) à une fraction de 100%, sous une pression plus élevée que la normale. La pression normale est de 1 bar, soit 1 atmosphère absolue (ATA). L'ATA représente la pression absolue par rapport au vide total, soit une colonne de 10,33 m d'eau douce, ou encore 760 mm de mercure.

Par définition, l'OHB est une technique médicale qui consiste à administrer de l'oxygène pur ou mélangés à des gaz vecteurs (hélium, azote, gaz carbonique) à une pression, au moins, supérieure à 1.3 fois la pression atmosphérique, pour entraîner une réversibilité physique des effets délétères d'une variation barométrique trop intense ou trop rapide, entraîner une hyper oxygénation ou corriger une anoxie cellulaire et favoriser la cicatrisation

tissulaire de lésions, dont les agents pathologiques responsables peuvent être physiques ou biologiques.

Contrairement aux méthodes essayant de forcer l'O₂ de rentrer dans les tissus à des pressions légèrement supérieures à 1 ATA, l'OHB permet de délivrer de l'O₂ de manière systémique, grâce à des pressions allant de 2 à 6 ATA. Ces pressions sont atteintes par le biais d'un caisson de compression : c'est une chambre métallique, qui permet de comprimer l'atmosphère, et donc les gaz s'y trouvant.



Figure 1: le caisson hyperbare de l'hôpital de Vancouver [8]

I-3. Historique :[2]

L'idée de placer des malades dans une enceinte d'air comprimé est ancienne et reviendrait à Henshaw qui fit construire en 1662 la première chambre hyperbare. Dès la fin du XVIII^e siècle, les Anglais ouvraient des instituts pneumatiques. En France, Junod en 1834 présentait à l'Académie des Sciences un mémoire sur « les effets de la condensation de l'air chez l'homme en état de santé ». En 1835, Pravaz créait à Lyon un établissement portant le nom d'Institut orthopédique et pneumatique de Bellevue et faisait connaître ses résultats en 1840 dans un « Mémoire sur l'emploi des bains d'air comprimé associé à la gymnastique dans le traitement du rachitisme, des affections strumeuses et de la surdité » dans lequel on découvre que les indications de ce traitement allaient des affections digestives à l'ophtalmologie, sans

oublier toutes les atteintes inflammatoires, les affections osseuses, la tuberculose et la coqueluche. En 1879, un chirurgien français, Fontaine, construisait une salle d'opération mobile qui pouvait être pressurisée. Par ce moyen, la pression partielle d'oxygène délivrée au malade pouvait être doublée. En 1928, Cunningham, professeur d'anesthésie, fit construire à Cleveland le *Steel Ball Hospital*, véritable hôpital hyperbare de six étages et de 20 mètres de diamètre afin de traiter l'hypertension, l'urémie, le diabète et le cancer. L'utilisation scientifique des chambres hyperbares et l'introduction de l'oxygénothérapie hyperbare (OHB) débutent réellement dans les années 1950 avec les travaux de Churchill-Davidson et de Boerema.

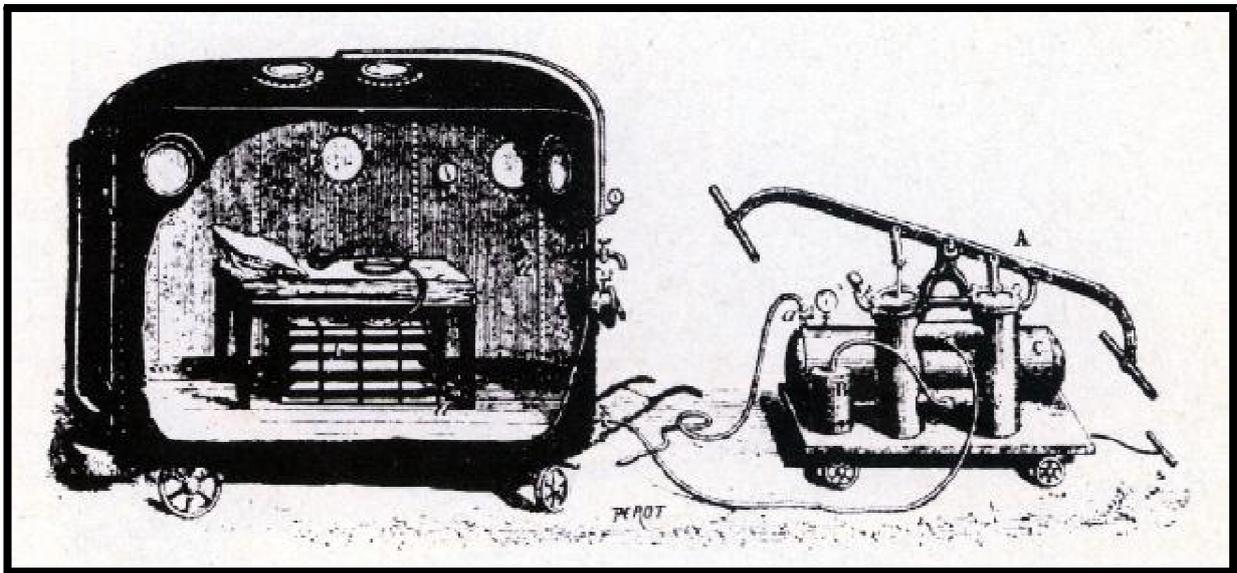


Figure 2 : Une salle d'opération hyperbare mobile construite par J.A. Fontaine en 1879.

I-4. Incidences des variations de pression: [3]

Le facteur principal influant sur l'organisme humain en plongée est la pression exercée par l'eau. Celle-ci augmente avec la profondeur : alors que nous sommes soumis à une pression d'environ 1 bar à l'air libre au niveau de la mer (pression atmosphérique), le poids de l'eau au-dessus du plongeur immergé soumet celui-ci à une pression additionnelle d'environ 1 bar tous les 10 mètres.

Par exemple, à 25 mètres de profondeur, un plongeur est soumis à 3,5 bars de pression totale (1 bar de pression atmosphérique et 2,5 bars de pression hydrostatique); cette pression inhabituelle pour un être humain adapté au milieu terrestre va provoquer différents phénomènes, que le plongeur doit connaître et gérer sous peine de mettre sa santé (voire sa vie) en danger.

La majeure partie du corps humain, composée de liquides/solides incompressibles, n'est pas directement affectée par les variations de pression. En revanche, l'air contenu dans les différentes cavités du corps (oreille moyenne, sinus, appareil respiratoire...) voit son volume varier de manière inversement proportionnelle à la pression ambiante, suivant la loi de Boyle-Mariotte.

Les accidents dus aux variations anormales de pressions dans les organes creux sont appelés des barotraumatismes. Ceux-ci touchent les différentes cavités en contact avec l'air inspiré : oreilles, sinus, dents, intestin, mais aussi l'espace situé entre le masque et le visage.

Lors de la descente, l'air contenu dans l'oreille moyenne du plongeur est en dépression par rapport au milieu ambiant, ce qui crée une déformation du tympan. Le plongeur doit volontairement insuffler de l'air dans son oreille moyenne *via* les trompes d'Eustache, afin d'éviter toute déchirure ou douleur. Il existe plusieurs manœuvres d'équilibrage, la plus répandue consiste à se pincer le nez et à souffler légèrement bouche fermée.

Lors de la remontée, l'air contenu dans les poumons du plongeur se dilate. Si le plongeur n'est pas attentif et n'expire pas ou pas assez (en cas d'apnée involontaire, de panique, de remontée trop rapide...), la surpression pulmonaire ainsi créée peut entraîner des lésions graves [...].

L'augmentation de la pression ambiante cause la dissolution des gaz.

Lorsqu'un gaz se trouve en contact avec un liquide, il va s'y dissoudre progressivement jusqu'à atteindre une limite *proportionnelle à la pression*. [...] Si la pression augmente, de plus en plus de gaz se dissout dans le liquide. Si la pression diminue doucement, du gaz reflue vers la limite du liquide sous forme dissoute ou de microbulles. Si la pression diminue très rapidement, le gaz s'échappe de manière explosive et forme des bulles au sein du liquide (exemple de la bouteille de soda au moment de l'ouverture). [...]

Lors de l'immersion, les gaz diffusent dans le corps du plongeur (sang et tissus) et s'accumulent progressivement, et ce d'autant plus que la profondeur et la durée de la plongée augmentent. Lors de la remontée, si la pression baisse trop rapidement [...] des bulles pathogènes vont se former dans l'organisme. Suivant la localisation de leur apparition, ces bulles peuvent entraîner notamment des accidents circulatoires, des paralysies, des douleurs articulaires [...]. L'enjeu pour le plongeur est de remonter suffisamment doucement pour qu'il n'y ait pas de formation de bulles, ou que les bulles formées soient suffisamment petites pour être asymptomatiques.

I-5. Principe physique de l'oxygénothérapie hyperbare : [6]

I-5.1 Compression des volumes gazeux par augmentation de la pression ambiante :

C'est l'application de la classique loi de Boyle - Mariotte qui établit la relation entre la pression et la volume d'un gaz ou d'un mélange de gaz parfaits :

Pression $P \times$ Volume $V =$ constante

La pression P est exprimée en pression absolue par référence au vide. Pour éviter toute confusion avec la mesure relative de la pression par référence à la pression atmosphérique, il est habituel d'utiliser en médecine hyperbare, le terme ATA qui représente l'atmosphère absolue et non le Pascal (Pa) ou son sous-multiple, l'hectopascal (hPa) comme le recommande le Système International (SI).

1 ATA = pression atmosphérique = 1 013 Hpa = 0 bar relatif

2 ATA = pression sous 10 mètres d'eau = 2 026 Hpa = 1 bar relatif

Toute augmentation de pression se traduit par une réduction du volume apparent du gaz.

Ainsi, à 2 ATA, le volume est réduit de 50 % et à 7 ATA (pression habituellement limite des installations hyperbares) le volume apparent n'est plus que de 14 % environ. Cet effet mécanique est mis à profit dans le traitement des embolies gazeuses, des accidents de décompression ou de la pneumatose kystique intestinale. En revanche, il est la cause des barotraumatismes, en particulier au niveau du tympan, des sinus, des dents ou du tube digestif. Une attention particulière doit être apportée aux patients présentant ou susceptibles de présenter un pneumothorax ou un pneumo médiastin.

I-5.2 Principes physiologiques :

Les mécanismes physiologiques de l'oxygénothérapie hyperbare reposent sur deux lois physiques :

- **Laloi de Mariotte:** sous pression élevée le volume d'une éventuelle bulle de gaz va diminuer :

Exemple : quand on pousse le piston d'une seringue remplie d'air avec l'embout bouché, la pression de l'air augmente et le volume de l'air diminue.

- **Laloi de Henry:** sous pression la quantité de gaz dissous augmente :

Exemple : quand on pousse sur le piston d'une seringue remplie d'eau et d'air avec l'embout bouché, la pression dans la seringue augmente et la quantité d'air dissoute dans l'eau va augmenter.

I-6. Déroulement d'une séance : [2]

Dans un premier temps, il y a une phase de compression correspondant à une entrée d'air dans le caisson qui est fermé hermétiquement.

Le patient conscient qui vient pour une série de plusieurs plongées respire l'air ambiant.

Lorsque suffisamment d'air est entré dans le caisson pour atteindre la pression souhaitée, le patient va mettre un masque permettant d'inhaler 100% d'oxygéné.

Ce masque possède un extracteur permet d'évacuer les gaz expirés hors du caisson, afin de conserver l'air à l'intérieur du caisson à 21% d'oxygène.

La pression va rester constante pendant tout le palier.

Lorsque le temps d'inhalation présent est atteint, les patients retirent les masques O2 et la phase de décompressions peut débuter.

Cette phase sera coupée par les paliers de sécurité nécessaires.

I-7. Présentation d'une installation hyperbare : [4]



Figure 3: La production d'air.



Figure 4 : La filtration d'air.



Figure 5 : Le stockage de l'air.



Figure 6 : Le pupitre de commande.



Figure 7 : Le caisson hyperbare de l'hôpital de Vancouver

I-8.Homologation des chambres hyperbares et des dispositifs médicaux (DM) utilisés : [4]

a) L'oxygène est un phénomène dangereux « potentiel ».

- RISQUES :

La pression partielle élevée et le pourcentage d'oxygène dans l'atmosphère de la chambre hyperbare, associés avec un produit combustible, avec une source d'inflammation aggrave le risque d'incendie.

- RECOMMANDATIONS :

Avant d'installer un DM dans une chambre il faut :

- S'assurer que le DM ne contient aucun lubrifiant incompatible avec une atmosphère enrichie en O₂ ;
- S'assurer qu'il n'est pas composé de matériaux facilement inflammables et qu'il ne contient pas de produits inflammable tels que gel, alcool, éther, etc.

b) L'électricité est un phénomène dangereux « potentiel ».

- RISQUES :

La source d'inflammation telle que la production d'étincelles pour une raison quelconque ou la surchauffe associée.

- RECOMMANDATIONS :

- Il convient qu'une condition de premier défaut ne donne pas lieu à un phénomène dangereux.
- Il convient que les DM n'entraînent aucun risque d'inflammation.

- Utiliser des DM à basse énergie (basse tension, courant faible).
- Placer les sources d'énergies des dispositifs à l'intérieure de la chambre.

c) La **pression** est un phénomène dangereux « potentiel ».

- RISQUES :
 - Ecrasement, implosion ou explosion de certains composants sous l'effet de la variation de pression avec des effets secondaires tels risques de pannes, de courts-circuits, etc.
 - Altération des mesures enregistrées par les capteurs.
 - Altération des valeurs affichées.
 - Altération des débits et de la fréquence à laquelle le dispositif dispense les produits médicaux aux patients.
 - Au moment de la décompression, une éventuelle formation de bulles de gaz dans les liquides contenus dans le DM.
- RECOMMANDATIONS :

Avant d'installer un DM dans une chambre il faut :

- S'assurer qu'il ne contient aucun comprimé à pression atmosphérique fermé et que la pression dans tous les compartiments du DM est équivalente à celle de l'environnement ou qu'il est **résistant à la pression** ;
- S'assurer que les performances des capteurs du DM ne sont pas altérées ou peuvent être rectifiées ;
- S'assurer que le fonctionnement des composants électroniques intégrés dans le DM n'est pas altéré ;
- S'assurer que les débits, les pressions et les fréquences auxquelles le DM délivre les produits aux patients ne sont pas altérés ou au moins évalués avec précision.

✚ Dans ce chapitre, nous avons présenté les chambres hyperbares, leurs principes de fonctionnement ainsi que leurs installations, nous avons également défini l'OHB, ses domaines d'utilisation et ses risques d'utilisation.

1-9.NOUVEAUTES PAR RAPPORT AUX TRAVAUX PREEDENTS :

I-9-1. Introduction :

L'objectif de ce chapitre, est de présenter les différentes conceptions effectuées par nos collègues.

Nos collègues BENHAFSI [5], BENZIANE [6], MEDJBOUR et MIDOUNA [7] et BENSOTRA et MOULOUDI [8] ont réalisé différents conceptions.

Nous présentons ci-dessous les insuffisances de ces différents travaux, ainsi que les nouveautés introduits dans notre travail.

I-9-2. Insuffisances des conceptions précédentes :

1) BENHAFSI [5] :

Les principales insuffisances de la conception proposée par BENHAFSI[5] sont les suivantes :

- l'absence d'un plancher pour le mouvement des malades et des infirmiers à l'intérieur du caisson.
- l'absence du renforcement pour le plancher.
- diamètre insuffisant pour ajouter le plancher $\phi = 2$
- longueur insuffisante du caisson (**5,4 m**)

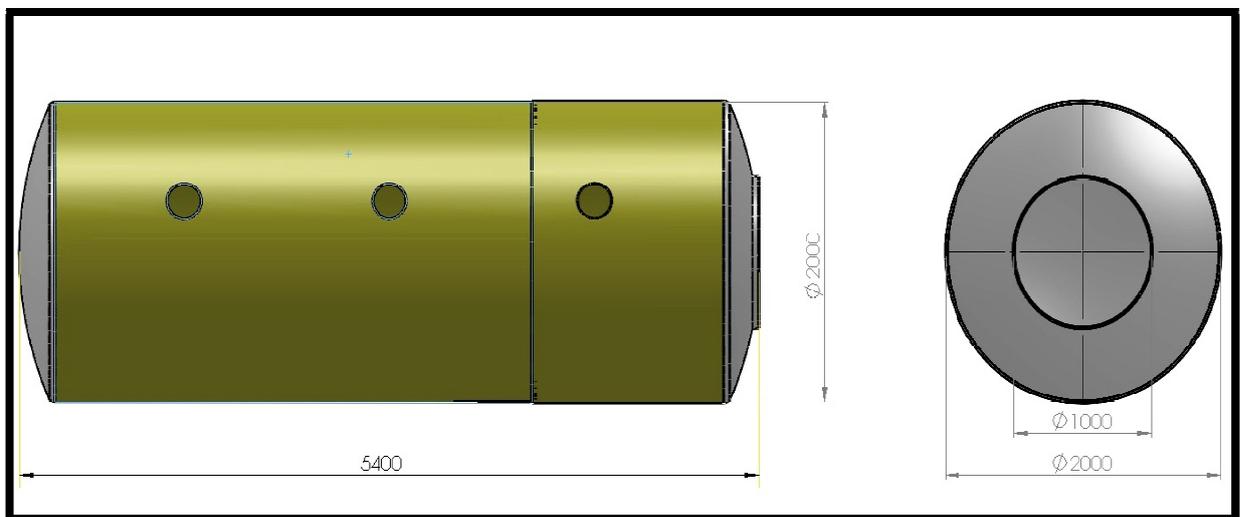


Figure 8 : Le caisson hyperbare de l'ancienne étude [6]

2) BENZIANE [6] :

Les principales insuffisances de la conception proposée par BENZIANE sont les suivantes :

- L'insuffisance du nombre de chambres.
- L'absence des trous de tuyauterie.
- L'insuffisance du nombre d'hublots.
- L'insuffisance du nombre de portes.
- La longueur est insuffisante pour ajouter une chambre (5.4 m de longueur).

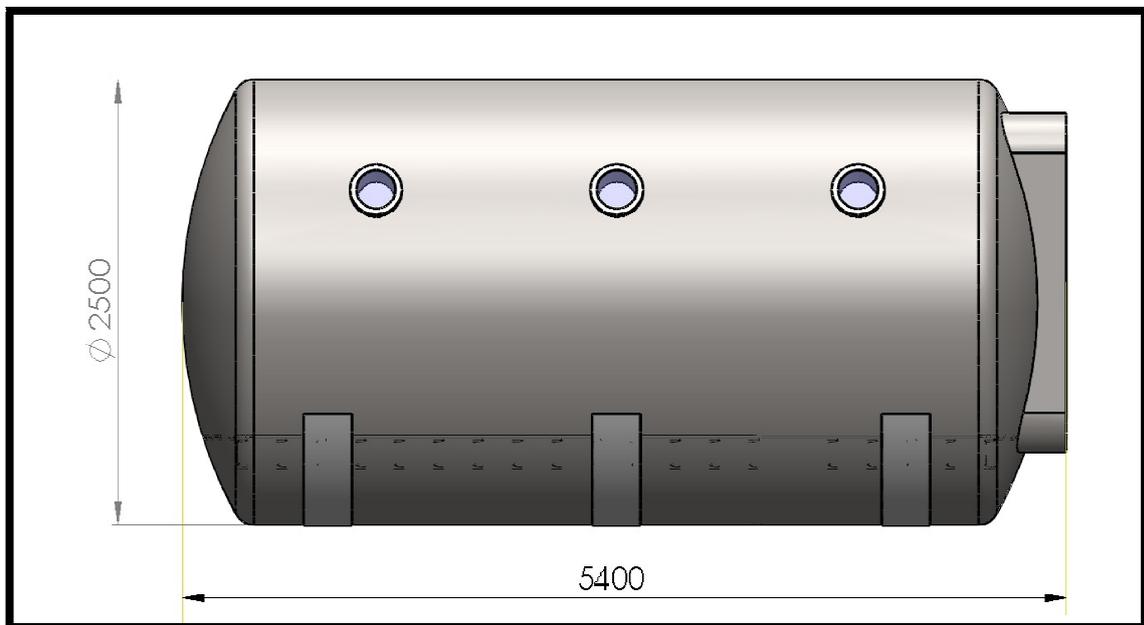


Figure9 : la conception du caisson hyperbare proposé par BENZIANE.

3) MEDJBOUR et MIDOUNA [7] :

Les principales insuffisances de la conception proposée par MEDJBOUR et MIDOUNA sont les suivantes :

- L'absence des trous de tuyauteries dans la conception utilisée dans la modélisation numérique.
- L'insuffisance du nombre d'hublots.

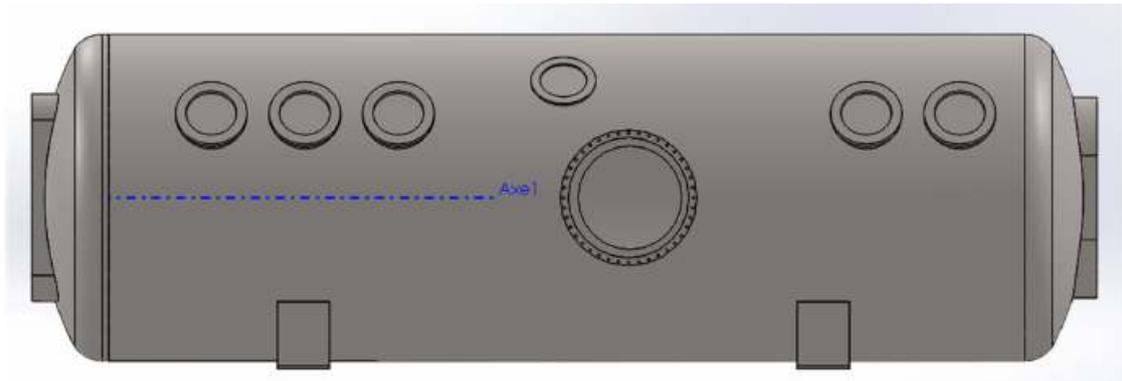


Figure10 :La conception du caisson hyperbare proposé par MEDJBOUR et MIDOUNA.

4) BENSOTRA et MOULOUDI [8] :

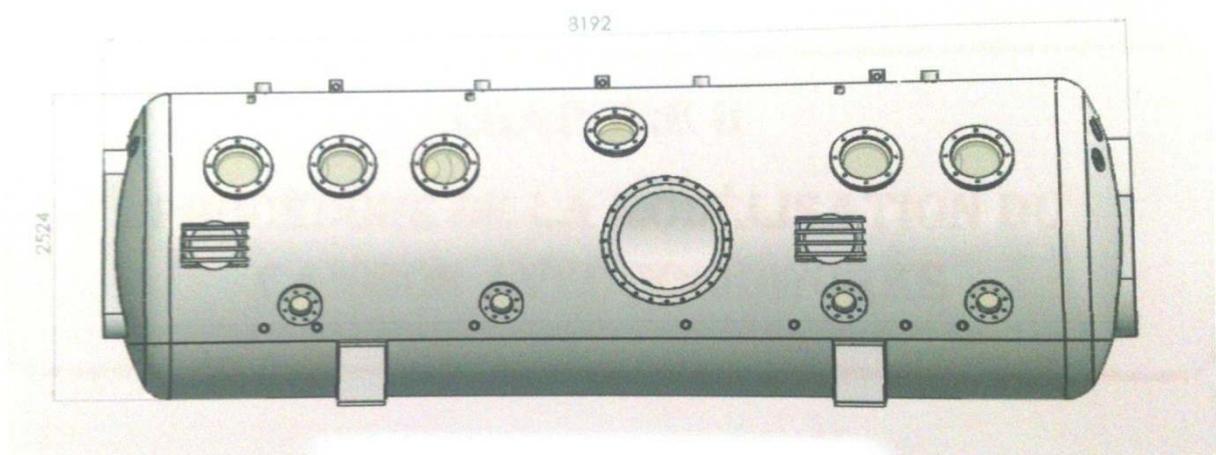


Figure11 : La conception du caisson hyperbare proposée par BENSOTRA et MOULOUDI.

Cette conception est le plus complète, cependant son principal défaut est l'ajout d'une plancher étanche, qui a introduit une surcharge supplémentaire pour la structure (Figure 12).

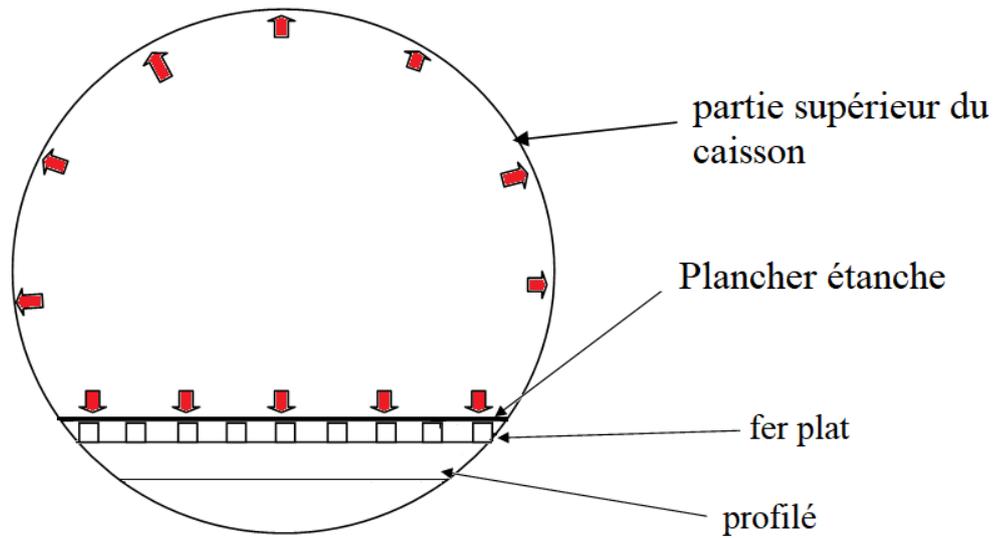


Figure 12 : pression appliqué sur la plancher et sur la partie supérieure du caisson

I-10 .Conception actuelle :

D’ans l’ancienne conception la pression a été mal appliquée, Nous avons repris la conception de BENSOTRA et MOULOUDI [8], avec les modifications suivantes :

■ Nous avons supprimé le plancher étanche, et appliqué la pression directement sur le fer – plat (Figure 13).

■ Nous avons également ajouté des cordons de soudures dans certains parties de la structure (Figure 14).

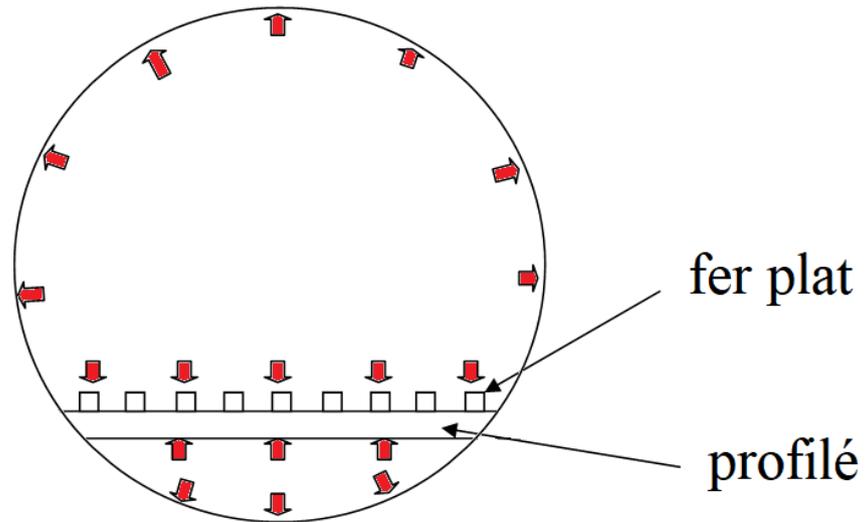


Figure13 : pression appliqué sur fer plat et profilé

Nous présentons sur la figure 14 notre nouvelle conception, où la couleur rouge présente les cordons de soudure extérieure.

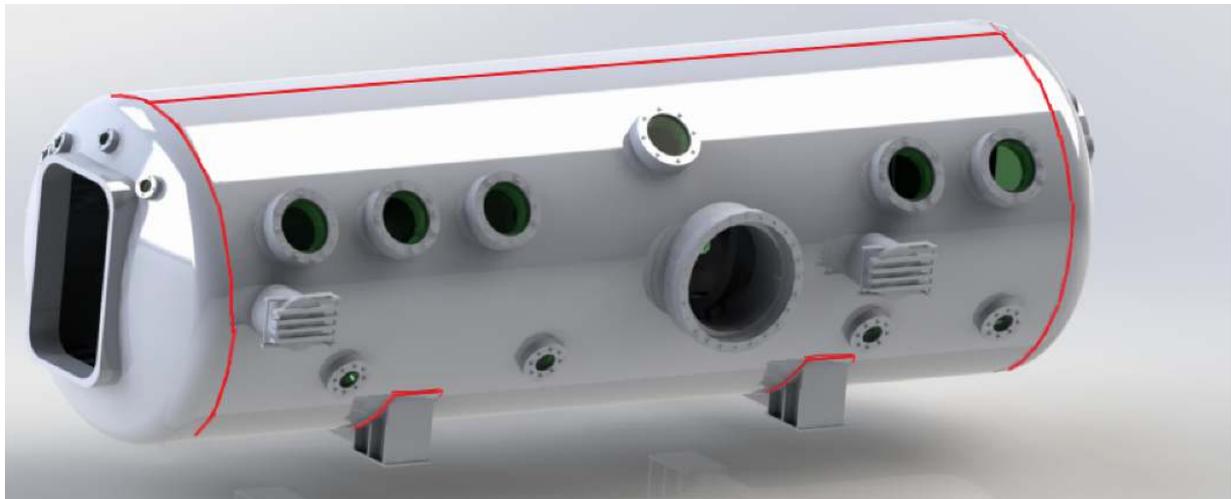


Figure14 : nouvelle conception(cordon de soudure en rouge).

I-11. Type de cordon de soudure :

■ Il existe différents types des cordons de soudure utilisés pour l'assemblage de la construction soudée.

■ Nous choisissons un seul type de cordon dans notre travail type "B", (Figure15).

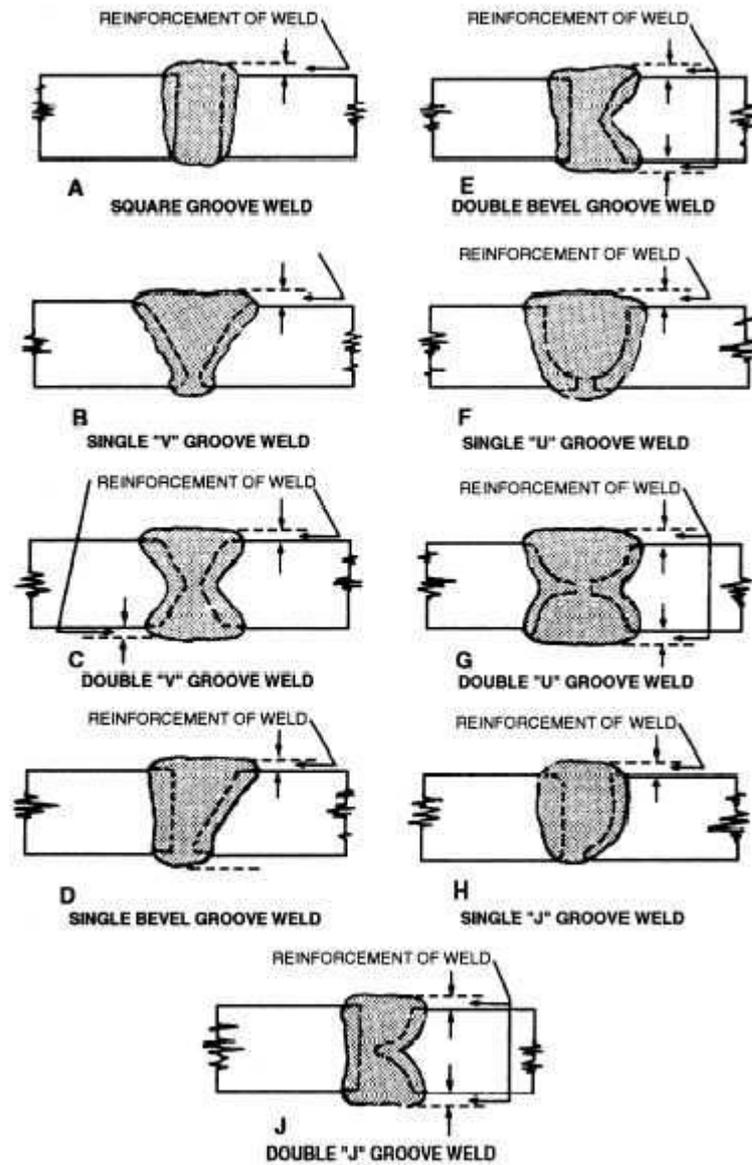


Figure15 : différents types des cordons de soudure

I-12 Matériau de soudage [12]

Normes

ER 70S-3

Numéro de matériau 1.5112

Matériaux

S185 - S275JR, S355J0 - S355, S255N - S355N, P255NH - P355NH, P235GH, P265GH, P310GH

-Convient pour les aciers de cuves et les tuyauteries.

- Bain de fusion visqueux, bonne maîtrisabilité.

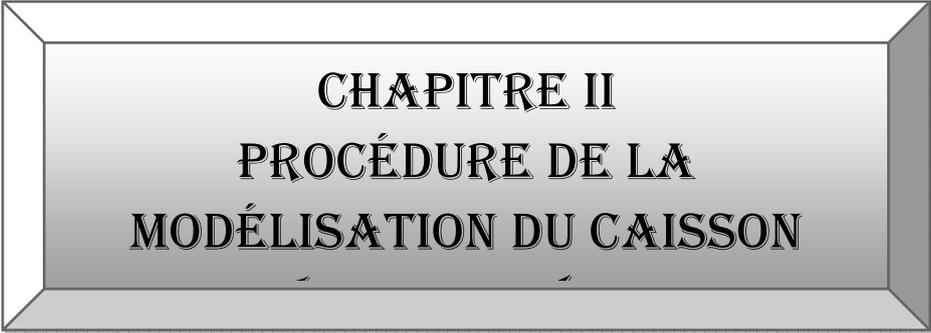
Caractéristiques mécaniques :

Densité : 19300 kg/m^3

Limite d'élasticité : 405 Mpa

Module de Young : $4,06 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$

Coefficient de poisson : 0.3



CHAPITRE II
PROCÉDURE DE LA
MODÉLISATION DU CAISSON

II-Introduction :

Dans ce chapitre, nous présenterons la conception du caisson par SOLIDWORKS.

Nous retenons les dimensions du caisson ont proposée par BENSOTRA et MOULOUDI [8]. Dans un premièretemps, nous détaillons la procédure de la conception avec SOLIDWORKS pour le cas “ **sans soudure** “. En suite nous présentons les détails de la modélisation des soudures pour le cas “ **avec soudure** “.

II-1.Description du caisson :

L’enceinte métallique du caisson est en acier E36 [9].Le verre pour les hublots est le verre acrylique V052, dont les propriétés sont présentées ci-après .La longueur du caisson est de **8,192m** et le diamètre de **2,5m** .Il est conçu pour recevoir un maximum de onze patients, dont un alité et dix chaises. Nous présenterons ci-dessous l’estimation pour les déférentes dimensions des composantes :

- Les dimensions de la porte extérieure (Figure24) à **800 mm** de largeur et **1.450 m** de hauteur, et ceux de la porte rectangulaire (Figure26) à **900 mm** de largeur et **1.450 m**.
- Les dimension de portes intérieures sont de **1mètre** de diamètre.
- L’épaisseur du verre acrylique est de **40mm** pour les hublots hauts et **30mm** pour les hublots bas.
- Nous avons choisi le profilé UPN 140 et le fer plat 10x80mm (tableau 1.2).

II-2.Le verre acrylique (plexiglas) :[9]

II-2-1 : Définition :

Le **plexiglas (PPMA)**, de nom chimique : poly méthacrylate de méthyle, est une matière plastique du groupe des résines acryliques, inventée par Bradel à la fin du 18 ème siècle. Ce polymère est un **thermoplastique transparent** issu du monomère méthacrylate de méthyle (MMA).

Le nom **plexiglas** est un nom commercial déposé .En effet, c’est le nom de commercialisation en Amérique, et **Altuglas** est le nom de commercialisation en Europe, Asie, Afrique, et au Moyen-Orient.

Ce polymère existe également sous d’autres noms tels que **plastique acrylique ,verre acrylique, PMMA,plex...**

Module de Young est en **psi** .Nous avons converti l’unité de psi en MPa .

Masse volumique : 1190 KG/m³.

Module de Young : 3100 MPa.

Limite d’élasticité : 70MPa

On a estimé le coefficient de poisson à 0.3 car on n’a pas trouvé sa valeur dans la bibliographie.

II-3.Les profilés de construction:[10]

Les profilés de construction sont des produits longs obtenus par laminage à chaud, extraits des blooms et billettes, dont la section droite (forme transversale) rappelle les lettres : I, H et U.

- Ils sont caractéristiques par : leur hauteur qui est supérieur ou égale à 80 mm
- leur âme qui est raccordée par des congés aux faces intérieures des ailes
- les faces extérieures des ailes qui sont parallèles
- leurs ailes sont symétriques et de largeur égale.

Il existe plusieurs types de profilés :

IPE	poutrelles à ailes parallèles
IPN	poutrelles à ailes inclinées
HE	poutrelles à ailes très larges
HD	poutrelles-colonnes
HP	pieux-colonnes
UAP	fers U à ailes parallèles
UPN	fers U à ailes inclinées

Tableau 1: Les types de profilés

II-3-1.Profil en U :[10]

Les profilés en U sont principalement utilisés comme poutrelles. Le plat qu'ils présentent permet e simplifier les assemblages.

Plusieurs familles les classent :

- Poutrelle UPN (profil normalisé) : ailes à épaisseur variable.
- Poutrelle UAE : ailes parallèles à épaisseur constante.

Les sections se caractérisent par une hauteur qui est le double de la largeur. Cette hauteur varie de 80 à 400 mm.

Ces profilés sont utilisés comme poutres fléchies en bord de toiture, en poutre ou en poteau moisé ou encore en diagonales de contreventement.

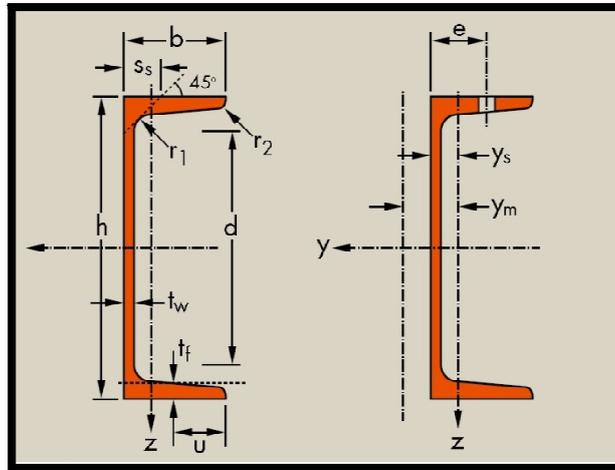


Figure 16 : Profil UPN (profil normalisé)

Désignation	Dimensions						A mm ² x10 ²	Dimensions de construction	Surface		
	G kg/ m	h mm	B Mm	t _w mm	t _f mm	r ₁ mm		r ₂ mm	d mm	A _L m ² /m	A _G m ² /t
UPN 80	8,64	80	45	6,0	8,0	8,0	4,0	11,0	47	0,312	37,10
UPN 100	10,6	100	50	6,0	8,5	8,5	4,5	13,5	64	0,372	35,10
UPN120	13,4	120	55	7,0	9,0	9,0	4,5	17,0	82	0,434	32,52
UPN140	16,0	140	60	7,0	10,0	10,0	5,0	20,4	98	0,489	30,54
UPN 160	18,8	160	64	7,5	10,5	10,5	5,5	24,0	115	0,546	28,98

Tableau 2: Profil UPN (profil normalisé)

II-3-2.Profils pleins :[11]

➤ Les plats et larges plats:

Ce sont des profilés dont la section est rectangulaire. L'épaisseur varie de 3 à 50 mm et la largeur de 10 à 150 mm pour les plats. L'épaisseur varie de 5 à 50 mm et la largeur de 160 à 500 mm pour les larges plats.

➤ Les ronds et demi-rondes :

Ce sont les profilés dont la section est circulaire ou semi-circulaire. Le diamètre est de 5 mm à 250 mm pour les ronds. Pour les demi-rondes la largeur varie de 10 à 60 mm avec une hauteur de moitié. Ils sont utilisés pour la serrurerie.

➤ **Les carrés :**

Ce sont des profilés dont le côté varie de 6 mm à 150 mm.

➤ **Les hexagones :**

Ce sont des profilés dont la section est un hexagone. Les dimensions sont données par le plat de l'une des faces qui varie de 6 à 69 mm

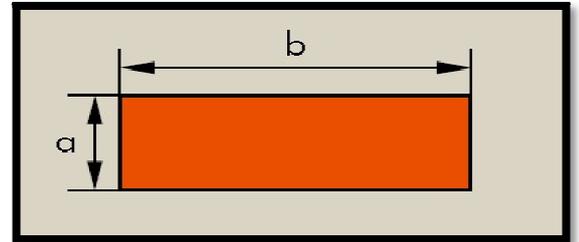


Figure 17 : Larges plats.

✚ Dans ce chapitre on a présenté les nouveautés introduites dans cette thèse, qui seront

la base de notre étude dans les prochains chapitres

En suivant les étapes de la conception avec le logiciel SOLIDWORKS présenté dans le travail précédant effectuée par notre collègue BENHAFSLR [6], on construit un caisson similaire en modifiant le diamètre et la porte extérieure et on l'ajoute le plancher et son renforcement .

II-4. Conception du caisson “sans soudure“ :

- Dans un plan de face, on dessine l'esquisse du caisson et on spécifie toutes les dimensions nécessaires : longueur totale 8192 mm, diamètre 2500 mm .
- Pour le fond bombé choisit le type GRC.

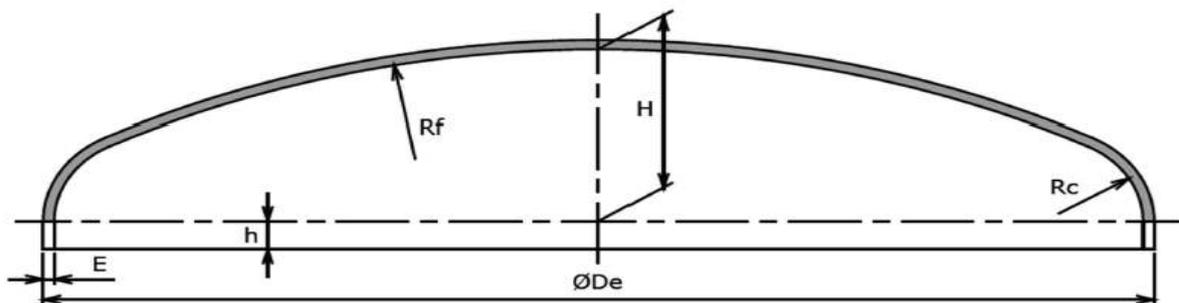


Figure18 :Fond bombé GRC.

De(mm)	E(mm)	Rf(mm)	Rc(mm)	h1(mm)	h2(mm)
2500	12	2500	250	50	480

Tableau 3: Fond bombé GRC

	Largeur b mm	Epaisseur a mm																
		5	6	7	8	10	12	14	15	16	18	20	25	30	35	40	45	50
Masse kg/m	20	0,785	0,942	1,10	1,26	1,57	1,88	2,20	2,36									
	25	0,981	1,18	1,37	1,57	1,96	2,36	2,75	2,94	3,14	3,53							
	30	1,18	1,41	1,65	1,88	2,36	2,83	3,30	3,53	3,77	4,24	4,71						
	35	1,37	1,65	1,92	2,20	2,75	3,30	3,85	4,12	4,40	4,95	5,50	6,87					
	40	1,57	1,88	2,20	2,51	3,14	3,77	4,40	4,71	5,02	5,65	6,28	7,85	9,42				
	45	1,77	2,12	2,47	2,83	3,53	4,24	4,95	5,30	5,65	6,36	7,07	8,83	10,6				
	50	1,96	2,36	2,75	3,14	3,93	4,71	5,50	5,89	6,28	7,07	7,85	9,81	11,8	13,7			
	55	2,16	2,59	3,02	3,45	4,32	5,18	6,04	6,48	6,91	7,77	8,64	10,8	13,0	15,1			
	60	2,36	2,83	3,30	3,77	4,71	5,65	6,59	7,07	7,54	8,48	9,42	11,8	14,1	16,5	18,8		
	65	2,55	3,06	3,57	4,08	5,10	6,12	7,14	7,65	8,16	9,18	10,2	12,8	15,3	17,9	20,4	23,0	
	70	2,75	3,30	3,85	4,40	5,50	6,59	7,69	8,24	8,79	9,89	11,0	13,7	16,5	19,2	22,0	24,7	27,5
	75	2,94	3,52	4,11	4,71	5,80	7,07	8,24	8,82	9,42	10,52	11,8	14,7	17,7	20,6	23,6		
	80	3,14	3,77	4,40	5,02	6,28	7,69	9,07	9,68	10,30	11,42	12,8	15,8	18,8	22,0	25,1	28,3	31,4
	90	3,53	4,24	5,02	5,80	7,29	8,91	10,60	11,30	12,02	13,14	14,7	18,2	21,2	24,7	28,3	31,8	35,3

Tableau 4: Fers plats (profil normalisé)

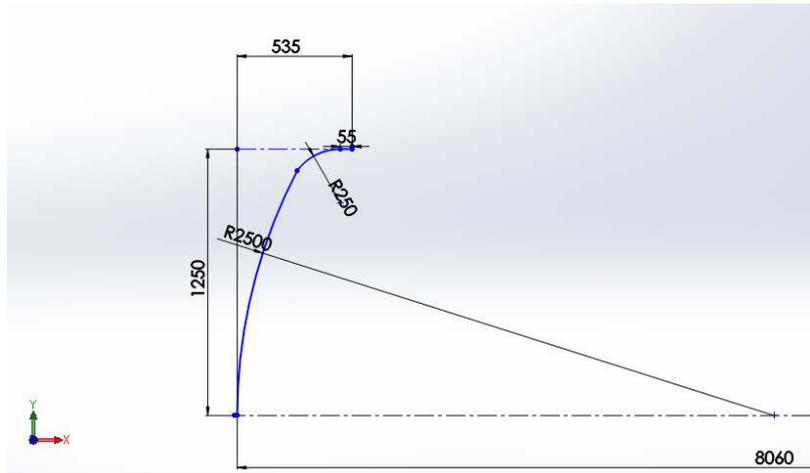


Figure 19: L'esquisse du fond bombé.

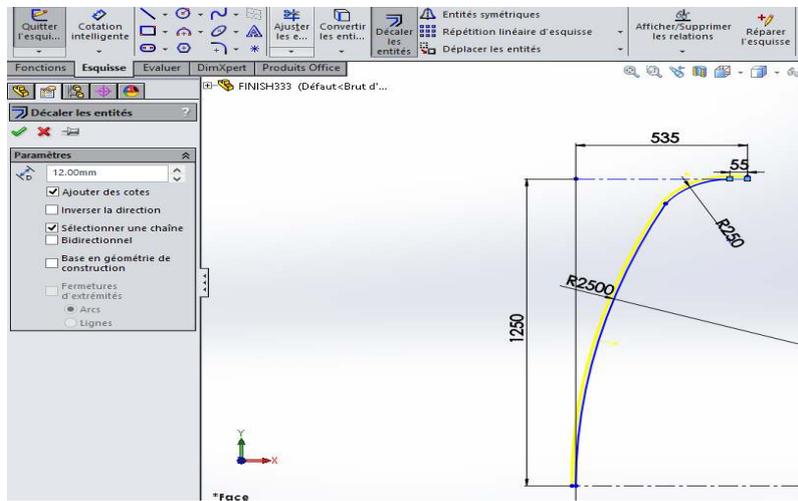


Figure20: Décalage des entités du fond bombé.

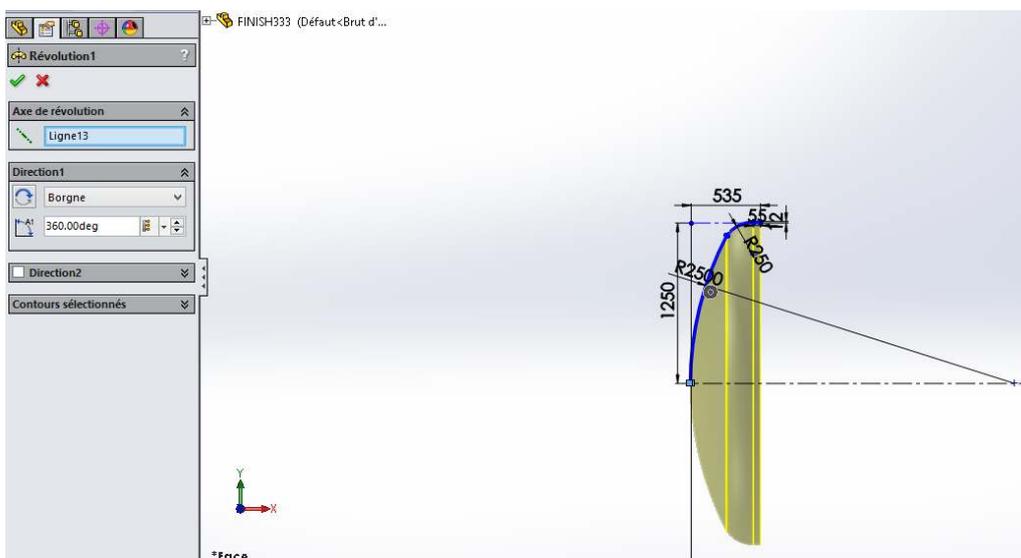


Figure 21: La forme 3D du fond bombé.

- Nous travaillerons sur l'esquisse sélectionnée, puis il va falloir cliquer sur " convertir les entités " pour permettre de convertir un profil de surface en une esquisse.

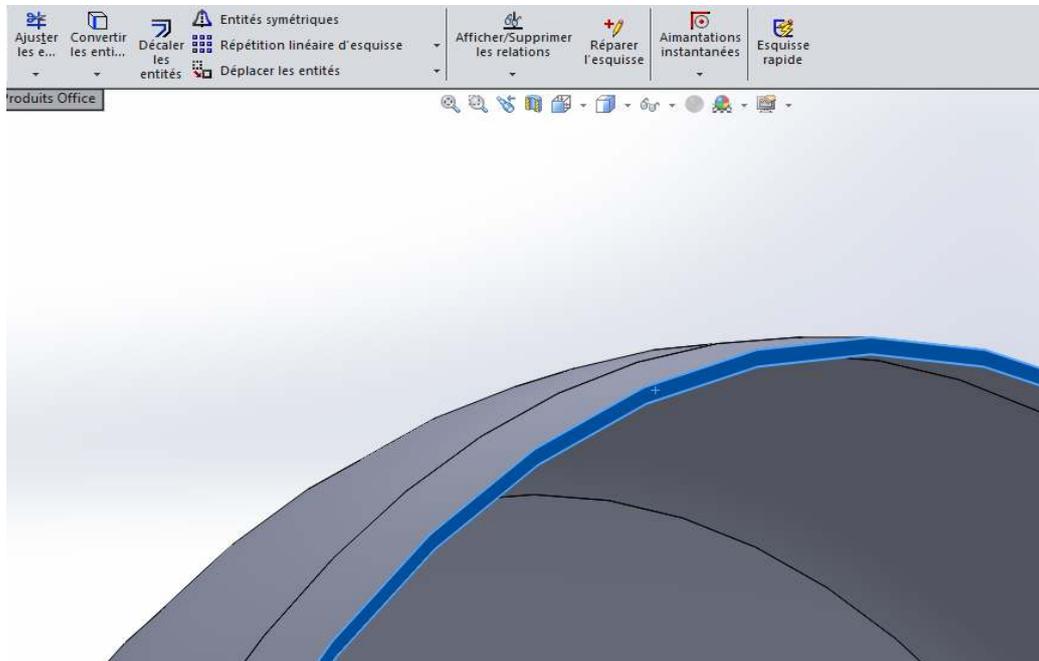


Figure 22: Convertir les entités.

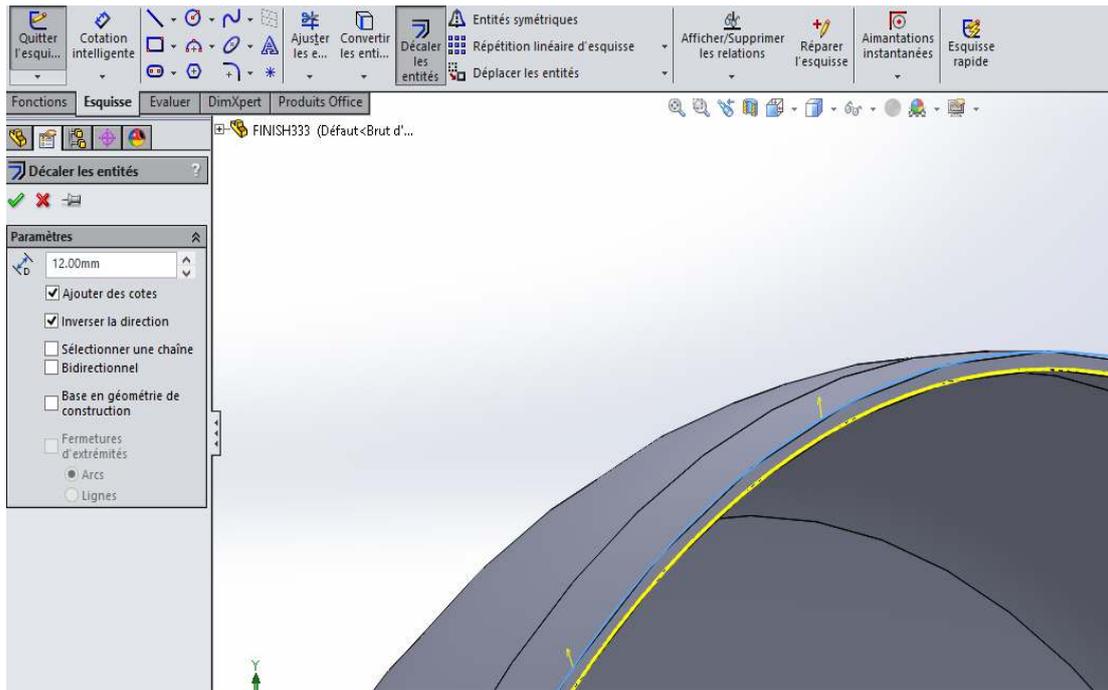


Figure 23: Décaler les entités.

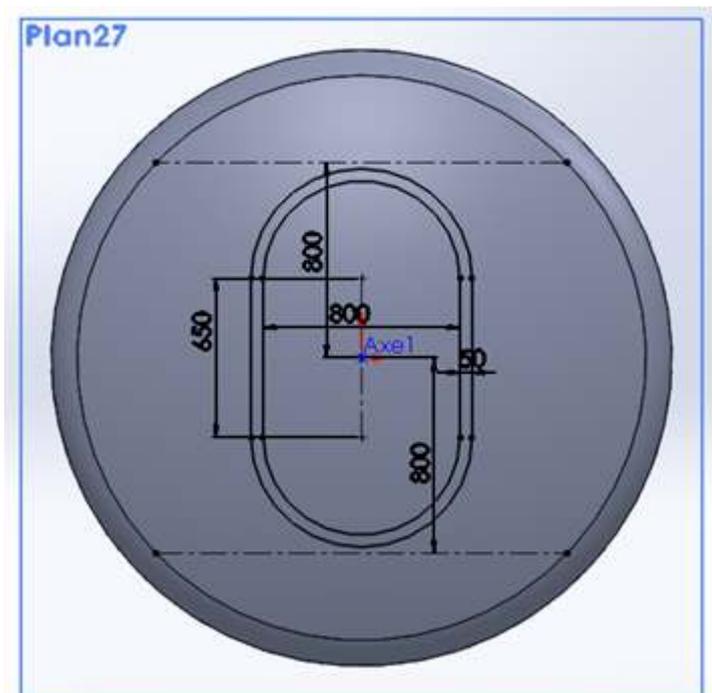


Figure 24: Esquisse de la porte extérieure.

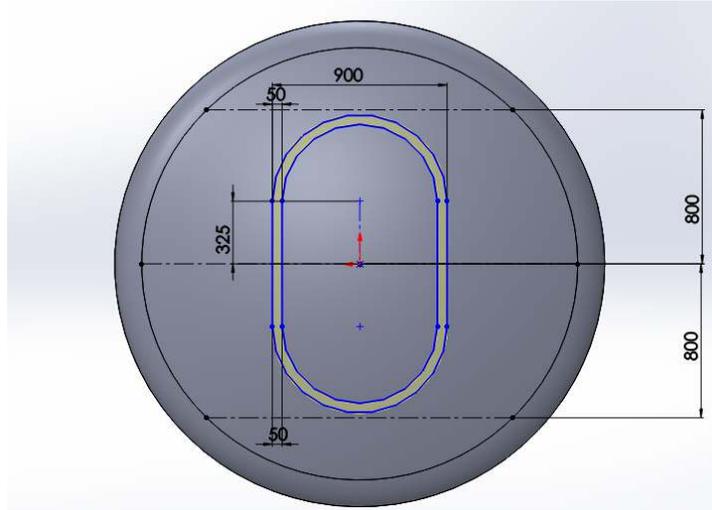


Figure 25 : bossage de la porte extérieure

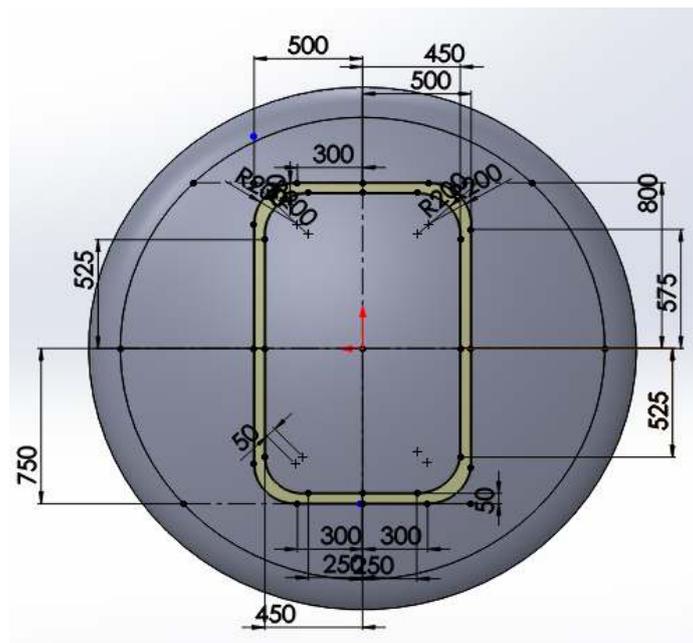


Figure26 : bossage de la porte extérieure

■ Sur ce plan on dessine un cercle de rayon 1250mm et on fait bossage de 6968mm

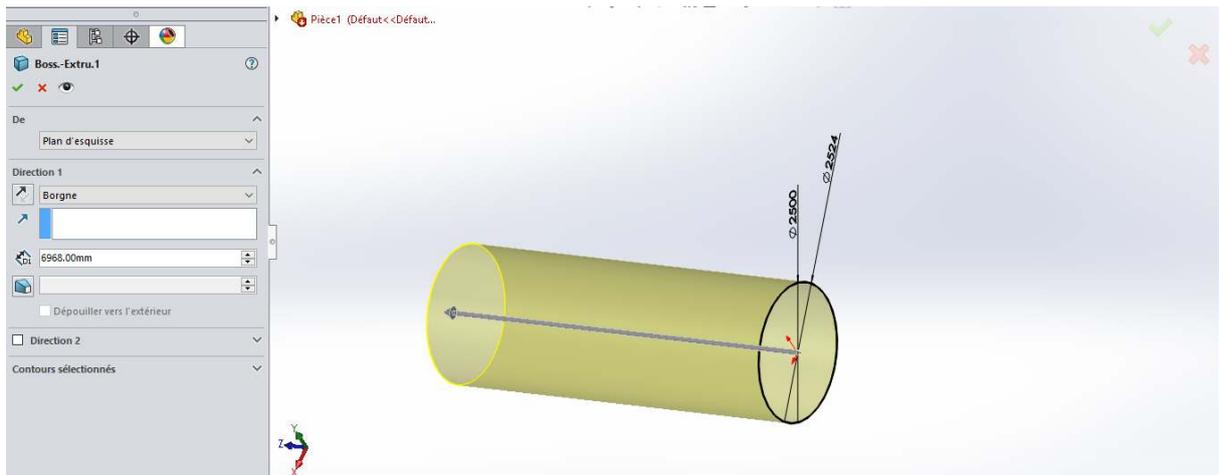


Figure 27 : La forme 3D du cylindre

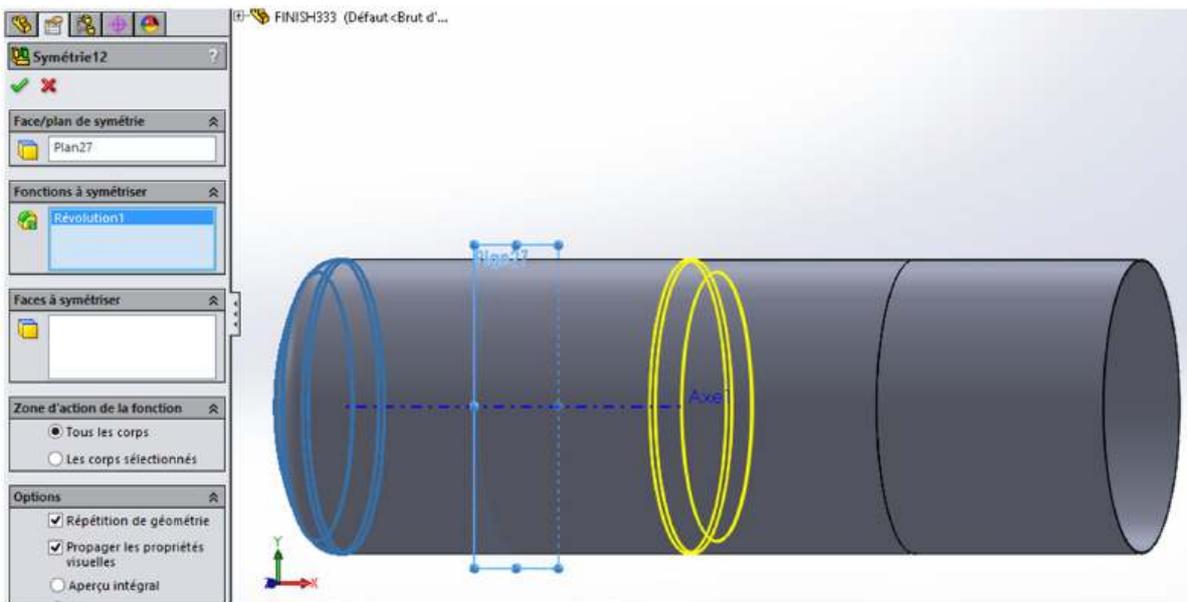


Figure 28: Répétition linéaire du fond bombé.

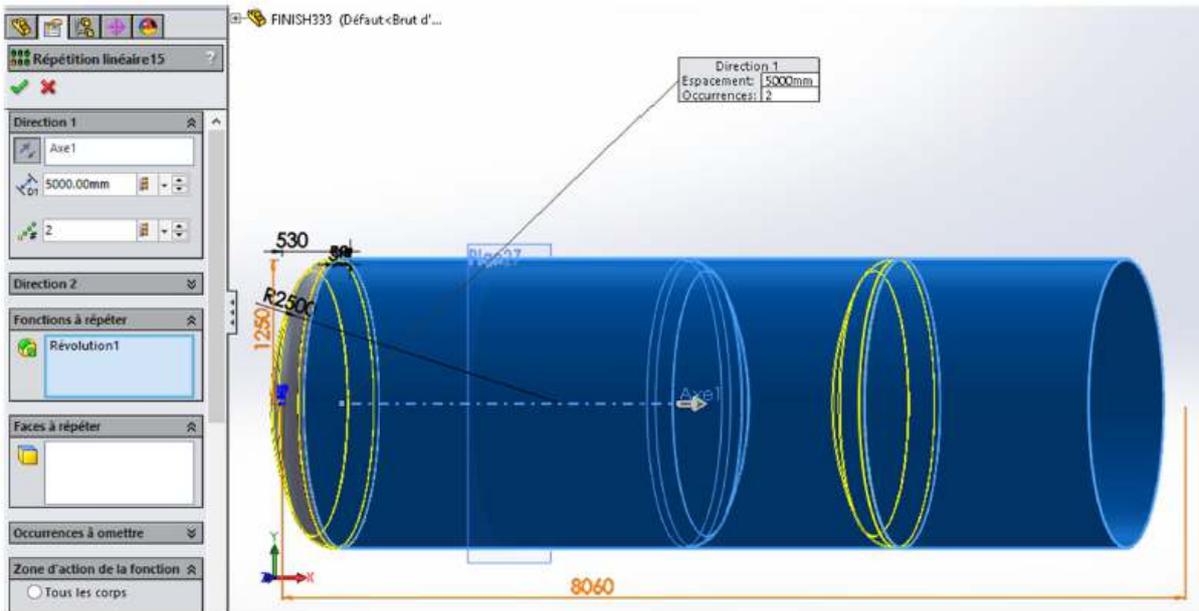


Figure 29:2eme Répétition linéaire du fond bombé

- Sur le plan, on dessine l'esquisse d'une porte circulaire avec un diamètre de 1000 mm, puis on sélectionne notre esquisse en cliquant sur "Base/Bossage extrudé".

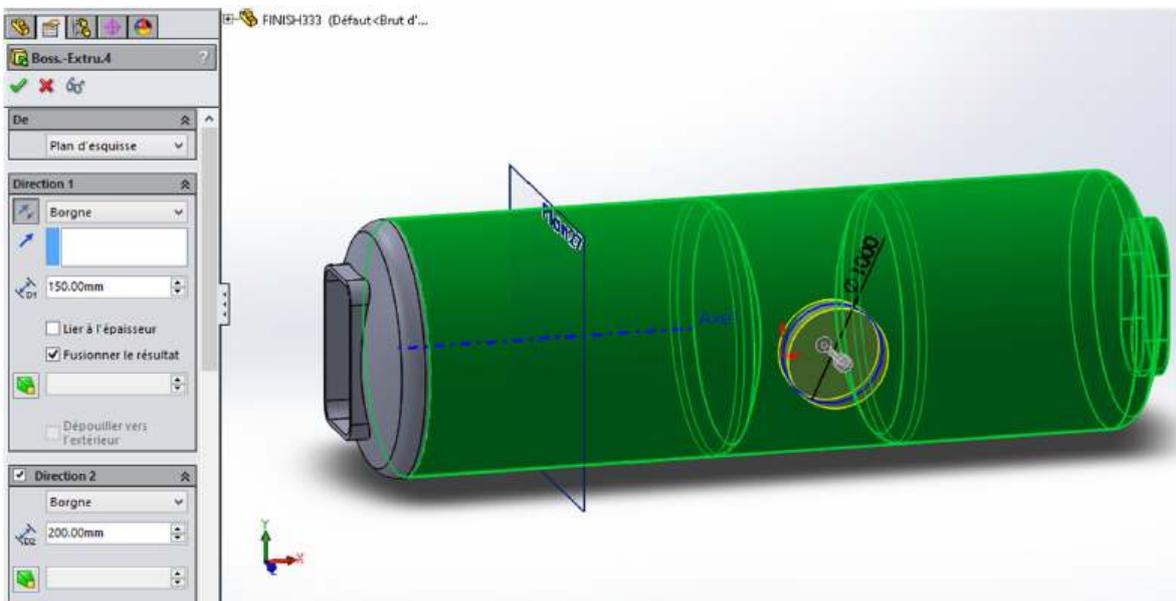


Figure 30: Fonction de base bossage par extrudé de la porte circulaire.

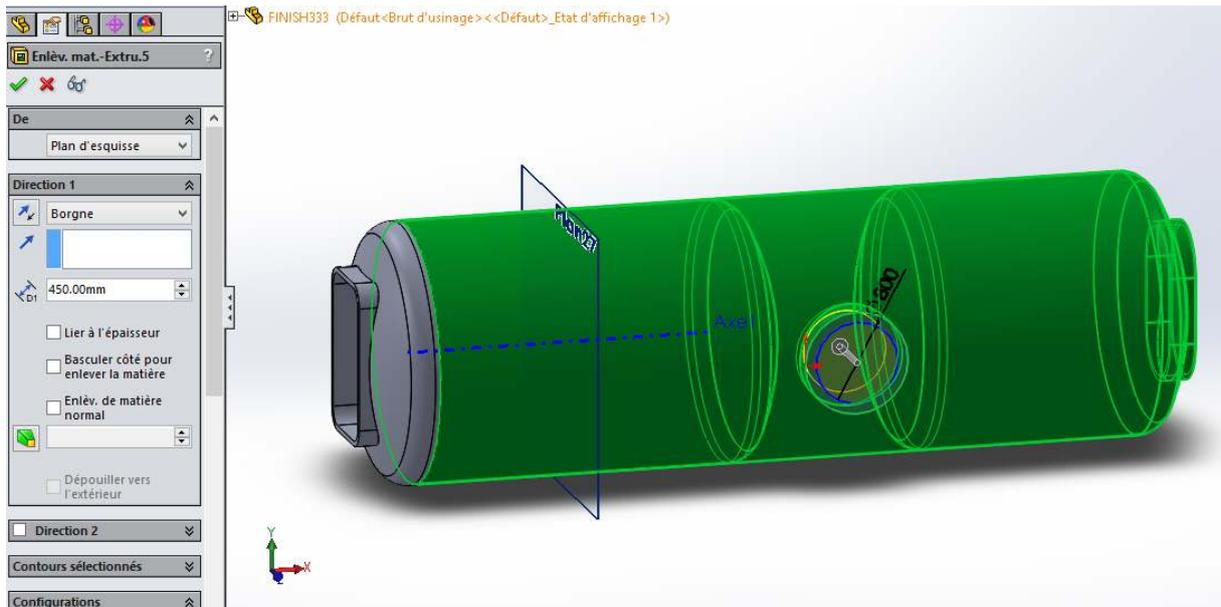


Figure 31: Fonction enlèvement de matière extrudé de la porte circulaire.

- Créer une esquisse d'un trou de diamètre de 20 mm, puis cliquer sur "répétition circulaire".

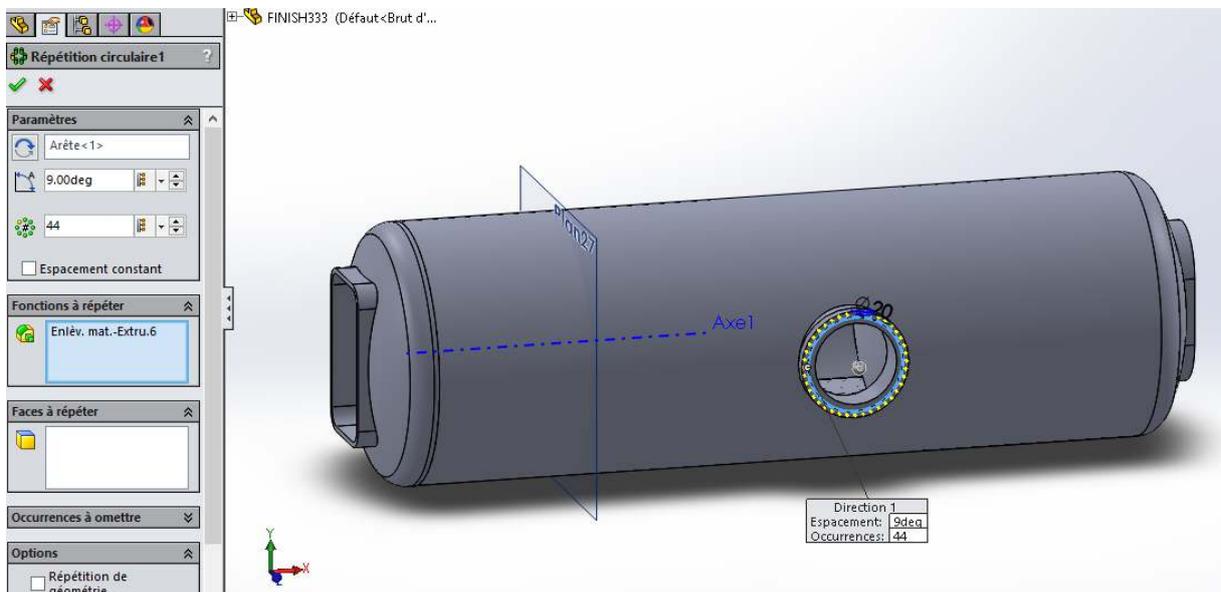


Figure 32: Répétition circulaire des trous sur la porte circulaire.

II-4-1.Création des hublots:

On a créé une esquisse 3D puis un plan 12 pour dessiner notre esquisse d'hublot.



Figure 33: Créer un esquisse 3D et plan 12.

- Sur le plan 12, on dessine l'esquisse d'hublot avec un diamètre de 550 mm, puis on clique sur "Base/Bossage extrudé".

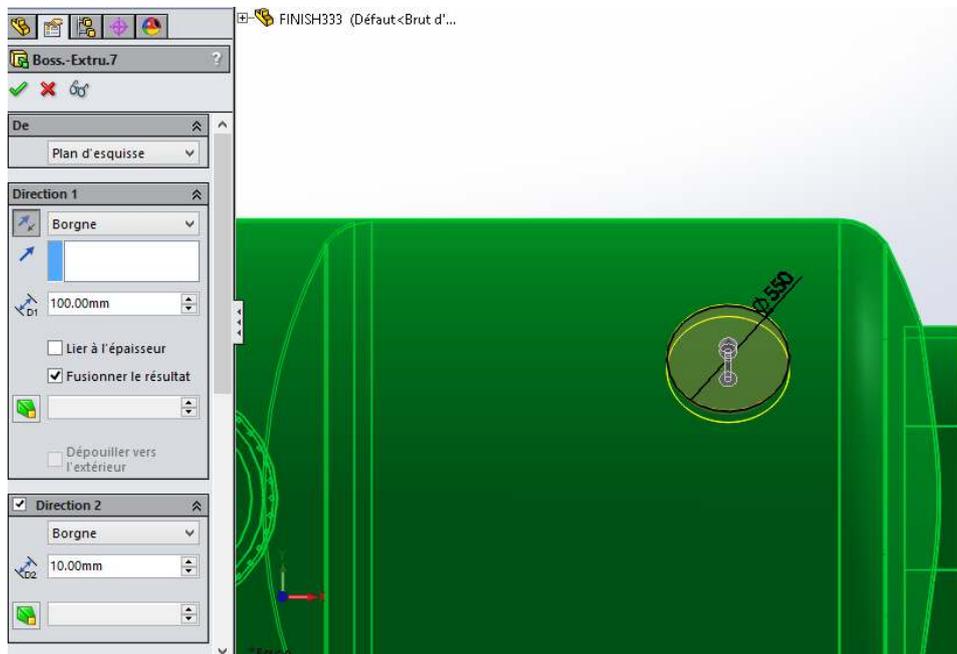


Figure 34: Fonction de base bossage par extrudé d'hublot.

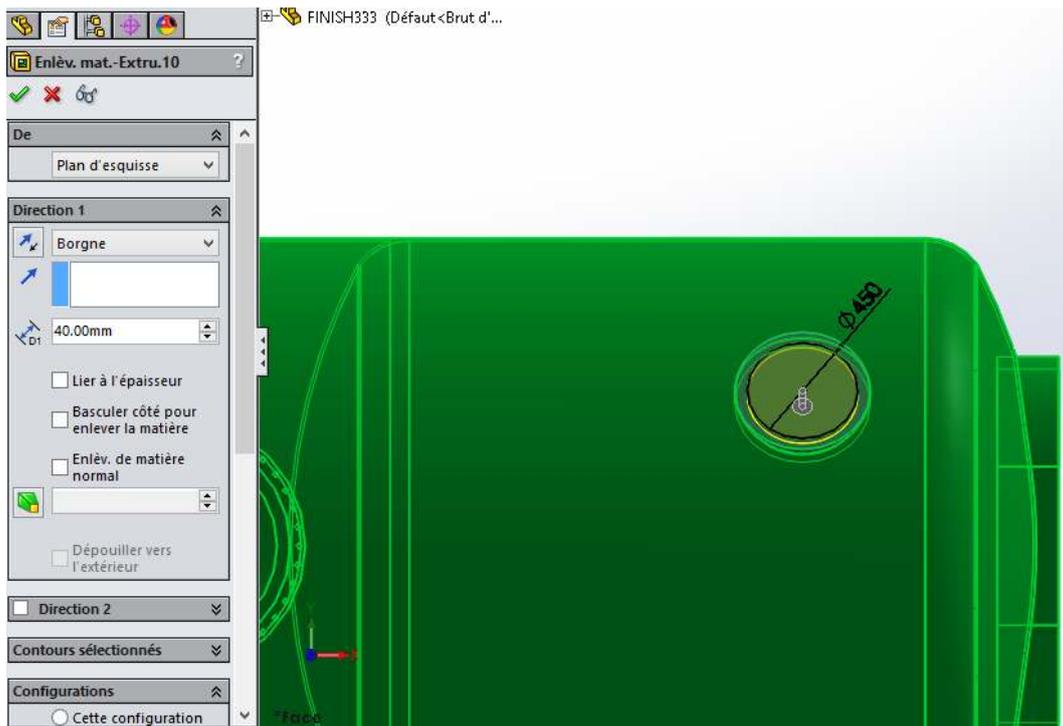


Figure 35: Fonction enlèvement de matière extrudé d'hublot.

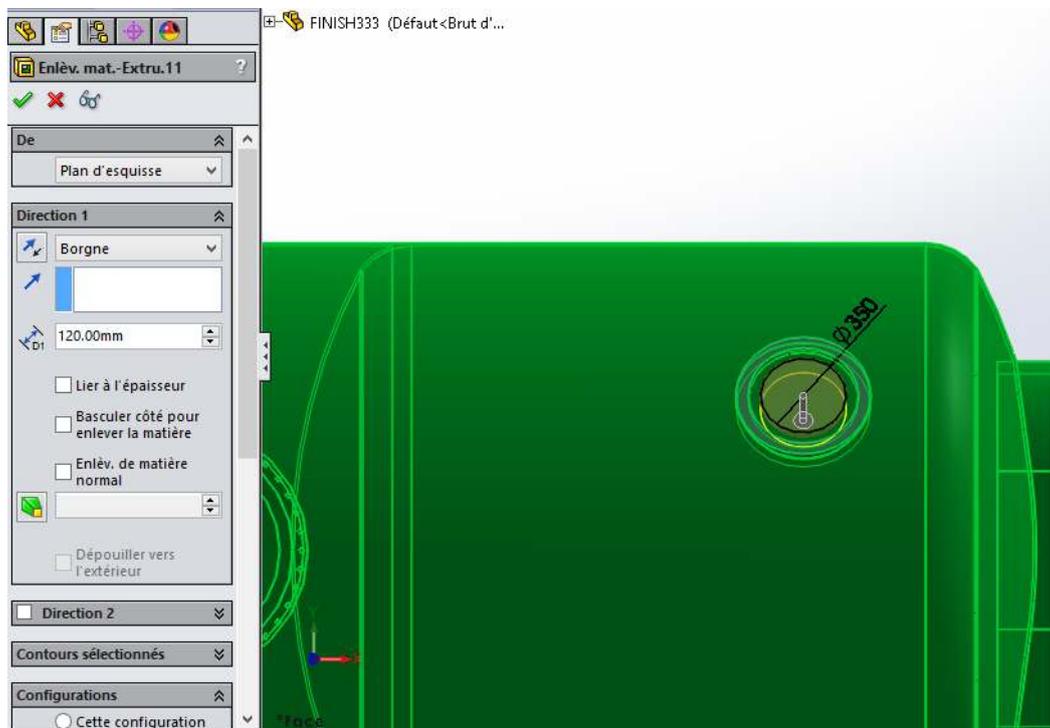


Figure 36: Fonction enlèvement de matière extrudé d'hublot.

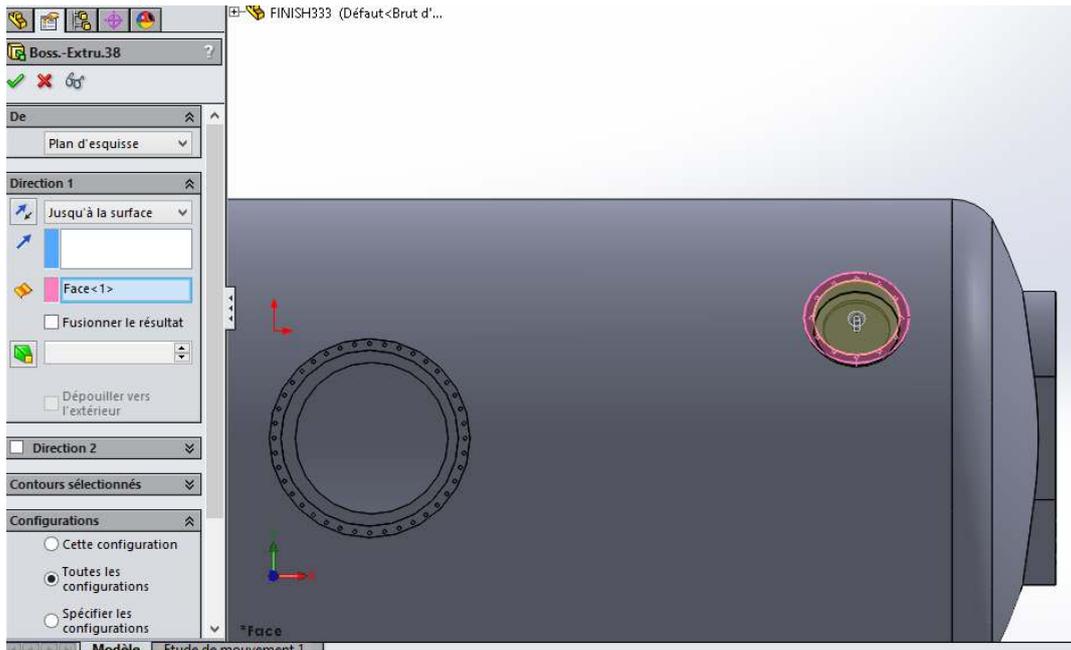


Figure 37: Fonction de base bossage par extrudé d'hublot.

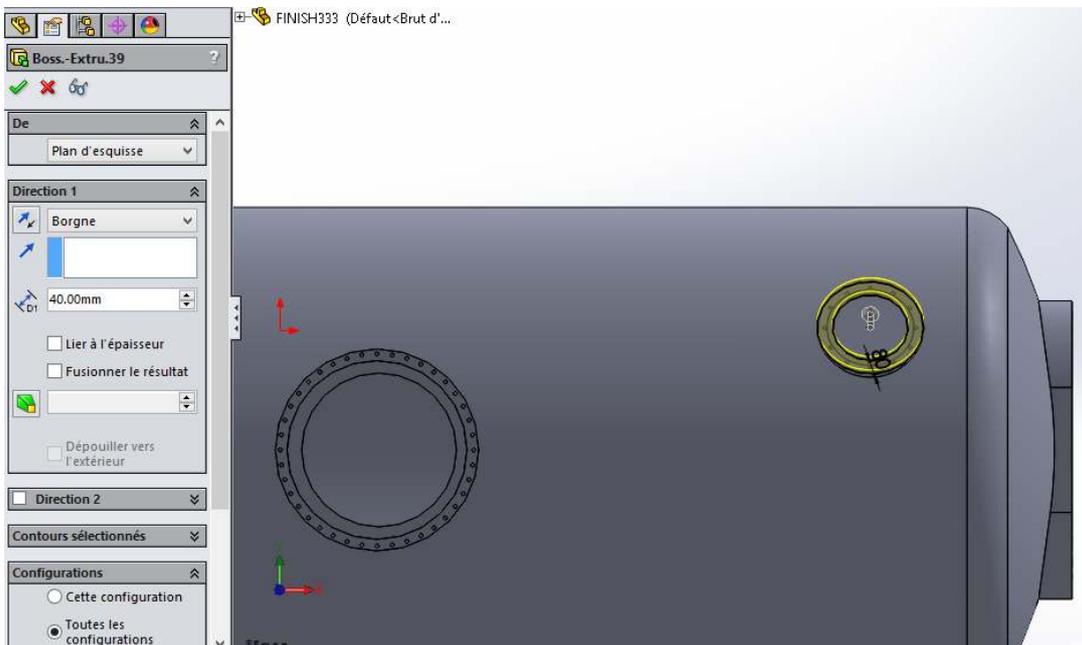


Figure 38: Fonction de base bossage par extrudé d'hublot.

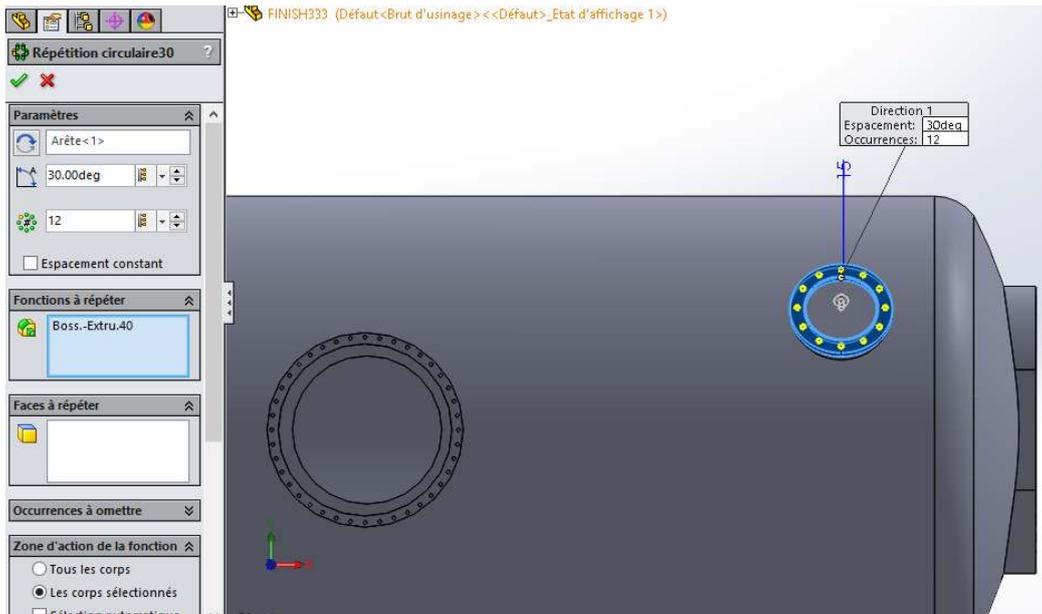


Figure 39: Répétition circulaire des trous d'hublot.

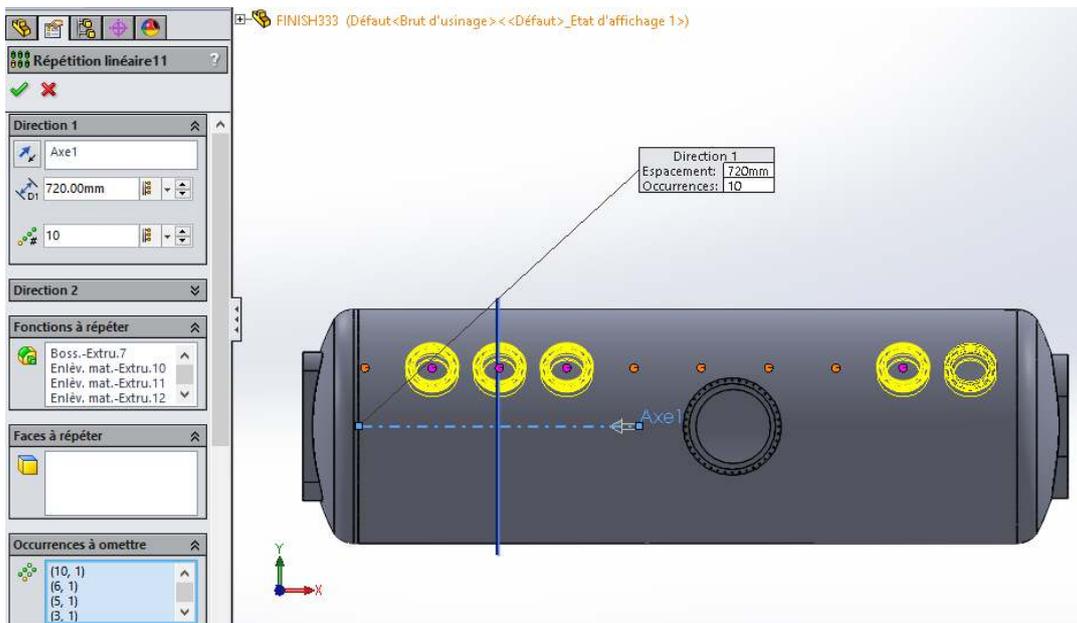


Figure 40: Répétition linéaire d'hublot.

II-4-2.Création d'une Serrure de transfert de médicaments :



Figure 41:La serrure de transfert de médicaments [8].

- Sur le plan 8, on dessine une esquisse circulaire de diamètre 400 mm, puis on clique sur "Base/Bossage extrudé".

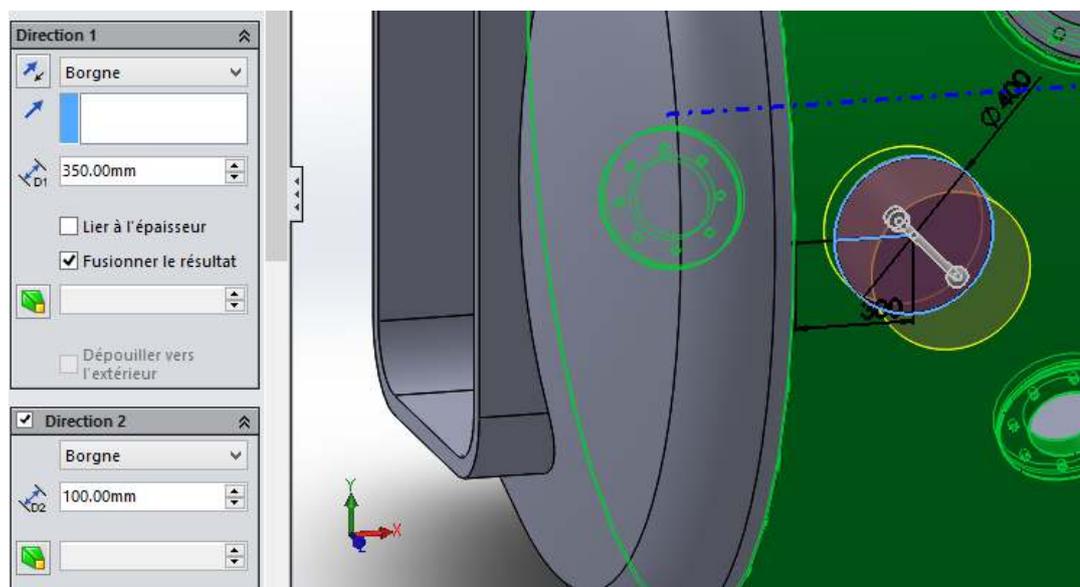


Figure 42: Fonction de base bossage par extrudé.

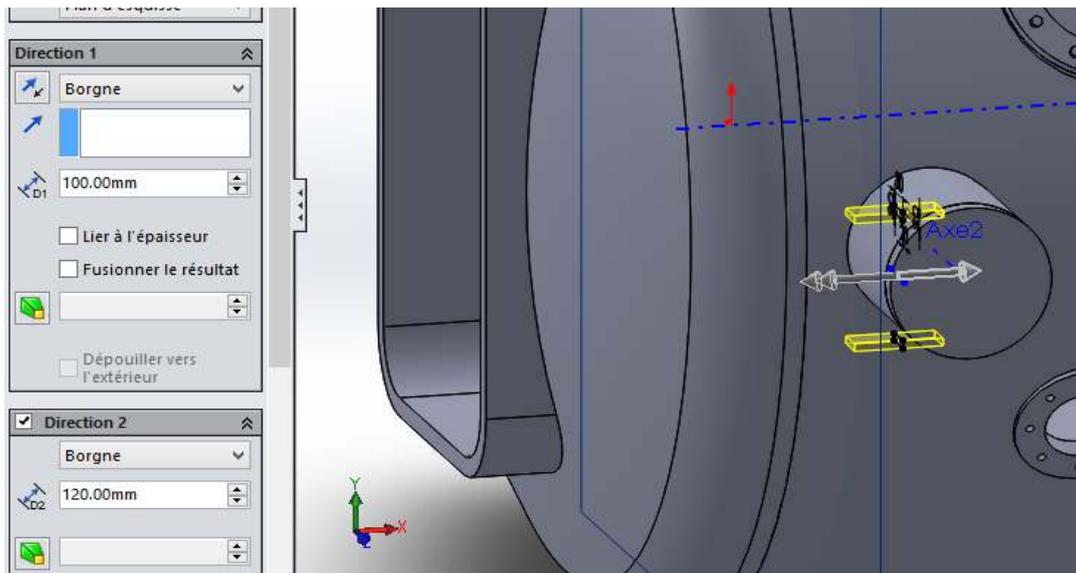


Figure 43: Fonction de base bossage par extrudé.

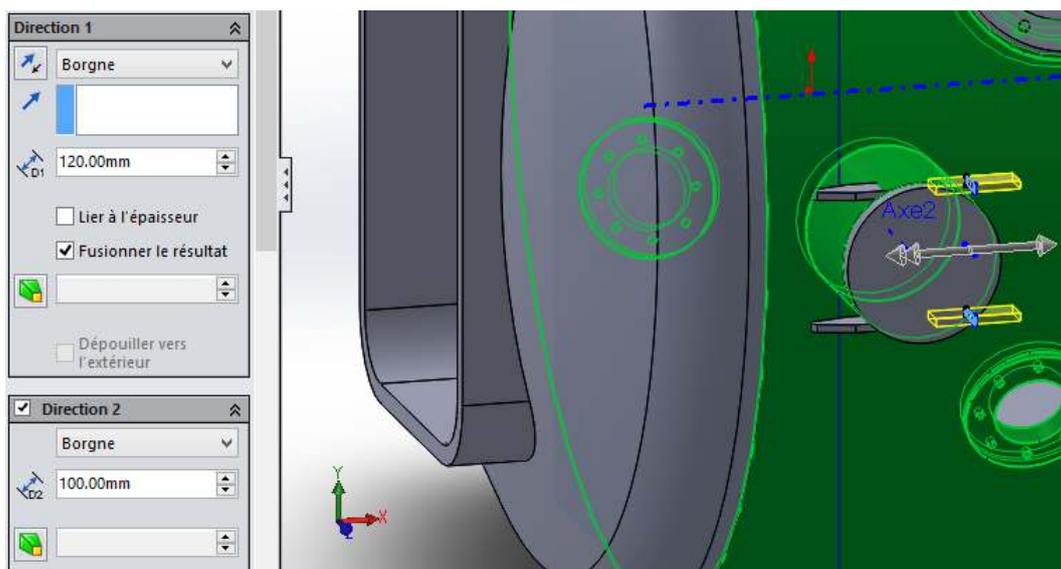


Figure 44: Fonction de base bossage par extrudé.

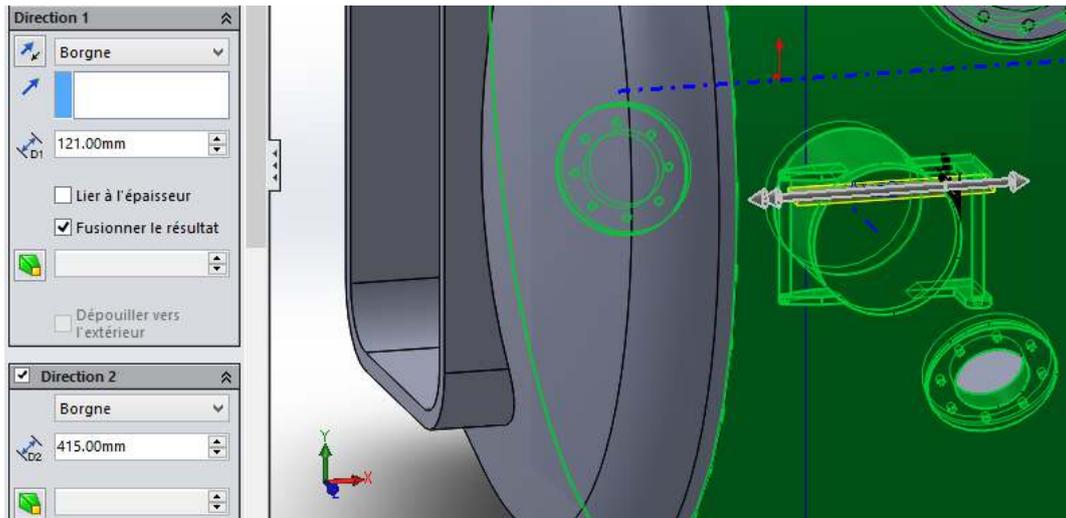


Figure 45: Fonction de base bossage par extrudé.

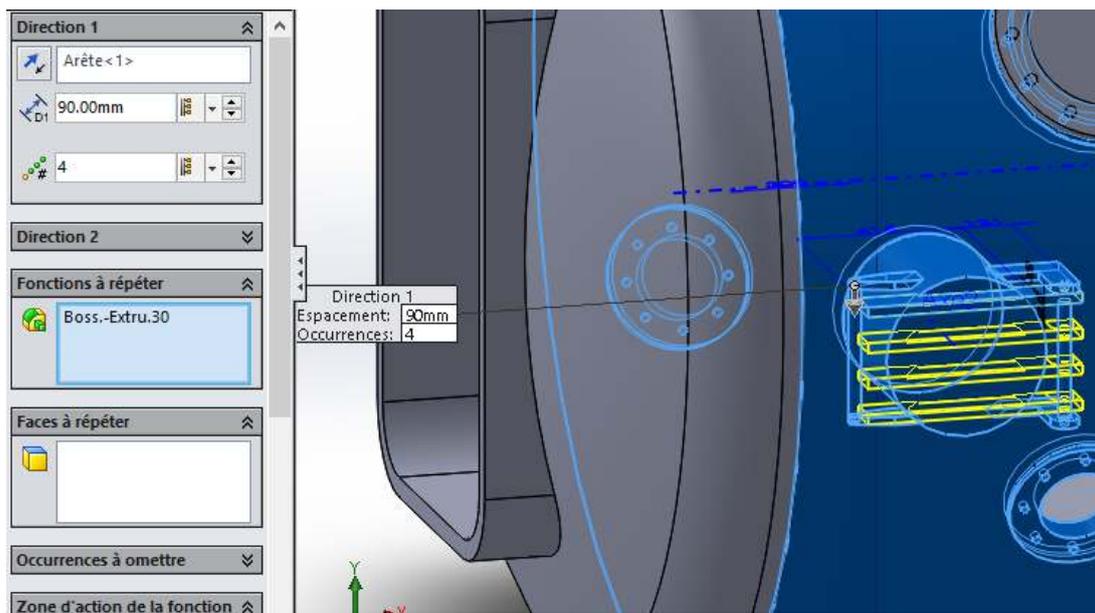


Figure 46: Répétition linéaire.

II-4-3.Création des supports :



Figure 47: Supports du caisson [13].

- Sur le plan 27, on dessine un arc de 1268mmde rayon et d'angle 100° et de 10mm d'épaisseur, puis on clique sur "Base/Bossage extrudé".

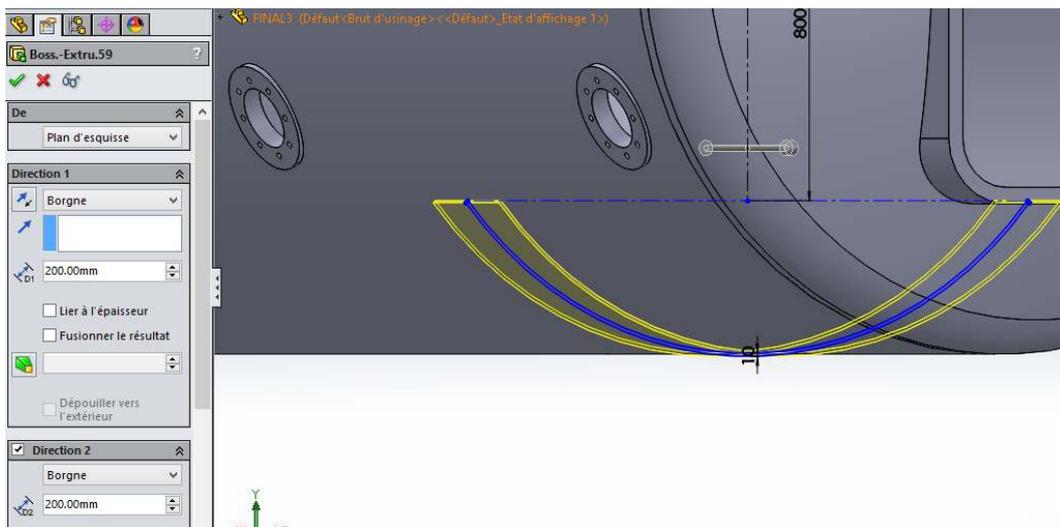


Figure 48: Fonction de base bossage par extrudé de support.

On dessine une autre esquisse avec une hauteur de 450mm et une largeur de 1860mm

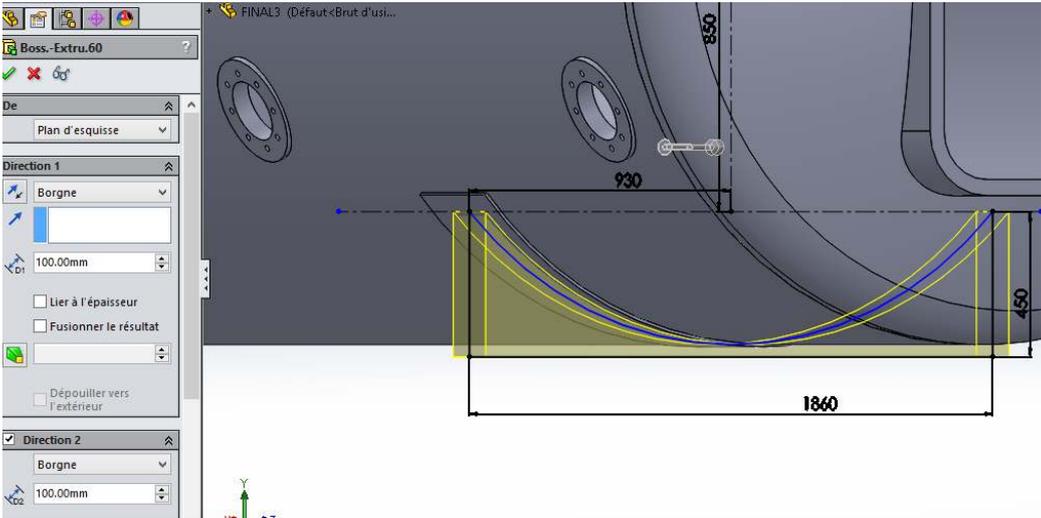


Figure 49: Fonction de base bossage par extrudé de support.

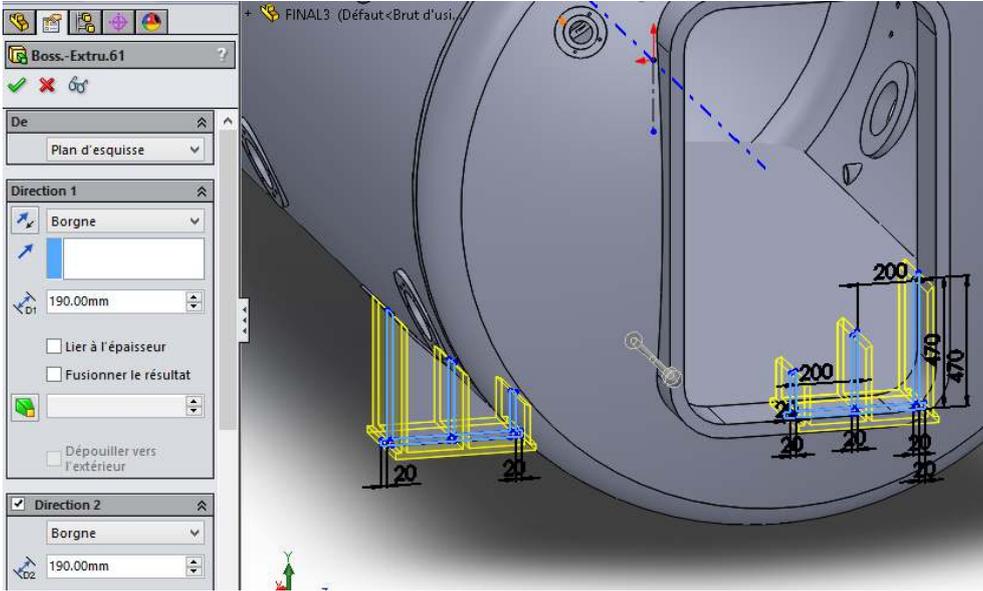


Figure 50 : Fonction de base bossage par extrudé de support

II-4-4.Création des fers plats et le profilé UPN :

- pour le profilé UPN, on dessine leur esquisse sur le plan

Désignation Designation Bezeichnung	Dimensions Abmessungen							Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße					Surface Oberfläche	
	G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _r mm	r ₁ mm	r ₂ mm	A mm ² x10 ²	d mm	Ø	e _{min} mm	e _{max} mm	A _L m ² /m	A _c m ² /t
UPN 140	16,0	140	60	7,0	10,0	10,0	5,0	20,4	98	M 12	33	37	0,489	30,54

Tableau 5: Dimensions de l' UPN 140.

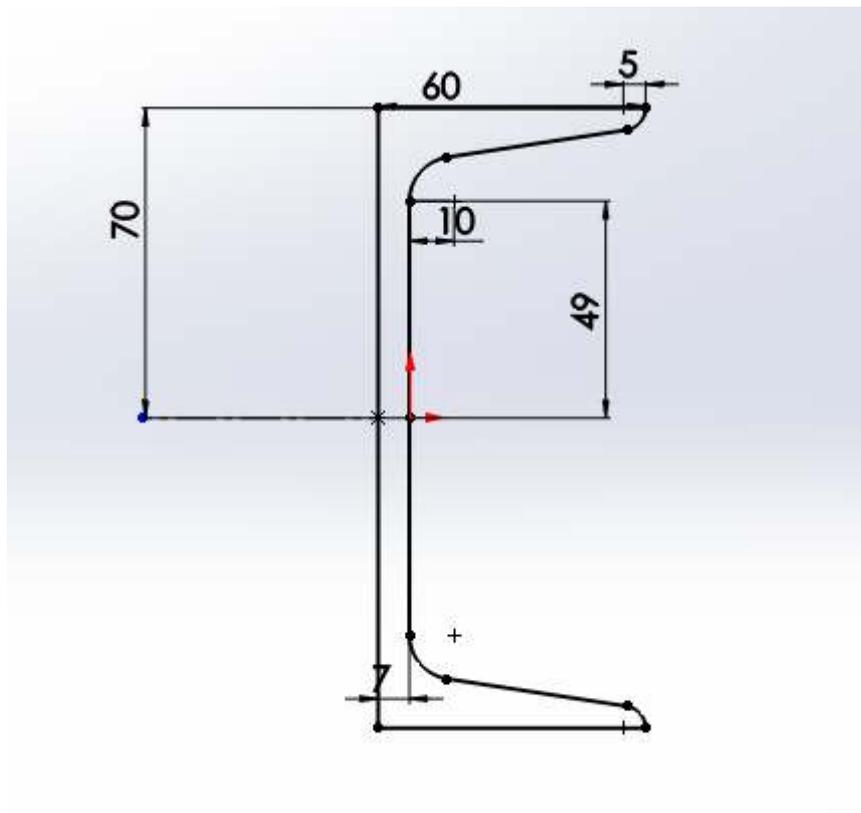


Figure 51 : Esquisse d'UPN 140

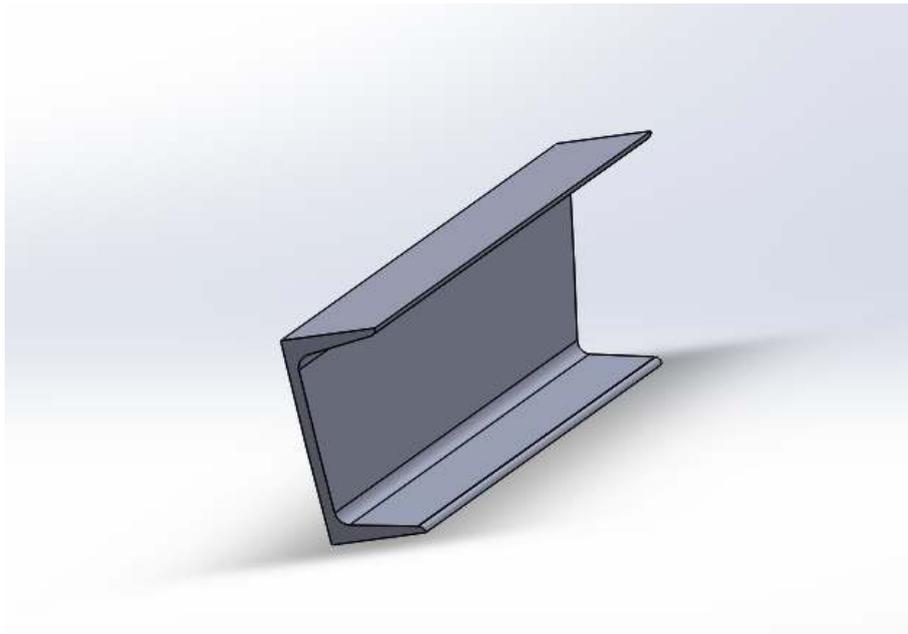


Figure52 :La forme UPN 140

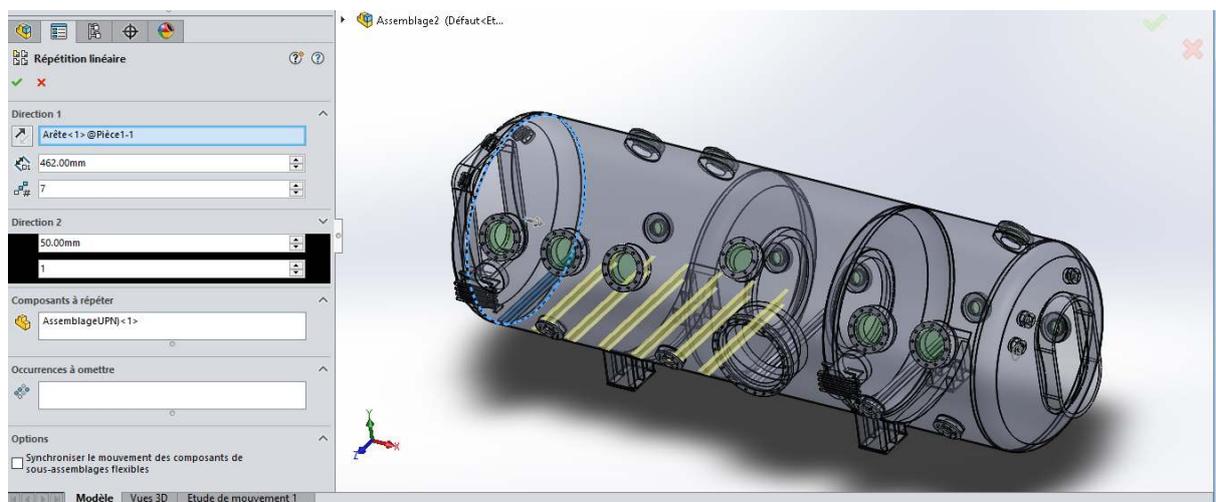


Figure 53 :La répétition de l'esquisse d'UPN 140

- sur le plan 14, on dessine l'esquisse des fers plats de section rectangulaire distants de 140 mm .

	Epaisseur A (mm)	Largeur B (mm)
Fers plat	10	80

Tableau 6: Dimensions des fers plats.

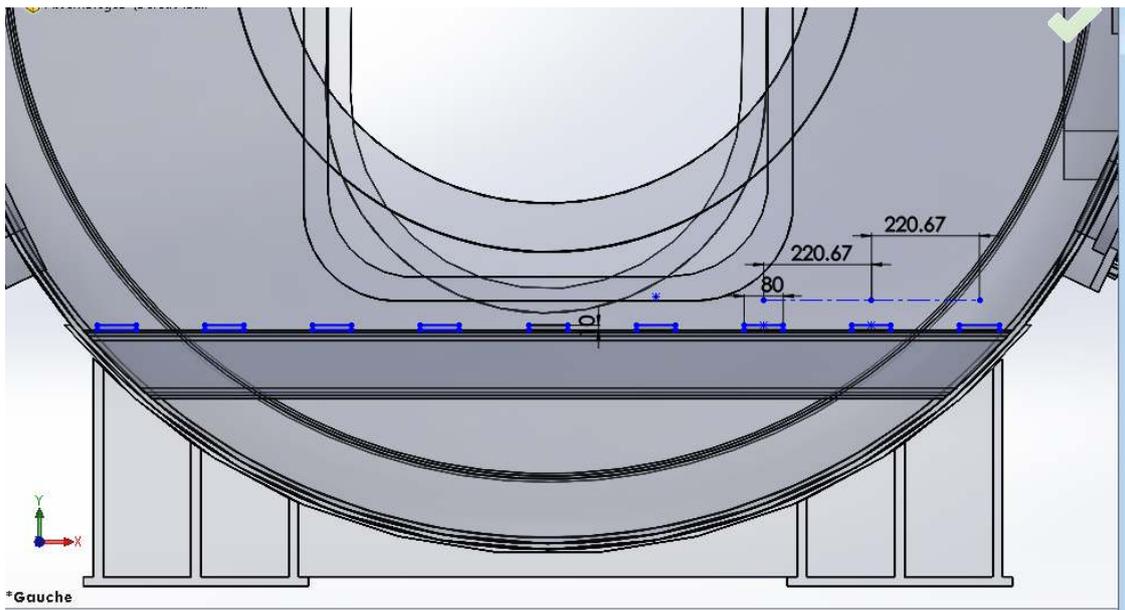


Figure 54 :L'esquisse des fers plats

- avec la fonction base bossage par extrudé, on construit les neuf fers plats entre les deux faces du fond bombé.

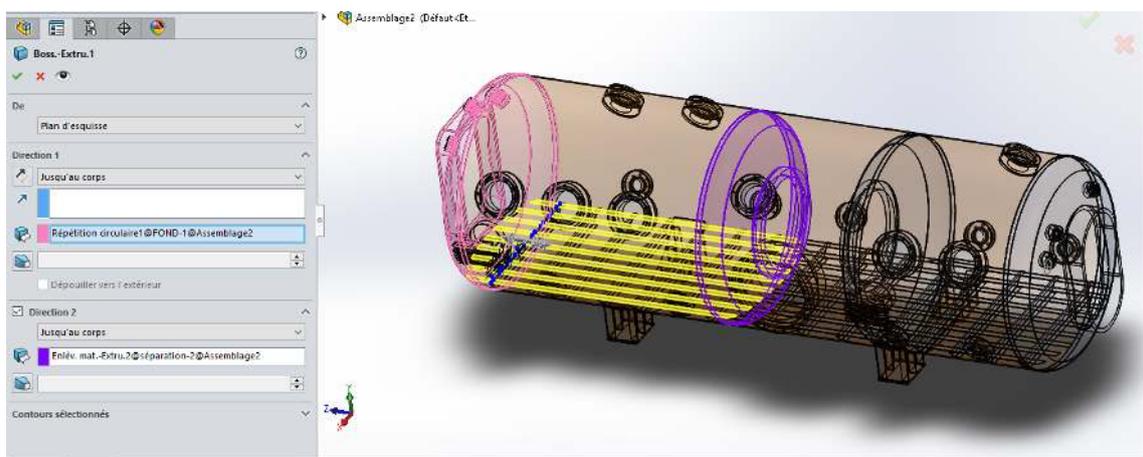


Figure 55 : Création des fers plats

II-4-5. Modélisation des cordons de soudure:

La construction réelle du caisson contient beaucoup de partis soudés.

La modélisation de tous les cordons de soudure étant très difficile, nous avons décidé de ne modéliser que les principaux cordons :

- cordon du support.
- cordon du cylindre.
- cordon de l'UPN.
- cordon fond bombé.
- cordon de la séparation cylindrique.

Il existe dans SOLIDWORKS une fonction qui permet de ne pas modéliser directement le cordon (Figure 56).

Lors du transfert vers ANSYS, le cordon créé par cette fonction n'est pas reconnu.

Il faut donc créer une pièce séparée correspondant au cordon, puis l'assembler avec les autres pièces.

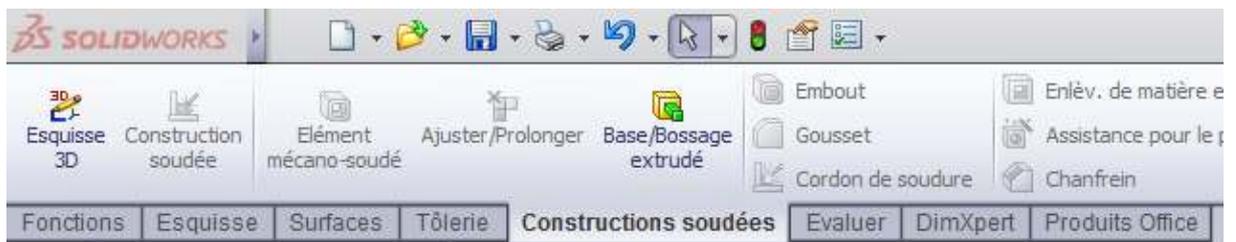


Figure 56 : fonction construction soudées dans SOLIDWORKS

1-cordon du support

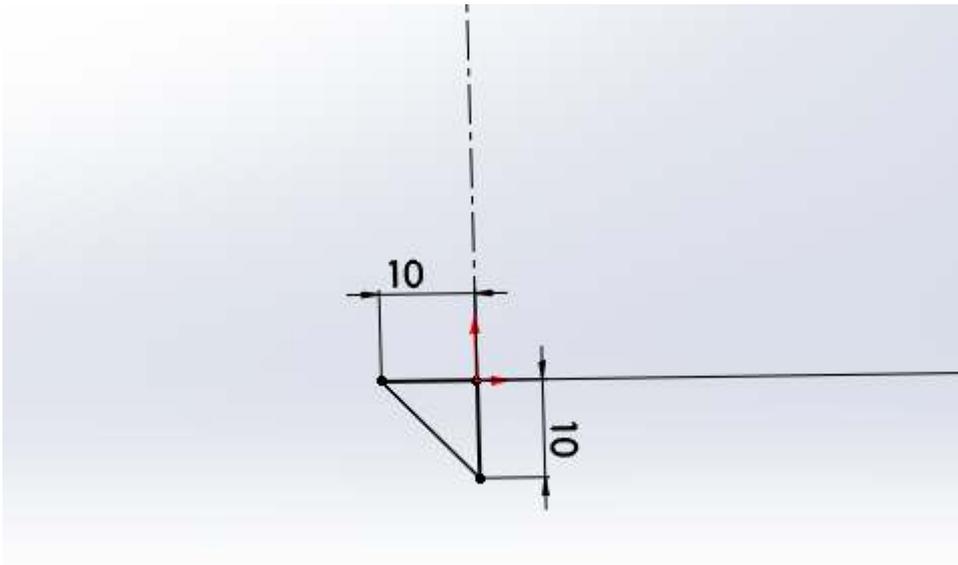


Figure57 :L'esquisse de cordon de soudure du support

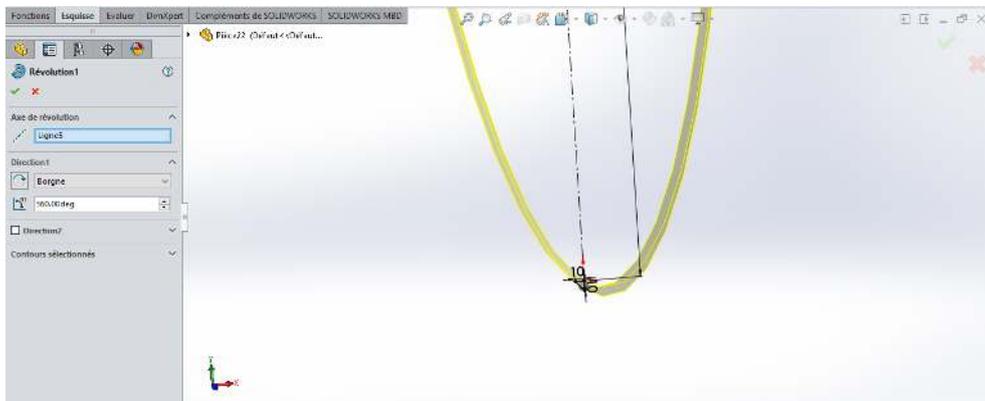


Figure58 : bossage par révolution cordon de soudure de support

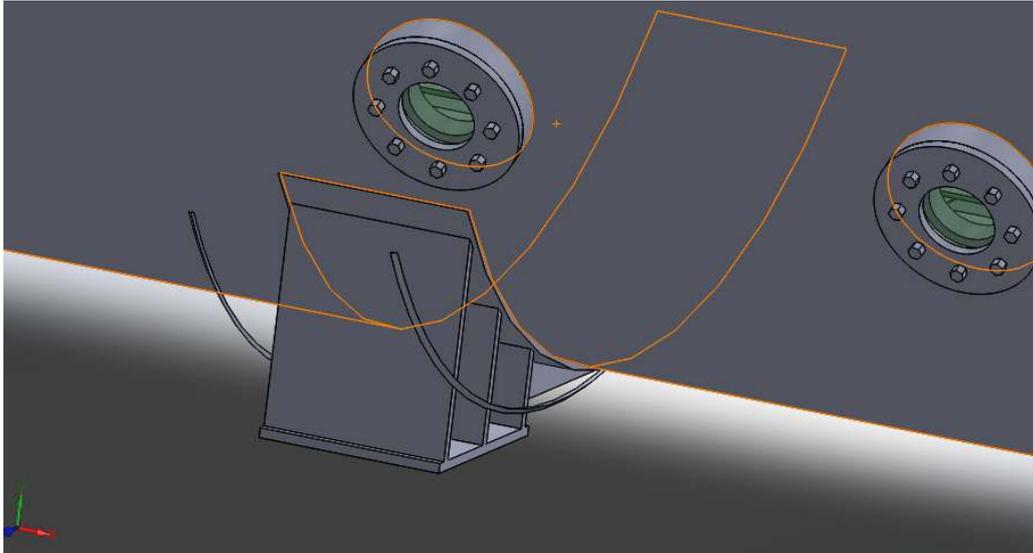


Figure59 : soudage du support

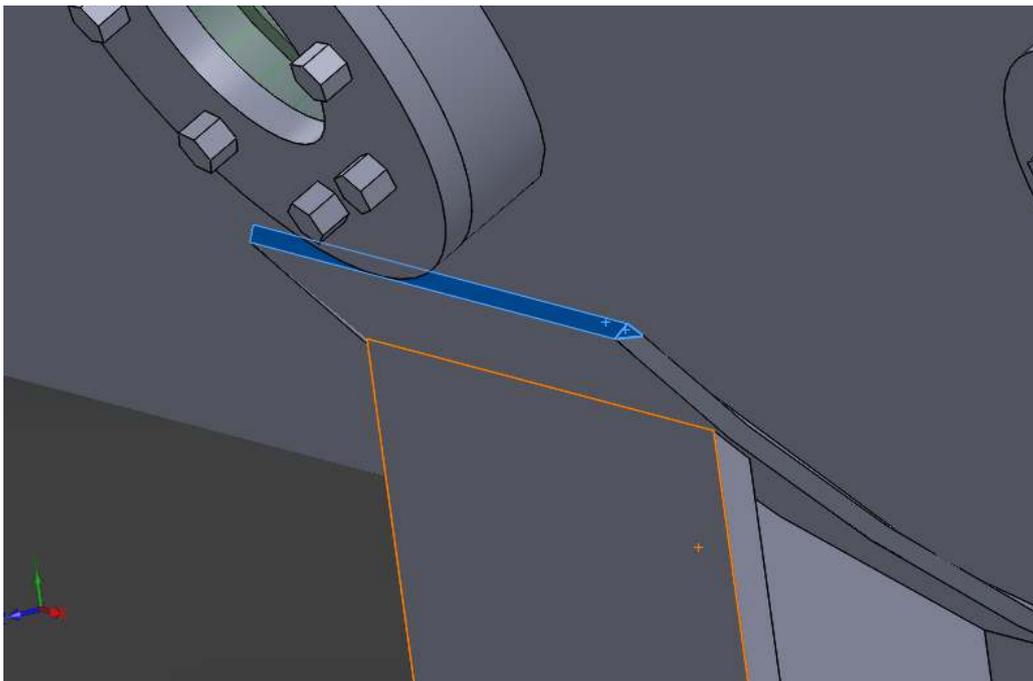


Figure60 : la partie supérieure de cordon de soudure

2- cordon du cylindre :

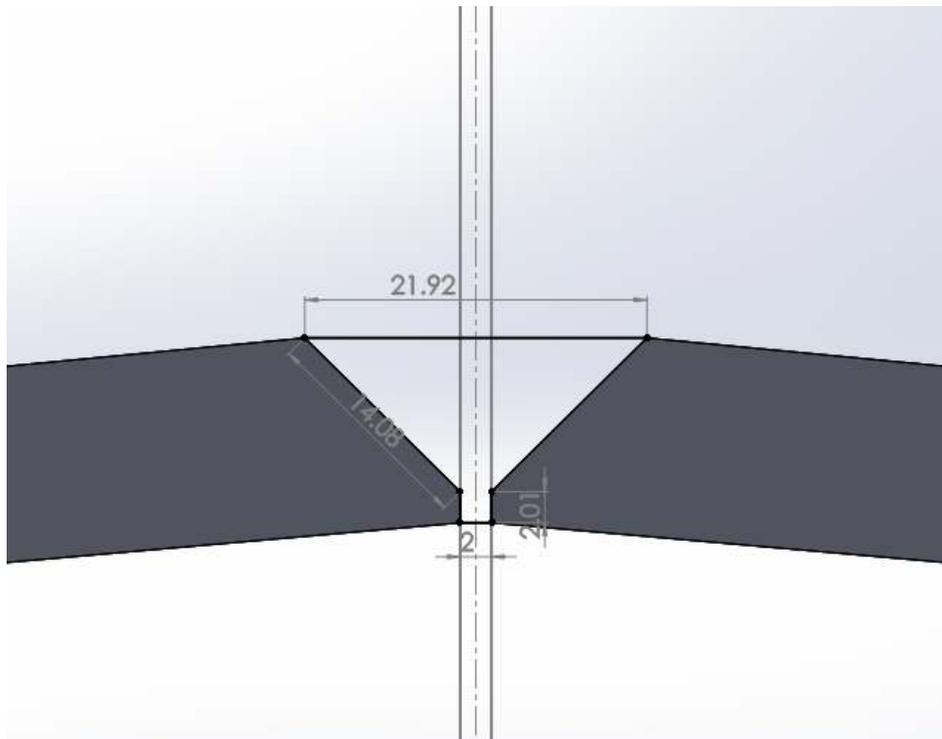


Figure61 : dimension de cordon de soudure de cylindre

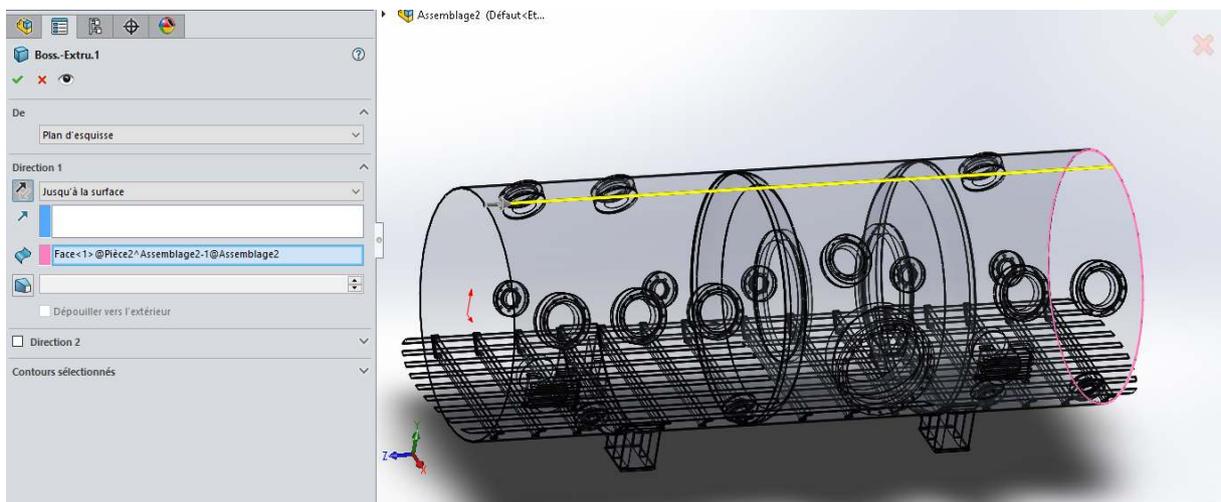


Figure 62 : bossage extrudé de cordon de soudure du cylindre

3-cordon du l'UPN :

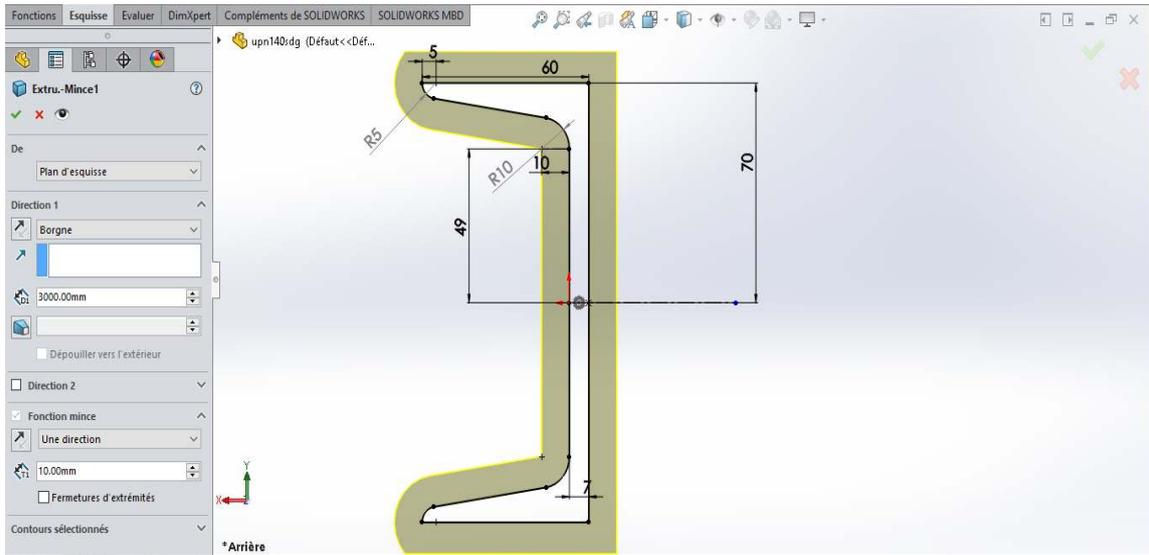


Figure63 : bossage extrudé avec fonction mince du cordon de l'UPN.

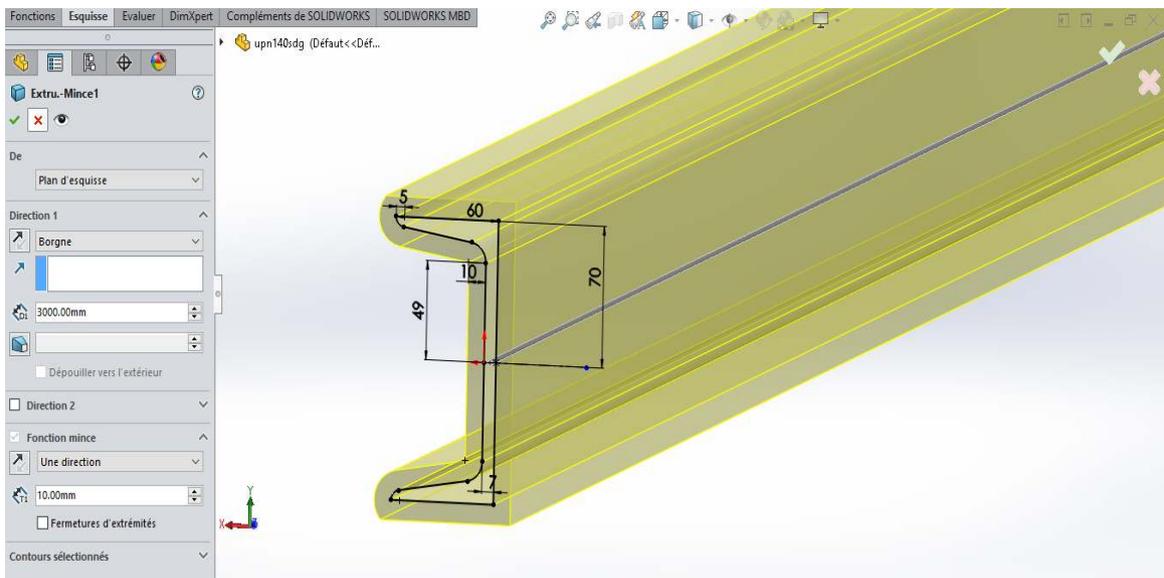


Figure64 : bossage extrudé avec fonction mince du cordon de l'UPN.

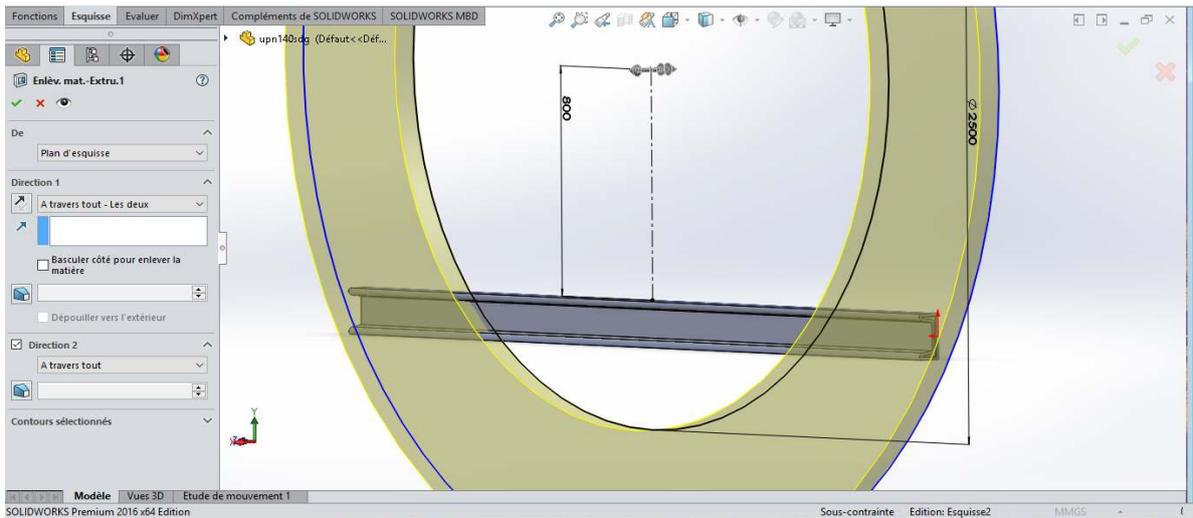


Figure65 : fonction enlèvement de matière extrudé de cordon du l'UPN.

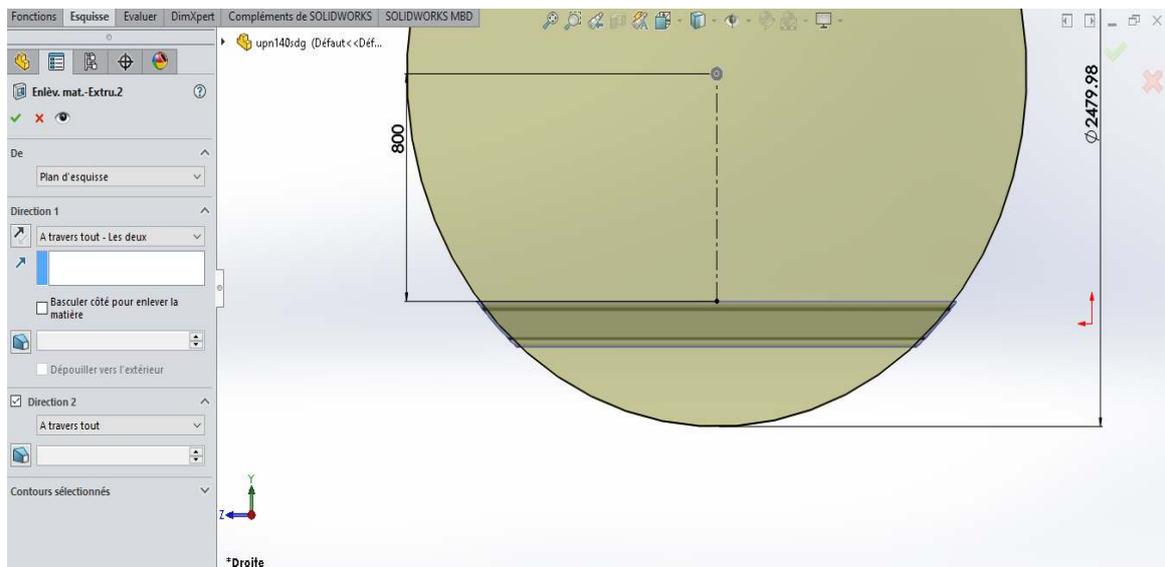


Figure66 : enlèvement de matière par extrudé de cordon du l'UPN.

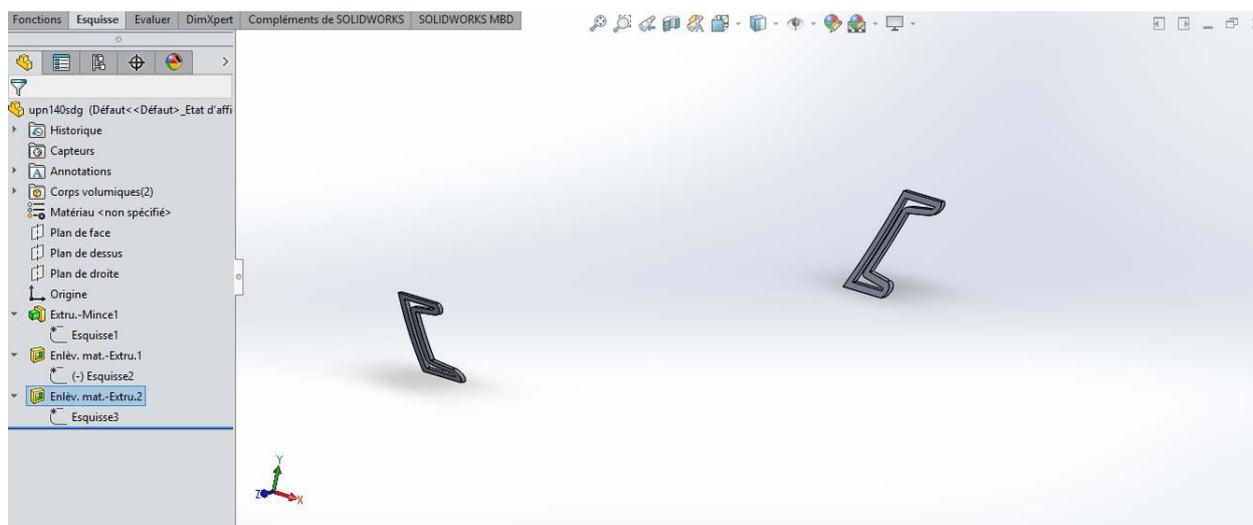


Figure 67 : les deux cordons de soudure du l'UPN.

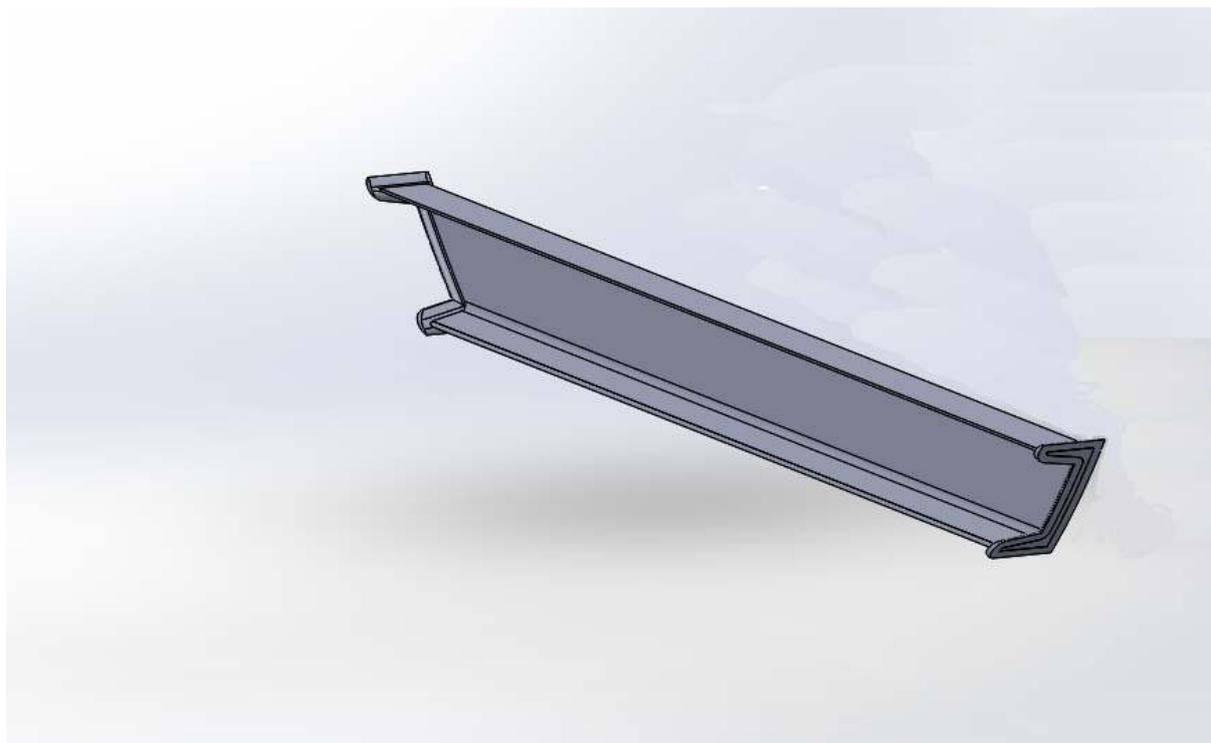


Figure 68 : UPN soudée.

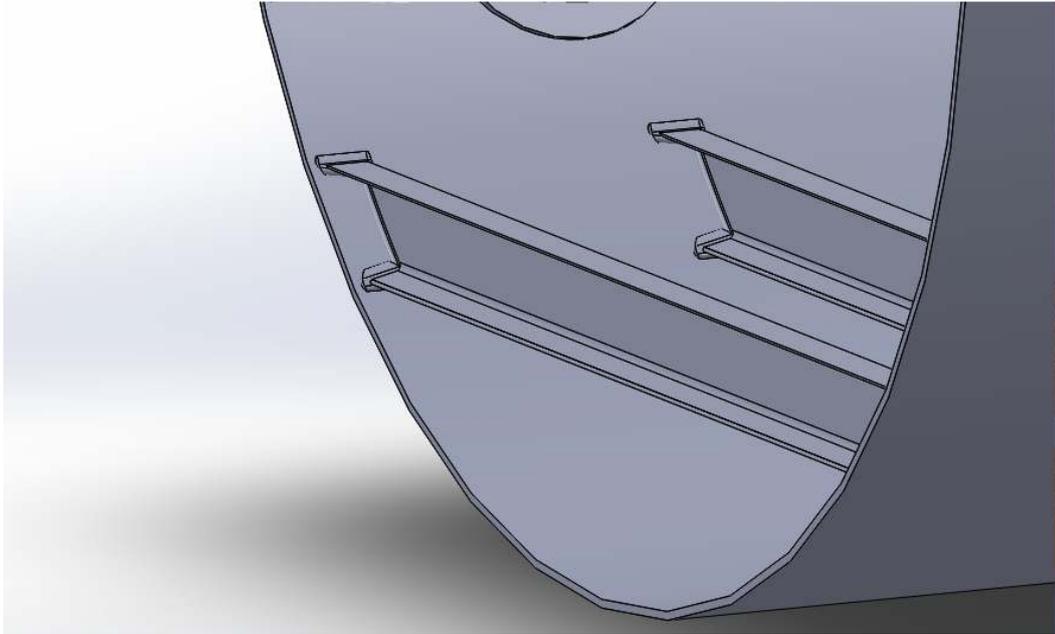


Figure 69 : UPN soudée dans le caisson.

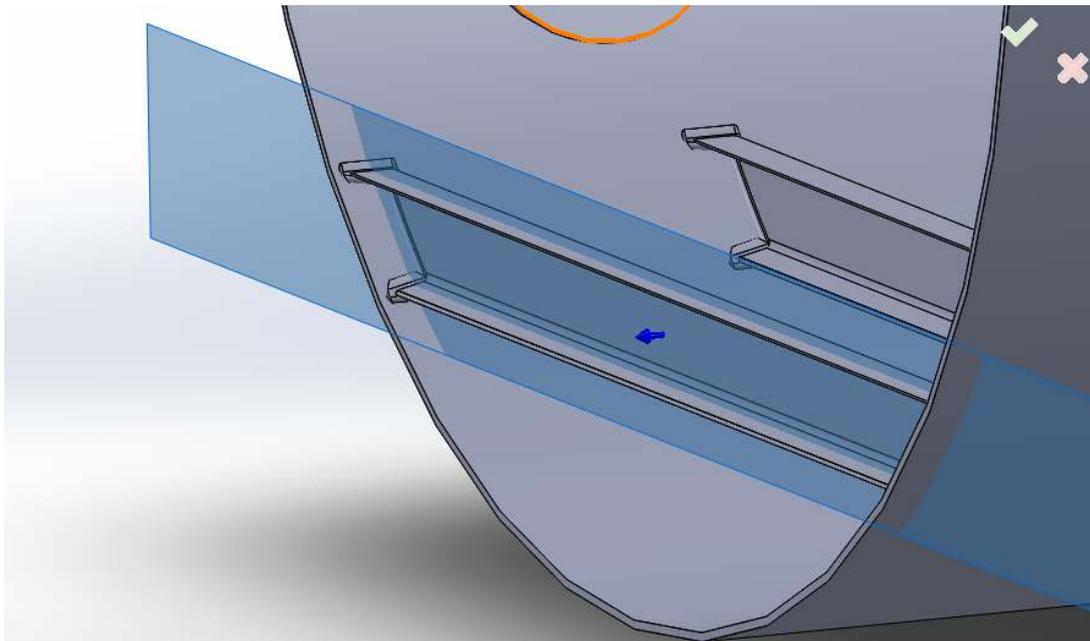


Figure 70 : plan de coupe du l'UPN soudée dans le caisson.

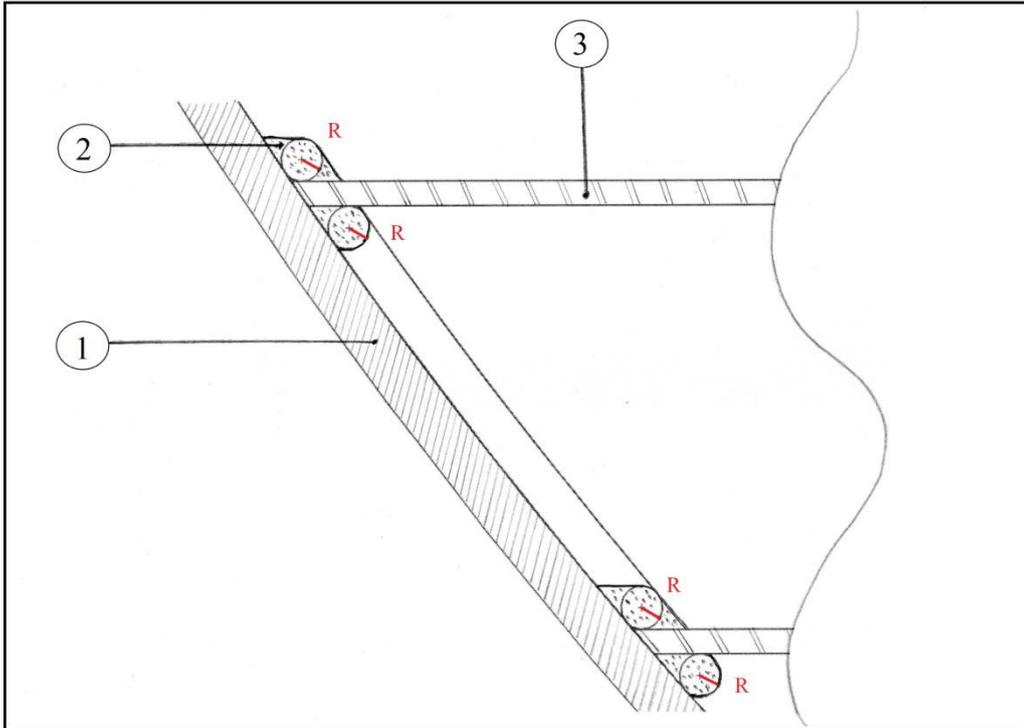


Figure 71 : vue de coupe de rayon du l'UPN soudée dans le caisson.

Les éléments dans le (figure 71) sont :

1-la tôle de caisson.

2- cordon de soudure du l'UPN.

3- L'UPN.

4- cordon du fond bombé :



Figure 72 : fonction chanfrein du fond bombé

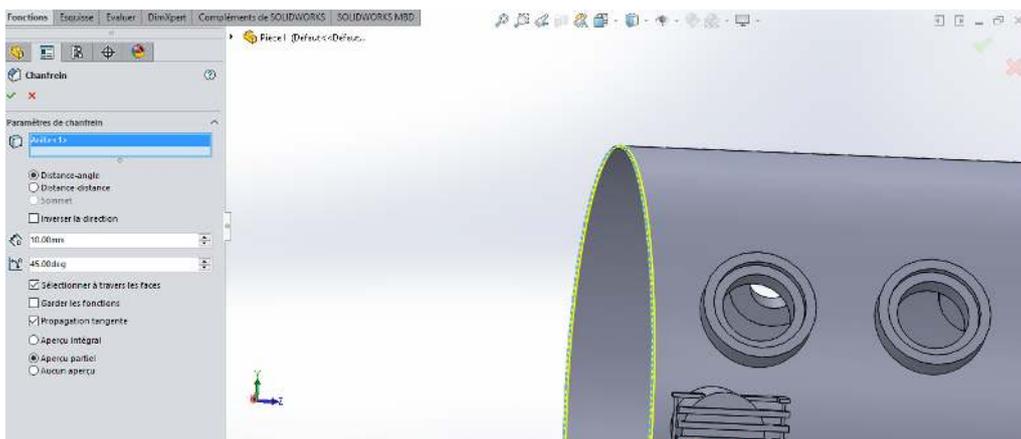


Figure 73 : fonction chanfrein du cylindre

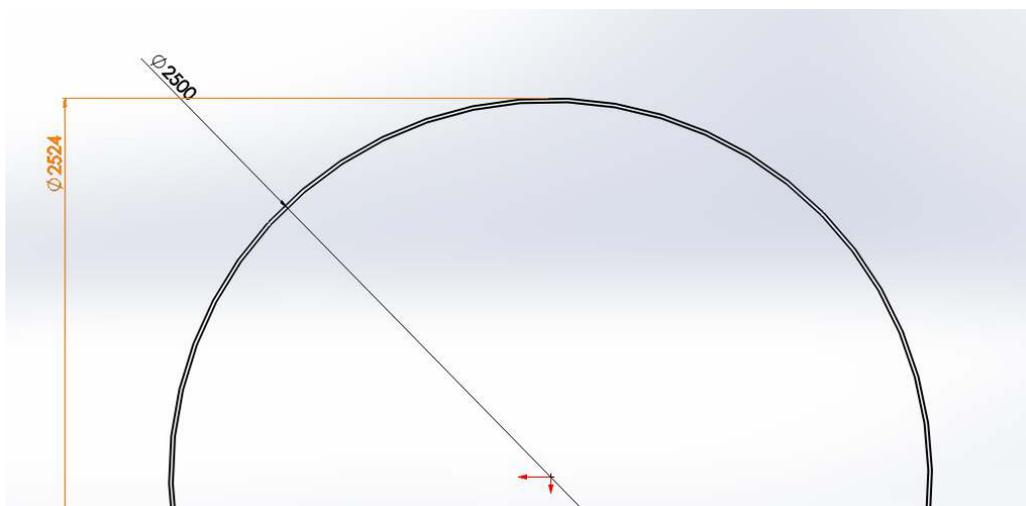


Figure 74 : L'esquisse du cordon de soudure du fond bombé



Figure 75 : bossage extrude du cordon de soudure du fond bombé

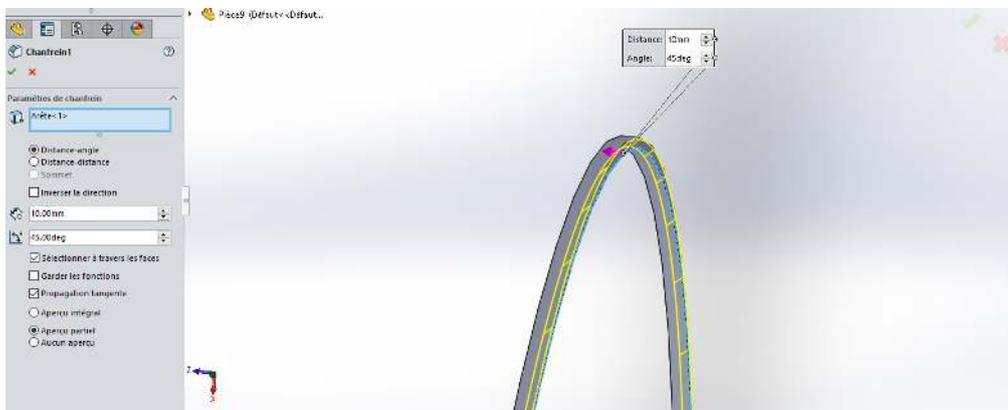


Figure 76 : fonction chanfrein du cordon de soudure

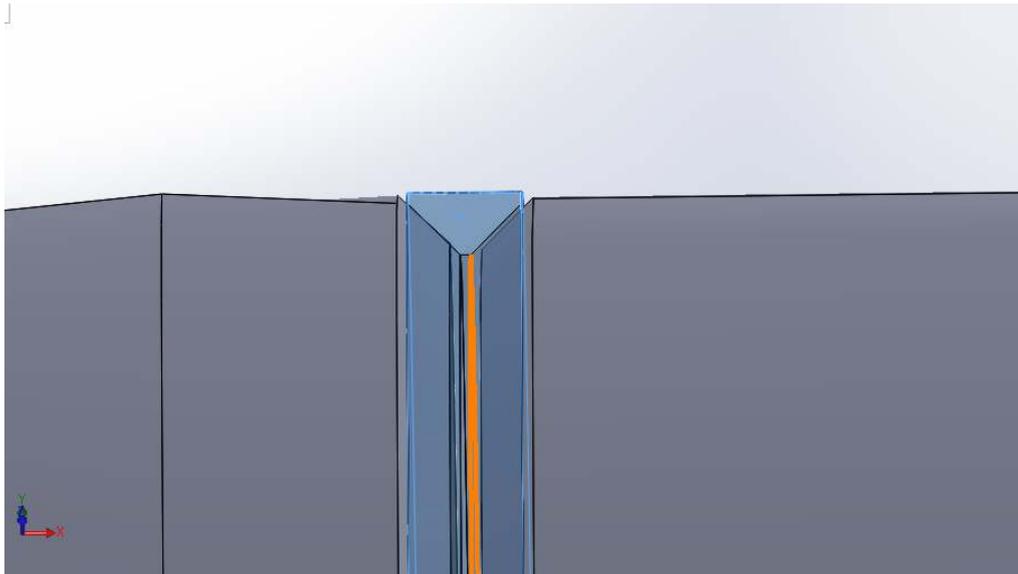


Figure 77 : l'emplacement du cordon de soudure entre le fond bombé et le cylindre

5- le soudage de la séparation cylindrique :



Figure78 : cordon de soudure de la séparation

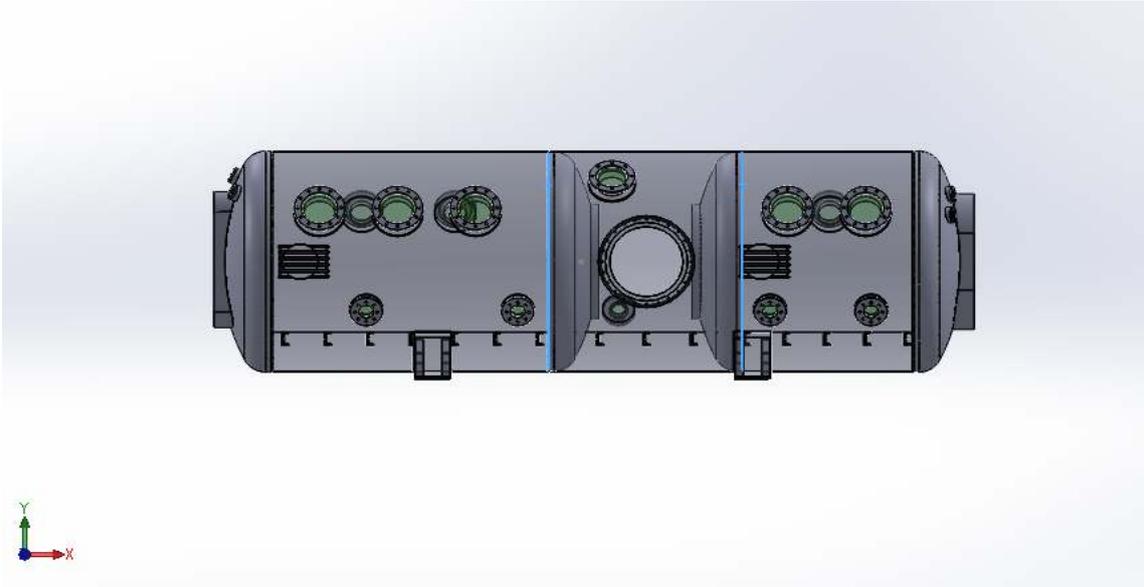
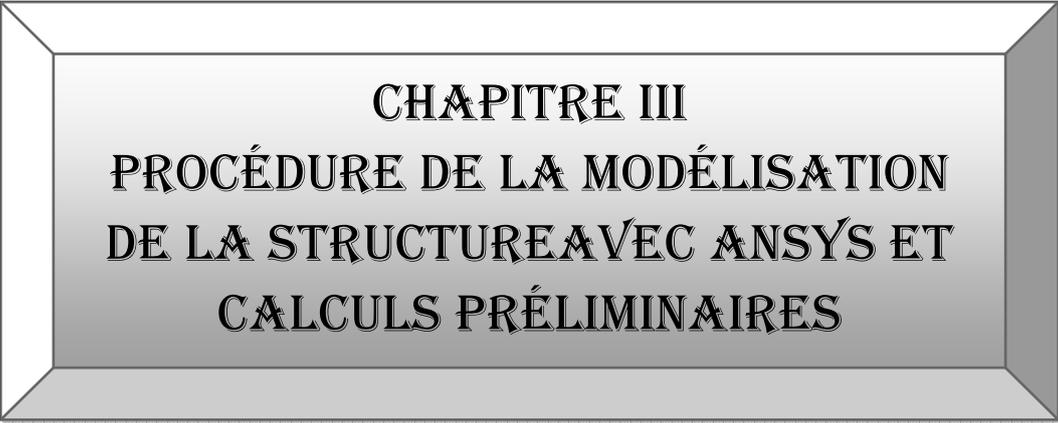


Figure 79 : L'emplacement de cordon de soudure dans la séparation



Figure 80 : conception final

N.B: Cette méthode de travail n'est pas la seule façon de concevoir le caisson.



CHAPITRE III
PROCÉDURE DE LA MODÉLISATION
DE LA STRUCTURE AVEC ANSYS ET
CALCULS PRÉLIMINAIRES

III. Introduction :

Dans ce chapitre, nous détaillerons la modélisation de la structure avec le logiciel ANSYS. Nous effectuerons également des calculs préliminaires sur notre première conception.

III.1. Modélisation de la structure par ANSYS :

-Nous utiliserons la version 15.0 d'ANSYS.

-ANSYS possède une interface très performante appelée « ANSYS work-bench », nous allons l'utiliser dans notre simulation.

III.2. Etapes de réalisation du modèle éléments finis :

L'ouverture du logiciel fait apparaître le menu principal présenté ci-dessous.

La boîte d'outils nous donne accès à plusieurs systèmes d'analyse. Pour débiter une analyse statique, Cliquez sur structure statique (ANSYS) et glissez vers le schéma de projet (Figure 81).

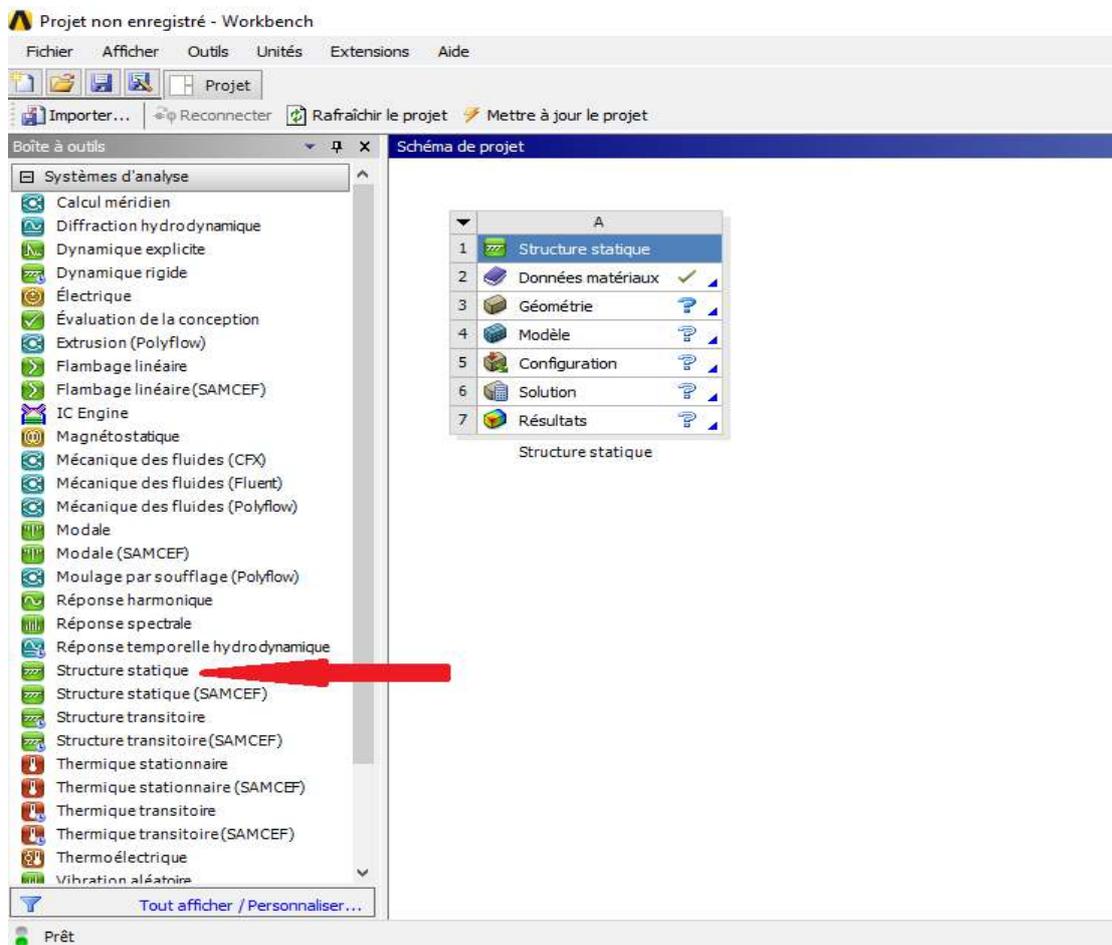


Figure 81: Choix du système d'analyse.

III.2.1. Spécification des propriétés des matériaux :

La cellule "Données matériaux" est utilisée pour définir des modèles de matériaux et accéder à ces modèles pour être utilisée dans une analyse. Cliquez sur la cellule "Données matériaux" ou cliquez à droite et choisissez "Editer" dans le menu contextuel qui apparaît pour entrer l'environnement (Figure 82).

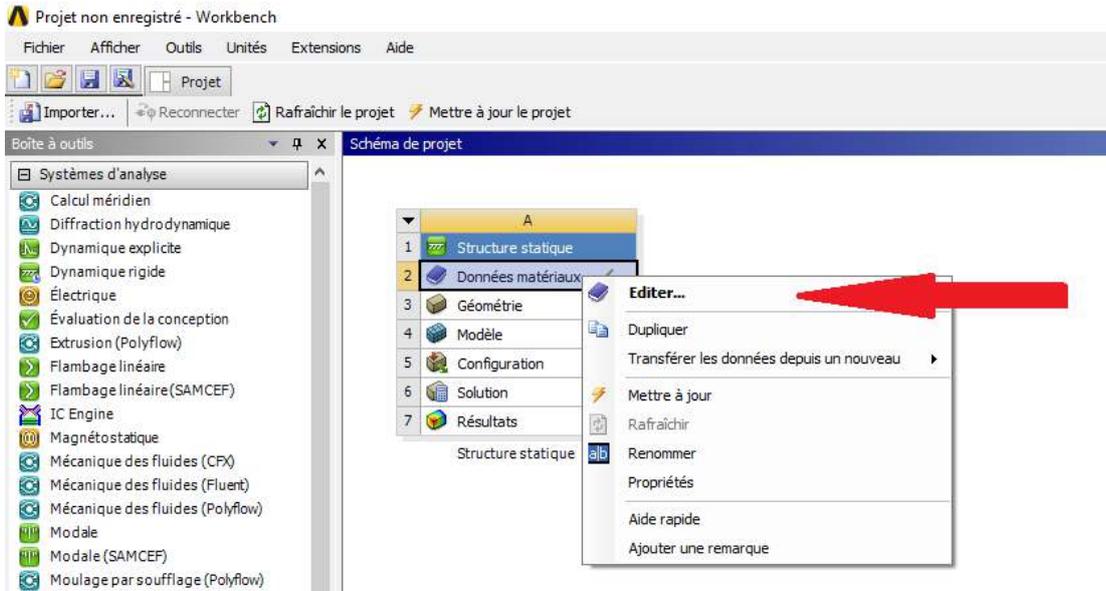


Figure 82: Spécification des propriétés du matériau.

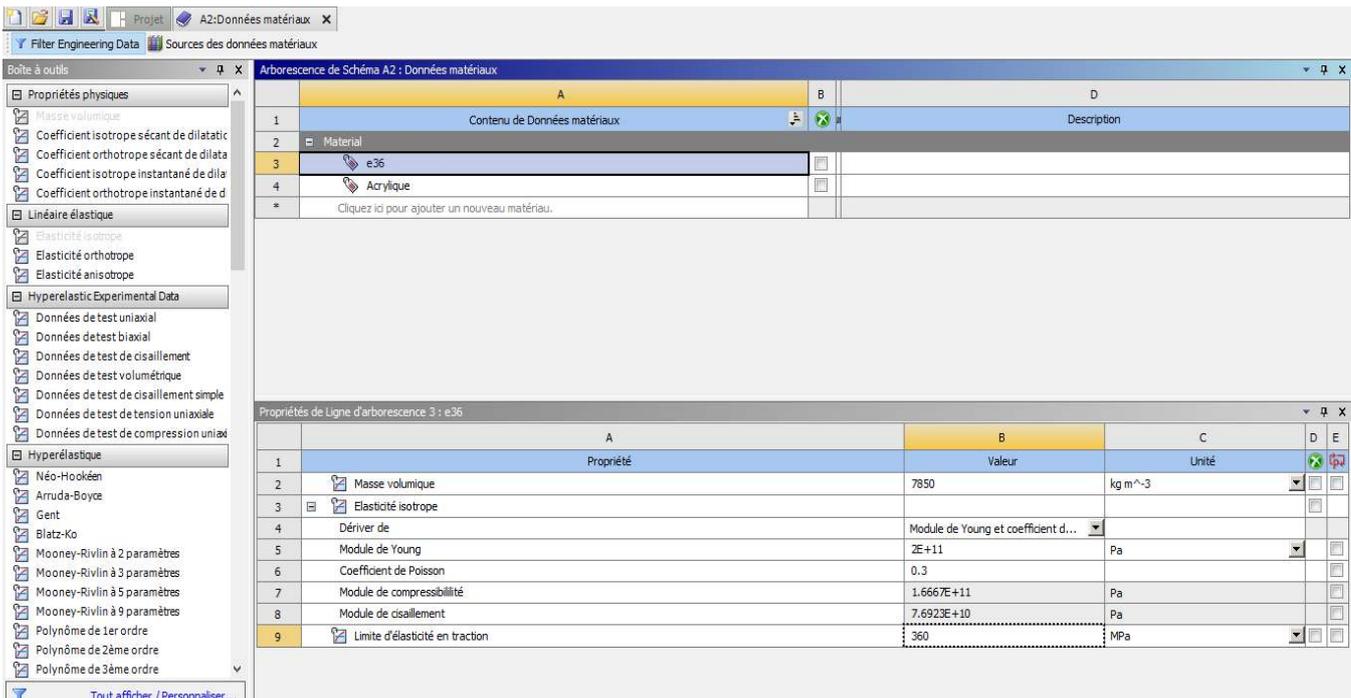


Figure 83: Edition et ajout des paramètres matériaux.

Les matériaux utilisés sont :

- l'acier E36 pour le caisson.
- le verre acrylique (plexiglas v052) pour les hublots.

Les caractéristiques mécaniques de ces matériaux sont données dans le Tableau ci-dessous :

Propriétés mécaniques	Densité kg/m3	Limite d'élasticité (MPa)	Module de YOUNG (MPa)	Coefficient de poisson
E36	7850	360	2.10^5	0.3
Acrylique	1190	70	3100	0.3

Tableau 7: Les caractéristiques mécaniques des matériaux.

III.2.2. Géométrie :

On ne peut pas définir des géométries compliquées comme celle du caisson avec les outils de dessin d'ANSYS. On a donc défini notre géométrie avec le logiciel "SolidWorks" avant de l'exporter vers ANSYS (Figure 84) qui accepte l'importation de différents formats IGESS, SAT ...etc.

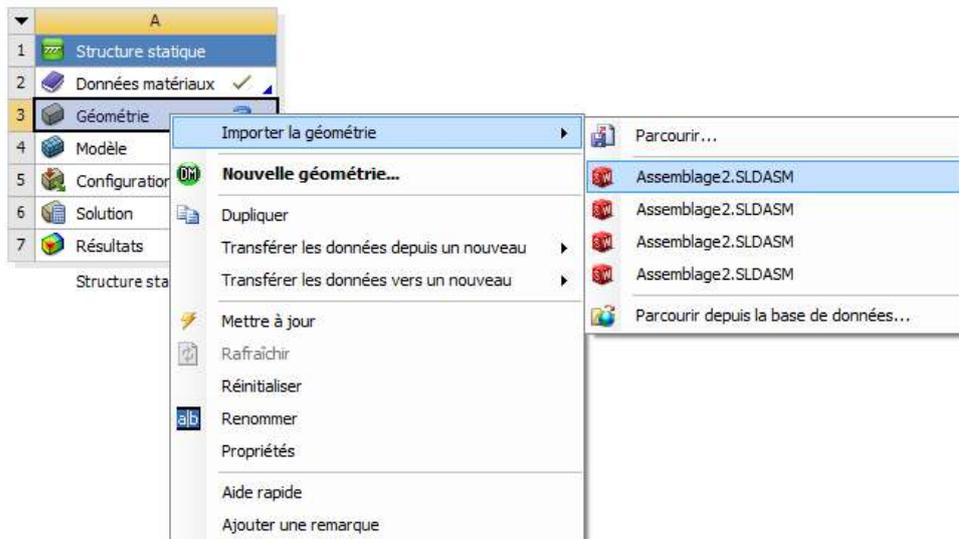


Figure 84: Importation de la géométrie.

La cellule "Modèle" est associée à la définition de la géométrie, des systèmes de coordonnées, des connections et du maillage dans le module de simulation Mécanique. Nous allons accéder à la case "Modèle" pour affectation du matériau pour chaque composant (Figure 85).

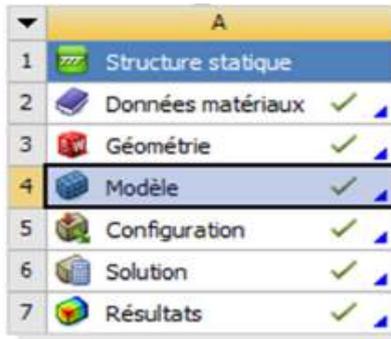


Figure 85: La case modèle.

III-3.Caisson sans soudure :

III-3-1. Le maillage :

On a utilisé un maillage contrôlé par le programme.

Le caisson est maillé avec des éléments tétraédriques, les poutres et les fers plats sont maillés avec des éléments quadrilatères. Le nombre total d'éléments et de noeuds est donné dans le Tableau ci-dessous.

Nombres de noeuds	Nombres d'éléments
169860	72376

Tableau 8: Le nombre total d'éléments et de noeuds.

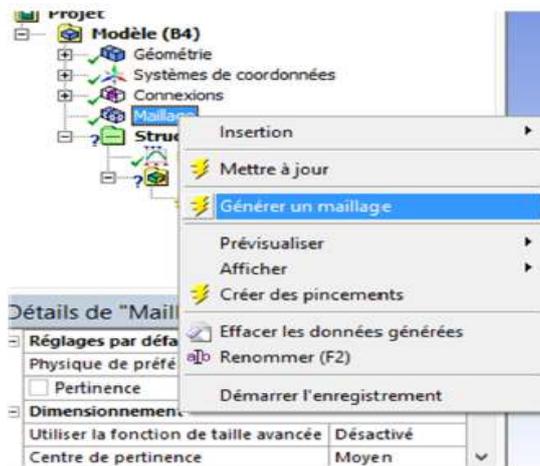


Figure 86: Menu de maillage.

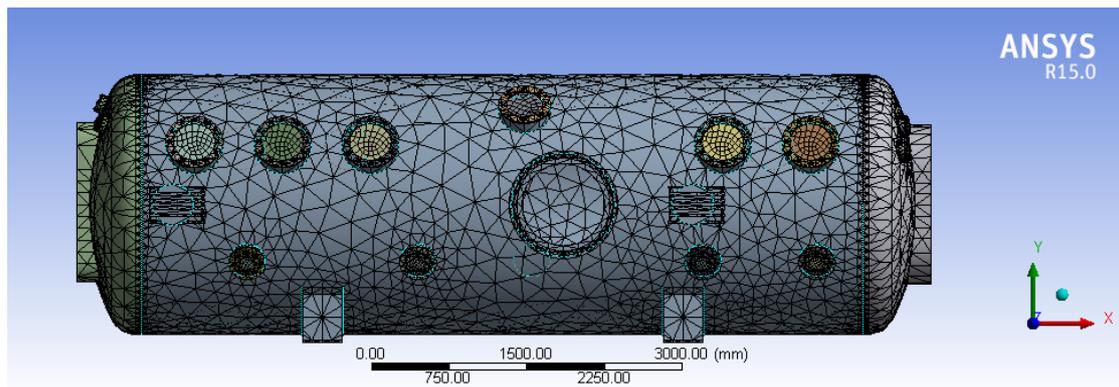


Figure 87: Caisson maillé.

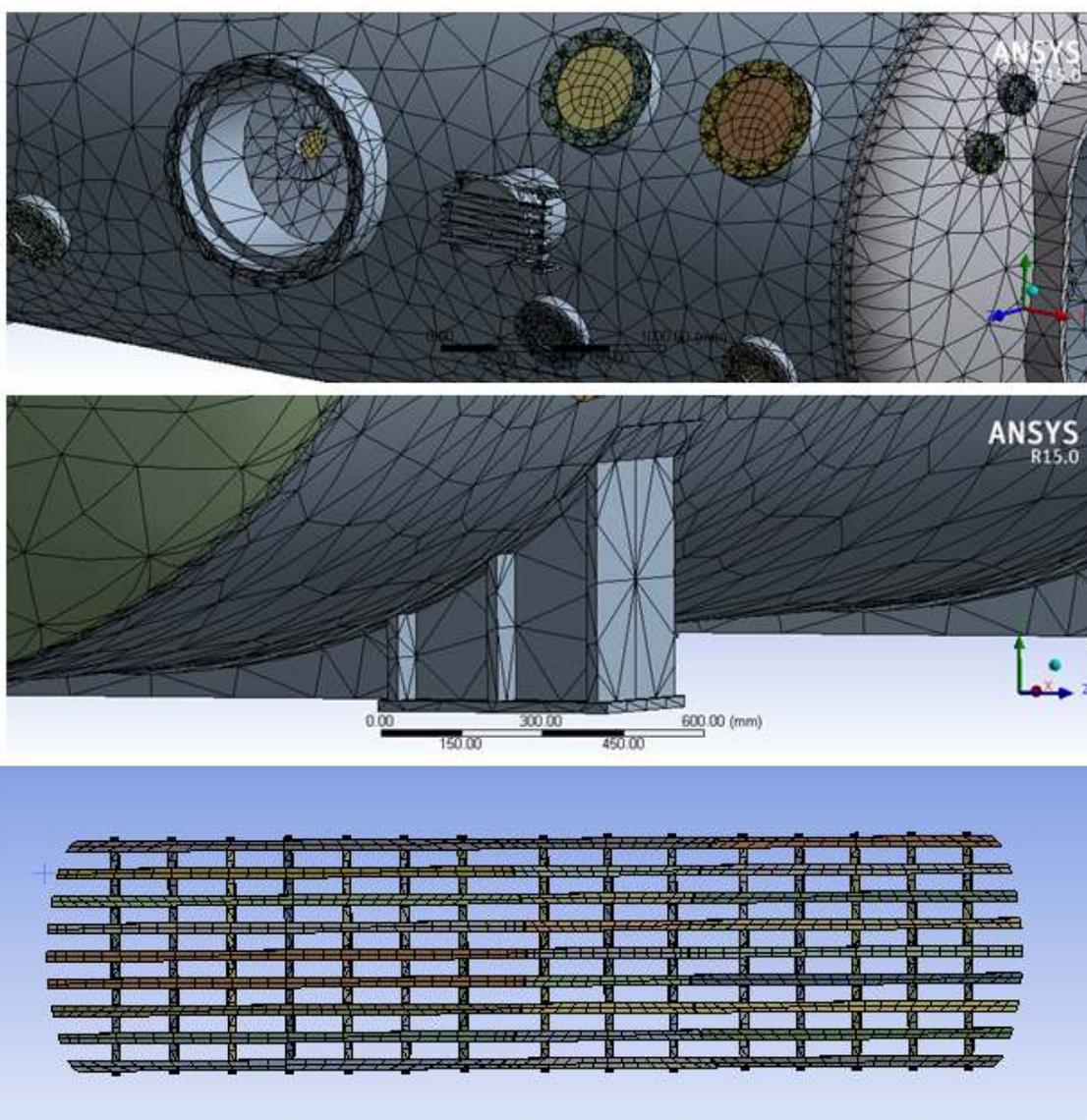


Figure 88: Zoom sur certaines zones maillées.

III-3-2. Calculs préliminaires

Afin de tester la conception initiale, nous allons effectuer un premier calcul. Nous précisons ci-dessous les conditions aux limites.

III-3-3. Conditions aux limites en déplacement :

Le support du caisson est constitué de deux appuis. Nous appliquerons des conditions d'encastrement sur ces deux appuis (Figure 89).

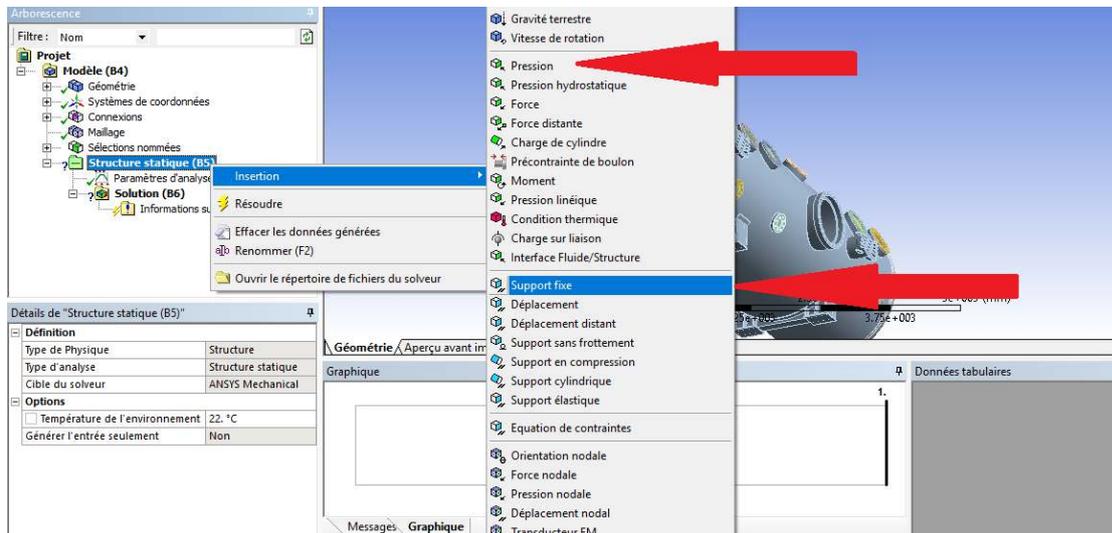


Figure 89: Menu d'insertion support fixe.

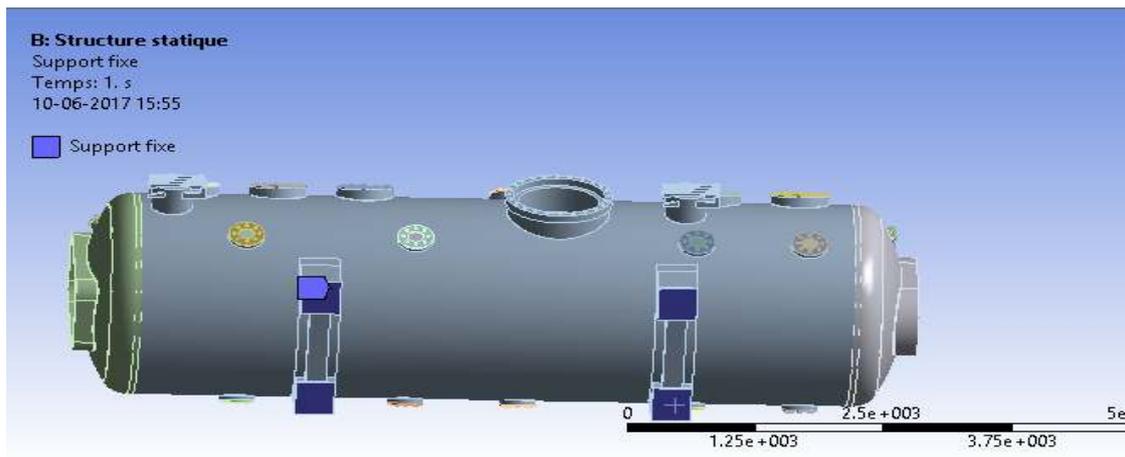


Figure 90: Sélection des supports.

III-4. Application de la pression :

La pression maximale que supporte le caisson en fonctionnement est de 7 bars, nous effectuerons les calculs avec une pression de 14 bars, ce qui correspond à un coefficient de sécurité de 2. Pour les calculs effectués dans ce chapitre, on va appliquer la pression sur tout le caisson. Les dimensions préliminaires de la structure sont données dans le Tableau 9.

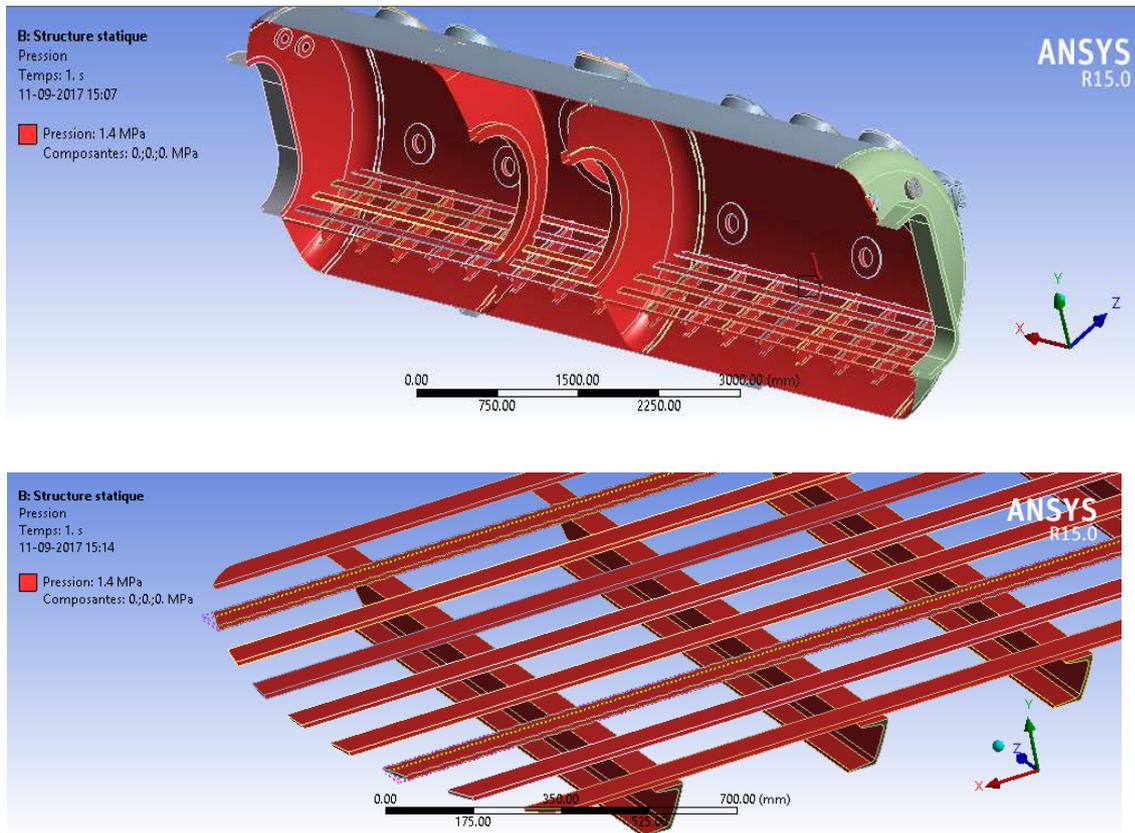


Figure 91: Sélection des faces où appliquer la pression.

Paramètres de mesure	Longueur	Diamètre	Épaisseur de tôle	profilé	Fers plats (mm)
Valeurs (mm)	8192	2500	12	UPN140	10*80

Tableau 9: Dimensions préliminaires du caisson

III.5. Résultats: Nous présenterons sur les Figures ci-dessous les contraintes équivalentes dans les diverses parties de la structure.

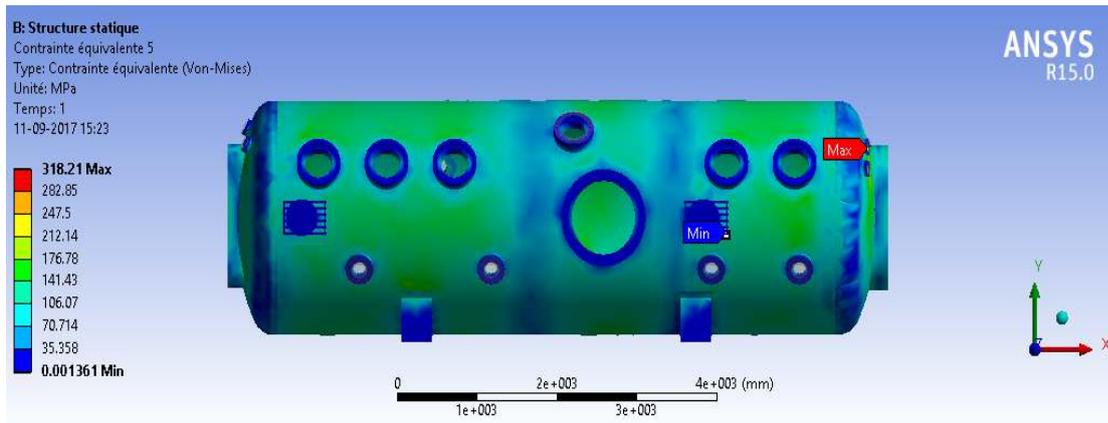


Figure 92: contraintes équivalentes dans le caisson.

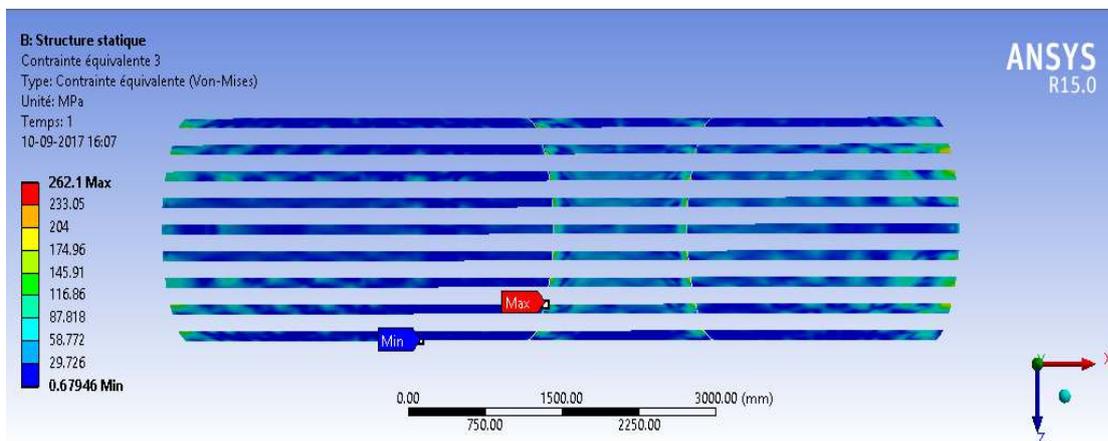


Figure 93: contraintes équivalentes dans les fers plats

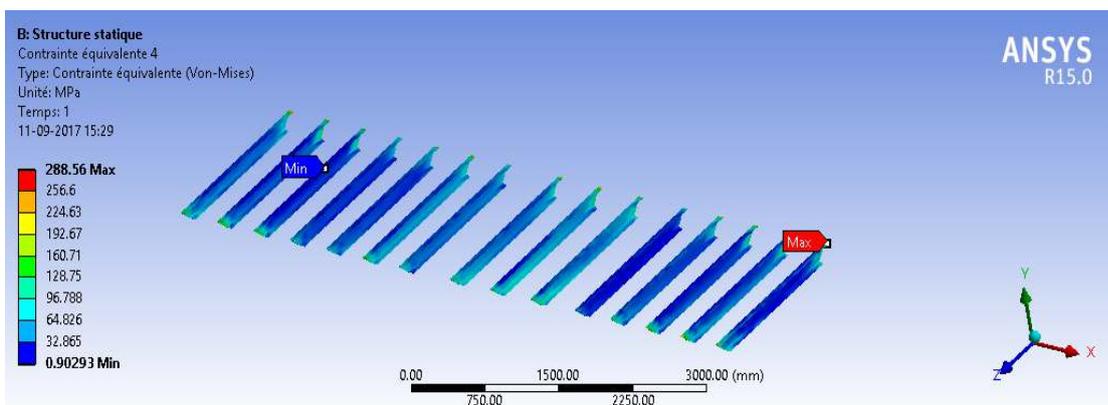


Figure94 :contraintes équivalentes dans L'UPN 140.

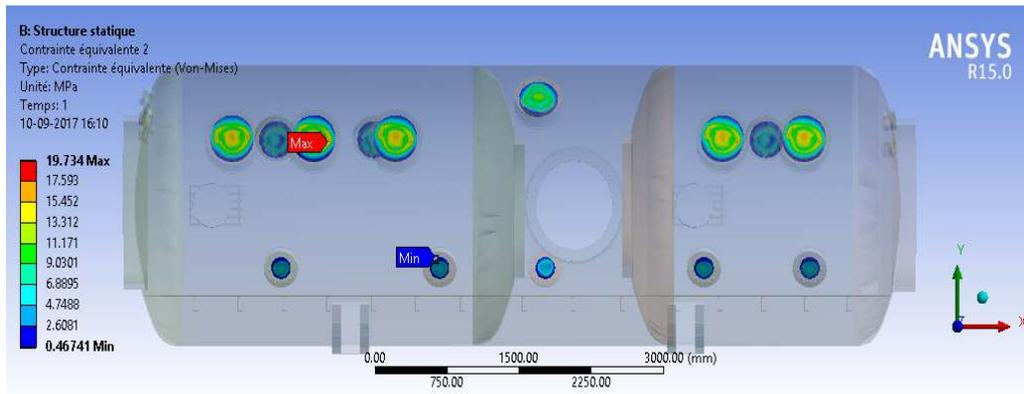


Figure 95: contraintes équivalentes dans les hublots.

- Nous récapitulerons dans le Tableau (10) les contraintes équivalentes maximales dans les différentes parties de la structure.

	caisson	UPN 140	Fers plats	hublots
Calcul (MPa)	318.21	288.56	262.1	19.73

Tableau10 : les contraintes équivalentes maximales

III.6. Conclusion :

- Nous observons que la contrainte équivalente maximale dans tout le caisson ne dépasse pas la limite d'élasticité de l'acier (360 Mpa).
- Le calcul de la contrainte équivalente maximale au niveau du verre acrylique sont inférieurs à la contrainte maximale autorisée pour ce type de verre qui est de 70 MPa.

En conclusion, nous ne devons pas améliorer la conception.

III-7.Caisson Avec soudure :

Les matériaux utilisés sont :

- l'acier E36 pour le caisson.
- le verre acrylique (plexiglas v052) pour les hublots.
- Matériau de soudage (NormeER70S-3) .

Les caractéristiques mécaniques de ces matériaux sont données dans le Tableau ci-dessous :

Propriétés mécaniques	Masse volumique Kg/m ³	Limite d'élasticité(MPa)	Module de YOUNG(MPa)	Coefficient de Poisson
E36	7850	360	2.10 ⁵	0,3
Acrylique	1190	70	3100	0,3
ER70S-3	19300	405	4,06.10 ⁵	0.3

Tableau 11: Les caractéristiques mécaniques des matériaux.

Les dimensions du caisson “avec soudure “ sont les mêmes que celles du caisson “sans soudure“ (Tableau 9).

Le nombre total d’éléments et de nœuds est donné dans le Tableau ci-dessous

Nombres de nœuds	Nombres d’éléments
188265	65650

Tableau 12: Le nombre total d’éléments et de nœuds

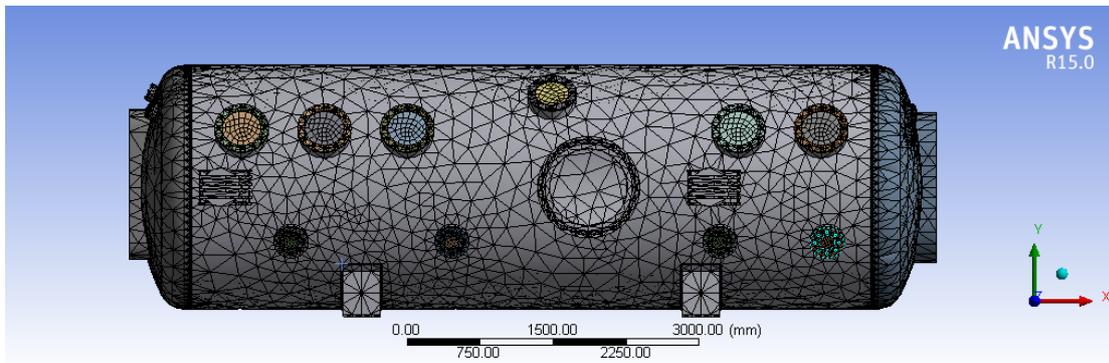


Figure 96: Caisson maillé.

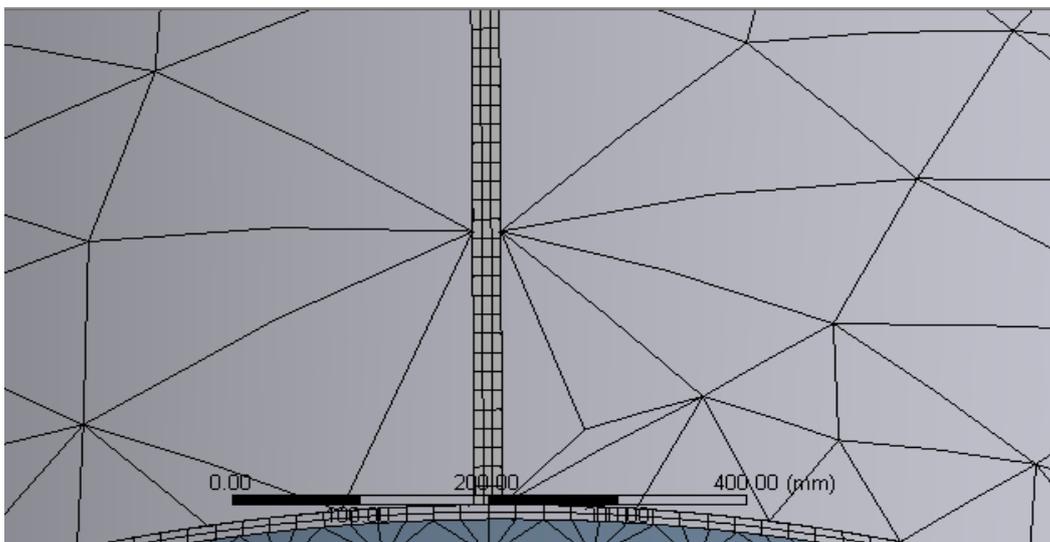


Figure 97: soudure haute maillé.

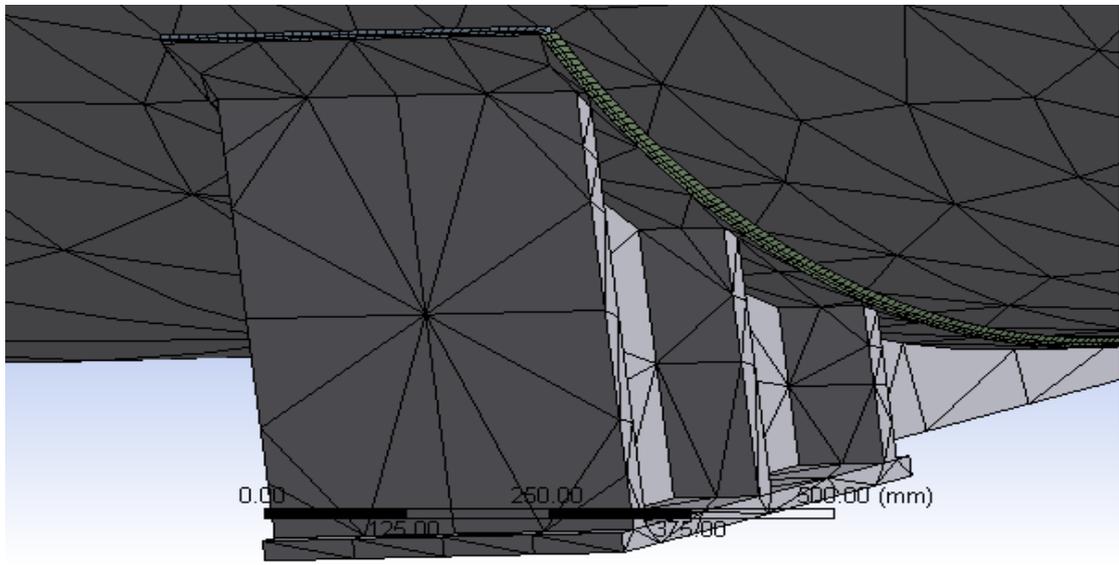


Figure 98 : soudure de support maillé

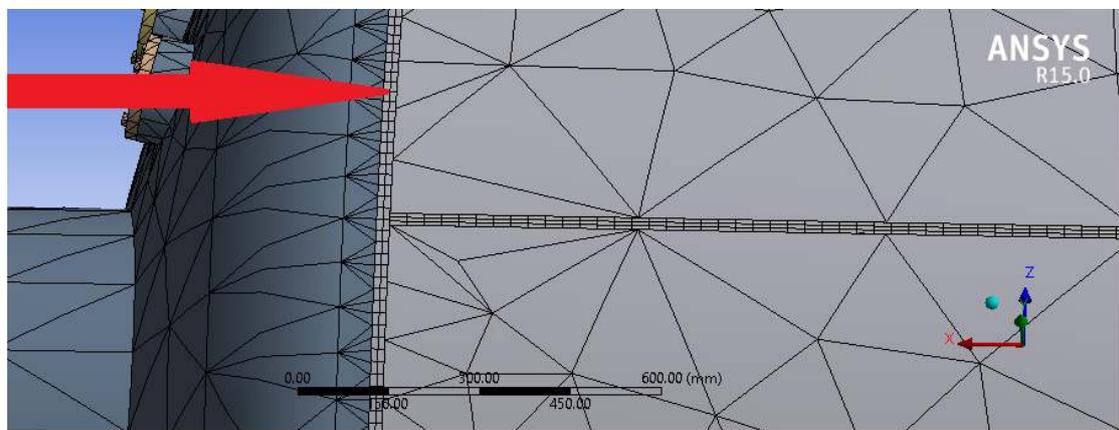


Figure 99: soudure de fond bombé extérieur maillé.

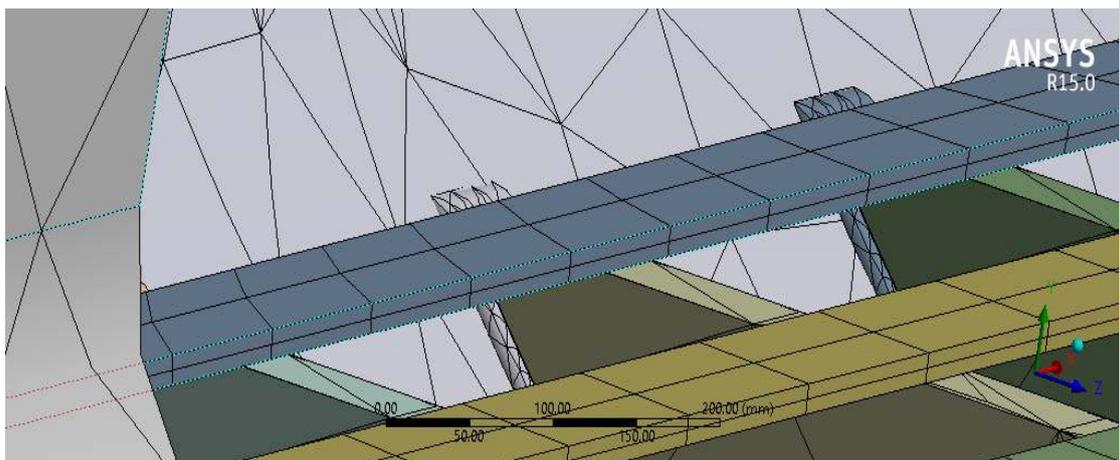


Figure 100: soudure de profilé maillé.

III-7-1. Application de la pression :

Nous effectuerons toujours les calculs avec une pression de 14 bars.

III-7-2 .Résultats :

Nous présenterons sur les Figures ci-dessous les contraintes équivalentes dans les diverses parties de la structure.

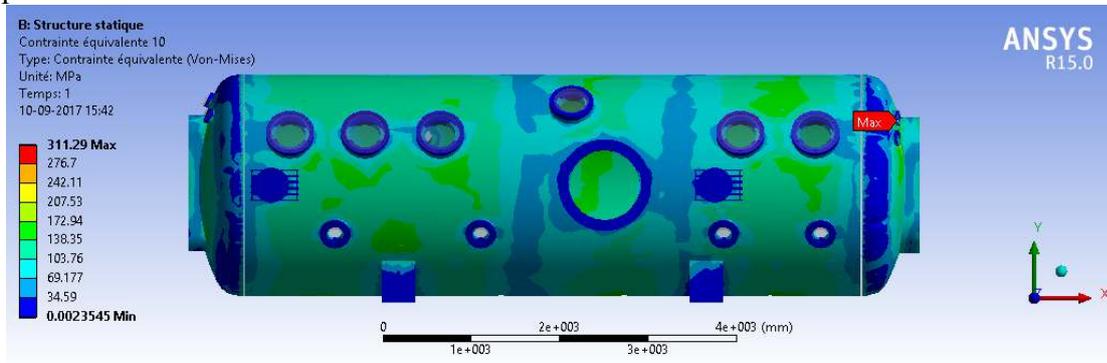


Figure 101: contraintes équivalentes dans le caisson.

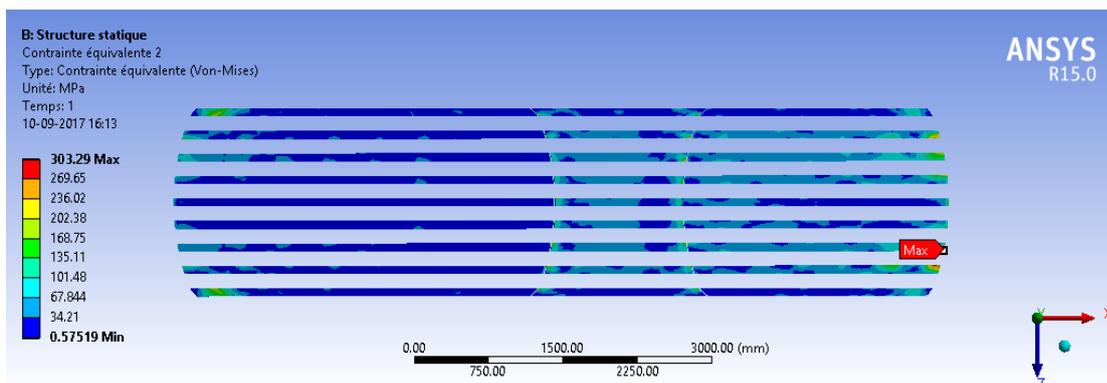


Figure 102: contraintes équivalentes dans les fers plats.

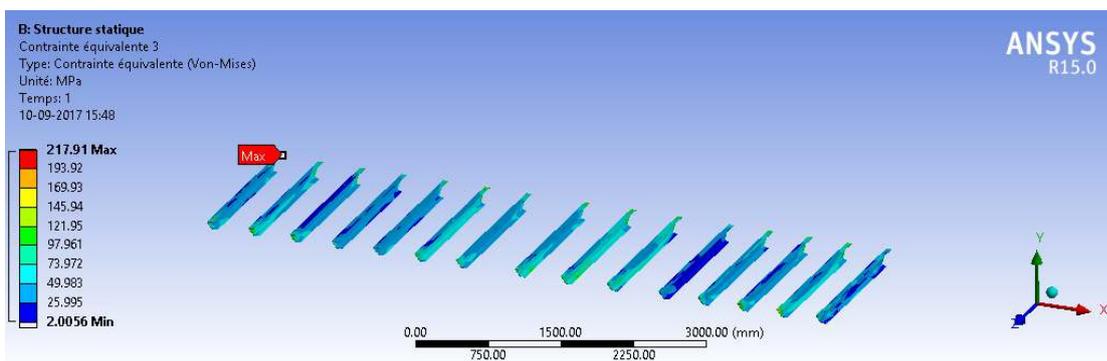


Figure 103: contraintes équivalentes dans l'upn 140.

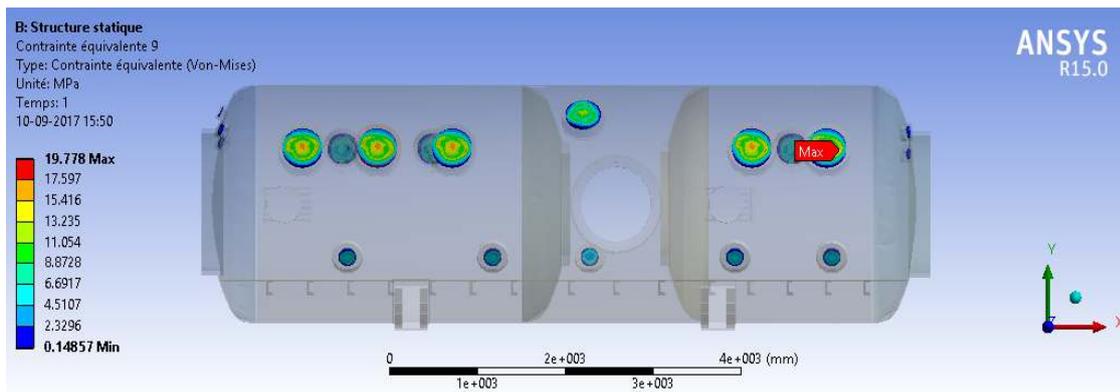


Figure 104: contraintes équivalentes dans les hublots.

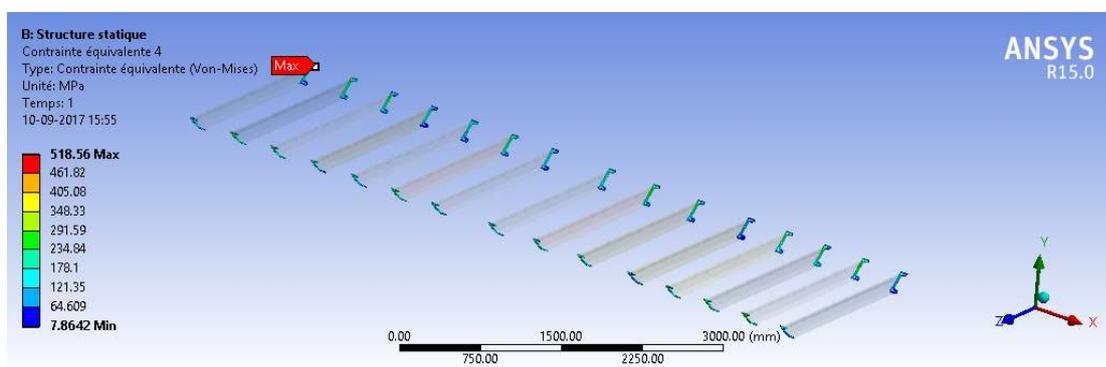


Figure 105: contraintes équivalentes dans la soudure de profilé.

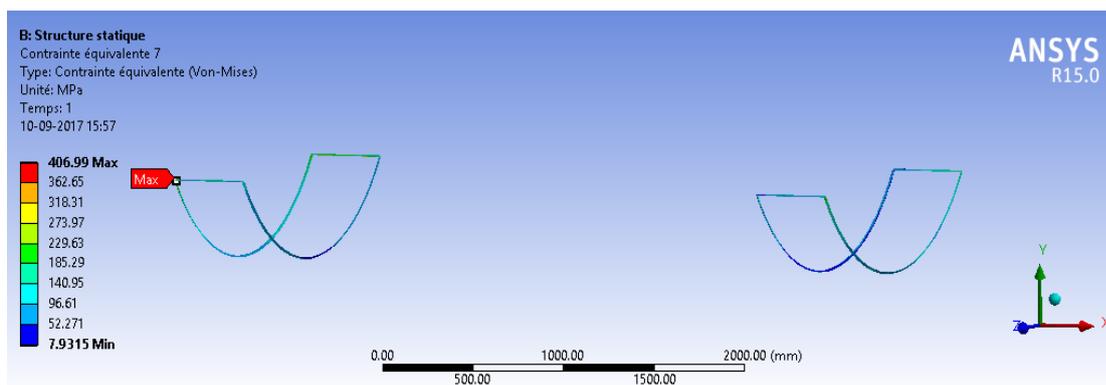


Figure 106: contraintes équivalentes dans la soudure des supports.

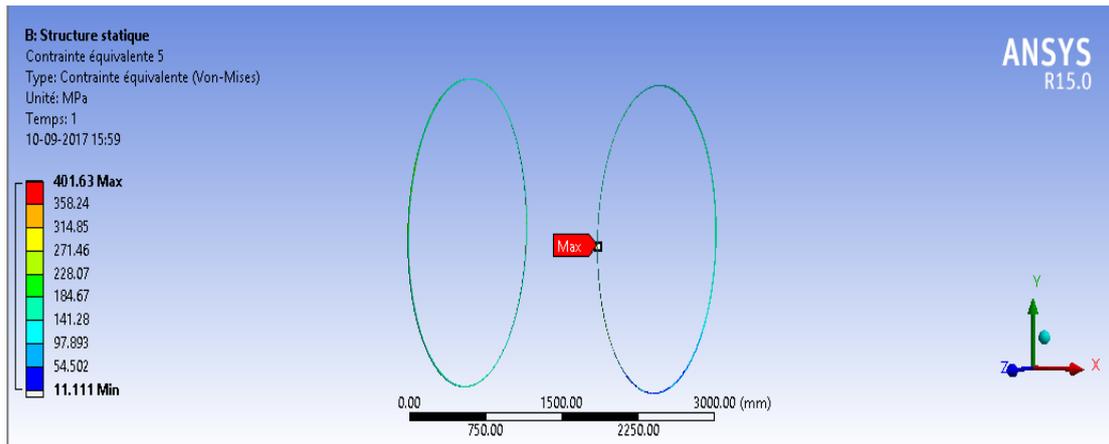


Figure 107: contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé intérieur.

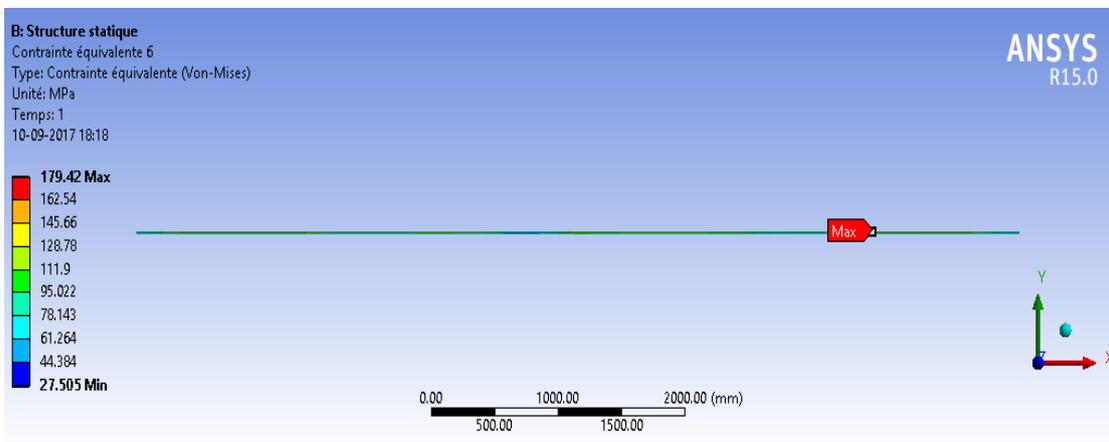


Figure 108: contraintes équivalentes dans la soudure haute.

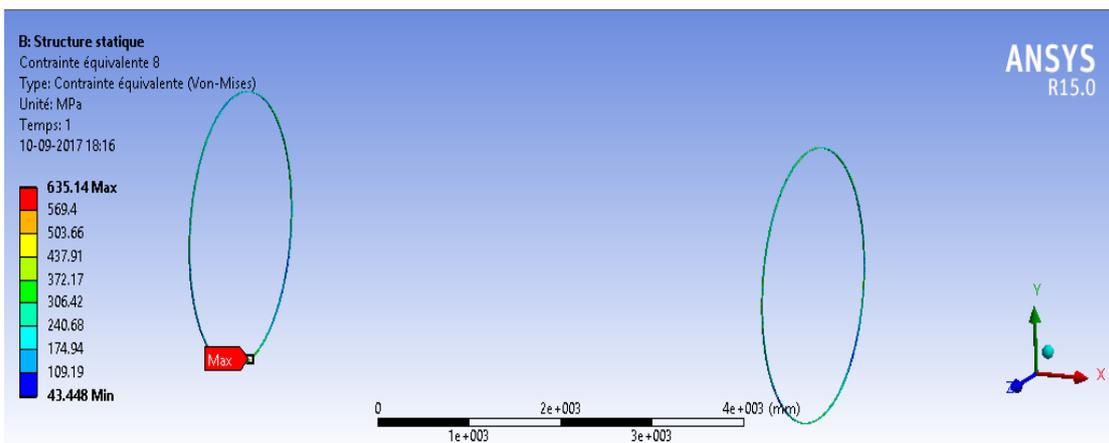


Figure 109: contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé extérieur.

-Nous récapitulerons dans les tableaux (13) et (14) les contraintes équivalentes maximales dans les différentes parties de la structure.

	caisson	UPN 140	Fers plats	hublots
Calcul (Mpa)	311.29	217.91	303.29	19.77

Tableau13 : Les résultats obtenus dans le caisson

	soudure de profilé	soudure des supports	soudure de fond bombé intérieur	soudure de fond bombé extérieur	soudure haute
Calcul (Mpa)	518.56	406.99	401.63	635.14	179.49

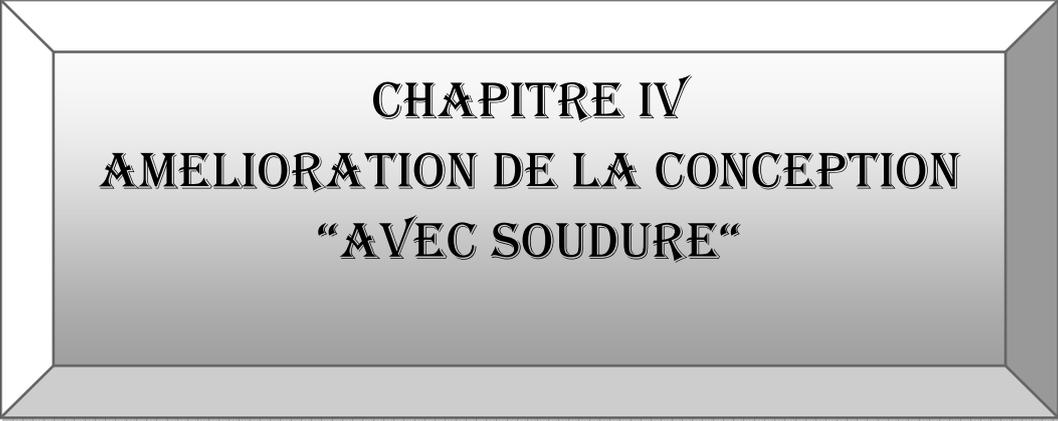
Tableau14 : Les résultats obtenus dans le cordon

III-7-3 .Conclusion :

- Nous observons que la contrainte équivalente maximale ne dépasse pas la limite d'élasticité de l'acier (360 Mpa) dans le caisson dans les fers plats dans les profilés et dans les hublots.
- la contrainte équivalente maximale dépasse la limite d'élasticité de ER70S-3 (405 Mpa) dans les supports dans la soudure de profilé et dans le fond bombé extérieur.
- Le calcul de la contrainte équivalente maximale au niveau du verre acrylique sont inférieurs à la contrainte maximale autorisée pour ce type de verre qui est de 70 MPa.

Il faut donc améliorer la conception "avec soudure".

Ça sera l'objectif du prochain chapitre.



CHAPITRE IV
AMELIORATION DE LA CONCEPTION
“AVEC SOUDURE”

IV. Introduction :

Dans ce chapitre on effectuera plusieurs calculs afin de déterminer la conception finale du caisson. Nous rappelons que le caisson est soumis a une pression maximale de 14bars, Ce qui correspond à un coefficient de sécurité égale à 2.

Les calculs du chapitre précédent ont été effectués avec les caractéristiques suivantes de lastructure :

- Profilé UPN 140, et des fers plats de section rectangulaire 10×80 mm
- Plancher de 8 mm d'épaisseur
- Epaisseur de tôle de 12 mm (pour toute la géométrie) et de 40mm pour les hublots hauts et 30mm pour les hublots bas.
- cordon de soudure de rayon 5 mm (Figure71)

Les résultats obtenus ont montré que la contrainte équivalente maximale dépasse la limite d'élasticité dumatériau de soudage(405MPa). Nous devons donc améliorer la conception du caisson afin que la contrainte équivalente maximale soit inférieure à la limite élastique.

IV-1. Première amélioration :

Nous avons constaté (tableau 14), que la limite élastique du cordon est dépassée dans la soudure du profilé et la soudure du fond bombé.

Devant la difficulté de la modification de la soudure du fond bombé, nous avons décidé de ne modifier que la soudure du profilé

On commence par renforcer le cordon de soudure de profilé en utilisant un rayon de 7 mm. On utilise toujours le profilé UPN 140 les fers plats 10*80 et l'épaisseur du caisson 12 mm.

IV -1-2.Calcul pour la première amélioration :

Nous présentons sur les figures 110 à 118les contraintes équivalentes dans diverses parties de la structure.

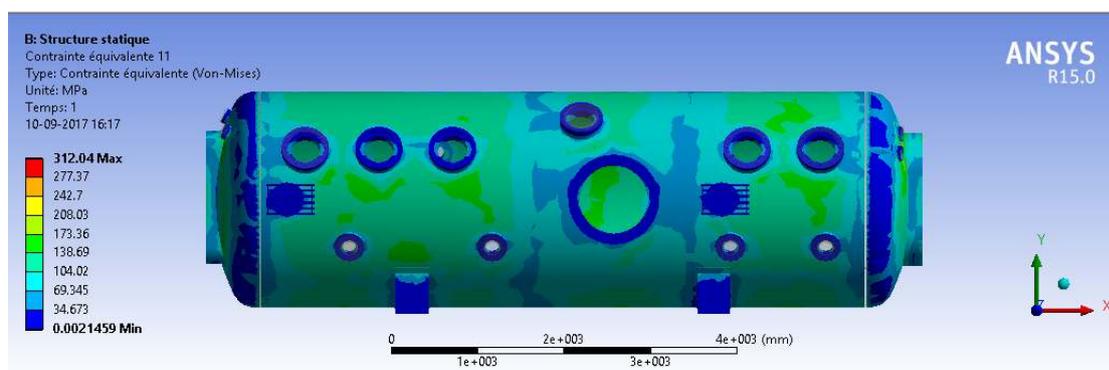


Figure 110: contraintes équivalentes dans le caisson.

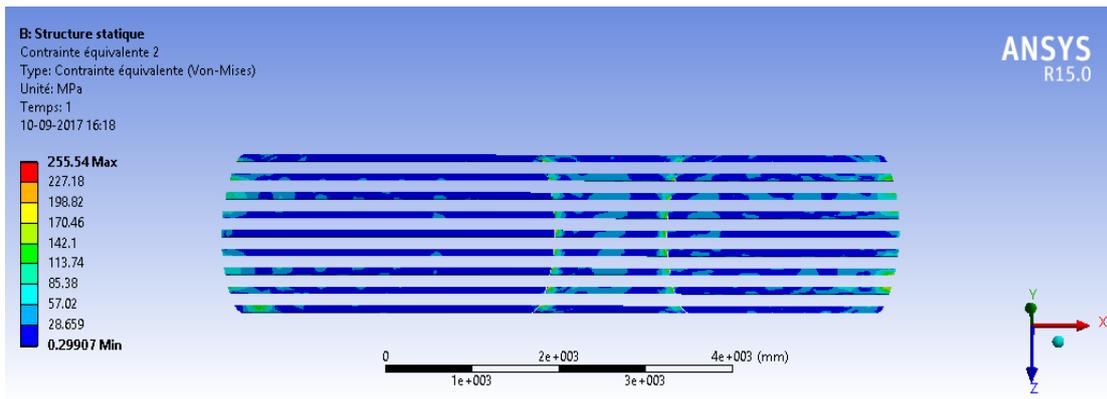


Figure 111: contraintes équivalentes dans les fers plats.

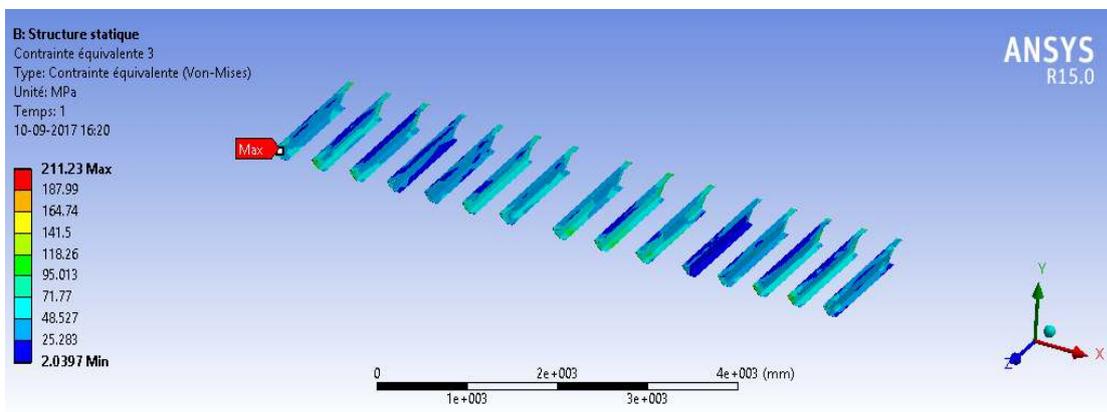


Figure 112: contraintes équivalentes dans l'upn 140.

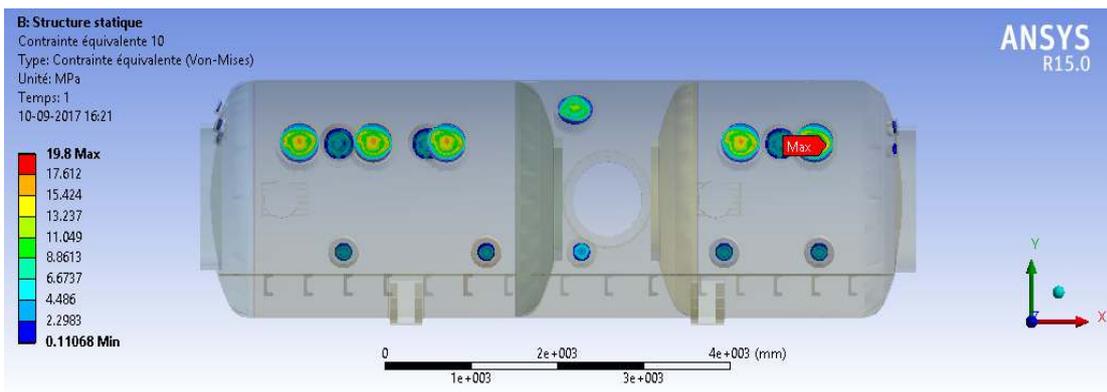


Figure 113: contraintes équivalentes dans les hublots.

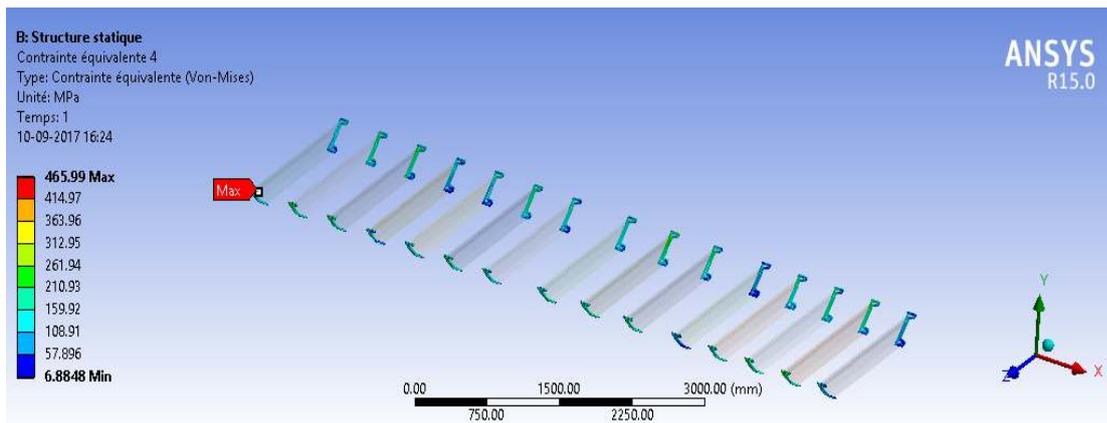


Figure 114: contraintes équivalentes dans la soudure de profilé.

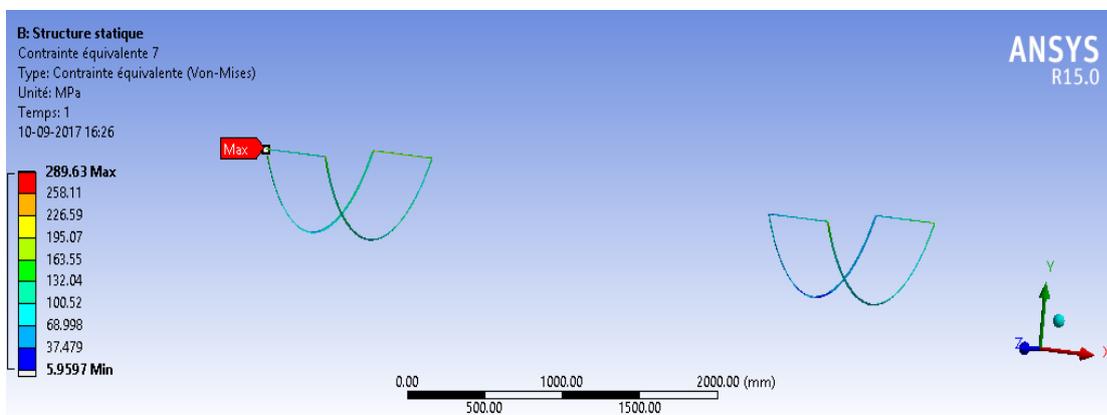


Figure 115: contraintes équivalentes dans la soudure des supports.

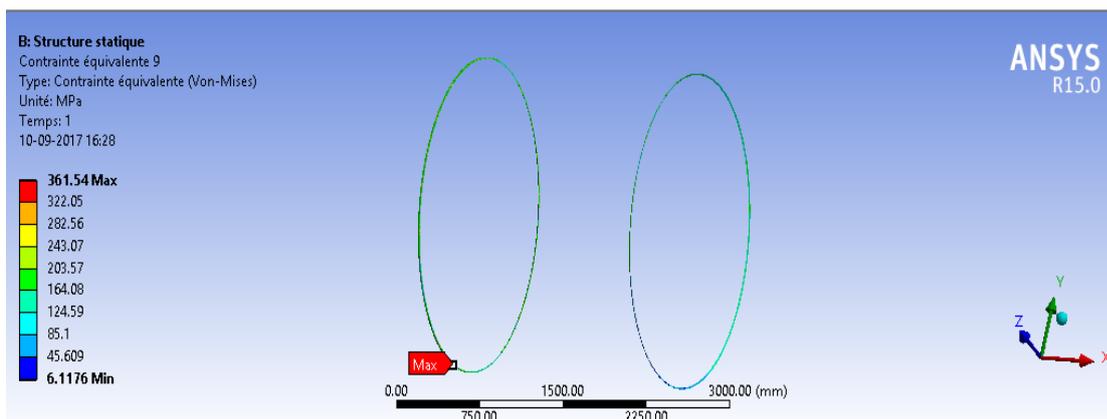


Figure 116: contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé intérieur.

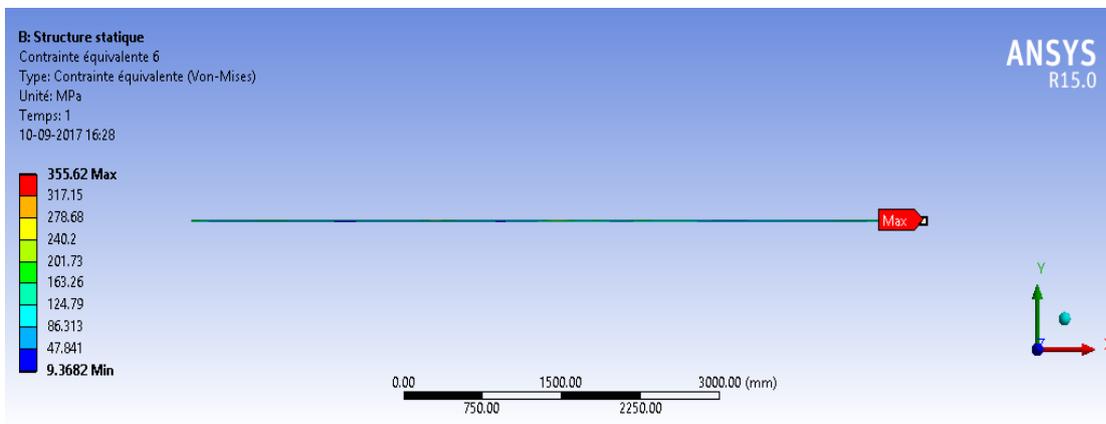


Figure 117: contraintes équivalentes dans la soudure haute

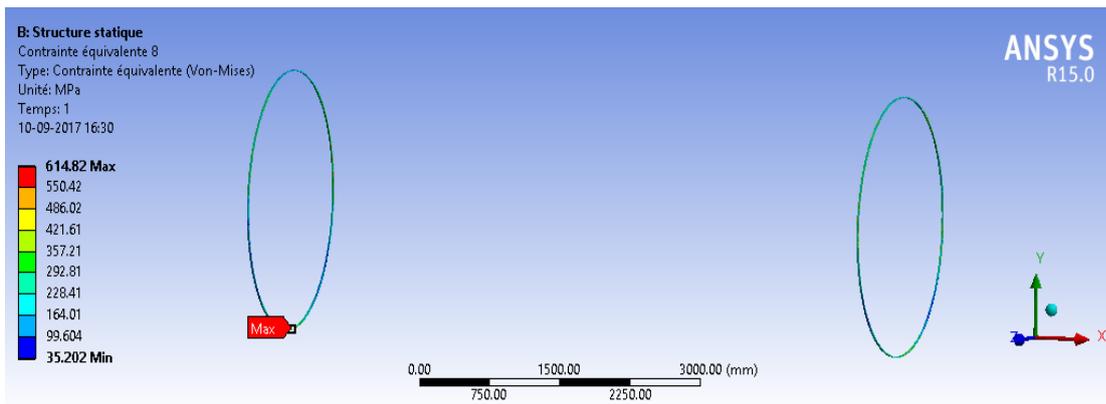


Figure 118: contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé extérieur.

-Nous récapitulerons dans les tableaux (15) et (16) les contraintes équivalentes maximales dans les différentes parties de la structure.

	caisson	UPN 140	Fers plats	hublots
Calcul (Mpa)	312.04	211.23	255.54	19.8

Tableau15 : Les résultats obtenus pour la première modélisation dans le caisson

	soudure de profilé	soudure des supports	soudure de fond bombé intérieur	soudure de fond bombé extérieur	soudure haute
Calcul (Mpa)	465.99	289.63	361.54	614.82	355.62

Tableau16 : Les résultats obtenus pour la première modélisation dans le cordon

IV-1-3 .Conclusion pour la première amélioration :

- Nous observons que la contrainte équivalente maximale (614.82 Mpa) dépasse la limite élastique de ER70S-3 (405 Mpa) .

- En conclusion, nous devons améliorer la conception.

IV-2. Deuxième amélioration

Dans cette nouvelle simulation, nous choisissons de renforcer aussi le cordon de soudure de profilé en utilisant un rayon de 9 mm.

IV-2-1. Calcul de la deuxième amélioration :

Nous présentons sur les figures 119 à 127 les contraintes équivalentes dans diverses parties de la structure.

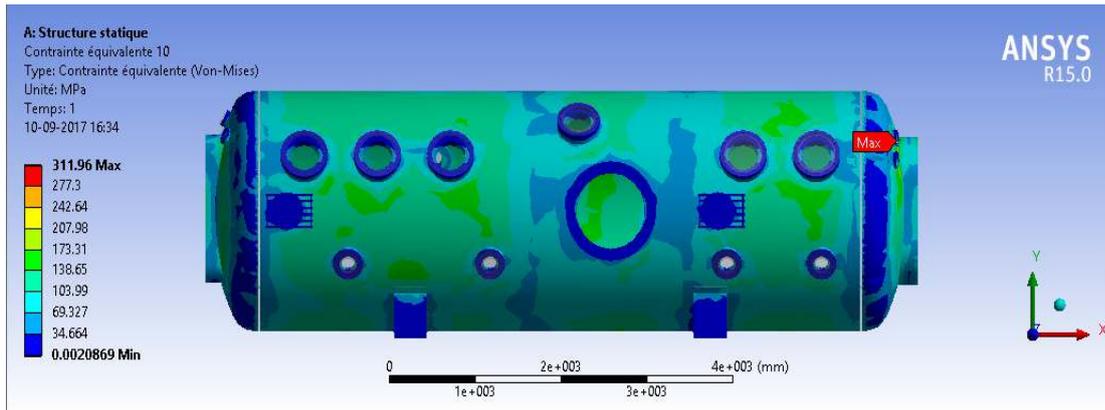


Figure 119: contraintes équivalentes dans le caisson.

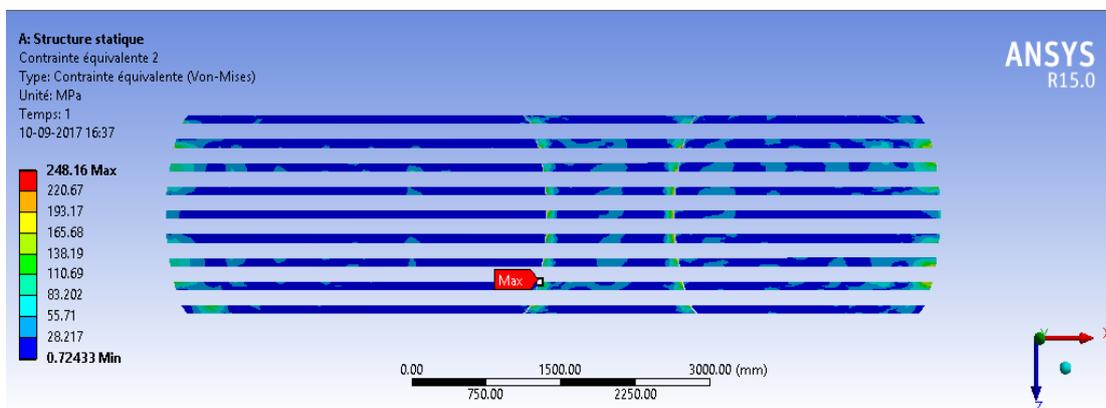


Figure 120: contraintes équivalentes dans les fers plats.

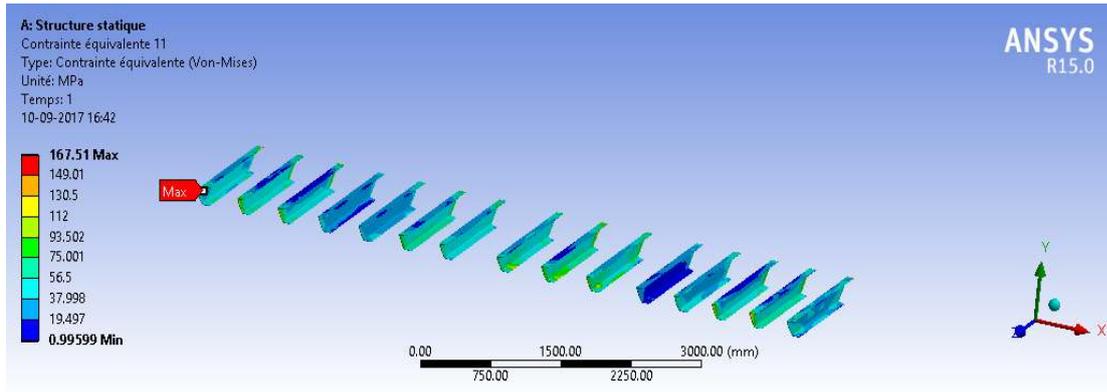


Figure 121: contraintes équivalentes dans l'upn 140.

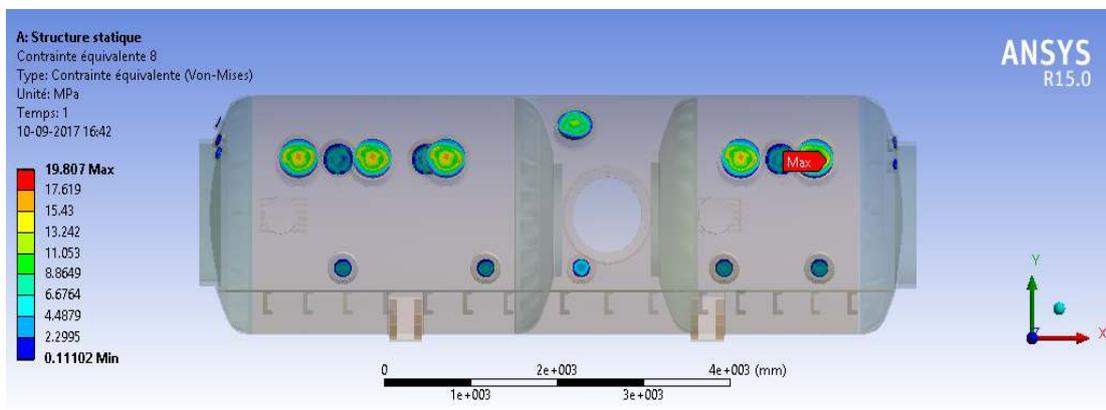


Figure 122: contraintes équivalentes dans les hublots.

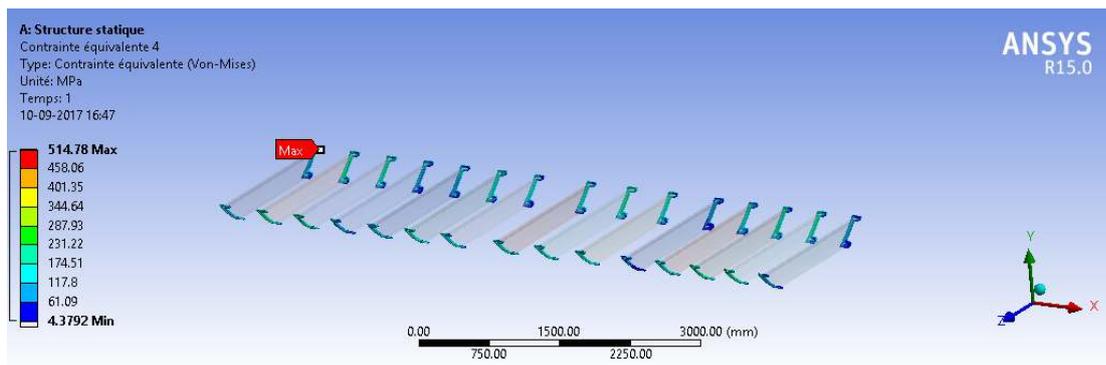


Figure 123: contraintes équivalentes dans la soudure de profilé

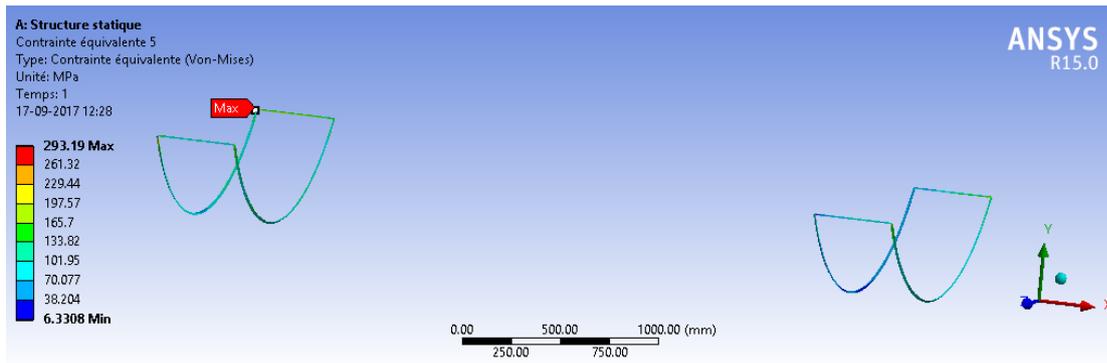


Figure 124: contraintes équivalentes dans la soudure de supports.

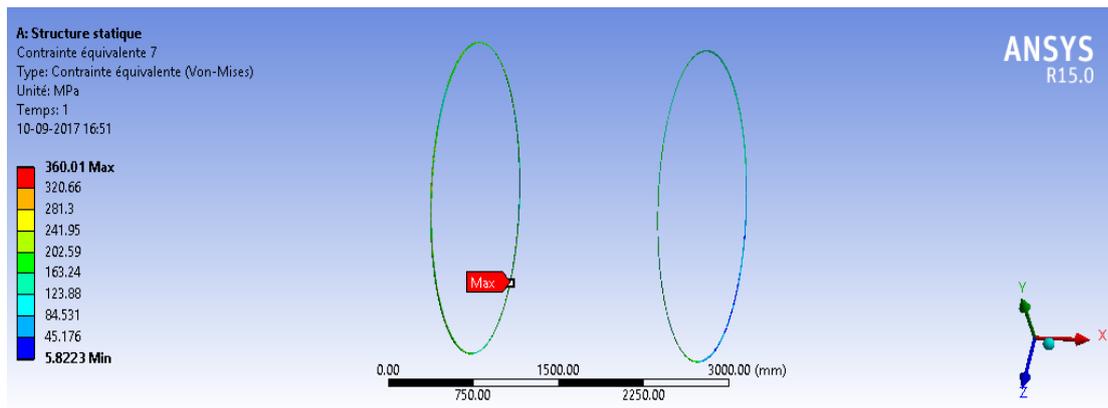


Figure 125: contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé intérieur.

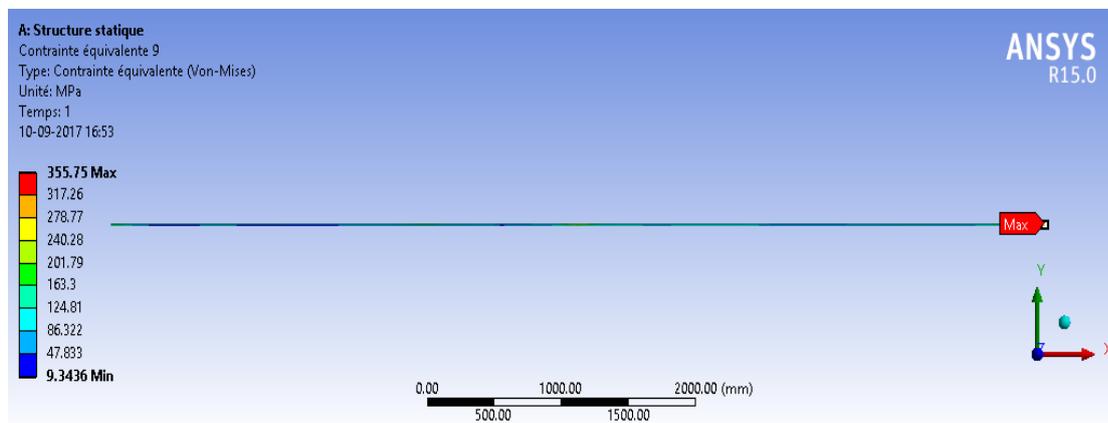


Figure 126: contraintes équivalentes dans la soudure haute.

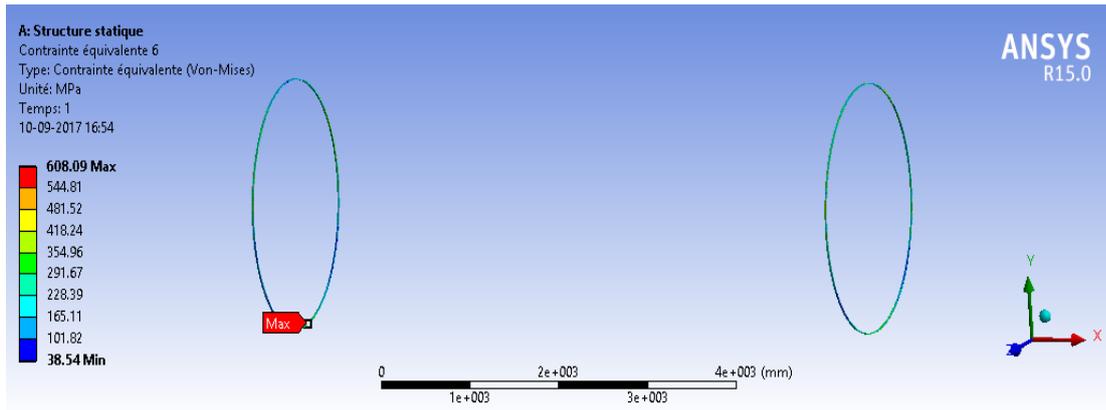


Figure 127: contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé extérieur.

Nous récapitulerons dans les tableaux (17) et (18) les contraintes équivalentes maximales dans les différentes parties de la structure.

	caisson	UPN 140	Fers plats	hublots
Calcul (Mpa)	311.96	167.51	248.16	19.8

Tableau 17 : Les résultats obtenus pour la deuxième modélisation dans le caisson

	soudure de profilé	soudure des supports	soudure de fond bombé intérieur	soudure de fond bombé extérieur	soudure haut
Calcul (Mpa)	514.78	293.19	360.01	608.09	355.75

Tableau 18 : Les résultats obtenus pour la deuxième modélisation dans le cordon

IV-2-2 .Conclusion pour la deuxième amélioration :

- Nous observons que la contrainte équivalente maximale (608.09 Mpa) dépasse la limite élastique de ER70S-3 (405 Mpa) .
- En conclusion, nous devons améliorer encore la conception.

IV.3 troisième amélioration

Dans cette nouvelle simulation, nous choisissons de renforcer aussi le cordon de soudure de profilé en utilisant un rayon de 11 mm.

IV-3-1 . Calcul de la troisième amélioration :

Nous présentons sur les figures 128 à 136 les contraintes équivalentes dans diverses parties de la structure.

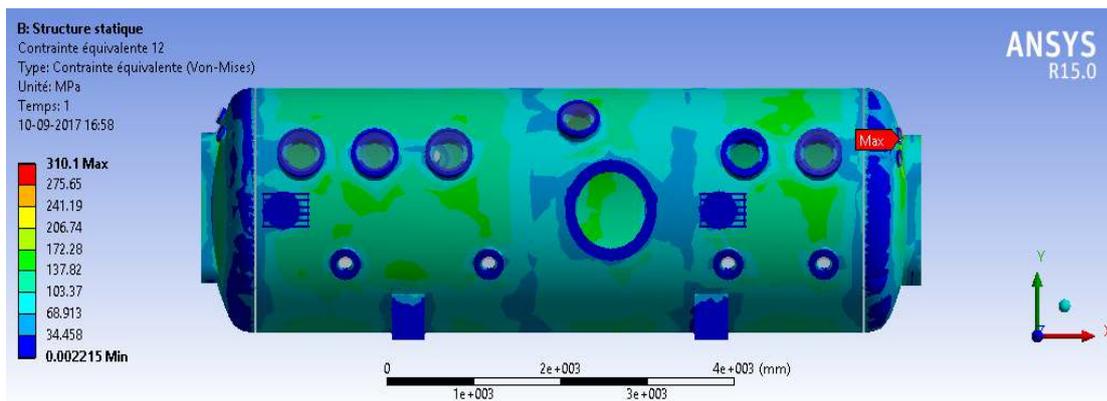


Figure 128: contraintes équivalentes dans le caisson.

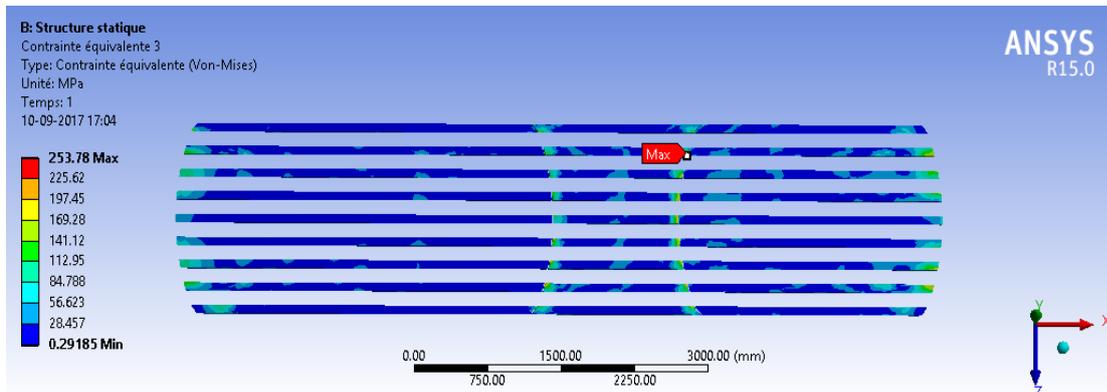


Figure 129: contraintes équivalentes dans les fers plats.

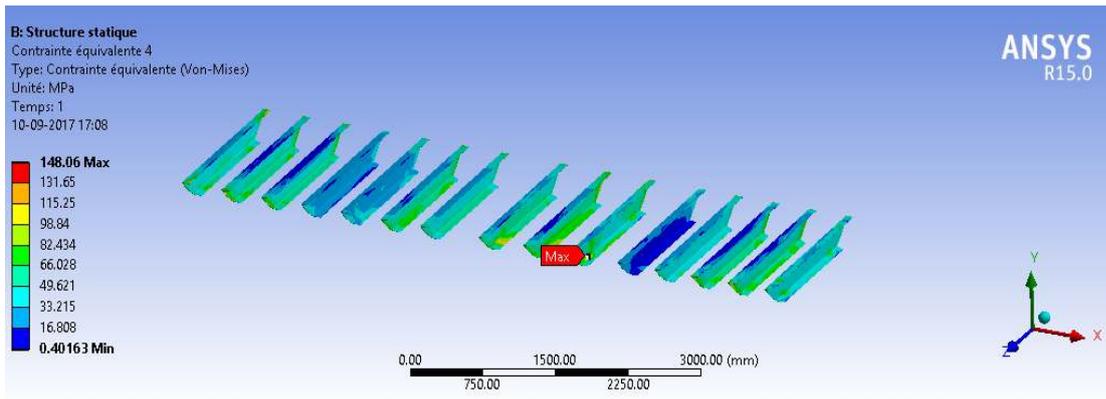


Figure 130: contraintes équivalentes dans l'upn 140.

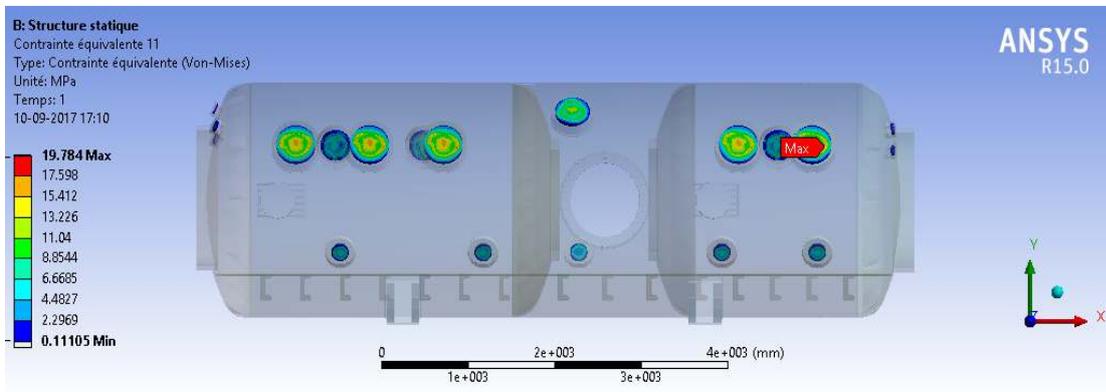


Figure 131: contraintes équivalentes dans les hublots.

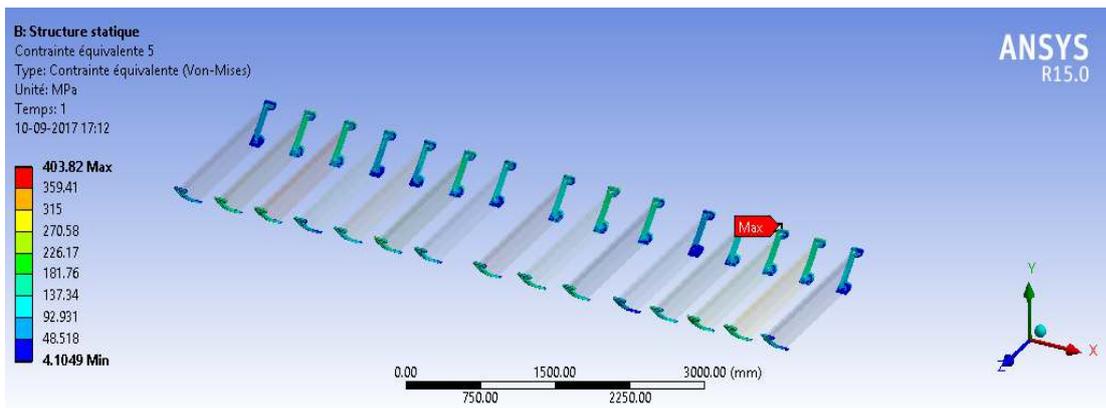


Figure 132: contraintes équivalentes dans la soudure de profilé.

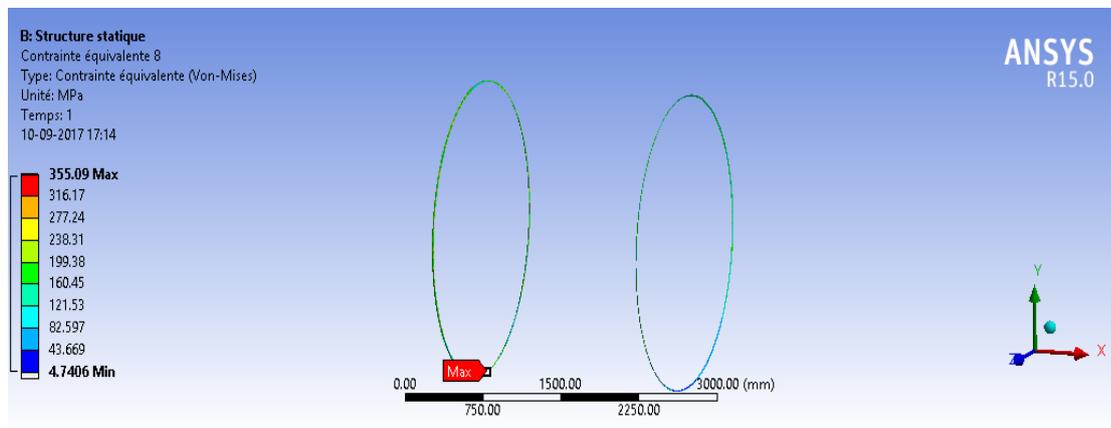


Figure 133: contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé intérieur.

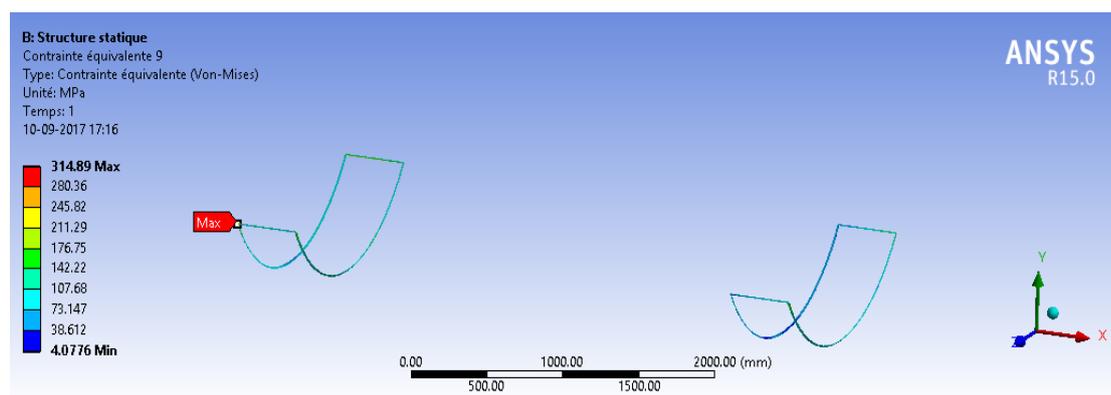


Figure 134 : contrainte équivalentes dans la soudure des supports.

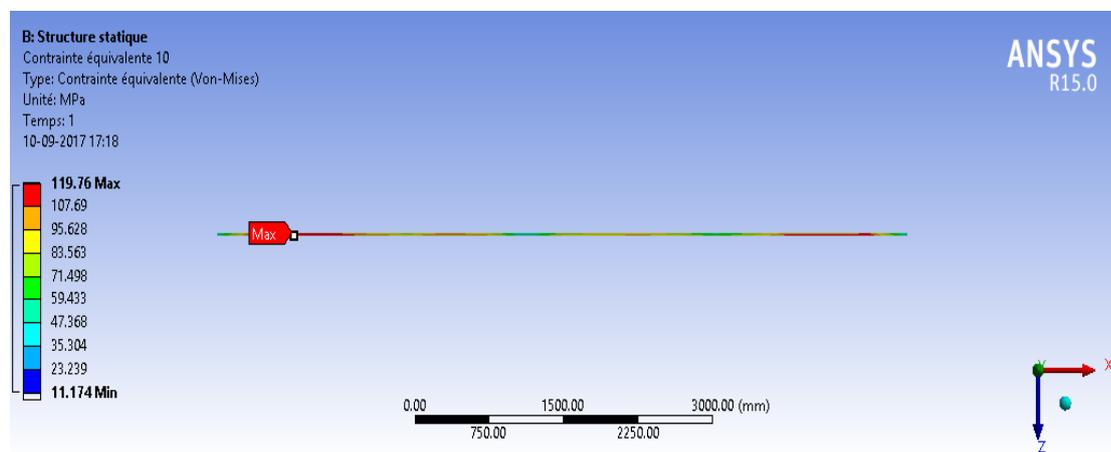


Figure 135: contraintes équivalentes dans la soudure haute.

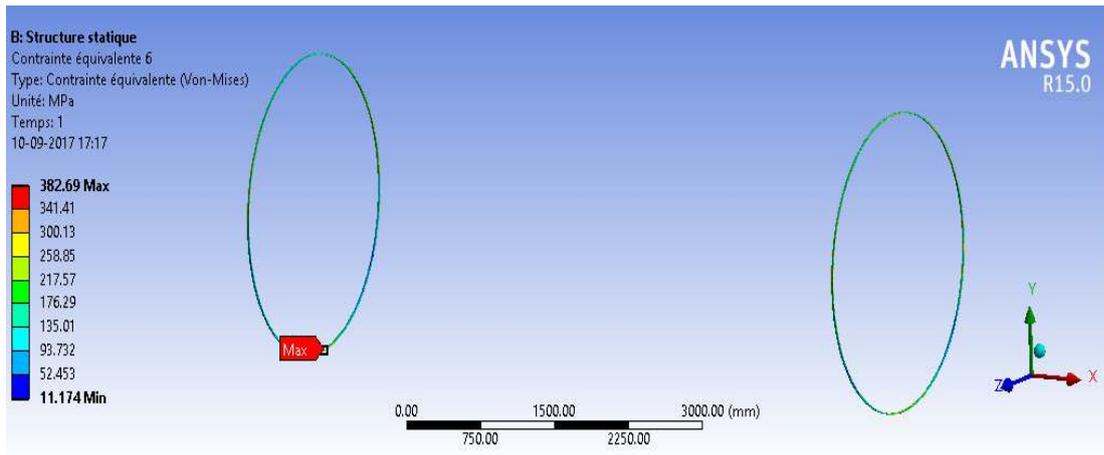


Figure 136: contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé extérieur.

-Nous récapitulerons dans les tableaux (19) et (20) les contraintes équivalentes maximales dans les différentes parties de la structure.

	caisson	UPN 140	Fers plats	hublots
Calcul (Mpa)	310.1	148.06	253.78	19.8

Tableau 19: Les résultats obtenus pour la troisième modélisation dans le caisson

	soudure de profilé	soudure des supports	soudure de fond bombé intérieur	soudure de fond bombé extérieur	soudure haute
Calcul (Mpa)	403.82	314.89	355.9	382.69	119.76

Tableau 20 : Les résultats obtenus pour la troisième modélisation dans le cordon

IV-3-2. Conclusion pour la troisième amélioration :

- Nous observons sur le tableau (20) que les contraintes équivalentes maximales pour l'acier, le verre et ER70S-3 sont inférieures aux contraintes admissibles respectives. Nous en concluons que cette amélioration de conception est la bonne, et sera appelée « la conception finale ».

IV-3-3.Comparaison avec la conception “sans soudure” :

Nous récapitulons dans le tableau ci-dessous, les résultats obtenus avec les deux types de conceptions :

	Caisson	UPN140	Fers plats	Hublots
Avec soudure (MPa)	310,1	148,06	253,78	10,8
Sans soudure (MPa)	318 ,21	288,56	262,1	10,73
Différence relative (%)	2.6	48.6	3.1	0.006

Tableau 21 : Contrainte équivalente maximale pour les deux cas “avec soudure”et“sans soudure”

■ Nous constatons qu’avec les mêmes dimensions, les contraintes équivalentes maximales sont proches, sauf pour l’UPN 140, où elle est environ 2 fois plus élevée dans le cas “sans soudure”.

■ Ce résultat est logique, puisque les résultats pour l’UPN 140 dans le cas “sans soudure” (Figure89 chapitre III), montrent que le max se situe au niveau de jonction de l’UPN avec le caisson.

Alors que dans le cas “avec soudure”, c’est le cordon qui supporte cette surcharge.

Par conséquent, ce résultat montre qu’on peut remplacer l’UPN 140 par un UPN de plus faible section.

■ Ce résultat met en évidence aussi l’importance de la prise en compte de la soudure dans la conception.

IV-4. Déplacement dans la structure :

Nous rappelons que tous les calculs effectués l'ont été dans l'hypothèse de la linéarité du problème élastique. Cette hypothèse stipule que les déplacements de la structure doivent être petits par rapport à ses dimensions.

Afin de vérifier que nos calculs vérifient bien cette hypothèse, nous présentons les isovaleurs du déplacement total ainsi que les déplacements de la structure dans les directions X et Y et Z (Figures 137 à 140 respectivement) .

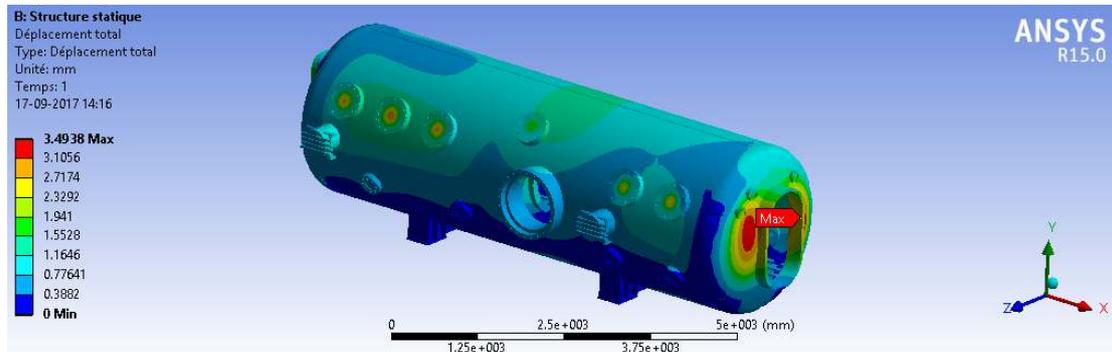


Figure 137: Déplacements totaux.

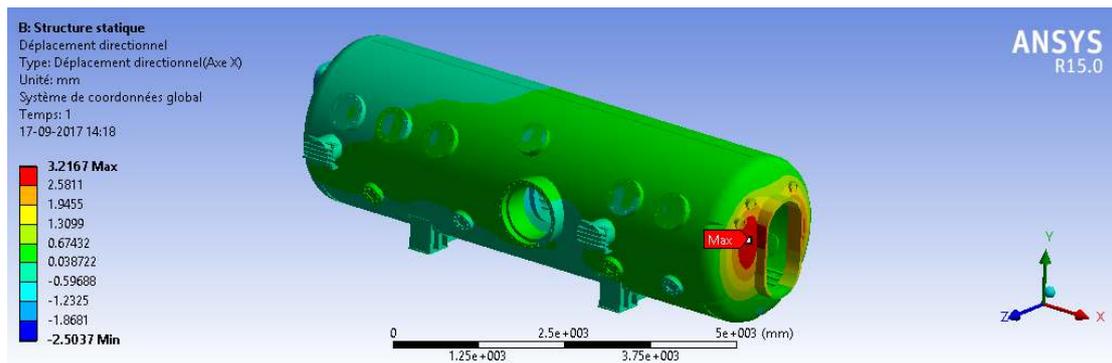


Figure 138: Déplacements de la structure dans les directions X.

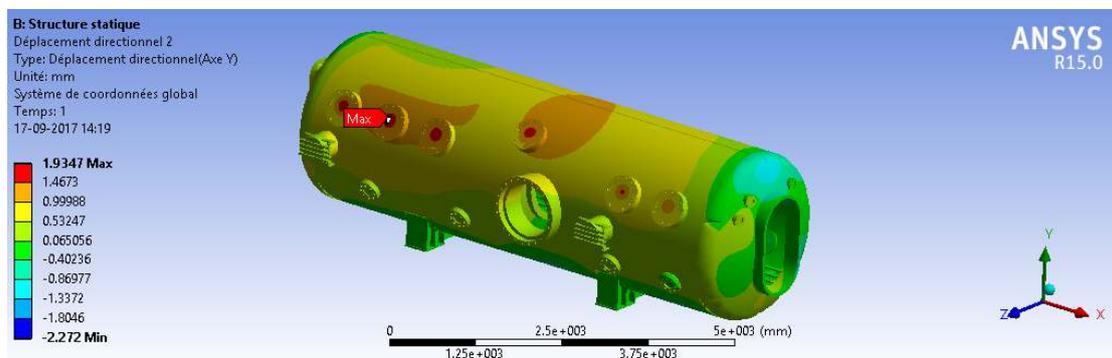


Figure 139: Déplacements de la structure dans les directions Y.

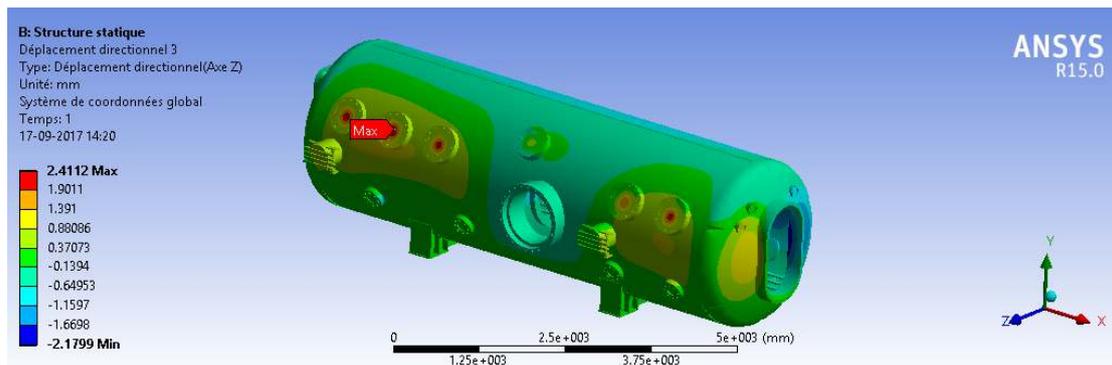


Figure 140: Déplacements de la structure dans les directions Z.

Nous observons sur la Figure (137) que le déplacement maximal est d'environ 3.5 mm, ce qui, rapporté à la dimension maximale de la structure d'environ 8 m, montre que l'hypothèse des petits déplacements est largement vérifiée.

IV-5. Récapitulation des caractéristiques de la « conception finale » :

Nous récapitulons ci-dessous certaines dimensions:

- L'épaisseur du caisson hyperbare est de 12 mm.
- Les fers plats sont de 10×80 mm.
- Le profilé UPN 140.
- L'épaisseur du verre acrylique pour les hublots hauts est de 40 mm.
- L'épaisseur du verre acrylique pour les hublots bas est de 30 mm.
- le rayon de cordon de soudure de l'UPN 140 et 11 mm.

Les différents dessins de définition de la « conception finale » sont donnés en Annexe. Lamasse totale du caisson calculée par ANSYS est de 15907 kg.



**CONCLUSION
GÉNÉRALE**

Conclusion générale :

Ce travail est la suite de mémoire de BENSOTRA et MOULOUDI [8].

Les principales différences sont les suivants :

■ Nous avons supprimé le plancher étanche de la conception précédente.

La pression a été appliquée directement sur les supports du plancher.

■ Les différentes parties du caisson ont été supposées idéalement collées.

Nous avons amélioré cette conception en introduisant les cordons de soudure.

■ Lors de la modélisation du caisson, nous avons découvert que la fonction soudage de SOLIDWORKS n'est pas reconnue par ANSYS.

Il faut modéliser le cordon séparément.

■ La principale différence par rapport à la conception "sans soudure" est que la contrainte Equivalente maximale dans l'UPN (148 MPa) devient, avec l'ajout du cordon, très éloignée de la limite élastique (360 MPa).

Cela veut dire que dans la conception "sans soudure" cet UPN est sur dimensionné.

Nous pouvons donc choisir un UPN de plus faible section.

Ce résultat montre l'importance de la prise en compte du cordon de soudure dans la Conception.

■ Nous avons utilisé un seul type de cordon parmi beaucoup d'autres (Figure 15).

Il serait intéressant de tester plusieurs types de soudure à titre de comparaison.

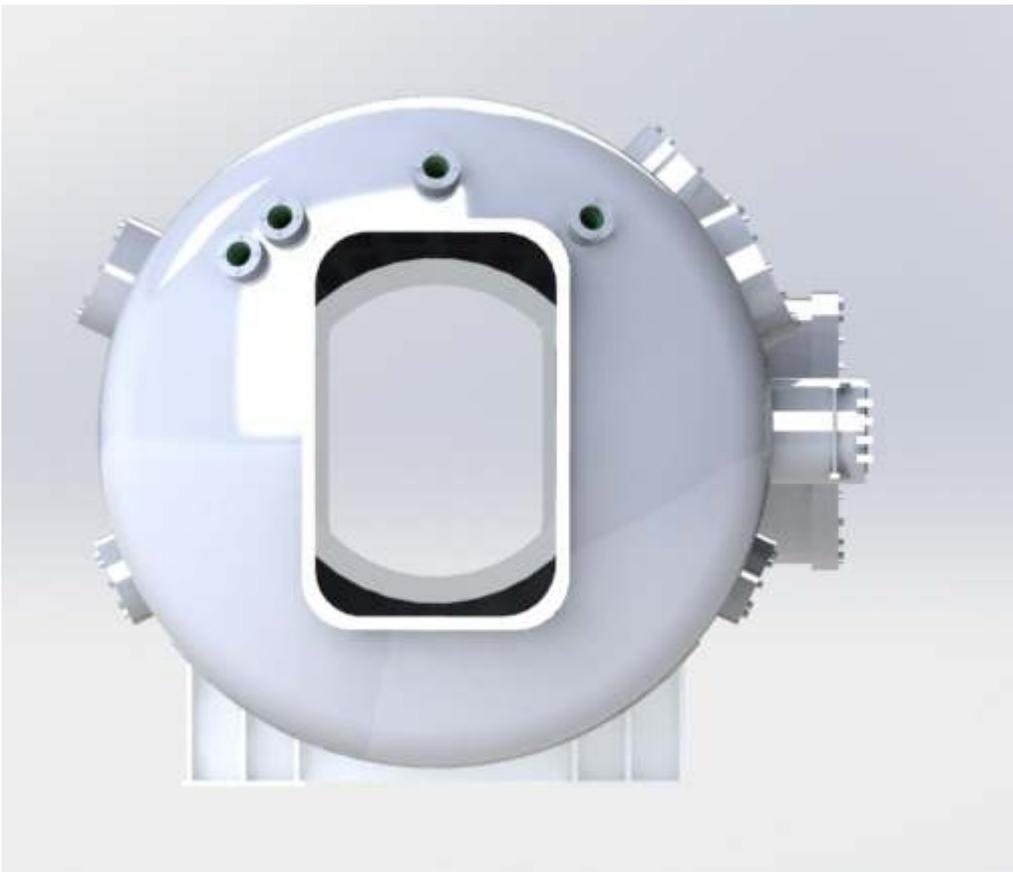
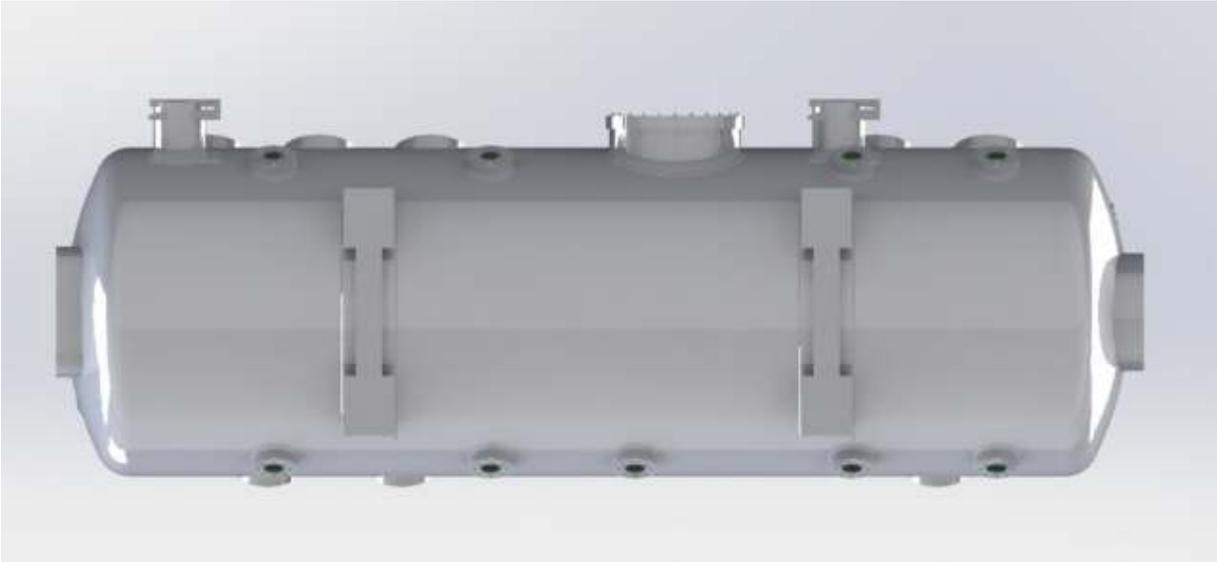
Les perspectives qui se dégagent de ce travail sont :

- Réduire la section de l'UPN.
- Tester d'autres types de soudure.

ANNEXE









110	contraintes équivalentes dans la soudure des supports.....	73
111	contrainte équivalentes dans la soudure de fond bombé intérieure.....	73
112	contraintes équivalentes dans la soudure haute.....	74

113	contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé extérieur.....	74
114	contraintes équivalentes dans le caisson.....	75
115	contraintes équivalentes dans les fers plats.....	75
116	contraintes équivalentes dans l'upn 140.....	76
117	contraintes équivalentes dans les hublots.....	76
118	contraintes équivalentes dans la soudure de profilé.....	76
119	contraintes équivalentes dans la soudure de supports.....	77
120	contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé intérieur.....	77
121	contraintes équivalentes dans la soudure haute.....	77
122	contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé extérieur.....	78
123	contraintes équivalentes dans le caisson.....	79
124	contraintes équivalentes dans les fers plats.....	79
125	contraintes équivalentes dans l'upn 140.....	80
126	contraintes équivalentes dans les hublots.....	80
127	contraintes équivalentes dans la soudure de profilé.....	80
128	contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé intérieur.....	81
129	contrainte équivalentes dans la soudure des supports.....	81
130	contraintes équivalentes dans la soudure haute.....	81
131	contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé extérieur.....	82
132	Déplacements totaux.....	84
133	Déplacements de la structure dans les directions X.....	84
134	Déplacements de la structure dans les directions Y.....	84
135	Déplacements de la structure dans les directions Z.....	85

Liste des figures

Figure		page
Chapitre I : Généralités sur le caisson hyperbare.		
1	le caisson hyperbare de l'hôpital de Vancouver	5
2	Une salle d'opération hyperbare mobile construite par J.A. Fontaine en 1879....	6
3	La production d'air.....	9
4	La filtration d'air.....	9
5	Le stockage de l'air.....	9
6	Le pupitre de commande.....	9
7	Le caisson hyperbare de l'hôpital de Vancouver.....	10
8	Le caisson hyperbare de l'ancienne étude.....	12
9	la conception du caisson hyperbare proposé par BENZIANE.....	13
10	La conception du caisson hyperbare proposé par MEDJBOUR et MIDOUNA.	14
11	La conception du caisson hyperbare proposée par BENSOTRA et MOULOUDI	14
12	pression appliqué sur la plancher et sur la partie supérieure du caisson.....	15
13	Vue du renforcement à l'intérieur du caisson de l'hôpital de Vancouver.....	16
14	nouvelle conception.....	16
15	différents types des cordons de soudure.....	17
Chapitre II : Procédure de la modélisation du caisson avec SolidWorks		
16	Profil UPN (profil normalisé).....	22
17	Larges plats.....	23
18	Fond bombé GRC.....	23
19	L'esquisse du fond bombé.....	25
20	Décalage des entités du fond bombé.....	25
21	La forme 3D du fond bombé	25
22	Convertir les entités.....	26
23	Décaler les entités.....	27

24	Esquisse de la porte extérieure.....	27
25	bossage de la porte extérieure.....	28
26	bossage de la porte extérieure.....	28
27	La forme 3D du cylindre.....	29
28	Répétition linéaire du fond bombé.....	29
29	2eme Répétition linéaire du fond bombé.....	30
30	Fonction de base bossage par extrudé de la porte circulaire.....	30
31	Fonction enlèvement de matière extrudé de la porte circulaire.....	31
32	Répétition circulaire des trous sur la porte circulaire.....	31
33	Créer un esquisse 3D et plan 12.....	32
34	Fonction de base bossage par extrudé d'hublot.....	32
35	Fonction enlèvement de matière extrudé d'hublot.....	33
36	Fonction enlèvement de matière extrudé d'hublot.....	33
37	Fonction de base bossage par extrudé d'hublot.....	34
38	Fonction de base bossage par extrudé d'hublot.....	34
39	Répétition circulaire des trous d'hublot.....	35
40	Répétition linéaire d'hublot.....	35
41	La serrure de transfert de médicaments.....	36
42	Fonction de base bossage par extrudé.....	36
43	Fonction de base bossage par extrudé.....	37
44	Fonction de base bossage par extrudé.....	37
45	Fonction de base bossage par extrudé.....	38
46	Répétition linéaire.....	38
47	Supports du caisson.....	39
48	Fonction de base bossage par extrudé de support.....	39
49	Fonction de base bossage par extrudé de support.....	40
50	Fonction de base bossage par extrudé de support.....	40
51	Esquisse d'UPN 140.....	41
52	La forme UPN 140.....	42

53	La répétition de l'esquisse d'UPN 140.....	42
54	L'esquisse des fers plats.....	43
55	Création des fers plats.....	43
56	fonction construction soudées dans SOLIDWORKS.....	44
57	L'esquisse de cordon de soudure du support.....	45
58	Bossage par révolution cordon de soudure du support.....	45
59	soudage du support.....	46
60	la partie supérieure de cordon de soudure.....	46
61	dimension de cordon de soudure de cylindre.....	47
62	bossage extrudé de cordon de soudure du cylindre.....	47
63	fonction enlèvement de matière extrude du l'UPN.....	48
64	enlèvement de matière par extrude du l'UPN.....	48
65	cordon de soudure de l'UPN.....	48
66	Le rayon de cordon de soudure du l'UPN.....	49
67	UPN soudée.....	49
68	fonction chanfrein du fond bombé.....	50
69	fonction chanfrein du cylindre.....	50
70	L'esquisse du cordon de soudure du fond bombé.....	50
71	bossage extrude du cordon de soudure du fond bombé.....	51
72	fonction chanfrein du cordon de soudure.....	51
73	l'emplacement du cordon de soudure entre le fond bombé et le cylindre.....	52
74	cordon de soudure de la séparation.....	52
75	L'emplacement de cordon de soudure dans la séparation.....	53

Chapitre III : Procédure de la modélisation du caisson avec SolidWorks

76	Choix du système d'analyse.....	55
77	Spécification des propriétés du matériau.....	56
78	Edition et ajout des paramètres matériaux.....	56
79	Importation de la géométrie.....	57

80	La case modèle.....	58
81	Menu de maillage.....	58
82	Caisson maillé.....	59
83	Zoom sur certaines zones mailées.....	59
84	Menu d’insertion support fixe.....	60
85	Sélection des supports.....	60
86	Sélection des faces où appliquer la pression.....	61
87	contraintes équivalentes dans le caisson.....	62
88	contraintes équivalentes dans les fers plats.....	62
89	contrainte équivalentes dans L’UPN 140.....	62
90	contraintes équivalentes dans les hublots.....	63
91	Caisson maillé.....	64
92	soudure haute maillé.....	64
93	soudure de support maillé.....	65
94	soudure de fond bombé extérieur maillé.....	65
95	soudure de profilé maillé.....	65
96	contraintes équivalentes dans le caisson.....	66
97	contraintes équivalentes dans les fers plats.....	66
98	contraintes équivalentes dans l’upn 140.....	66
99	contraintes équivalentes dans les hublots.....	67
100	contraintes équivalentes dans la soudure de profilé.....	67
101	contraintes équivalentes dans la soudure des supports.....	67
102	contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé interieur.....	68
103	contraintes équivalentes dans la soudure haute.....	68
104	contraintes équivalentes dans la soudure de fond bombé extérieur.....	68
105	contraintes équivalentes dans le caisson.....	72
106	contraintes équivalentes dans les fers plats.....	72
107	contraintes équivalentes dans l’upn 140.....	72
108	contraintes équivalentes dans les hublots.....	72
109	contraintes équivalentes dans la soudure de profilé.....	73

Liste des tableaux

Tableau	page
1 Les types de profilés.....	21
2 Profil UPN (profil normalisé).....	22
3 Fond bombé (GRC).....	24
4 Fers plats (profil normalisé).....	24
5 Dimensions d'UPN 140.....	41
6 Dimensions des fers plats.....	43
7 Les caractéristiques mécaniques des matériaux.....	57
8 Le nombre total d'éléments et de nœuds.....	58
9 Dimensions préliminaires du caisson.....	51
10 les contraintes équivalentes maximales.....	63
11 Les caractéristiques mécaniques des matériaux.....	63
12 Le nombre total d'éléments et de nœuds.....	64
13 Les résultats obtenus dans le caisson.....	69
14 Les résultats obtenus dans le cordon.....	69
15 Les résultats obtenus pour la première modélisation.....	74
16 Les résultats obtenus pour la première modélisation.....	74
17 Les résultats obtenus pour la deuxième modélisation.....	78
18 Les résultats obtenus pour la deuxième modélisation.....	78
19 Les résultats obtenus pour la troisième modélisation.....	82
20 Les résultats obtenus pour la troisième modélisation.....	82
21 Contrainte équivalente maximale pour les deux cas	83

