

APAVE

5 Rue de la Johardière

BP 289

44803 SAINT HERBLAIN

www.apave.com

Région FLANDRES HAINAUT

51 av. de l'Architecte Cordonnier
BP 247
59019 LILLE CEDEX
Tél. 03 20 42 76 42
Fax. 03 20 40 20 26

Affaire suivie par :

D. JOST

A l'attention de M. SIGALO

Région PAS de CALAIS SOMME

ZI - Rue de la Croix de Pierre
BP 1328
80013 AMIENS CEDEX
Tél. 03 22 54 73 80
Fax. 03 22 52 39 43

V/Réf : B312/5353

SAINTE HERBLAIN, le 07/05/2015

N/Réf : 13N236 - 13484550

Région AISNE & OISE

ZAC de Mercières
BP 537
60205 COMPIEGNE CEDEX
Tél. 03 44 30 55 00
Fax. 03 44 86 60 45

Région SEINE ESTUAIRE

2 rue des Mouettes - BP 98
76132 MONT ST AIGNAN CEDEX
Tél. 02 35 52 60 60
Fax. 02 35 52 61 61

BORDEREAU D'ENVOI

OBJET : Vérification de la note de calculs et des plans

Région SUD NORMANDIE

Le Citis
5, Rue d'Atalante
BP 200
14209 HEROUVILLE ST CLAIR
Tél. 02 31 53 31 31
Fax. 02 31 53 09 79

Région MAINE BRETAGNE

Avenue de la Croix Verte
BP 15325
35653 LE RHEU CEDEX
Tél. 02 99 14 71 60
Fax. 02 99 14 84 94

Nbre	Référence du document	Désignation - Observation
1	13N236 - 13484550	Vérification de la note de calcul et du plan HELIUM VESSEL – V11-3

Vous souhaitant bonne réception, nous vous prions d'agréer, Messieurs, nos sincères salutations.

Ingénieur au service "CALCULS"



D. JOST

Région BRETAGNE OUEST

ZAC de Kergaradec
37, Avenue du Baron Lacrosse
BP 166
29803 BREST CEDEX 9
Tél. 02 98 42 14 44
Fax. 02 98 02 55 19

Région LOIRE ANJOU

5 rue de la Johardière - BP 289
44803 ST HERBLAIN CEDEX
Tél. 02 40 38 80 00
Fax. 02 40 92 08 52

Région CENTRE ATLANTIQUE

27, Rue Victor Grignard
ZI de la République 2
BP 1107
86061 POITIERS CEDEX 9
Tél. 05 49 62 66 30
Fax. 05 49 55 32 12



APAVE

5 Rue de la Johardière

BP 289

44803 SAINT HERBLAIN

www.apave.com

Région FLANDRES HAINAUT

51 av. de l'Architecte Cordonnier
BP 247
59019 LILLE CEDEX
Tél. 03 20 42 76 42
Fax. 03 20 40 20 26

Affaire suivie par :

D. JOST

A l'attention de M. SIGALO

Région PAS de CALAIS SOMME

ZI - Rue de la Croix de Pierre
BP 1328
80013 AMIENS CEDEX
Tél. 03 22 54 73 80
Fax. 03 22 52 39 43

V/Réf : B312/5353

SAINTE HERBLAIN, le 07/05/2015

N/Réf : 13N236 - 13484550

Région AISNE & OISE

ZAC de Mercières
BP 537
60205 COMPIEGNE CEDEX
Tél. 03 44 30 55 00
Fax. 03 44 86 60 45

Région SEINE ESTUAIRE

2 rue des Mouettes - BP 98
76132 MONT ST AIGNAN CEDEX
Tél. 02 35 52 60 60
Fax. 02 35 52 61 61

SERVICE CALCULS

Région SUD NORMANDIE

Le Citis
5, Rue d'Atalante
BP 200
14209 HEROUVILLE ST CLAIR
Tél. 02 31 53 31 31
Fax. 02 31 53 09 79

RAPPORT D'EXAMEN N° 13N236 - 13484550

HELIUM VESSEL – V11-3

Région MAINE BRETAGNE

Avenue de la Croix Verte
BP 15325
35653 LE RHEU CEDEX
Tél. 02 99 14 71 60
Fax. 02 99 14 84 94

Région BRETAGNE OUEST


ZAC de Kergaradec
37, Avenue du Baron Lacrosse
BP 166
29803 BREST CEDEX 9
Tél. 02 98 42 14 44
Fax. 02 98 02 55 19

Région LOIRE ANJOU

5 rue de la Johardière - BP 289
44803 ST HERBLAIN CEDEX
Tél. 02 40 38 80 00
Fax. 02 40 92 08 52

Région CENTRE ATLANTIQUE

27, Rue Victor Grignard
ZI de la République 2
BP 1107
86061 POITIERS CEDEX 9
Tél. 05 49 62 66 30
Fax. 05 49 55 32 12

D	07/05/2015	D. JOST	
C	18/03/2014	D. JOST	
B	11/03/2014	D. JOST	
A	08/01/2014	D. JOST	
Rev	Date	Name/Nom	Sign/Visa.
		Checked up by/Vérification	




SIGMAPHI
RAPPORT D'EXAMEN
HELIUM VESSEL – V11-3

V / Référence : B312/5353
N / Référence : 13N236 - 13484550
Date : 07/05/2015
Page : 1 Rev. A B C D

Repères Pages	Index de Révision			
	A	B	C	D
0	A	B	C	D
1	A	B	C	D
2	A			
3	A	B	C	D
4	A			
5	A	B	C	D
6	A	B	C	D


LISTE DES MODIFICATIONS

IND.	DATE	Rédigé par	Objet de la révision
A	08/01/2014	D. JOST	Edition originale
B	11/03/2014	D. JOST	Mise à jour de la note de calculs pour prise en compte des remarques APAVE
C	18/3/2014	D. JOST	Mise à jour de la note de calculs pour prise en compte des dernières remarques APAVE
D	07/05/2015	D. JOST	Correction division ASME applicable en conception : Division 1 – Avec selon U-2(g) utilisation de l'ASME VIII div 2 pour la justification par calculs par éléments finis des composants non conformes à la division 1 Ajout vérification des piquages DN25 dans les flasques

	SIGMAPHI RAPPORT D'EXAMEN HELIUM VESSEL – V11-3	V / Référence : B312/5353			
		N / Référence : 13N236 - 13484550			
		Date : 07/05/2015			
		Page : 2	Rev.	A	B

SOMMAIRE

1 - OBJET - SUBJECT -	3
2 - INTERVENANTS - INTERMEDIATES -	3
3 - DOCUMENTS DE REFERENCE - DOCUMENTS REFERENCY -	3
4 - DOCUMENTS VERIFIES - CHECKED DOCUMENTS -	4
5 - POINTS EXAMINES - CHECKED POINTS -	4
6 - RESULTAT DE L'EXAMEN - RESULT OF EXAMINATION -	5
6.1 - Conditions de fonctionnement	5
6.2 - Analyse de risques	5
6.3 - Codes et normes	5
6.4 - Concordance entre les plans, les notes de calculs et le code	5
6.5 - Caractéristiques des matériaux utilisés - contraintes admissibles -	6
6.6 - Calcul de résistance à la pression	6
6.7 - Calcul de résistance aux autres sollicitations - Calcul de flexibilité	8
6.8 - Autres éléments	8
7 - CONCLUSION - CONCLUSION -	9

	SIGMAPHI		V / Référence : B312/5353		
	RAPPORT D'EXAMEN		N / Référence : 13N236 - 13484550		
	HELIUM VESSEL – V11-3		Date : 07/05/2015		
	Page : 3	Rev.	A	B	C

1 - OBJET - SUBJECT -

Vérification de la tenue en pression du réservoir d'hélium V11-3 contenant l'aimant supraconducteur. (*) Ce réservoir est composé du réservoir lui-même et de tuyauteries d'alimentation/évacuation.

Cette vérification est réalisée dans le cadre d'une fabrication selon ASME VIII [division 1](#) version 2010. L'appareil n'est pas marqué CE (marché américain) et ne comporte pas non plus le stamp U.

Cette vérification est limitée à la vérification de la note de calcul comme indiqué dans le certificat de « qualification / autorisation » P42 attribué par l'APAVE.

(*) L'appareil est en fait composé de 3 enceintes (Hélium liquide, Azote et vide), avec l'enceinte sous Hélium elle-même enfermée dans une enceinte au vide.

Cette vérification ne couvre que l'enceinte sous hélium liquide.

2 - INTERVENANTS - INTERMEDIATES -

- Fabricant


SIGMAPHI (sous traitance de la fabrication
au GROUPE CHASTAGNER)

- Bureau d'étude

SIGMAPHI

3 - DOCUMENTS DE REFERENCE - DOCUMENTS REFERENCY -

- ASME VIII division 1 version 2010

	SIGMAPHI		V / Référence : B312/5353			
	RAPPORT D'EXAMEN		N / Référence : 13N236 - 13484550			
	HELIUM VESSEL – V11-3		Date : 07/05/2015			
	Page :	4	Rev.	A	B	C

4 - DOCUMENTS VERIFIES - CHECKED DOCUMENTS -

Notes de calculs : - ANSYS-Report-JLAB-317111Helium Vessel - Rev E

Plans : - Dossier de plans "0703 Helium vessel"


(comprenant entre autre le plan d'ensemble 317111-JLA-703-001 Rév I)

5 - POINTS EXAMINES - CHECKED POINTS -

"X" montre les points examinés :

- Conditions de fonctionnement
- Analyse de risque
- Codes et normes X
- Données de calculs X
- Concordance entre les plans et les notes de calculs X
- Caractéristiques des matériaux utilisés - contraintes admissibles X
- Tenue des matériaux à la corrosion
- Etat descriptif
- Calcul de résistance à la pression X
- Calcul de résistance aux autres sollicitations X
- Dispositions constructives
- Sécurité

NOTA : La "vérification des plans" porte uniquement sur la concordance entre les éléments du plan nécessaires au calcul suivant code ASME VIII division 1 et les éléments calculés suivant code assurant la résistance mécanique de la structure vérifiée pour les conditions de calculs. La vérification ne porte pas sur les assemblages permanents.

	<p style="text-align: center;">SIGMAPHI</p> <p style="text-align: center;">RAPPORT D'EXAMEN</p> <p style="text-align: center;">HELIUM VESSEL – V11-3</p>	V / Référence : B312/5353					
		N / Référence : 13N236 - 13484550					
		Date : 07/05/2015					
		Page :	5	Rev.	A	B	C

6 - RESULTAT DE L'EXAMEN - RESULT OF EXAMINATION -

6.1 - Conditions de fonctionnement

En situation de service normale, le réservoir d'hélium est sous pression de 1 bar à 4 Kelvin (supraconductivité caractérisé par une résistance nulle). Dans certaines situations considérées également « normales de service » la résistance devient non nulle et l'hélium se réchauffe pouvant générer une pression de 6 bar.

La situation normale de service considérée au calcul est à 6 bar sous 4 Kelvin.

6.2 - Analyse de risques

Non applicable.

6.3 - Codes et normes


Fabrication : ASME VIII division 1 version 2010

Conception : ASME VIII division 1 version 2010 (avec utilisation de l'ASME VIII division 2 selon la règle U-2(g) pour l'utilisation de calculs par éléments finis nécessaires pour le calcul des flasques et la prise en compte des chargements autres que la pression.

- Appareil Non marqué CE
- Appareil sans stamp U

6.4 - Concordance entre les plans, les notes de calculs et le code

1. Seule la nuance SA 204 grade 304L (UNS No.S30403) est conservée au calcul. → L'approvisionnement des pièces devra être selon la nuance SA 204 grade 304L.

	SIGMAPHI RAPPORT D'EXAMEN HELIUM VESSEL – V11-3	V / Référence : B312/5353					
		N / Référence : 13N236 - 13484550					
		Date : 07/05/2015					
		Page :	6	Rev.	A	B	C

Nota : L'ASME II Part D donne des caractéristiques mécaniques différentes pour une même nuance 304L. Il faut prendre en compte la ligne qui n'a pas la note G5 (La ligne qui a la note G5 a des contraintes admissibles supérieures (à température) car des déformations plastiques sont admises).

6.5 - Caractéristiques des matériaux utilisés - contraintes admissibles -

La conformité des matériaux est réalisée par le chargé d'affaire pression APAVE en charge de l'évaluation de la fabrication de l'équipement.


Il vérifiera que les matériaux utilisés ont une résilience suffisante à la température minimale d'étude (TME).

6.6 - Calcul de résistance à la pression

2. Selon le commentaire en page 6 de la note de calcul, toutes les soudures sont pleine pénétration excepté les soudures d'angle entre les chapes et les flasques. Et la transmission des efforts entre les chapes et le flasque se fait uniquement par l'intermédiaire des cordons d'angle. → Ok

3. Liaison des chapes au flasque : 2 maillages différents pour ces pièces sans forcément avoir des nœuds qui coïncident. → Ok dans la mesure où le logiciel gère correctement la transmission des efforts.

4. Analyse de contraintes
 - a. Dans la version 2010 de l'ASME VIII division 2, l'analyse des contraintes est basée sur le critère de Von Mises (était selon le critère de Tresca dans les


	SIGMAPHI		V / Référence : B312/5353			
	RAPPORT D'EXAMEN		N / Référence : 13N236 - 13484550			
	HELIUM VESSEL – V11-3		Date : 07/05/2015			
	Page :	7	Rev.	A	B	C

versions antérieures). → Le critère de Von Mises peut être utilisé.

- b. Pour les pièces sous pression modélisées en coque, les contraintes totales de membrane + flexion sont analysées comme des contraintes générales de membrane (critère $f = S_m = S$) → Ok (conservateur).
- c. Pour les cordons de soudure analysés en volumique, les contraintes totales de membrane + flexion (non linéarisées – contraintes de pointe incluses) sont analysées comme des contraintes locales de membrane par rapport au critère $1,5.S$ → Ok (conservateur)

5. Analyse de la situation d'épreuve.

- a. La détermination de la pression d'épreuve n'est pas détaillée dans la note de calcul.
 - L'épreuve hydrostatique est réalisée à 1,43 fois la pression de service pour une fabrication selon §8.2.1 de l'ASME VIII division 2. Elle est limitée à 1,3 fois la pression de service pour une fabrication selon §UG99 de l'ASME VIII division 1.
 - Le réservoir d'hélium est en service sous 6 bar, avec le vide autour. L'épreuve étant réalisée à pression atmosphérique, la pression de service utilisée pour le calcul de la pression d'épreuve est de 7 bar.
 - La pression d'épreuve prise en compte est de 10 bar ($7 \times 1,43$ – couvre une fabrication selon division 1 ou 2 de l'ASME VIII). → Ok
- b. Le critère utilisé pour la situation d'épreuve est $S = 90\%$ de $S_y = 172 \times 0,9 = 155$ MPa. → Ok
- c. Les contraintes totales de membrane + flexion sont analysées comme des contraintes générales de membrane selon le critère $S = 90\%$ de $S_y = 172 \times 0,9 = 155$ MPa. → Ok (conservateur).

	SIGMAPHI RAPPORT D'EXAMEN HELIUM VESSEL – V11-3	V / Référence : B312/5353					
		N / Référence : 13N236 - 13484550					
		Date : 07/05/2015					
		Page :	8	Rev.	A	B	C


6. Calcul des éléments standards selon la méthode analytique (calcul des viroles interne et externe avec renforcements d'ouvertures et calcul des tuyauteries – avec prise en compte des pressions interne et externe). → Non traité dans la note de calcul analysé. Fait l'objet de notes de calculs spécifiques (14N088 et 14N126)
7. Piquages dans les flasques non justifiés. → Accepté par dérogation suite vérifications complémentaires : L'effet de fond à reprendre au niveau des 4 trous Ø29.7 mm est de 42 kg. Cet effort sur le flasque est négligeable par rapport au 4.5 tonnes appliquées par les tirants en "préload" et aux différents efforts appliqués sur les chappes). D'autre part la vérification du renforcement de ces petites ouvertures n'est pas requise selon UG-36(c)(3) et la vérification des charges dans les soudures UG-41(b) n'est pas requise pour ce type de tubulure conformément au paragraphe UW-15(b). L'épaisseur requise du col de tubulure selon UG-45 est de 2.96 mm pour 4.55 mm nominal (schedule 80).

6.7 - Calcul de résistance aux autres sollicitations - Calcul de flexibilité

8. Analyse des contraintes dans les chapes et les tirants non validé dans le cadre de cette validation (pièces non sous pression). Ces pièces mécaniques feront l'objet d'une analyse spécifique séparée.

6.8 - Autres éléments

Le chargé d'affaire pression APAVE en charge de l'évaluation de la fabrication de l'équipement vérifiera que tous les assemblages soudés réalisés sont conformes aux exigences du code.

	<p style="text-align: center;">SIGMAPHI</p> <p style="text-align: center;">RAPPORT D'EXAMEN</p> <p style="text-align: center;">HELIUM VESSEL – V11-3</p>	V / Référence : B312/5353					
		N / Référence : 13N236 - 13484550					
		Date : 07/05/2015					
		Page :	9	Rev.	A	B	C

7 - CONCLUSION - CONCLUSION -

La note de calcul par éléments finis selon l'ASME VIII [division 1](#), des éléments sous pression, est vue sans observations majeures (**VSO**).

[Les notes de calculs analytique 14N088 et 14N126 selon l'ASME VIII division 1, des éléments sous pression, sont réalisées pour lever la remarque 6.](#)

Une note de calcul spécifique devra également être réalisée pour valider la tenue mécanique des chapes et des tirants (remarque 7).