

Uniformisation des interfaces physiques des baies électroniques

**Entreprise :**

Naval Group, site de Lorient

Stagiaire :

Maxence Bourbigou

Tuteur :

Jacques Le Meur

Contenu du rapport vérifié par : Jacques LE MEUR	Date de vérification / signature : 20/04/2023 Visa acquis
---	--

IUT Génie Industrielle et Maintenance, Lorient

13 février au 21 avril 2023

Sommaire

I.	Introduction.....	3
II.	Présentation de l'entreprise.....	4
III.	Présentation du service.....	7
IV.	Présentation du thème de stage	8
A.	Contexte	8
B.	Sujet du stage : Uniformisation des interfaces physiques des baies électroniques.	10
V.	Analyse des baies électroniques	11
A.	Analyse des interfaces mécaniques	11
1.	Les dimensions	11
2.	Les fixations	14
B.	Analyse des interfaces fluidiques	14
1.	Refroidissement	15
D.	Analyse des interfaces électriques	19
1.	Le câblage des baies électroniques	19
E.	Performances transverses (chocs et vibrations)	21
1.	Synthèse des informations obtenues concernant les amortisseurs	22
VI.	Solutions préférentielles	24
A.	Uniformisation des interfaces physiques	24
1.	Interfaces mécaniques	24
2.	Interfaces fluidiques et électriques.....	26
VII.	Proposition de solutions innovantes.....	34
A.	Modélisation 3D des solutions	34
1.	La plaque amovible.....	34
2.	La superposition de baies électroniques.....	37
3.	Les résultats.....	40
VIII.	Bilan du thème	41
IX.	Bilan du stage	42
X.	Remerciement	43
XI.	Figures et tableaux	44
XII.	Annexes	46

I. Introduction

Passionné par le milieu maritime militaire, j'ai toujours envisagé de faire mes études dans le but d'intégrer une entreprise dans laquelle je m'épanouirai. Pour ma deuxième année en BUT Génie Industriel et Maintenance j'ai effectué mon stage de 10 semaines sur la période du 13 février au 21 avril 2023 au sein de l'entreprise Naval Group. Je voulais découvrir cette entreprise et les métiers qui y sont exercés pour m'aider à orienter mes prochains choix de poursuites d'études. Je suis issu d'un Baccalauréat Général avec les spécialités mathématiques, physique chimie et j'envisage après ma troisième année de BUT d'intégrer une école d'ingénieur en alternance.

Naval Group est une entreprise française proposant des services de construction et de maintenance navale en France et à l'étranger. L'entreprise est décomposée en plusieurs entités sur le territoire français. Les activités du site de Lorient couvrent l'ensemble du processus de réalisation d'un navire armé, de la conception jusqu'à la livraison au client. Elles permettent d'effectuer de la recherche et développement mais aussi du retour d'expérience en fin de programme, riche d'enseignement pour engager certaines améliorations.

Ma mission a porté sur l'uniformisation des interfaces physiques des baies électroniques. Le but est de faciliter leur intégration dans un local technique, malgré les aléas techniques et calendaires inhérents à ce type de programme complexe (retard des données fournisseur, de livraison, etc...). Les baies électroniques sont des armoires métalliques composées d'appareils électroniques, réseaux ou informatiques. Ma mission a demandé un travail de recherche important pour identifier les principales problématiques dans le but de proposer des solutions préférentielles ou innovantes.

Dans un premier temps je décrirai l'entreprise et son secteur, le service dans lequel j'ai été accueilli et les missions qui m'ont été confiées.

Puis, je présenterai le travail réalisé en détail :

1. l'analyse des baies électroniques
2. la proposition des solutions innovantes
3. un bilan sur ce stage de dix semaines.

II. Présentation de l'entreprise

NAVAL GROUP

L'entreprise Naval Group conçoit, réalise, intègre, maintient en service, démantèle et déconstruit des sous-marins et des navires de surface. Le groupe possède 17 000 collaborateurs répartis sur 11 sites situés sur l'ensemble de la France métropolitaine. Son principal client est la Marine française, mais l'activité du groupe est répandue à l'international avec son implantation dans 18 pays, c'est donc avec une cinquantaine de marines alliées que le groupe traite. Naval Group est une récente entreprise privée depuis 2003. Cependant, ce sont plus de 400 ans d'expérience que possède le groupe. Effectivement, en 1631, la politique du cardinal de Richelieu, alors 1er ministre de Louis XIII, souhaite développer les chantiers navals français, afin de rivaliser avec l'Angleterre. Cette politique est maintenue jusqu'à la fin de la colonisation. Au XIXème siècle, les bateaux à voiles laissent peu à peu place aux navires motorisés. En 1991, la DCAN (direction des constructions et armes navales) est renommée DCN, puis DCNS en 2007, et finalement en 2017, l'entreprise change de nom et devient Naval Group, pour s'étendre à l'international.



Figure 1 : Carte du monde des succursales de Naval Group @Naval Group SA

Ainsi, Naval Group contribue à la souveraineté des 50 marines clientes associées et crée, dans le même temps, des emplois directs et indirects autour des pôles de construction. Ces activités internationales représentent 30% du chiffre d'affaire de Naval Group et constituent donc un marché non-négligeable pour l'entreprise. La Figure 1 montre la position des sites internationaux sur lesquels le groupe est présent. On peut voir que les espaces où l'entreprise n'est pas représentée sont dominés par les puissances mondiales disposant d'une marine et d'une industrie fortes telles que les Etats-Unis, le Royaume-Uni, la Chine et la Russie.

NAVAL GROUP EN FRANCE

Naval Group est présent sur 10 sites en France : Brest, Lorient, Cherbourg, Indret, Paris, Bagneux, Ruelle, Ollioules, Toulon et Saint-Tropez. La Figure 2 montre la répartition géographique de ces sites, chacun d'eux étant spécialisé dans un domaine particulier du naval de défense.

Bien que le chiffre d'affaire du groupe provienne à 70% du territoire national, 90% de la valeur ajoutée de l'entreprise est créée sur les 10 sites français.

Les sites de Cherbourg et Lorient sont les grands sites de construction navale, produisant respectivement les sous-marins et les navires de surface.

Les sites de Brest et Toulon sont positionnés stratégiquement à proximité des bases militaires et sont spécialisés dans le maintien en condition opérationnelle et l'entretien.

Les principaux sites de R&D¹ hors construction de bâtiments sont basés à Nantes, Angoulême et Saint-Tropez et la responsabilité des systèmes de combat est attribuée à Bagneux et Ollioules.

Le site de Paris, de par sa position centrale constitue le siège du groupe.



Figure 2 : Carte de France des différents sites de Naval Group @Naval Group SA

¹ R&D : Recherche et Développement

LE SITE DE NAVAL GROUP LORIENT

Historiquement, en 1778, l'arsenal de Lorient succède à la Compagnie des Indes du port de Lorient. Courant XIXème siècle, les arsenaux français se développent pour laisser place à la motorisation des navires. C'est en 1927 que Lorient se voit attribuer, par un décret, la construction des grands navires de guerre. L'activité changera en 1946, et s'orientera vers la construction des bâtiments de surface de moyennes tailles.

Géographiquement, le site de Lorient, d'une superficie de 46 hectares, est installé à l'embouchure du Scorff. Il est implanté sur deux communes : Lorient et Lanester. Il est le premier employeur industriel du département du Morbihan, faisant du site un acteur majeur du tissu économique de la Bretagne. Effectivement, on dénombre près de 2500 employés, sans prendre en compte les sous-traitants dont Naval Group est pour certain leur seul client.

Enfin, les activités principales de Naval Group Lorient sont la conception et la production de navires armés de petites et moyennes tailles (ex : frégates).



Figure 3 : Frégate de type La Fayette et FREMM

Les frégates de type La Fayette (FLF) sont des bâtiments de combat² polyvalents avec la capacité d'accueillir à leur bord un hélicoptère de lutte antinavire « Panther » et son détachement. Conçues principalement pour préserver et faire respecter les intérêts nationaux sur les espaces maritimes outre-mer et pour participer au règlement des crises hors d'Europe.

La frégate multi-missions (FREMM), avec 10 unités produites, apporte des capacités navales de premier rang dans tous les domaines de lutte, tout particulièrement pour la lutte anti-sous-marin et la frappe dans la profondeur. La FREMM est ainsi un redoutable adversaire en mesure d'atteindre des cibles en mer comme à terre, alliant endurance, autonomie et haut niveau d'automatisation.

² Bâtiment de combat : Bateau composé de systèmes d'armes leur permettant d'attaquer, défendre et protéger.

III. Présentation du service

J'ai réalisé mon stage de dix semaines dans le service d'Ingénierie Système de combat Lorient (ESBIC), rattaché au département Intégration Plateforme (ESBI) de la direction système de combat (ESB).

Les missions du département ESBI sont :

- Contribuer aux offres
- Piloter les lots de programme confiés au département
- Proposer et réaliser la R&D et la politique produit du domaine du département
- Assurer les activités d'ingénierie système
- Assurer et contribuer aux études d'intégration physique du Système de Combat, d'implantation, de mature
- Garantir la fourniture des données d'intégration au chantier naval constructeur
- Être le département garant métier des méthodes d'intégration physique
- Assurer l'intégration fonctionnelle des systèmes
- Piloter, maîtriser, capitaliser et produire les synthèses des moyens de mesure

Les activités du service ESBIC sont :

- Le pilotage et l'exécution de certains lots de programmes et lots de tâches dans le respect des engagements de performance, qualité, coûts et délais
- L'ingénierie système de combat
- Les études d'implantation des armes et senseure, l'intégration physique du Système de Combat (SdC) en avant-projet y compris celles concernant les nouveaux concepts de mature
- L'élaboration des offres industrielles

Les collaborateurs au sein de ce service, composé de techniciens et d'ingénieurs, travaillent sur toutes les phases de conception d'un navire, allant de l'avant-projet au design final.

Ils assurent l'intégration Physique des systèmes retenus pour chaque avant-projet ou programme en prenant en compte les particularités de chaque porteur (plateforme propulsée) y compris leurs performances transverses.

Les performances transverses concernent principalement

- La tenue aux chocs et aux vibrations (explosion sous-marine)
- La Compatibilité Électromagnétique (CEM)
- La Surface Equivalente Radar (SER)
- La discréetion acoustique
- L'index de cible
- La vulnérabilité

Ces performances s'appliquent à des degrés divers sur la conception des bâtiments de surface et sous-marins.

IV. Présentation du thème de stage

A. Contexte

Le sujet de stage s'inspire de la méthode « Set-Based Concurrent Engineering » mise en œuvre chez TOYOTA qui consiste à figer les interfaces physiques très tôt dans le programme pour retarder au maximum la décision de figer une « Baseline ».

L'objectif de ce stage est de déterminer les interfaces physiques qu'il faudrait spécifier vers les fournisseurs de Naval Group, dès la contractualisation, pour s'assurer de l'intégrabilité des baies électroniques dans le navire, indépendamment des plannings chantier et fournisseurs.



Figure 4 : Processus de conception et réalisation Naval Group et fournisseur - Planning

Cette règle ne s'appliquera très probablement pas aux systèmes COTS (Commercial Off-The-Shelf) pour lesquels les interfaces sont déjà définies. Un surcoût à l'achat est très probable.

La spécification des interfaces suppose d'analyser au préalable les solutions préférentielles d'intégration dans le contexte du navire pour ne retenir que les plus adaptées.

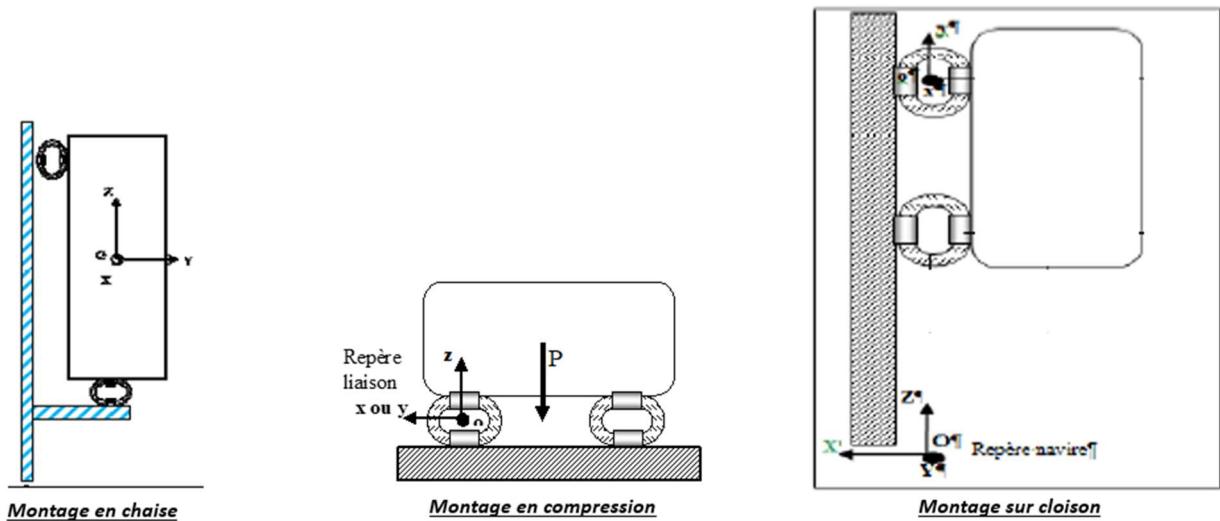


Figure 5 : Exemple de montages actuels (interfaces mécaniques)

La réduction du nombre de solution d'intégration doit conduire à uniformiser les interfaces physiques.

Cette uniformisation vise principalement à :

- Simplifier l'aménagement des locaux techniques, en particulier le cheminement des câbles, gaines de ventilation, tuyaux des réseaux de réfrigération.
- Augmenter le taux de remplissage des locaux
- Faciliter le montage/démontage des baies au neuvage ou en phase d'entretien (Maintien en Condition Opérationnelle).

L'identification de nouvelles solutions ou l'adaptation de solutions existantes est nécessaire pour atteindre cet objectif.

B. Sujet du stage : Uniformisation des interfaces physiques des baies électroniques.

Rattaché au Responsable du service ESBIC et au sein d'une équipe de 15 personnes j'ai eu pour objectif

- D'analyser les différentes solutions d'intégration des baies électroniques à bord des navires (benchmarking et/ou solutions mises en œuvre par Naval Group), notamment en terme
 - D'interfaces mécaniques
 - D'interfaces électriques
 - D'interfaces fluidiques (systèmes de refroidissement)
 - De tenue des performances transverse (choc et vibration)
- Proposer des solutions innovantes, ou non, permettant
 - D'uniformiser les interfaces physiques
 - D'améliorer le taux de remplissage des locaux
 - De faciliter le montage et raccordement des équipements durant les phases de construction
 - D'optimiser les moyens de réfrigération en fonction de la configuration du navire
 - De faciliter la maintenance durant les phases d'entretien ou de construction
 - De faciliter le upgrading³ durant les phases de refonte.

Les moyens utilisés au cours du stage :

- Documentations techniques
- Excel (tableau et graphique)
- PowerPoint (présentation pour les réunions)
- Logiciel 3D

J'ai organisé mon travail en deux parties pour répondre aux objectifs présentés ci-dessus.

Dans un premier temps, je me suis lancé dans un travail de recherche et d'analyse pour m'approprier le sujet. J'ai recherché des informations via internet sur les sites de fournisseurs de baies électroniques. Puis j'ai rencontré différents spécialistes Naval Group au cours de réunions ou visites à bord.

Dans un second temps, j'ai proposé des solutions grâce aux informations collectées sur l'ensemble des interfaces physiques.

³ Upgrading : Mise à niveau

V. Analyse des baies électroniques

Mon travail d'analyse et de recherche a débuté rapidement sur le site d'un des fournisseurs de baies électroniques. Les baies utilisées par Naval Group sont standard c'est-à-dire qu'elle mesure 19" ce qui correspond à une largeur de 600mm. Sur ce type de baie, la largeur est toujours la même alors que la hauteur ainsi que la profondeur peuvent varier. A partir des baies électroniques standard du fournisseur, j'ai pu analyser et mettre en évidence les différentes interfaces physiques des baies (mécaniques, électriques, fluidiques) et les moyens mis en œuvre pour assurer la tenue des performances transverses (chocs et vibrations).

A. Analyse des interfaces mécaniques

1. Les dimensions

L'analyse des dimensions de baies proposées par plusieurs fournisseurs a pour objectif d'obtenir une vision plus générale du marché et notamment d'identifier les points communs. Les résultats présentés ci-après reposent principalement sur 3 fournisseurs pour lesquels l'information est suffisamment riche et disponible.

Pour le premier d'entre eux, j'ai pris note de toutes les dimensions des baies électroniques 19" proposées dans ses gammes. Après avoir recueilli suffisamment d'informations, j'ai dressé le Tableau 1 pour synthétiser les différentes tailles et profondeurs de baies électroniques possibles.

Baies/Armoires	A	B	C	
Hauteur (mm)	1600	1800	2000	
Profondeur (mm)	• 600 • 800	• 600 • 800	• 600 • 800	
Largeur (mm)	600	600	600	
Coffrets	D	E	F	G
Hauteur (mm)	500	600	800	900
Profondeur (mm)	• 300 • 400	• 400 • 500	• 400 • 500 • 600	• 500 • 600
Largeur (mm)	600	600	600	600

Tableau 1 : Références de baies électroniques 19"

Pour le second, spécialisé dans la conception de baies électroniques, j'ai trouvé des informations complémentaires. On y retrouve le même type d'informations, mais cette fois-ci la hauteur des baies est indiquée en nombre de « U », et non en millimètres.

La hauteur d'un élément est habituellement un multiple d'une longueur nommée U (pour unité de rack) dont la dimension vaut 1,75 pouce (44,45 millimètres). 1U, 2U, 3U, 4U, 5U sont des tailles courantes de racks.

J'ai dressé le Tableau 2 avec les propositions de ce fournisseur.

Ligne (Baies/Armoires)	Hauteur (mm)	Profondeur (mm)	Largeur (mm)
1	4U	450	600
1/1P (P: PIVOTANT)	6U	450/600	600
1/1P	9U	450/600	600
1/1P/5	12U	450/600/1000	600
1/1P	15U	450/600	600
1/5	18U	450/600	600
1/5	21U	450/600/800/1000	600
5	27U	600/800/1000	600
5	31U	600/800/1000	600
5	36U	600/800/1000	600
5/8	42U	400/600/800/1000/1200	600
8	47U	600/800/1000/1200	600

Tableau 2 : Références de baies électroniques 19"

Le troisième fournisseur propose aussi plusieurs gammes de baies et coffrets électroniques qui sont similaires à ceux des fournisseurs précédents (voir Tableau 1 et Tableau 2).

Le tableau suivant présente les points communs entre baies de fournisseurs différents :

Hauteur (mm)	Hauteur (U)	Profondeur (mm)	Largeur (mm)
180	4U	450	600
270	6U	450/600	600
400	9U	450/600	600
530	12U	450/600/1000	600
670	15U	450/600	600
800	18U	450/600	600
930	21U	450/600/800/1000	600
1200	27U	600/800/1000	600
1400	31U	600/800/1000	600
1800	36U	600/800/1000	600
2000	42U	400/600/800/1000/1200	600
2200	47U	600/800/1000/1200	600

Tableau 3 : Tableau de synthèse des dimensions de baies électroniques

2. Les fixations

Pour les interfaces mécaniques, il y a un point important qui est la fixation des baies électroniques dans le local technique.

Les baies sont toujours fixées sur un carlingage qui assure l'interface avec la structure du navire. En l'absence d'exigence de tenue au choc ou de discréption acoustique, la définition du carlingage par le chantier dépend de la dimension et des points de fixation de la baie.

Pour mener ce travail correctement, il faut identifier la position des points de fixation, sachant que les profondeurs peuvent varier d'une baie à l'autre. L'obtention de cette information fût difficile et chronophage compte tenu de la grande quantité de documents à consulter.

Néanmoins pour l'un des fournisseurs, j'ai pu trouver un plan de la baie et un tableau détaillé des cotations en fonction de la profondeur de chaque baie (voir Figure 6).

Cadre - Dimensions

Profondeur de baie	Pieds vérins, roulettes, anneaux de levage, toit	Entraxe plans 19"	Fixation au sol	
D mm	d mm	c mm	d1 mm	w mm
500	405	407	319	515
600	505	507	419	515
800	705	707	619	515
900	805	807	719	515
1000	905	907	819	515

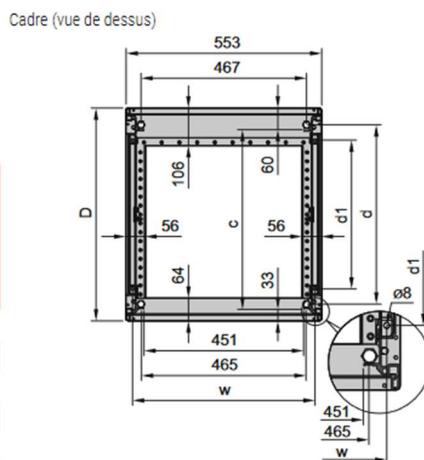


Figure 6 : Dimensions des points de fixation « ©Tous droits réservés »

Ce tableau identifie la position des fixations mais aussi celle des anneaux de levage (en partie supérieure de la baie) qui permettent la manutention de la baie, notamment au moment de son installation. Les informations du tableau fournissent déjà un bon ordre de grandeur de la position des fixations. Il n'a pas été possible de les comparer avec celles d'autres baies, y compris en interne Naval Group pour des raisons de restriction et de confidentialité des données.

B. Analyse des interfaces fluidiques

Les interfaces fluidiques des baies électroniques regroupent les différents systèmes de refroidissement afin de garder les baies à une température correcte, car sinon il y aura des surchauffes pour les appareils électriques. On sait qu'il existe deux grands systèmes de refroidissement : le refroidissement à l'air et à l'eau. Ici le but est de trouver toutes les solutions du marché et obtenir le retour d'expérience du personnel chantier afin de définir des solutions préférentielles.

1. Refroidissement

J'ai continué mes recherches sur la documentation du fournisseur pour essayer de trouver l'ensemble des systèmes de refroidissement qu'il propose. Il est important pour moi de voir les différents systèmes pour déterminer le ou les meilleurs. Pour cela j'ai récupéré un document présentant l'ensemble des systèmes de refroidissement proposés par les fournisseurs.

Refroidissement passif, rayonnement thermique	Refroidissement passif convection libre	Refroidissement actif par air	Refroidissement actif par air	Refroidissement actif avec support	Refroidissement actif avec support	Refroidissement actif par eau (système fermé)
Baie fermée	- portes perforées - ouies d'aération - toit surélevé	- tiroir de ventilation 19" - toit de ventilation - ventilateur d'extraction	Ventilateur filtre	Echangeur thermique air / air	Climatiseur	Echangeur thermique air / eau (VARISTAR LHX20)

Tableau 4 : Les systèmes de refroidissement « ©Tous droits réservés »

Dès le début j'ai éliminé les systèmes de refroidissement les plus bruyants, incompatibles des niveaux acoustiques requis pour les locaux techniques. Il s'agit principalement des **climatiseurs** ou les **échangeurs thermique air/air qui ne sont pas d'actualité, selon un spécialiste Naval Group**. Le **ventilateur filtre** n'est pas recommandé car le risque de court-circuit d'air est trop important. La **baie fermée** n'est pas adaptée aux fortes dissipations.

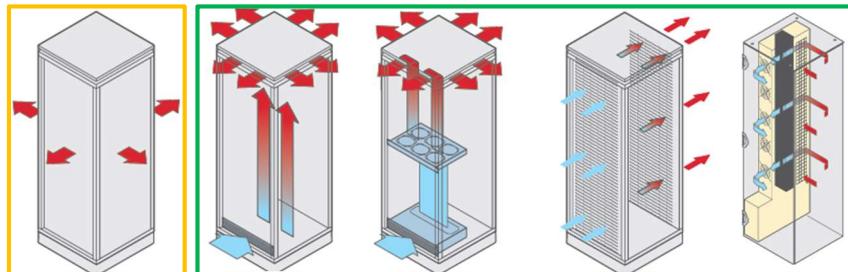
Il reste :

- **L'échangeur thermique air/eau,**
- **Le refroidissement actif (avec ventilateur) par air,**
- **Et le refroidissement passif (sans ventilateur) par air.**

Après cette première analyse et présélection des systèmes de refroidissement, je me suis intéressé à leurs valeurs de dissipations thermiques et de niveau de bruit afin d'orienter mon choix. Pour mieux comprendre l'ensemble de ces valeurs, je les ai rassemblées et classées dans un tableau par type de refroidissement.

Le Tableau 5 permet de comparer le système de refroidissement par rayonnement aux systèmes de refroidissement présélectionnés et listés ci-dessous :

- **Passif**
- **Actif**
- **Actif par portes perforées**
- **Avec échangeur thermique air/eau.**



Description	Normal	Libre/Forcé	Forcé	Air/Eau
Type de protection	≤ IP 54	≤ IP 20	≤ IP 20	≤ IP 55
Niveau de bruit	0	0 dB / 34..67 dB (A)	55..65 dB (A)	50 ... 60 dB (A)
Condition ambiante	≤ 70 °C
Capacité de refroidissement	< 500 W	< 500 W ... 800 W / < 2000 W	< 500 W ... 6000 W	< 40000 W

Tableau 5 : Caractéristiques des systèmes de refroidissements « ©Tous droits réservés »

IP : Indice de Protection

Le choix du système de refroidissement dépend donc :

- De la puissance thermique à dissiper. On constate une efficacité bien plus importante pour l'échange Air/Eau.
- Du niveau de bruit généré. Pour un sous-marin, il faut éviter de faire trop de bruit pour éviter d'être détecté. Sur les bâtiments de surface, ceci n'est pas aussi strict, mais il y a quand même une limite de bruit à ne pas dépasser dans les locaux techniques. Sachant que la réglementation du travail définit un seuil maximal de 80dB pour une exposition moyenne quotidienne de 8h.

Comment évaluer le niveau de bruit dans un local ?

Les décibels reposent sur une échelle logarithmique. On ne peut donc pas les additionner ni les soustraire comme des nombres décimaux.

Pour un écart entre le bruit le plus faible et le plus fort, il faut ajouter au bruit le plus fort les valeurs suivantes :

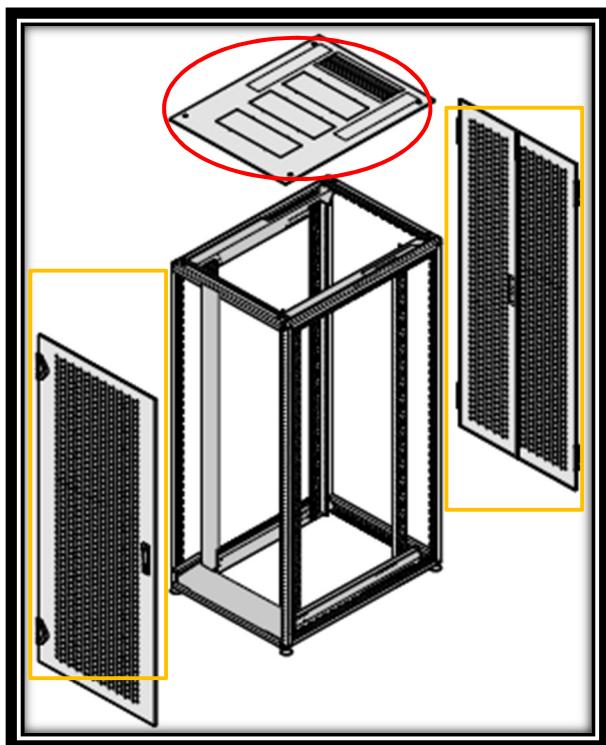
Ecart de bruit (en dB)	Valeur à ajouter au niveau le plus haut
0	3,0 dB
1	2,6 dB
2	2,1 dB
3	1,8 dB
4	1,5 dB
5	1,2 dB
6	1,0 dB

Ecart de bruit (en dB)	Valeur à ajouter au niveau le plus haut
7	0,8 dB
8	0,5 dB
9	0,5 dB
$>=10$	0 dB Le bruit le plus fort masque le plus faible

Tableau 6 : Règles d'addition des niveaux de bruit

Exemples :

- Pour des bruits de niveaux différents ($>=10$ dB) : $20\text{dB} + 50\text{dB} = 50\text{dB}$ et non 70dB . Le bruit le plus fort masque le plus faible.
- Pour des bruits de niveaux équivalents ($<=10$ dB) : $50\text{dB} + 50\text{dB} = 53\text{dB}$ et non 100dB .



Pour compléter mon travail de recherche autour des systèmes de refroidissement par ventilation, il me fallait des exemples pour comprendre plus exactement les systèmes employés.

J'ai donc identifié toutes les techniques de ventilation des baies électroniques.

On peut ventiler une baie de l'avant vers l'arrière ainsi que du bas vers le haut. Voici un exemple de ce qui se fait aujourd'hui représenté par l'image de gauche. Le **toit de la baie** a des zones prédécoupées pour accueillir des sorties d'air et symétriquement en bas pour l'arrivée d'air. Les **portes perforées** à l'arrière comme à l'avant permettent d'avoir une ventilation efficace au sein de la baie électronique.

Figure 7 : Interfaces physiques pour la ventilation « ©Tous droits réservés »

Remarque : Il existe plusieurs façons d'aménager les baies à l'intérieur des locaux techniques. Elles sont parfois accolées. Il faut donc éviter de ventiler sur les côtés.

On retrouve aussi des grilles de ventilations sur l'avant et l'arrière de la baie. La ventilation par l'avant impose de réduire la taille de la porte, ce qui présente une contrainte en termes de conception.

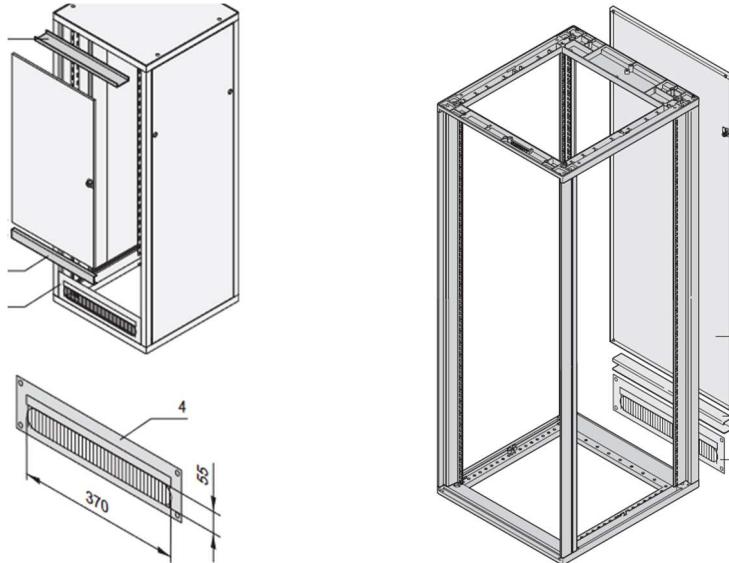


Figure 8 : Interfaces physiques avant et arrière pour la ventilation « ©Tous droits réservés »

D. Analyse des interfaces électriques

Mes recherches ont porté sur toutes les interfaces qui existaient sur le marché actuel.

1. Le câblage des baies électroniques

J'ai analysé un maximum d'information pour avoir un aperçu général des solutions existantes sur le marché, en termes d'arrivée de câbles sur les baies. Il en existe une très grande variété, c'est pourquoi je me suis concentré sur les plus courantes. Le but est d'identifier les meilleures.

Les interfaces électriques concernent toute la partie extérieure de la baie, c'est-à-dire l'acheminement des câbles du local technique jusqu'à l'intérieur de la baie.

Plusieurs interfaces sont possibles :

- Les presse-étoupes⁴



Figure 9 : Presse-étoupes « ©Tous droits réservés »

- Les prises



Figure 10 : Prises « ©Tous droits réservés »

⁴ Presse-étoupe : C'est une pièce d'étanchéité (il vient serrer le câble pour assurer l'étanchéité).

- Ouverture libre

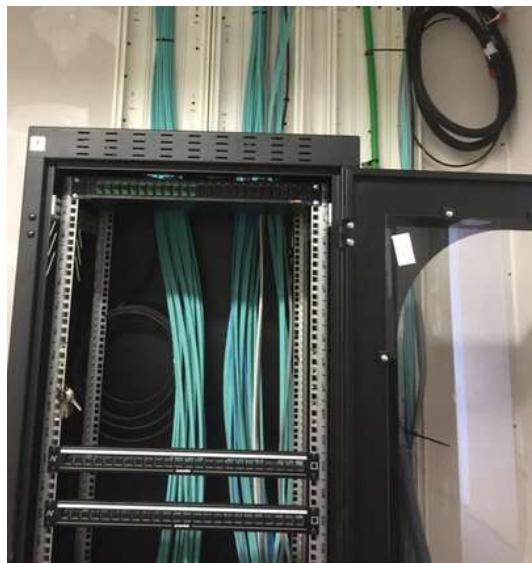


Figure 11 : Ouverture libre « ©Tous droits réservés »



Figure 12 : Ventilation et câblage « ©Tous droits réservés »

La Figure 12 met en avant les deux solutions qui sont les interfaces fluidiques et électriques. Ce qui nous intéresse ici, c'est le **joint-balais** qu'on retrouvera aussi sur le plancher de la baie. Il permet de faire passer les câbles sans laisser passer la poussière. Généralement l'indice de protection est IP 54.

IP 5x : Protection contre la poussière fine ou de corps non visible.

IP x4 : Protection contre les éclaboussements dans toutes les directions.

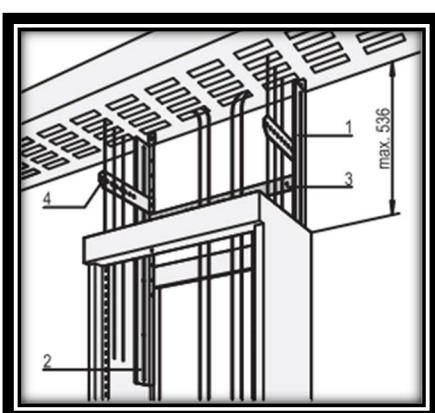


Figure 13 : Fixation arrivée de câbles « ©Tous droits réservés »

Quand il s'agit de faire passer les câbles par le dessus de la baie dans un local, il est important de prévoir un espace minimal. Cette hauteur minimale prend en compte le rayon de courbure des câbles avec le plus gros diamètre. Plus le diamètre d'un câble est élevé et plus son rayon de courbure est important.

- 1 : Tige coulissante droite
- 2 : Tige coulissante gauche
- 3 : Traverse
- 4 : Arrivée de câbles

Les entrées de câbles peuvent se situer également sur l'avant comme sur l'arrière de la baie électronique.

E. Performances transverses (chocs et vibrations)

Les baies sont toujours fixées sur un carlingage qui assure l'interface avec la structure du navire.

En présence d'exigences de tenue au choc ou de discréption acoustique, la définition du carlingage par le chantier dépend de la dimension de la baie et des points de fixation des plots à câbles ou élastomères. Dans ce cas, la baie électronique est fixée aux plots qui sont eux même fixés sur le carlingage. L'interface la plus dimensionnante au niveau du carlingage est par conséquent imposée par les dimensions de plots à câbles ou élastomères.

Les performances transverses concernent :

- La résistance aux chocs des équipements en cas d'explosion sous-marine au voisinage du navire.
- La discréption acoustique des équipements, essentiellement dans le domaine sous-marin. Si aucune disposition n'est prise, le bruit et les vibrations peuvent se transmettre à la coque et devenir une source d'indiscréption.

Ces plots remplissent une fonction d'amortissement et sont appelées plus communément plots à câbles pour le domaine choc et plots élastomères pour la Discréption Acoustique.

Pour répondre au besoin, mon tuteur et moi avons organisé une réunion avec deux spécialistes des domaines choc et vibrations. J'ai préparé un PowerPoint dans lequel j'ai présenté les objectifs et problématiques de mon stage, ainsi que des illustrations pour faciliter l'échange. Cette réunion m'a permis de mieux comprendre les enjeux et d'obtenir des documents de travail pour avancer.

J'ai complété les informations obtenues par des recherches internet ciblées.

1. Synthèse des informations obtenues concernant les amortisseurs

La Figure 14 présente des vues des deux types d'amortisseurs montés sur les baies.

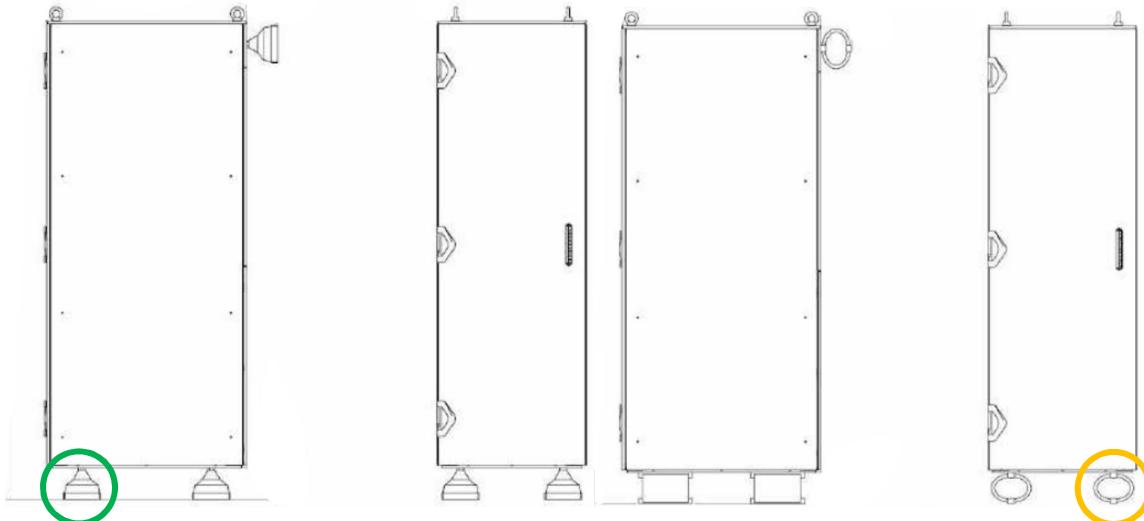


Figure 14 : Baies électroniques avec les deux types d'amortisseurs « ©Tous droits réservés »

Les plots⁵ élastomères et les plots à câble sont deux types d'amortisseurs avec des caractéristiques en commun. Le plot élastomère va atténuer principalement le bruit mais aussi les chocs. Le plot à câble va atténuer seulement les chocs. Au niveau maintenance, les plots élastomère devront être changés tous les 8 ans en moyenne.

Remarque : le comportement de ces deux types de plots sont identiques concernant les vibrations venant de la coque (moteur, auxiliaires) vers les composants de la baie.

Les deux types d'amortisseurs « ©Tous droits réservés » :



Figure 15 : Amortisseur à câble



Figure 16 : Amortisseur élastomère

⁵ Les plots : Les amortisseurs

Pour choisir les amortisseurs les plus adaptés, il faut connaître la masse à supporter.

Quatre amortisseurs sont nécessaires sur le dessous de la baie.

On divise donc la masse totale par quatre pour obtenir la capacité de charge d'un seul amortisseur et en déduire sa référence.

Le Tableau 7 que j'ai obtenu à l'issue de la réunion comprend plusieurs références applicables par tranche de masse.

On estime le poids maximum d'une baie à 500 kg.

La sélection des références se fait rapidement.

J'ai dressé un tableau Excel en associant

- Le poids d'un amortisseur,
- Sa référence,
- Le fournisseur
- Et un lien pour avoir accès directement à la documentation technique de l'amortisseur concerné (formule Excel lien hypertexte).

CHARGE PAR SUPPORT	REFERENCES	FOURNISSEUR	LIENS
Protection			
5 - 10 kg	XXXX	Fournisseur	Document XXXX
10 - 20 kg	XXXX	Fournisseur	Document XXXX
25 - 35 kg	XXXX	Fournisseur	Document XXXX
35 - 55 kg	XXXX	Fournisseur	Document XXXX
55 - 100 kg	XXXX	Fournisseur	Document XXXX
100 - 180 kg	XXXX	Fournisseur	Document XXXX

Tableau 7 : Références des amortisseurs

Ce tableau permet de gagner du temps car la documentation technique détaillée est directement accessible.

VI. Solutions préférentielles

Mon travail de recherche m'a permis de m'approprier le sujet et donc de mieux comprendre les objectifs du stage. Pour répondre au besoin de spécification des interfaces physiques et rester indépendant des plannings chantier et fournisseurs, j'ai identifié les solutions préférentielles parmi les solutions existantes.

A. Uniformisation des interfaces physiques

1. Interfaces mécaniques

Dans un premier temps, je pensais que des entraxes entre fixations seraient suffisants pour définir une zone convenant à l'ensemble des baies, tous fournisseurs confondus. Mais cette zone doit aussi prendre en compte les fixations des plots nécessaires pour la tenue aux chocs.

Par conséquent, j'ai créé un tableau Excel dans lequel j'ai renseigné pour chaque plot :

- Sa référence
- Le nombre de points de fixation
- Les entraxes entre point de fixation
- Le diamètre des points de fixation

REFERENCES	POINTS DE FIXATIONS	ENTRAXES (mm)	DIAMETRE (mm)	LIENS
XXXX	2	69,4	7	Document XXXX
XXXX	2	89,6	9	Document XXXX
XXXX	2	89,6	9	Document XXXX
XXXX	2	89,6	9	Document XXXX
XXXX	2	110	13,5	Document XXXX
XXXX	2	110	13,5	Document XXXX
XXXX	2	110	13,5	Document XXXX
XXXX	4	82 mm au milieu 54,65 mm après	10,5	Document XXXX
XXXX	2	46,4	7	Document XXXX
XXXX	2	63	8,5	Document XXXX
XXXX	2	63	8,5	Document XXXX
XXXX	2	83,3	8,8	Document XXXX
XXXX	2	83,3	10,8	Document XXXX
XXXX	2	114,3	13,5	Document XXXX

Tableau 8 : Informations sur les points de fixations des plots

A l'aide du Tableau 8 j'ai défini une zone sur un logiciel 3D dans laquelle on retrouve tous les points de fixation.

Cette zone sera utilisée par le chantier pour réaliser le carlingage et par le fournisseur pour définir sa baie. Le perçage peut intervenir plus tard pour fixer les plots, du moment qu'ils se situent dans la zone prédefinie.

Ce principe permet un gain de temps pour le chantier qui n'est plus dépendant de la réception des données fournisseurs, qu'elles soient tardives ou non.

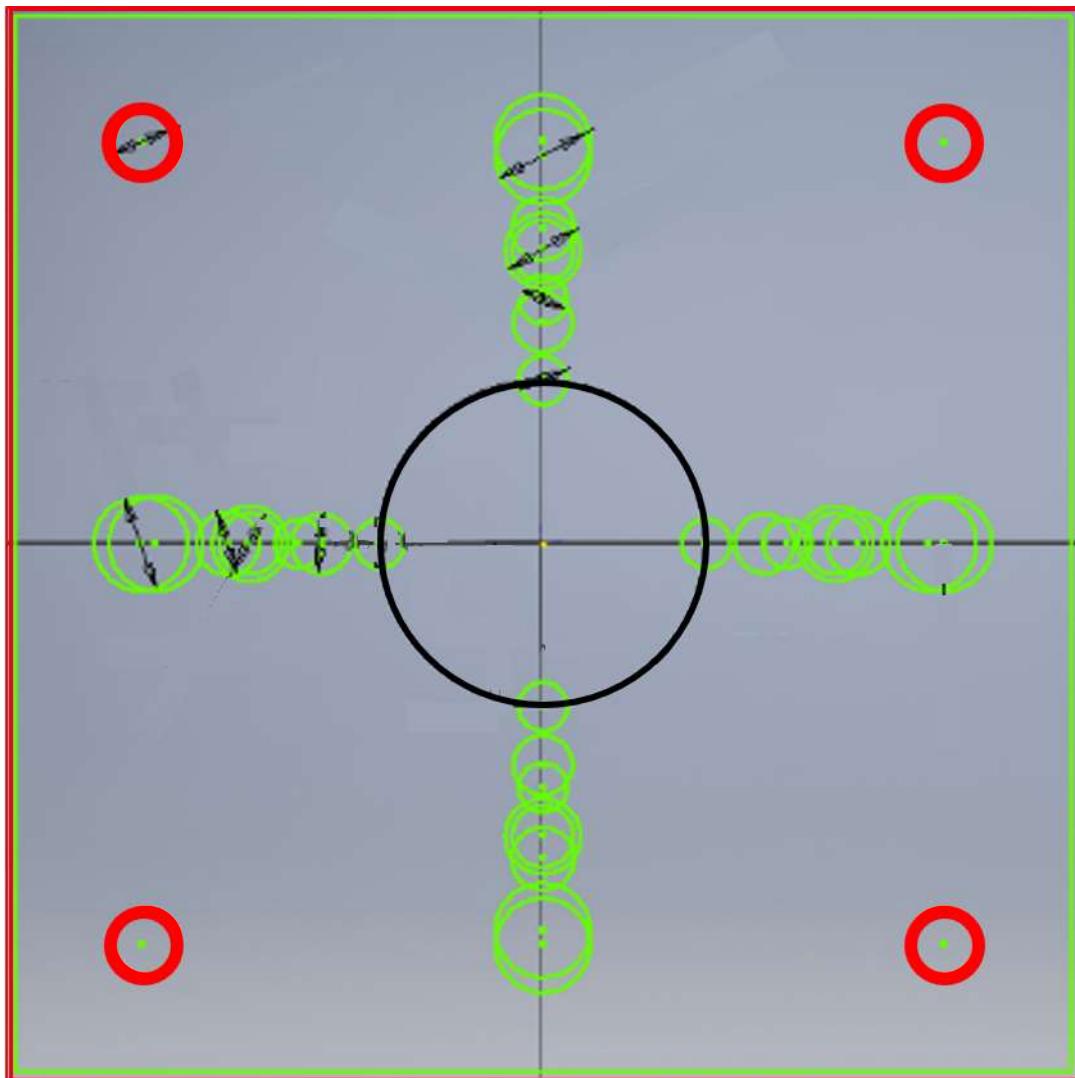


Figure 17 : Zone de l'ensemble des points de fixations sur le carlingage

Les cercles verts représentent l'ensemble des points de fixation des **plots à câbles**. En utilisant une symétrie circulaire (tous les 90°), j'ai obtenu l'ensemble des points possibles sur un carlingage. On observe bien l'entraxe qu'il y a entre chacun des points du plus petit au plus grand. Les cercles rouges représentent les points de fixations des **plots élastomère** avec un entraxe de 114mm. La zone obtenue est un carré de 150 mm².

2. Interfaces fluidiques et électriques

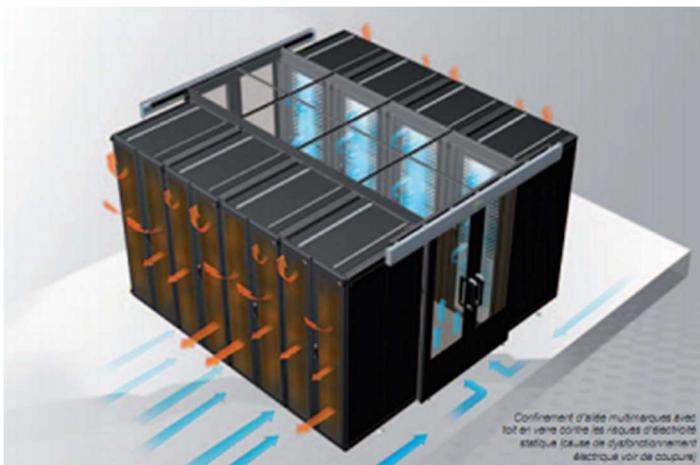
Les visites de navires et l'analyse des différentes positions d'entrée de câbles et de grille de ventilation m'ont permis d'en déduire des solutions préférentielles.

a) Visites navires

Pour mieux comprendre les problèmes qui se posent dans les locaux techniques j'ai eu la chance de visiter une frégate et une corvette en construction pour voir comment les baies électroniques sont intégrées. Ces visites m'ont aussi permis :

- De découvrir les navires et notamment l'environnement dans lequel les baies sont intégrées (local technique, datacenter)
- D'obtenir le retour d'expérience du personnel chargé de leur intégration à bord
- D'obtenir des informations utiles pour la suite de mon stage

J'ai notamment visité le datacenter d'une frégate.



Un Datacenter c'est quoi ?

C'est un ensemble de baies côté à côté avec un échangeur thermique Air/Eau placé entre deux baies, une fois sur deux. Deux rangées de baies identiques sont face à face. Le but étant de créer une allée froide au centre qui sera isolée du reste du local technique. Les portes sont perforées à l'avant des baies comme à l'arrière. Des ventilateurs font circuler l'air froid de l'allée centrale pour faire sortir l'air chaud dans le local technique.

Figure 18 : Refroidissement du Datacenter « ©Tous droits réservés »

L'air chaud est récupéré par l'échangeur thermique qui refroidit l'air et régule la température du Datacenter. L'image représente très bien ce système.

b) Réfrigération à l'eau

La réfrigération à l'eau des baies est possible mais n'est pas traité dans le document, car ce système :

- Induit une augmentation de volume, qui n'est plus conforme avec les dimensions énoncées au § V-A-1.
- Est parfois indépendant de la baie (situation rencontrée sur certains datacenters)
- Présente uniquement une entrée et une sortie d'eau, situées préférentiellement en partie basse pour limiter les risques électriques en cas de fuite

Son efficacité est meilleure, notamment pour les fortes dissipations thermiques. Bien qu'envisagé mais faute d'information, il n'a pas été possible d'évaluer l'impact de ce mode de réfrigération sur le niveau de bruit par rapport à un échange air/air. Ce mode de réfrigération est notamment utilisé dans le DataCenter que j'ai pu visiter à bord d'une frégate.

c) *Position des raccordements électriques*

J'ai remarqué que la plupart des problèmes rencontrés sur les baies électroniques étaient liés aux câblages des baies.

J'ai décidé de lister et schématiser les différents types de raccordement électrique pour obtenir un panorama des solutions rencontrées (voir Figure 19).

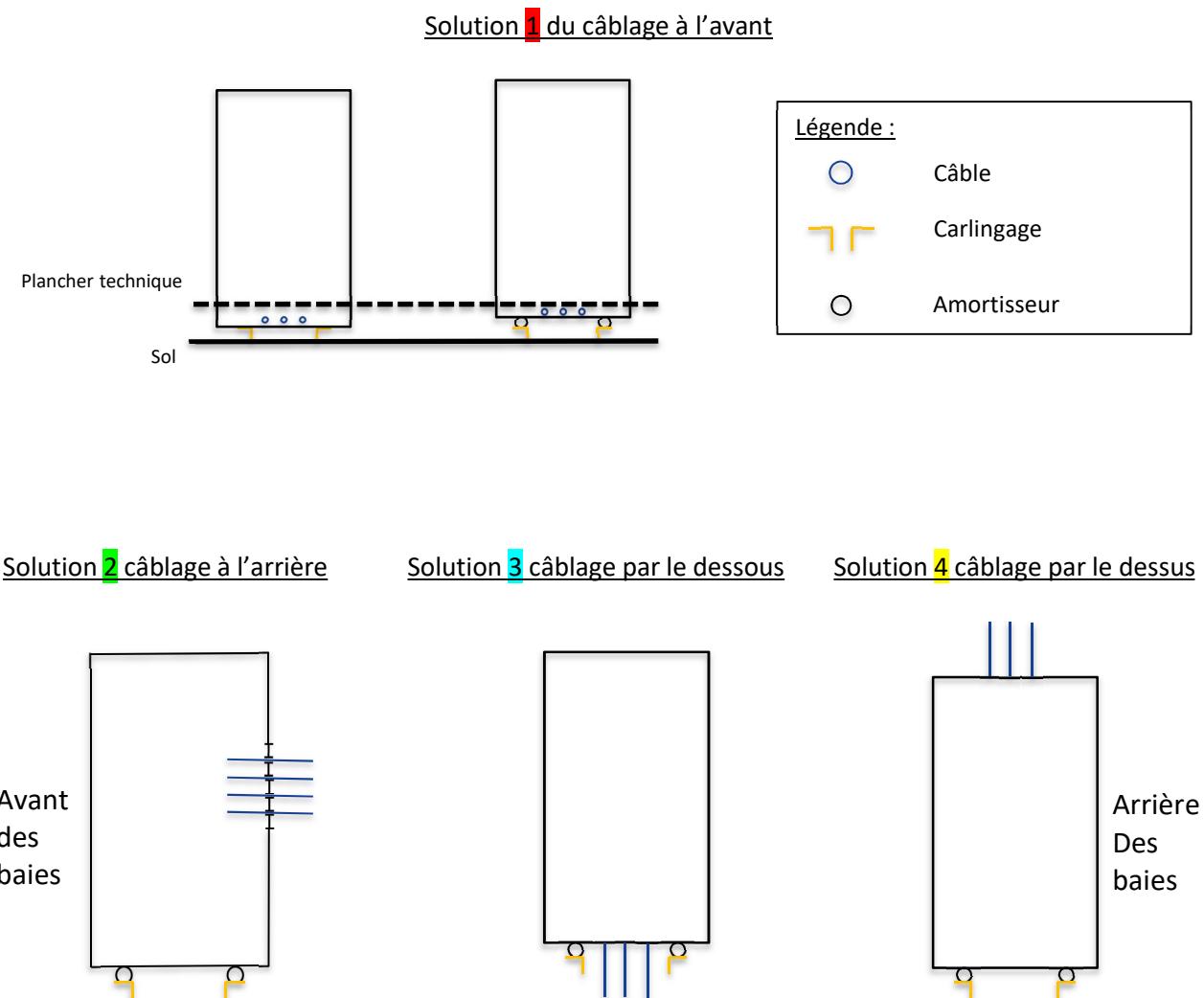


Figure 19 : Panorama des différentes solutions de raccordement électriques

Puis, je les ai représentées dans un local en vue de dessus pour mieux comprendre l'ensemble des problématiques et notamment l'espace occupé par les câbles.

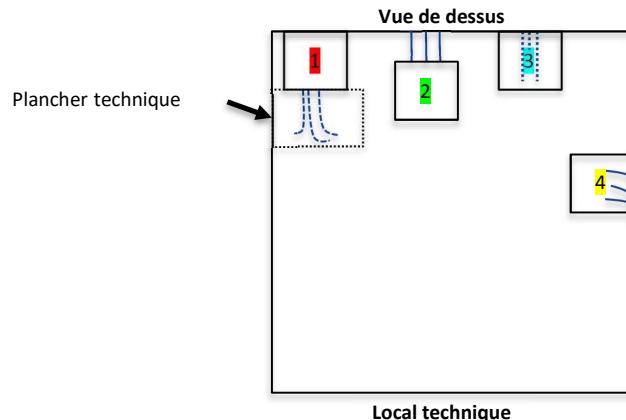


Figure 20 : Représentation du câblage dans un local

d) Positions des grilles de ventilation

La démarche est la même pour les systèmes de refroidissement.

J'ai listé et schématisé les différents types de refroidissement par air pour obtenir un panorama des solutions rencontrées (voir Figure 21)

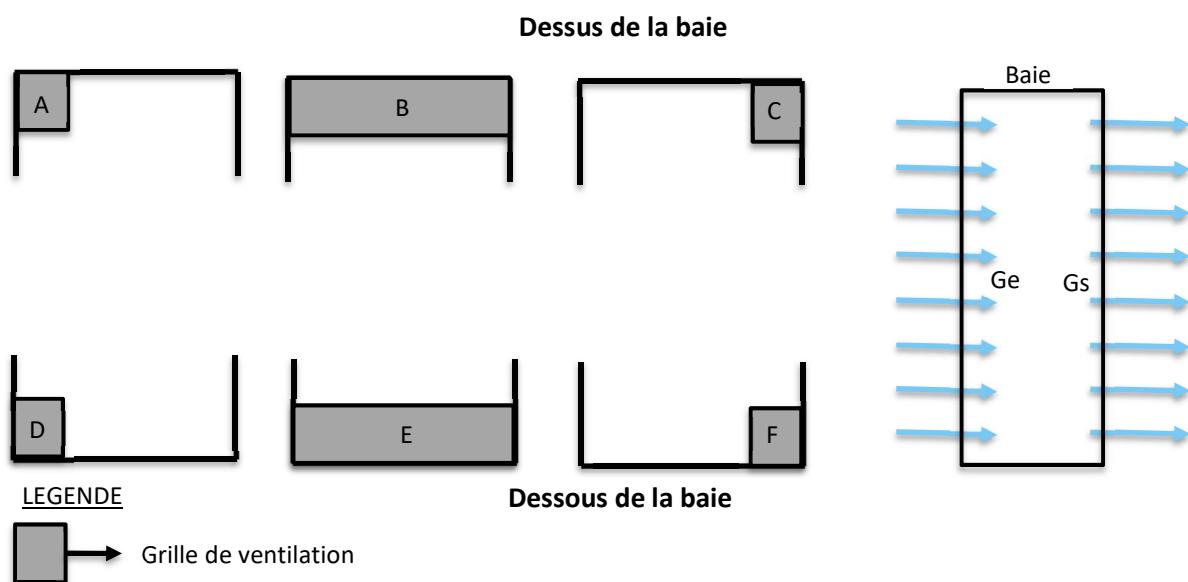


Figure 21 : Panorama des différentes ouïes d'aération

En partant du constat que l'air chaud circule naturellement du bas vers le haut, j'identifie 8 emplacements possibles pour les grilles de ventilation sur la baie :

- 3 sorties en partie haute (A, B, C)
- 3 entrées en partie basse (D, E, F)
- 1 entrée en partie avant (Ge) à coupler avec une sortie en partie arrière (Gs).

Toutes les combinaisons entre entrée et sortie ne sont pas valables.

Par exemple, certaines combinaisons peuvent conduire à des courts-circuits d'air. Ce phénomène consiste, comme en électricité, à créer un court-circuit entre les sorties et entrées d'air, réduisant considérablement la capacité de refroidissement de la baie. La Figure 22 ci-dessous présente le principe d'un court-circuit d'air.

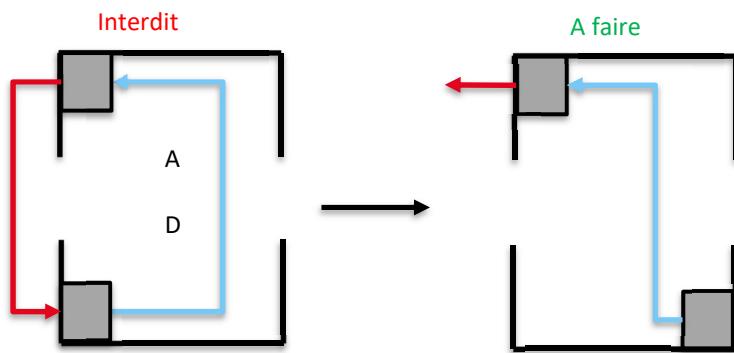


Figure 22 : Représentation d'un court-circuit d'air

L'étape suivante consiste à faire un tableau de compatibilité pour faire ressortir les combinaisons possibles entre entrée et sortie.

Le Tableau 9 présente les solutions qui se combinent bien ensemble.

Remarque : les cellules noires ne sont pas prises en compte car le tableau est symétrique.

	A	B	C	D	E	F	G
A	N	N	N	N	O	O	N
B		N	N	O	O	O	N
C			N	O	O	N	N
D				N	N	N	N
E					N	N	N
F						N	N
G							/

Légende :

- O Liaison ok
- N Liaison impossible
- / Cas particulier

Tableau 9 : Compatibilité entre les ouïes d'aérations

On identifie 8 combinaisons possibles pour les systèmes de ventilation, dont une particulière nécessitant obligatoirement l'emploi de ventilateurs (G).

La Figure 23 schématisise ces 8 combinaisons repérées de 1 à 8.

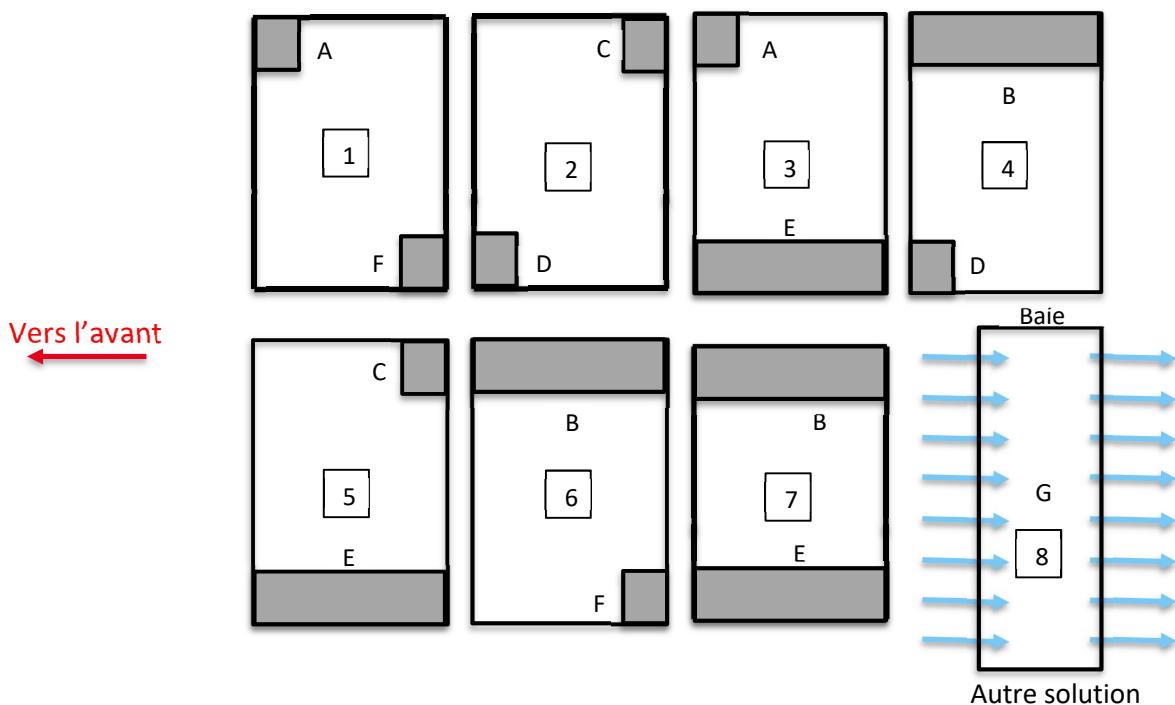


Figure 23 : Schémas des solutions d'aération

e) *Classification des solutions de ventilation et de raccordement électrique*

Le Tableau 10 classe par ordre de préférence chaque solution de ventilation en fonction des avantages et inconvénients qu'elle présente, une fois la baie intégrée dans un local technique.

Ordre décroissant de préférence	Repère Ventilation	Avantages	Inconvénients
1	7 (+++)	<ul style="list-style-type: none"> Gain de place sur l'arrière de la baie Bruit faible Grande capacité de refroidissement 	<ul style="list-style-type: none"> Espace à réserver au-dessus de la baie pour garantir une bonne évacuation de l'air La baie doit être suffisamment surélevée pour faire passer l'air
2	3+4 (++)	<ul style="list-style-type: none"> Gain de place sur l'arrière de la baie Moyenne capacité de refroidissement 	<ul style="list-style-type: none"> Solution 3 : Bouchon sur la sortie d'air Solution 4 : Distance entre la baie et le plafond
3	5+6 (+)	<ul style="list-style-type: none"> Moyenne capacité de refroidissement Bruit faible 	<ul style="list-style-type: none"> Doit être à une certaine distance du mur Solution 5 : Bouchon sur la sortie d'air Solution 6 : Distance entre la baie et le plafond
3	8 (+)	<ul style="list-style-type: none"> Grande capacité de refroidissement 	<ul style="list-style-type: none"> Bruit important Doit être à une certaine distance de la cloison
4	1+2 (-)	<ul style="list-style-type: none"> Les grilles de ventilation occupent peu de place 	<ul style="list-style-type: none"> Doit être à une certaine distance du mur Capacité de refroidissement faible

Tableau 10 : Avantages et inconvénients de chaque système de ventilation

J'ai choisi de classer les solutions de ventilation selon :

- Leur capacité de refroidissement
- Le bruit émis par la baie
- Les interfaces mécaniques
- Leur impact sur le local technique (par exemple distance entre la sortie d'air et la cloison).

Le Tableau 11 classe par ordre de préférence chaque solution de câblage en fonction des avantages et inconvénients qu'elle présente une fois la baie intégrée dans un local technique.

Ordre décroissant de préférence	Câblage	Avantages	Inconvénients
1	Dessous (+++)	<ul style="list-style-type: none"> • Esthétique • Accessibilité opérateur et technicien de maintenance • Réduction de l'espace à l'arrière 	<ul style="list-style-type: none"> • Hauteur du carlingage vis-à-vis du rayon de courbure
2	Dessus (++)	<ul style="list-style-type: none"> • Accès simple pour opérateur et technicien de maintenance • Gain de place sur l'arrière de la baie 	<ul style="list-style-type: none"> • Rayon de courbure des câbles
3	Avant (+)	<ul style="list-style-type: none"> • Intervention de la maintenance simplifier • Esthétique • Gain de place à l'arrière (on peut coller la baie au mur) 	<ul style="list-style-type: none"> • Surcoût avec le plancher technique
4	Arrière (-)	<ul style="list-style-type: none"> • Esthétique • Accessibilité • Baie fait pour l'opérateur 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'espace sur l'arrière à cause du câblage • Difficile à raccorder • Maintenance compliquée

Tableau 11 : Avantages et inconvénients de chaque solution de câblage

Le but des tableaux est de mettre en avant les meilleures solutions. J'ai classé les solutions grâce à plusieurs critères d'évaluation.

J'ai classé les solutions de câblage en fonction de

- La maintenance pour faciliter les interventions
- L'accessibilité de l'opérateur (Un marin).
- L'esthétique. Avec un bon câble management, les interventions sont simplifiées.
- L'espace occupé par les câbles. Selon le rayon de courbure du câble, il faut prévoir plus ou moins d'espace.

f) Classification des solutions de ventilation et de raccordement

L'identification des meilleures solutions de câblage et de ventilation permet de retenir deux solutions préférentielles parmi le panel de solutions existantes :

- La première comprend un câblage par le **dessous** et un système de **ventilation** composée de deux grilles de ventilation, une en bas et l'autre en haut. Il s'agit de la solution 7.
- La seconde comprend un câblage par le **dessus** et un système de **ventilation** composée d'une entrée d'air par le bas, en face avant, et une sortie par le dessus. Il s'agit de la solution 4.

En combinant les avantages et inconvénients identifiés dans les domaines thermique et électrique, on peut faire ressortir les solutions qui sont les meilleures selon les critères suivants :

- L'entretien des baies,
- L'accessibilité,
- Le taux de remplissage.

Mon but est de mettre en avant la maintenance pour que les interventions d'entretiens des baies électroniques soient simplifiées.

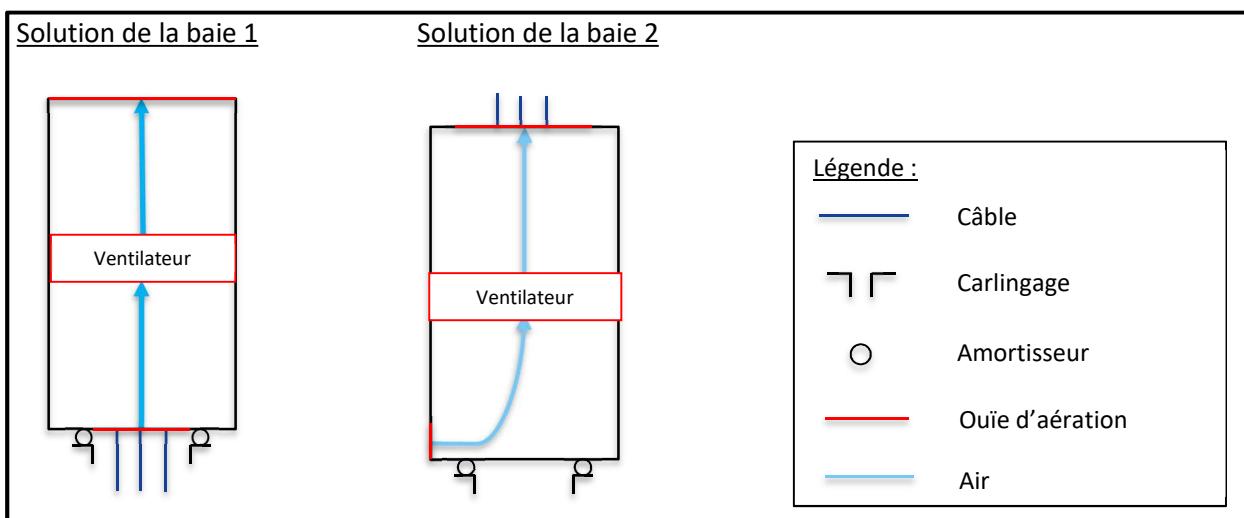


Figure 24 : Les solutions fluidique et électrique

Maintenant, l'objectif est de produire un nouveau système qui permettra d'uniformiser les interfaces physiques. Il faut s'appuyer sur le travail de recherche et de solutions préférentielles pour essayer de sortir une première solution innovante.

Créer ces solutions doit permettre d'anticiper les travaux avant et indépendamment de l'arrivée des baies en spécifiant toutes les informations aux fournisseurs.

VII. Proposition de solutions innovantes

La seconde phase du stage porte sur des solutions innovantes qui facilitent

- Les interventions de maintenance
- Le montage et le démontage des baies électroniques dans les locaux
- L'optimisation du taux de remplissage
- Et le upgrading

A. Modélisation 3D des solutions

Dans le but de répondre à cet objectif, j'ai identifié deux pistes d'innovations qui pourraient faire gagner énormément de temps. Pour y parvenir et après une rapide phase d'apprentissage, j'ai utilisé un logiciel de modélisation 3D similaire à SolidWorks.

1. La plaque amovible

Dans un premier temps j'ai réfléchi à une solution qui pourrait

- Faciliter le montage et raccordement des équipements durant les phases de construction,
- Optimiser les moyens de réfrigération en fonction de la configuration du navire
- Et faciliter la maintenance durant les phases d'entretien ou de construction.

Un des problèmes rencontrés concerne le raccordement des câbles par l'arrière des baies. Pour essayer de le résoudre, j'ai eu l'idée de créer une plaque amovible, partie intégrante de la baie. Le but de cette plaque est de pouvoir la fournir au chantier avant réception de la baie pour permettre d'y raccorder les câbles. L'utilisation d'un gabarit (support) fait partie du concept.

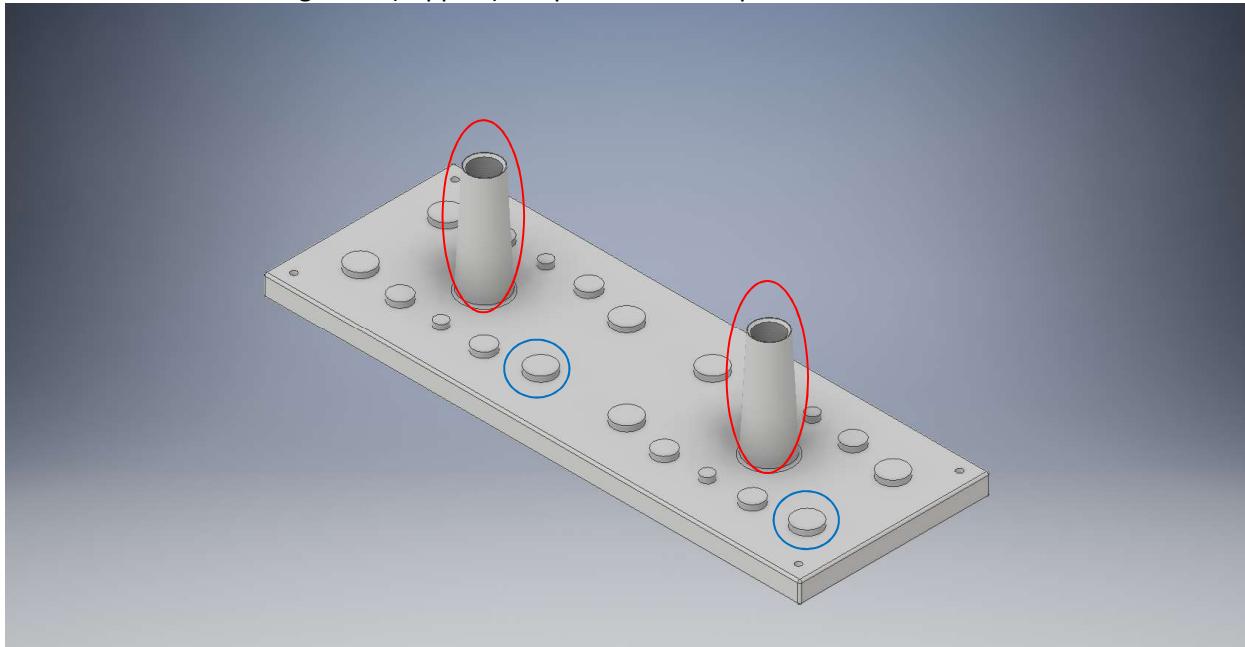


Figure 25 : Plaque amovible

La plaque est composée de

- **Deux cônes** percés et filetés qui permettent d'accueillir un outillage. Cet outillage est présenté à la Figure 28.
- Plusieurs **cylindres** représentatifs des presse-étoupes, prises, passage de câbles, etc....

La surface apparente sera orientée vers l'intérieur de la baie. Il est envisageable d'avoir une à trois plaques selon le nombre de câbles qui doivent être raccordé à notre baie électronique.

Une fois que le raccordement des câbles à la plaque est terminé, il faut qu'elle soit fixée sur le gabarit en attendant l'arrivée de la baie électronique.

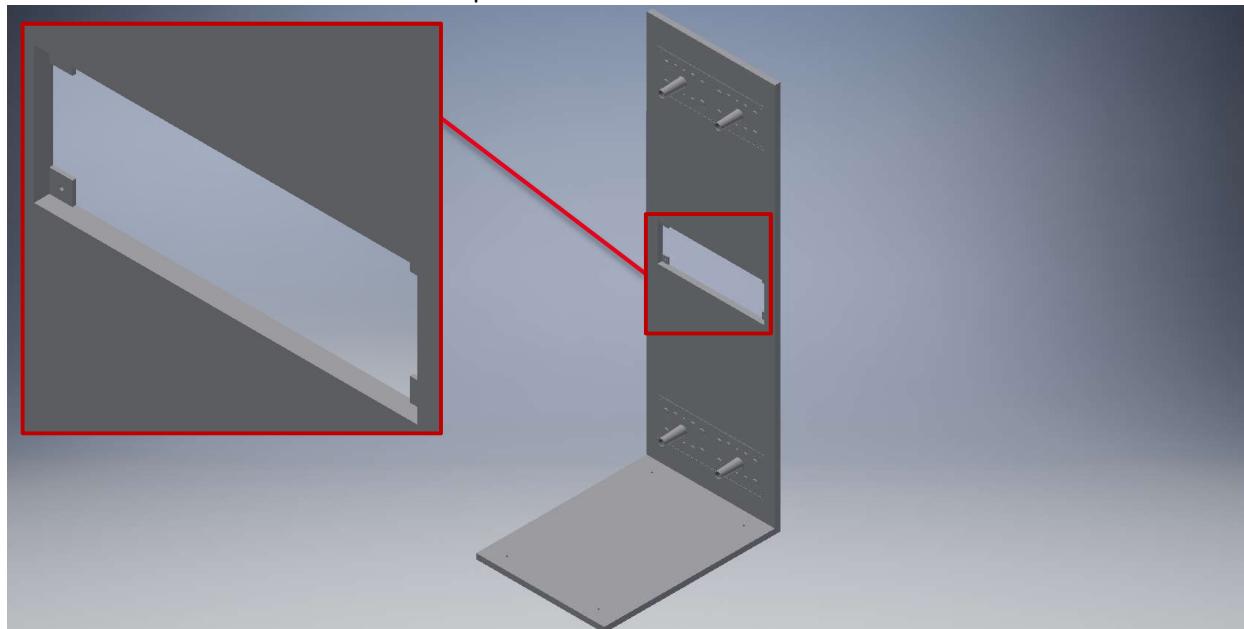


Figure 26 : Le gabarit avec 2 plaques

Le gabarit est une plaque fixée sur le carlingage, représentative de l'empreinte au sol et de la face arrière de la baie. Son but est d'ajuster la longueur des câbles en fonction du point de raccordement et de maintenir en position les plaques. Sur la partie « zoomée », j'ai prévu des points de fixation pour venir fixer solidement les plaques.



Figure 27 : La baie avec les plaques à l'arrière

Sur la Figure 27, on distingue les plaques sur la face arrière de la baie, une fois fixées. Le but est de spécifier la position et les dimensions de ces plaques dès la contractualisation avec le fournisseur. En procédant ainsi, les travaux de câblage du chantier restent indépendants du planning de livraison du fournisseur.

L'outillage évoqué plus haut consiste en deux tiges qui viennent se loger dans les cônes de la plaque. Cet outil que j'ai créé spécialement pour cette solution permet de venir assembler ou désassembler la plaque depuis le devant de la baie. L'outil a une longueur variable selon la profondeur de la baie.

Il faut également fixer la plaque pour répondre aux exigences de tenue au choc et vibrations. S'il existe un jeu, la baie risque de créer des vibrations qui pourraient se propager à la coque.



Figure 28 : Outil pour fixer la plaque sur une baie

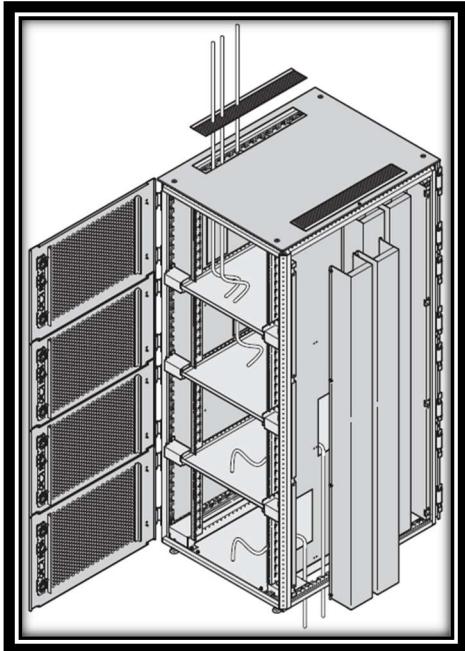
Cette solution résout des problèmes rencontrés au cours du montage ou démontage lorsque le câblage est à l'arrière des baies. Les techniciens n'auront pas à intervenir à l'arrière, mais uniquement à l'avant. L'outil permet de présenter ou désolidariser la plaque et les câbles associés en intervenant uniquement par l'avant et indépendamment des baies environnantes qu'elles soient accolées ou non.

Voir l'ensemble des composants Figure 34 en annexe.

2. La superposition de baies électroniques

La seconde piste d'innovation vise à améliorer le taux de remplissage des locaux techniques. Dans un local technique, la variété des types de montage (voir Figure 5) ne facilite pas l'intégration des baies et réduit le taux de remplissage du local. L'idée est d'améliorer le taux de remplissage des locaux en optimisant la superposition des baies et coffrets électroniques.

Il existe déjà sur le marché des baies compartimentées qui pourraient sur le principe convenir.



Mais cette solution n'est pas envisageable, car une baie ne peut être partagée entre plusieurs fournisseurs : Les processus de développement sont parallélisés et propres à chaque fournisseur.

L'idée serait de superposer les coffrets ou baies déjà équipés par l'ensemble des fournisseurs pour reproduire le principe d'une baie compartimentée. Il faut juste trouver le système qui va permettre de lier les deux baies entre elles. Elles devront être solidement fixées afin de répondre aux exigences de choc et des vibrations.

Figure 29 : Baie électronique compartimentée

J'ai modélisé des coffrets (petite baie) en m'inspirant des analyses menées précédemment. Les baies étant superposées, la ventilation doit forcément se faire de l'avant vers l'arrière. Une circulation d'air du bas vers le haut est proscrite. Une plaque amovible est aussi à prévoir pour le câblage.

Pour faciliter l'assemblage des baies, il faut une interface permettant de fixer les baies électroniques entre elles. L'idée de faire coulisser la baie du dessus sur celle du dessous pourrait faciliter l'assemblage. J'ai imaginé une solution basée sur un rail. La difficulté réside dans la nécessité d'assurer une liaison rigide entre les deux baies pour répondre aux exigences de tenue aux chocs et vibrations, sans avoir à intervenir sur les côtés de la baie. J'ai envisagé de lier les deux rails ensemble au moyen de vis latérales.

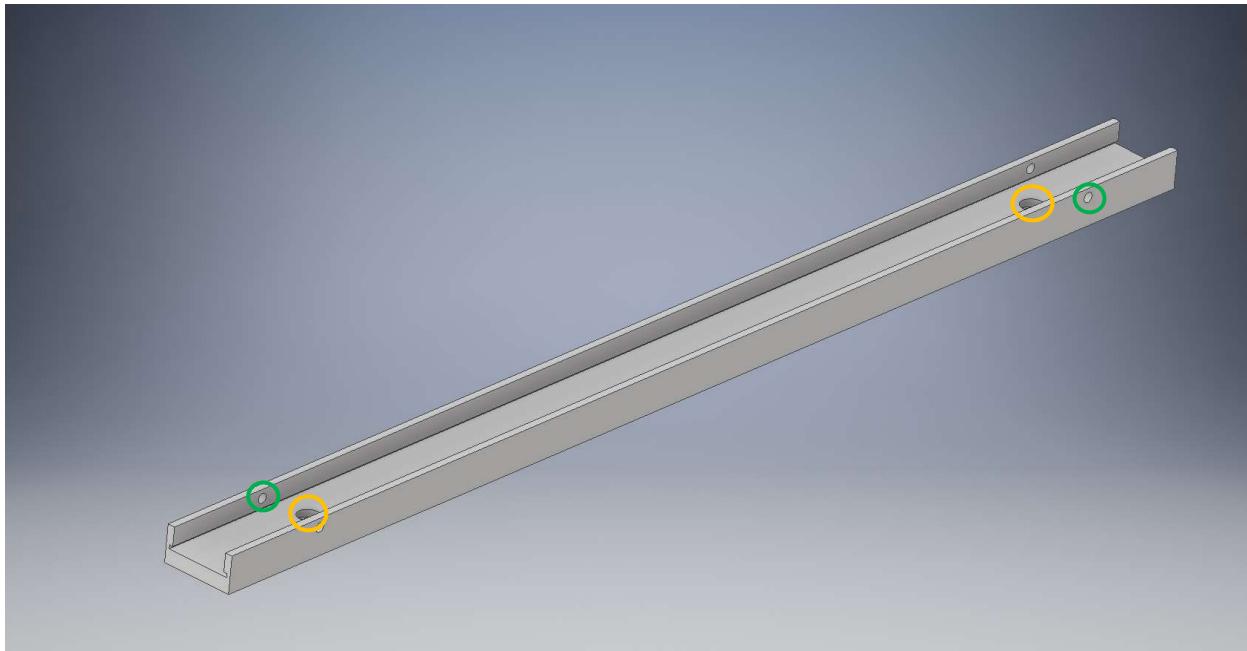


Figure 30 : Rail inférieur

La baie inférieure accueille deux rails comme représentés Figure 30. Ces deux rails viendront se fixer sur le dessus de la baie électronique à l'aide des **deux trous taraudés**. Les rails inférieurs vont accueillir les rails supérieurs qu'on viendra fixer en insérant une **vis de chaque côté**.

J'ai amélioré cette solution car dans un local technique, les baies sont souvent accolées. Il n'est pas possible d'intervenir sur les côtés. Pour moi, il faut trouver une solution plus simple pour être sûr d'assurer la rigidité du coffret (ou baie) ainsi que sa fixation par l'avant de la baie.

Par conséquent, j'ai décidé de créer deux butées :

- Une **butée fixe** à l'une des extrémités du rail
- Une **butée amovible** à l'autre extrémité, fixée par 4 vis

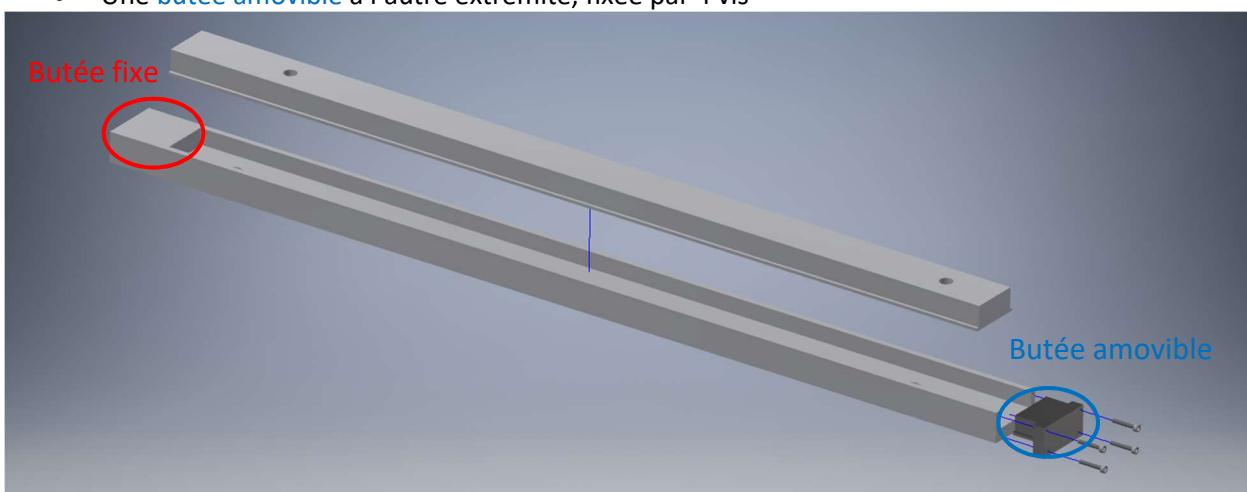


Figure 31 : Vue éclatée du rail

Pour avoir un rendu de la solution, j'ai modélisé en 3D deux coffrets superposés avec le système de rail. Cette solution améliore le taux de remplissage des locaux techniques. Elle permet aussi de réduire le nombre de carlingages. Il reste à évaluer l'éventuel gain financier (matière première, main-d'œuvre) et calendaire (temps de montage) à l'échelle du navire.

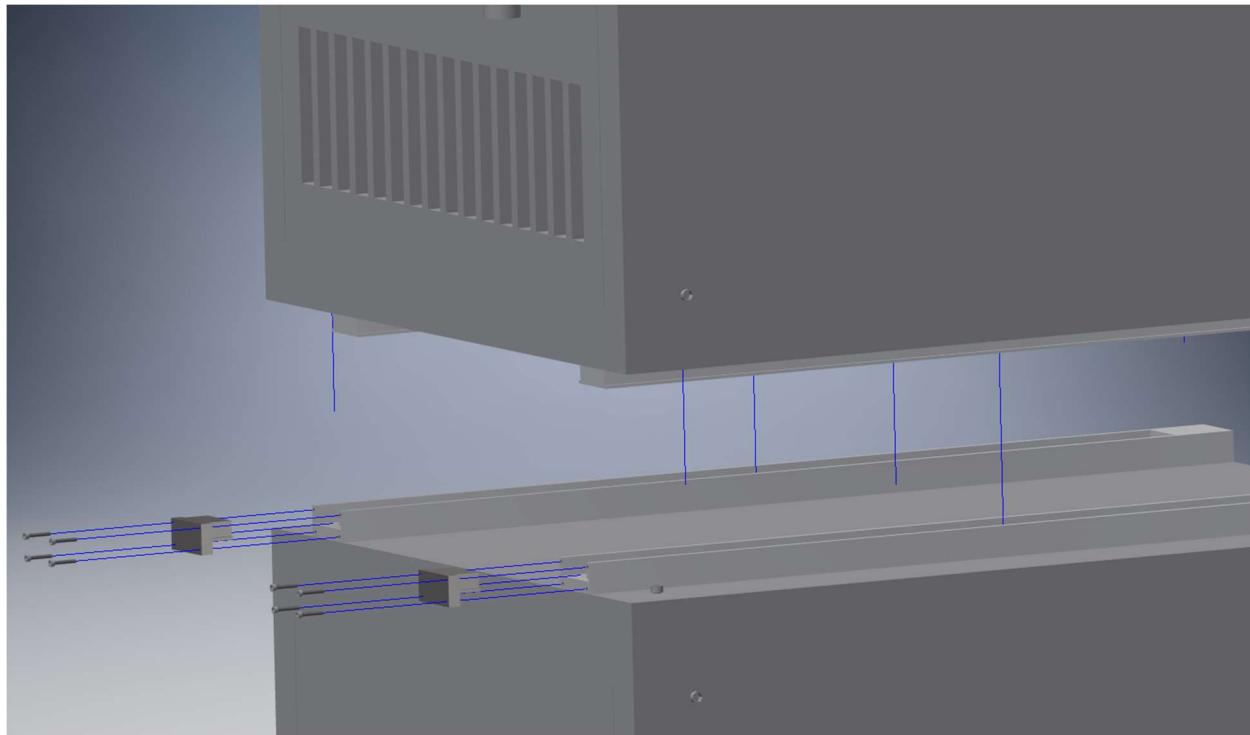


Figure 32 : Vue éclatée de la superposition de deux coffrets avec le rail

Pour installer un coffret sur l'autre, des moyens de manutention peuvent s'avérer nécessaire en fonction des masses mises en œuvre (anneaux de levage, palan⁶, système élévateur). Une optimisation de la forme du rail permettrait aussi de faciliter l'introduction du rail male dans le rail femelle.

⁶ Palan : Appareil permettant de soulever et déplacer de très lourdes charges au bout d'un câble ou d'une chaîne.

3. Les résultats

Pour conclure, j'ai représenté dans un local technique l'ensemble des mes travaux pour obtenir une vue d'ensemble :

- Les carlingages qui prennent en compte les zones de fixation
- Les plaques à prises amovibles
- L'outillage de montage de la plaque à prises
- Le gabarit de montage
- Les câbles, représentés uniquement sur certaines baies pour illustrer la solution basée sur un plaque à prise amovible
- Les ouïes de ventilation
- Les baies
- Les coffrets superposés au moyen de rails

Cette modélisation 3D m'a permis d'améliorer certaines pièces comme le système du rail ou la plaque amovible.

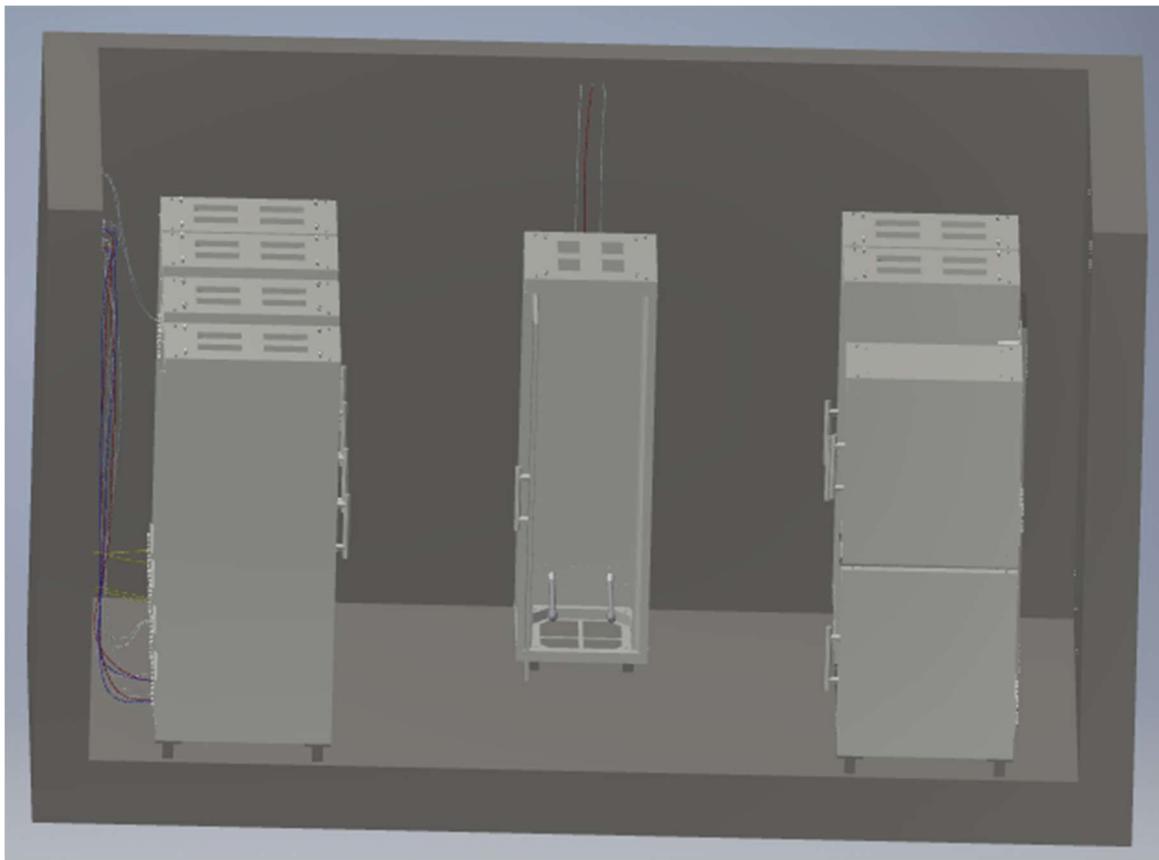


Figure 33 : Local technique

La représentation des câbles dans l'espace 3D m'a posé le plus de problème, car je ne savais pas comment le faire. J'ai consulté des vidéos sur internet pour y parvenir, ce qui m'a pris du temps. Se référer aux PDF 3D de l'annexe en page 46 pour obtenir plus de précisions concernant la Figure 33.

VIII. Bilan du thème

Pendant ces 10 semaines de stage au sein du service ESBIC, mon objectif était d'uniformiser les interfaces physiques des baies électroniques. Il fallait étudier les solutions existantes sur le marché pour proposer des solutions. Elles permettront d'améliorer le taux de remplissage des locaux techniques, de trouver les meilleures interfaces physiques (mécanique, fluidique et électrique), de faciliter l'intégration des baies et leur maintenance.

J'ai réussi à trouver des solutions sur les interfaces mécaniques, fluidiques et électriques. J'ai également trouvé des solutions innovantes comme la plaque amovible et la superposition des baies électroniques pour résoudre les problèmes d'intégration, de maintenance et du taux de remplissage. Les solutions innovantes permettent très probablement de gagner du temps sur le temps de montage. Il reste à évaluer l'éventuel gain financier (matière première, main-d'œuvre) et calendaire (temps de montage) à l'échelle du navire.

L'objectif principal sur l'uniformisation des baies électroniques a bien été atteint. De plus, j'ai traité l'ensemble des missions du cahier des charges. Malgré tout, il reste à travailler la finition de certaines pièces.

La durée de ce stage ne permet pas d'aller plus loin dans mon travail.

J'ai identifié les pistes d'améliorations :

- Modélisation un système de clipsage entre la plaque amovible et la baie électronique
- Amélioration du système de rail. La solution de superposition des baies est à approfondir.
- Evaluation du gain en masse (carlingage)
- Evaluation du gain en temps de montage
- Estimation du taux de remplissage

A terme, la poursuite de ces travaux pourrait aboutir à la simplification des travaux :

- D'études,
- D'intégration des baies électroniques par le chantier (retard sur la livraison)
- D'entretien effectué par la maintenance.

IX. Bilan du stage

- Sur le plan technique :

Les 10 semaines que j'ai passées dans le service ESBIC m'ont permis de découvrir les problématiques causées par les baies électroniques dans le milieu naval. Ce stage m'a permis d'enrichir mes connaissances techniques sur la conception 3D, la mécanique, l'électrique et la thermique.

Dans le but de développer une solution qui pourrait résoudre les problèmes liés aux baies électroniques, il a fallu mettre mes compétences ainsi que mes connaissances en pratique. Il a fallu faire un travail de recherche important pour maîtriser correctement mon sujet :

- La recherche internet
- Réunions
- Visite des navires.

J'ai également dû m'adapter à un nouveau logiciel 3D utilisé à Naval Group. Sans compter l'aide précieuse de mon tuteur de stage avec qui j'ai énormément échangé.

Enfin, ce stage m'a permis d'améliorer certaines compétences comme l'organisation et la planification de mes activités.

- Sur le plan social :

Sur le plan social, j'ai eu l'occasion de rencontrer beaucoup de personnes notamment celles rattachées à mon service, celles que j'ai rencontrées au cours de visites ou réunions (y compris de formation SST). Ce stage m'a permis de découvrir le milieu de l'entreprise et son mode de fonctionnement, en particulier au cours des réunions de service.

Cette expérience m'a aussi permis de comprendre l'importance de la bonne communication entre collaborateurs pour faciliter les échanges et la bonne compréhension des sujets abordés.

Les réunions auxquelles j'ai participées m'ont permis de présenter mes travaux sur des supports PowerPoint et d'obtenir en retour des avis et informations. J'ai pu ainsi améliorer ma qualité de présentation.

X. Remerciement

Dans un premier temps, je tiens à remercier Naval Group de m'avoir bien accueilli dès mon arrivée sur le site de Lorient.

Je tiens à remercier l'ensemble du service ESBIC pour l'accueil qui m'a été réservé. Je remercie également ma responsable de service pour le temps qu'elle m'a accordé dès mon arrivée et pour la présentation du site.

Je tiens à remercier Jacques LE MEUR, Responsable de l'Intégration Physique, qui a été mon tuteur de stage durant ces 10 semaines. Il m'a aidé sur plusieurs points clés de mon stage et il m'a également accompagné dans le projet.

Je tiens à remercier Pascale LE SQUER, ma tutrice pédagogique pour les conseils qu'elle m'a donnés, pour son suivi et pour avoir veillé au bon déroulement de mon stage.

Je tiens à remercier tout le personnel avec qui j'ai pu échanger lors des réunions ou des visites sur les navires.

XI. Figures et tableaux

Figures

Figure 1 : Carte du monde des succursales de Naval Group @Naval Group SA	4
Figure 2 : Carte de France des différents sites de Naval Group @Naval Group SA	5
Figure 3 : Frégate de type La Fayette et FREMM	6
Figure 4 : Processus de conception et réalisation Naval Group et fournisseur - Planning	8
Figure 5 : Exemple de montages actuels (interfaces mécaniques)	9
Figure 6 : Dimensions des points de fixation « ©Tous droits réservés »	14
Figure 7 : Interfaces physiques pour la ventilation « ©Tous droits réservés »	17
Figure 8 : Interfaces physiques avant et arrière pour la ventilation « ©Tous droits réservés » .	18
Figure 9 : Presse-étoupes « ©Tous droits réservés »	19
Figure 10 : Prises « ©Tous droits réservés »	19
Figure 11 : Ouverture libre « ©Tous droits réservés »	20
Figure 12 : Ventilation et câblage « ©Tous droits réservés »	20
Figure 13 : Fixation arrivée de câbles « ©Tous droits réservés »	20
Figure 14 : Baies électroniques avec les deux types d'amortisseurs «©Tous droits réservés » .	22
Figure 15 : Amortisseur à câble	Figure 16 : Amortisseur élastomère
Figure 17 : Zone de l'ensemble des points de fixations sur le carlingage	22
Figure 18 : Refroidissement du Datacenter « ©Tous droits réservés ».....	25
Figure 19 : Panorama des différentes solutions de raccordement électriques	26
Figure 20 : Représentation du câblage dans un local.....	27
Figure 21 : Panorama des différentes ouïes d'aération	28
Figure 22 : Représentation d'un court-circuit d'air.....	28
Figure 23 : Schémas des solutions d'aération	29
Figure 24 : Les solutions fluidique et électrique	30
Figure 25 : Plaque amovible	33
Figure 26 : Le gabarit avec 2 plaques	34
Figure 27 : La baie avec les plaques à l'arrière.....	35
Figure 28 : Outil pour fixer la plaque sur une baie.....	36
Figure 29 : Baie électronique compartimentée	36
Figure 30 : Rail inférieur	37
Figure 31 : Vue éclatée du rail.....	38
Figure 32 : Vue éclatée de la superposition de deux coffrets avec le rail.....	38
Figure 33 : Local technique.....	39
Figure 34 : Ensemble des composants	40
Figure 35 : Superposition des baies électroniques.....	46

Tableaux

Tableau 1 : Références de baies électroniques 19''	11
Tableau 2 : Références de baies électroniques 19''	12
Tableau 3 : Tableau de synthèse des dimensions de baies électroniques.....	13
Tableau 4 : Les systèmes de refroidissement « ©Tous droits réservés »	15
Tableau 5 : Caractéristiques des systèmes de refroidissements « ©Tous droits réservés ».....	16
Tableau 6 : Règles d'addition des niveaux de bruit.....	17
Tableau 7 : Références des amortisseurs.....	23
Tableau 8 : Informations sur les points de fixations des plots	24
Tableau 9 : Compatibilité entre les ouïes d'aérations.....	30
Tableau 10 : Avantages et inconvénients de chaque système de ventilation	31
Tableau 11 : Avantages et inconvénients de chaque solution de câblage.....	32

XII. Annexes



Figure 34 : Ensemble des composants

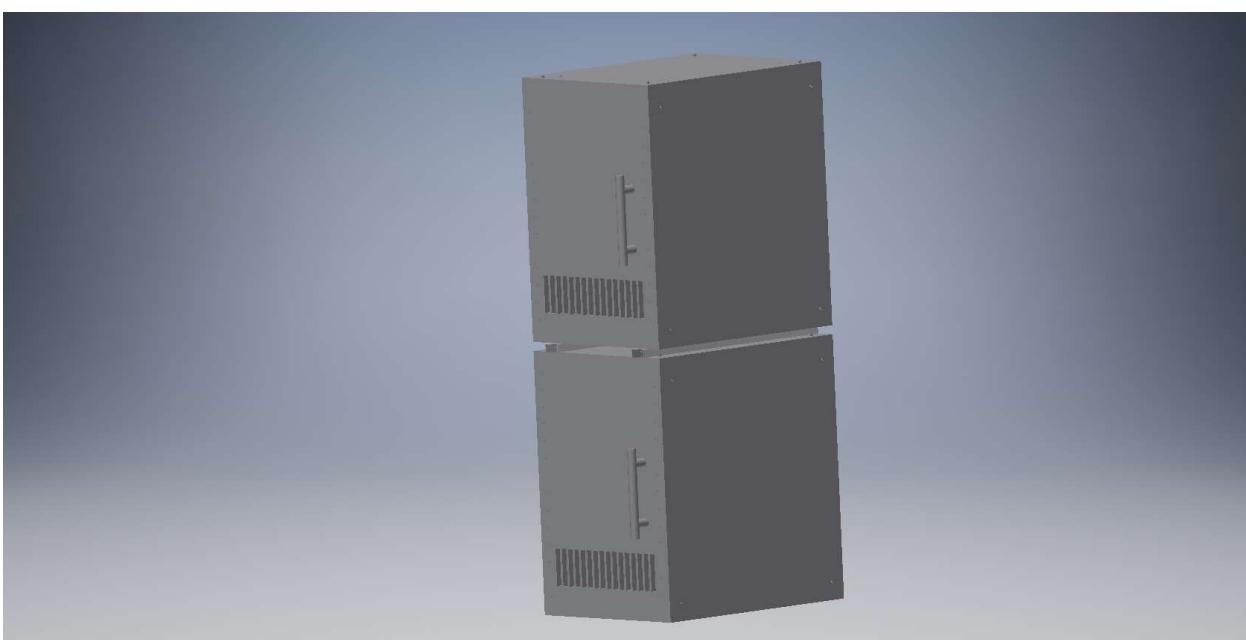


Figure 35 : Superposition des baies électroniques

Guide d'utilisation des PDF 3D

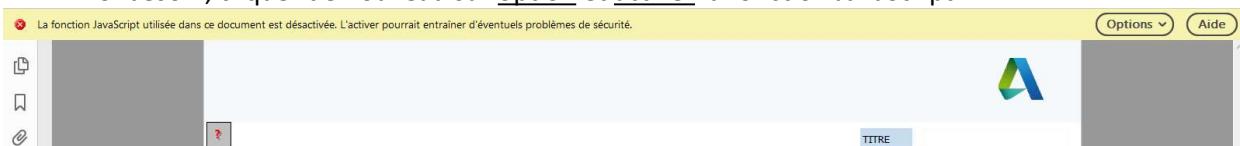
Utiliser les PDF 3D pour vous déplacez dans l'espace et regarder sous l'angle de vue que vous souhaitez.

Activer les PDF 3D :

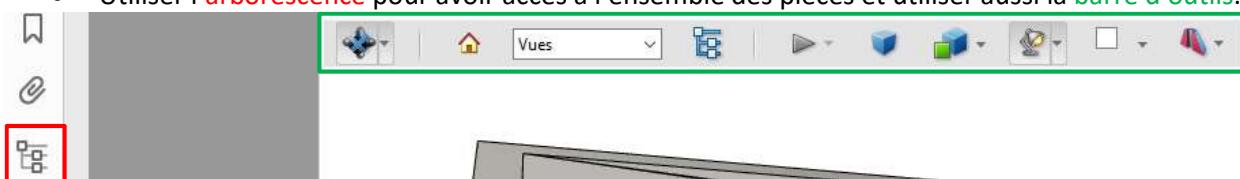
- Cliquer sur option et approuver le document sur la barre jaune sur l'en-tête du document.



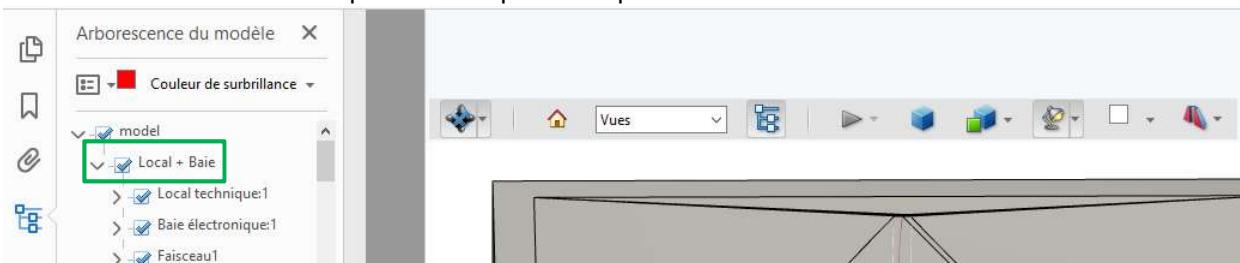
- Si besoin, cliquer de nouveau sur option et activer la fonction JavaScript.



- Utiliser l'**arborescence** pour avoir accès à l'ensemble des pièces et utiliser aussi la **barre d'outils**.



- Pour mettre en transparence des pièces cliquer sur l'arborescence et aller dans **Local + Baie**.



Maintenant, vous êtes libre de regarder ce que vous voulez !

Bonne consultation !

TITRE	Local technique
N° PIECE	N°1
REVISION	
CONCEPTEUR	Maxence Bourbigou
INGENIEUR	
NOTES	

LES INFORMATIONS ET/OU LE CONTENU FIGURANT DANS CE DOCUMENT SONT LA PROPRIETE DE L'AUTEUR ET CONSTITUENT DES INFORMATIONS ET/OU DU CONTENU CONFIDENTIELS LUI APPARTENANT. CES INFORMATIONS NE PEUVENT PAS ETRE UTILISEES, NI REPRODUITES, NI PUBLIEES, NI DIVULGUEES A DE TIERCES PERSONNES SANS AUTORISATION ECRITE PREALABLE DE L'AUTEUR. ELLES SONT UNIQUEMENT DESTINEES A LA FABRICATION D'ARTICLES SPECIFIES DANS CE DOCUMENT.

TITRE Baie électronique + Outils

N° PIECE N°1

REVISION

CONCEPTEUR Maxence Bourbigou

INGENIEUR

NOTES

LES INFORMATIONS ET/OU LE CONTENU FIGURANT DANS CE DOCUMENT SONT LA PROPRIETE DE L'AUTEUR ET CONSTITUENT DES INFORMATIONS ET/OU DU CONTENU CONFIDENTIELS LUI APPARTENANT. CES INFORMATIONS NE PEUVENT PAS ETRE UTILISEES, NI REPRODUITES, NI PUBLIEES, NI DIVULGUEES A DE TIERCES PERSONNES SANS AUTORISATION ECRITE PREALABLE DE L'AUTEUR. ELLES SONT UNIQUEMENT DESTINEES A LA FABRICATION D'ARTICLES SPECIFIES DANS CE DOCUMENT.

TITRE	Superposition des baies électron
N° PIECE	N°1
REVISION	
CONCEPTEUR	Maxence Bourbigou
INGENIEUR	
NOTES	

LES INFORMATIONS ET/OU LE CONTENU FIGURANT DANS CE DOCUMENT SONT LA PROPRIETE DE L'AUTEUR ET CONSTITUENT DES INFORMATIONS ET/OU DU CONTENU CONFIDENTIELS LUI APPARTENANT. CES INFORMATIONS NE PEUVENT PAS ETRE UTILISEES, NI REPRODUITES, NI PUBLIEES, NI DIVULGUEES A DE TIERCES PERSONNES SANS AUTORISATION ECRITE PREALABLE DE L'AUTEUR. ELLES SONT UNIQUEMENT DESTINEES A LA FABRICATION D'ARTICLES SPECIFIES DANS CE DOCUMENT.