

# Rapport technique :

## Alternant :

NOM : CLOTEAU

Prénom : William

Formation : Licence Professionnelle Innovation  
Produits Process

Spécialité : Conception et Industrialisation de Produits

Contact : [william.cloteau@etu.univ-nantes.fr](mailto:william.cloteau@etu.univ-nantes.fr)

06 76 95 89 07

## Entreprise et Tuteurs :

### CHANTIERS DE L'ATLANTIQUE

Secteur d'activité : Étude et fabrication de navires de croisière, navires militaires et systèmes de grandes dimensions liés aux énergies renouvelables et fossiles

Adresse : Avenue Chatonay, 44613 Saint-Nazaire

NOM, Prénom, fonction et contact du tuteur industriel :

Mr MAHE Ghislain, manager équipe projet dans le service Zone Technique

[Ghislain.Mahe@chantiers-atlantique.com](mailto:Ghislain.Mahe@chantiers-atlantique.com)

06 60 91 24 51

NOM, Prénom, fonction et contact du tuteur pédagogique :

Mr FOUCHER Éric, enseignant de l'IUT de Nantes

[eric.foucher@univ-nantes.fr](mailto:eric.foucher@univ-nantes.fr)

02 28 09 20 22



# Sommaire :

- **Pages 3-8** : Présentation de l'entreprise
- **Page 9** : Problématique et intervenants
- **Page 10** : Définition de l'accessibilité aux vannes
- **Pages 11-13** : Analyse technico-économique
- **Pages 14-19** : Cas rencontrés à bords et étude des remarques armateurs
- **Pages 20-32** : Contrôle automatisé d'accessibilité des vannes depuis zones de circulation
- **Page 33** : Table de calcul d'ordre de priorité de contrôle
- **Pages 34-41** : Exploitation des interférences pour contrôler la manoeuvrabilité
- **Page 42** : Solutions complémentaires
- **Pages 43-44** : Mission secondaire → préparation de calcul de tuyauterie
- **Pages 45-46** : Conclusion et bilan personnel
- **Pages 47-50** : Lexique



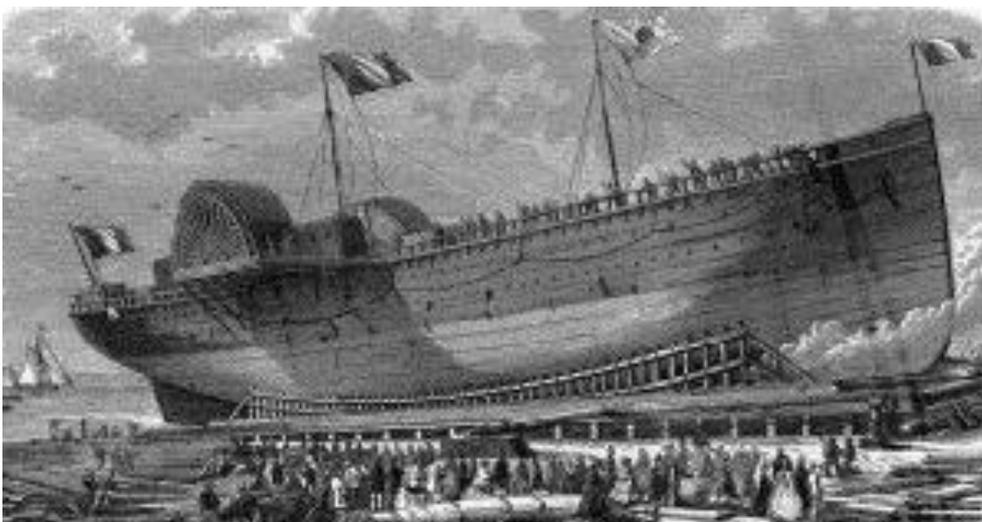
# CHANTIERS DE L'ATLANTIQUE

## Secteurs d'activité :

Conception, fabrication et mise en service de paquebots de croisière, navires militaires, navires spécialisés et stations offshore pétrole, gaz et EMR + services associés

## Histoire :

1861 → Création des Chantiers de Penhoët



« Impératrice Eugénie »  
(1864)



« Normandie »  
(1932)



**1955**→ Création des Chantiers de l'Atlantique grâce à la fusion des Ateliers et Chantiers de la Loire et des Chantiers de Penhoët

« France »  
(1960)



**1967-1975**→ Fermeture du canal de Suez entrainant la fabrication de supertankers grâce à une nouvelle forme de construction inaugurée en 1972 (encore utilisée aujourd'hui)



« Batillus »  
(1976)



**1974**→ Introduction en bourse

**1976**→ Rachat par Alstom (France)



« Queen Mary 2 »  
(2003)

**2006**→ Rachat par Aker Yards (Norvège)

**2007**→ Rachat par STX (Corée du Sud)→ « STX France »

**2011**→ Début de diversification dans les EMR



« Harmony of the seas »  
(2016)

**2018**→ Nationalisation→ « Chantiers de l'Atlantique »



# Les chantiers en quelques chiffres :

**8 000** personnes sur site  
dont **2 900** employés



**100** hectares

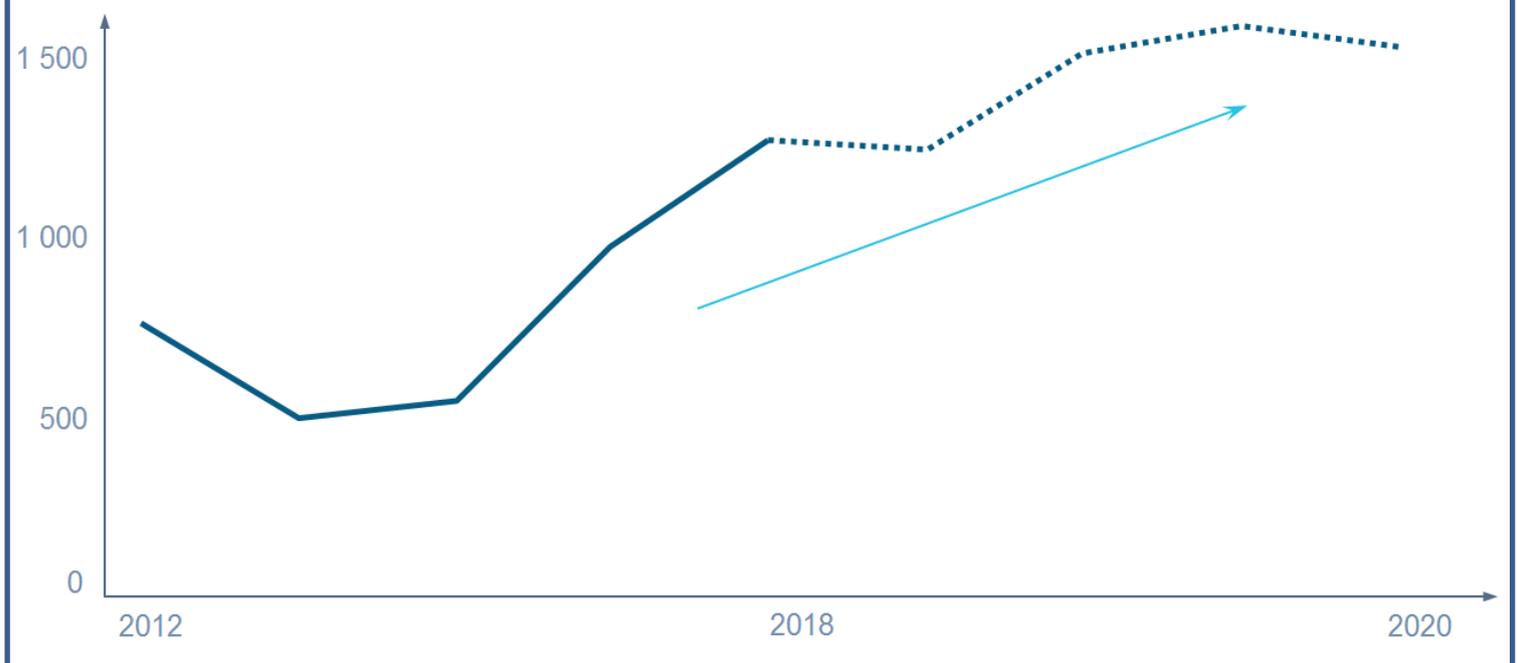


**60 000 tonnes/an** d'acier transformées  
**La plus grande forme de montage en Europe**



**1 400 t** de capacité de levage

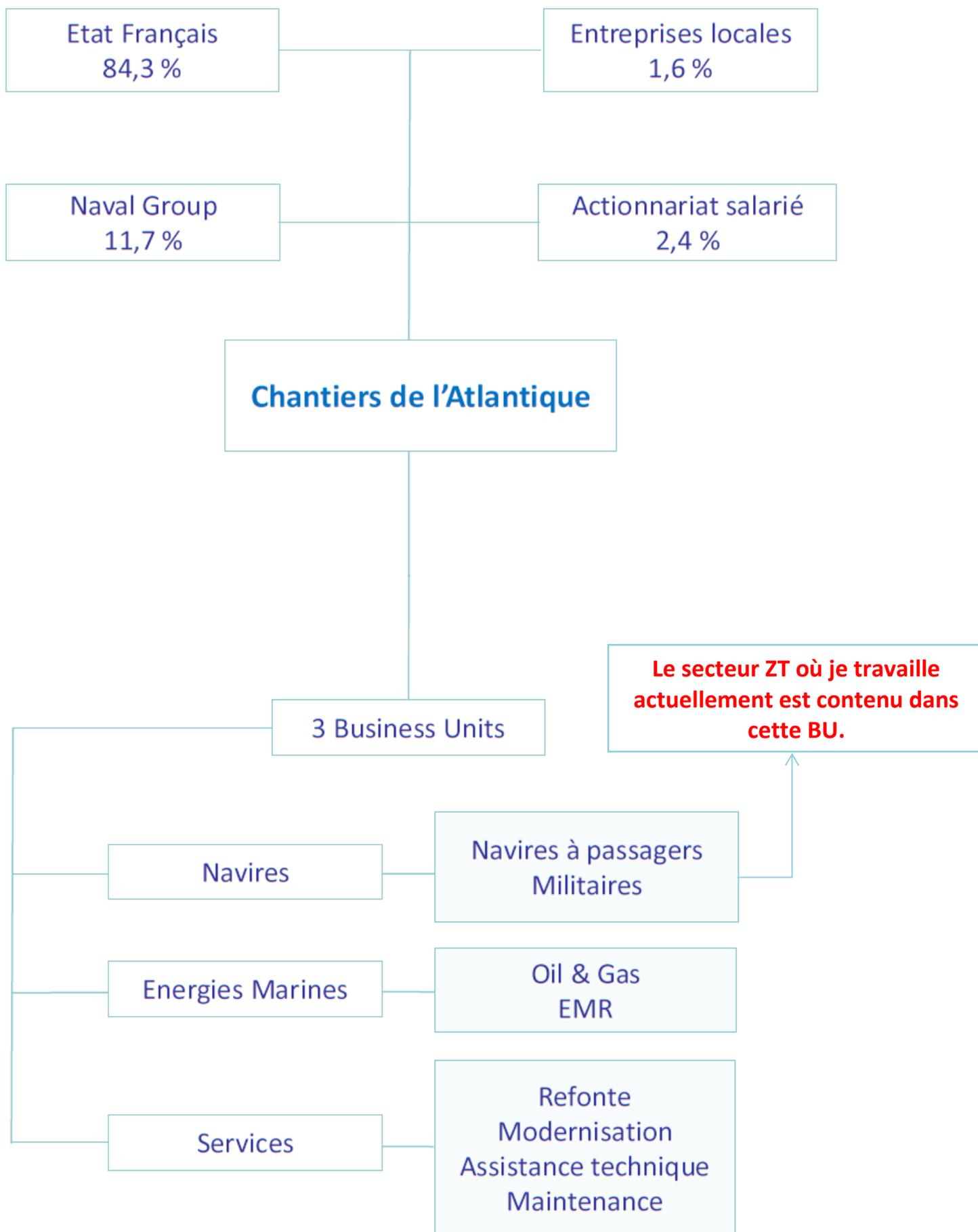
## Chiffre d'affaire actuel et prévisionnel en millions d'euros :



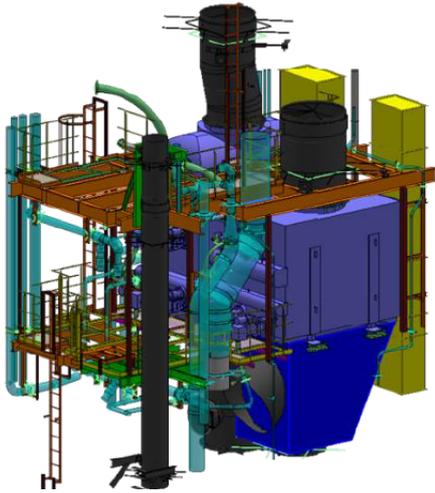
**\*Le lexique en fin de document contient des définitions mais également des explications complètes des différents termes soulignés. Je recommande de le consulter pour une compréhension complète.**



# Organisation et service ZT :



## Intégration des réseaux en Zone Technique (Marie-Gabrielle GOSSIAUX)



Le secteur « ZT » intègre dans la CAO l'ensemble de la tuyauterie (transport de fluides), des gaines de ventilation, des chemins de câble électriques et des équipements dans la zone machine des navires. Le secteur est aussi en charge de l'industrialisation des différents éléments modélisés, c'est-à-dire qu'il réalise les gammes de montage.

Il conçoit également les structures qui supportent les équipements et les réseaux. Le secteur compte une soixante de personnes.



# Problématique et intervenants :

Actuellement, les Chantiers de l'Atlantique rencontrent un problème récurrent dans les différents navires en production. En effet, on constate qu'un certain nombre de vannes de différentes fonctions, dimensions et criticités (sécurité, maintenance...) s'avèrent inaccessibles une fois montées dans les navires, notamment à cause des erreurs d'études mais également des opérations à bord. Ces vannes font l'objet de modifications (en CAO pour les futurs navires de la série et à bord pour le navire en fabrication), à la demande de l'armateur, qui entraînent des surcoûts, des délais supplémentaires, et qui donnent une impression de non-qualité nuisant à l'image de marque de l'entreprise.

Malgré des règles à respecter, plusieurs facteurs tels que la grande quantité de vannes, la complexité des réseaux associés et les délais de conception à respecter entraînent des erreurs. L'accessibilité des vannes est donc oubliée, voir négligée au fur et à mesure de la conception et ce point ne dispose pas de revues ni de moyens de contrôle dédiés.

**Problématique : Comment garantir au maximum l'accessibilité des vannes dans les navires ?**

## **Intervenants :**

**Ghislain MAHE** → MEP, tuteur industriel

**Ludovic VALLÉE** → Projeteur expert, retours d'expérience à bord

**David PEIGNEY** → Assistant utilisateur, expert SM3D

**David CADORET** → Technicien qualité

**Stéphane MARCHAND** → Technicien données études, catalogue

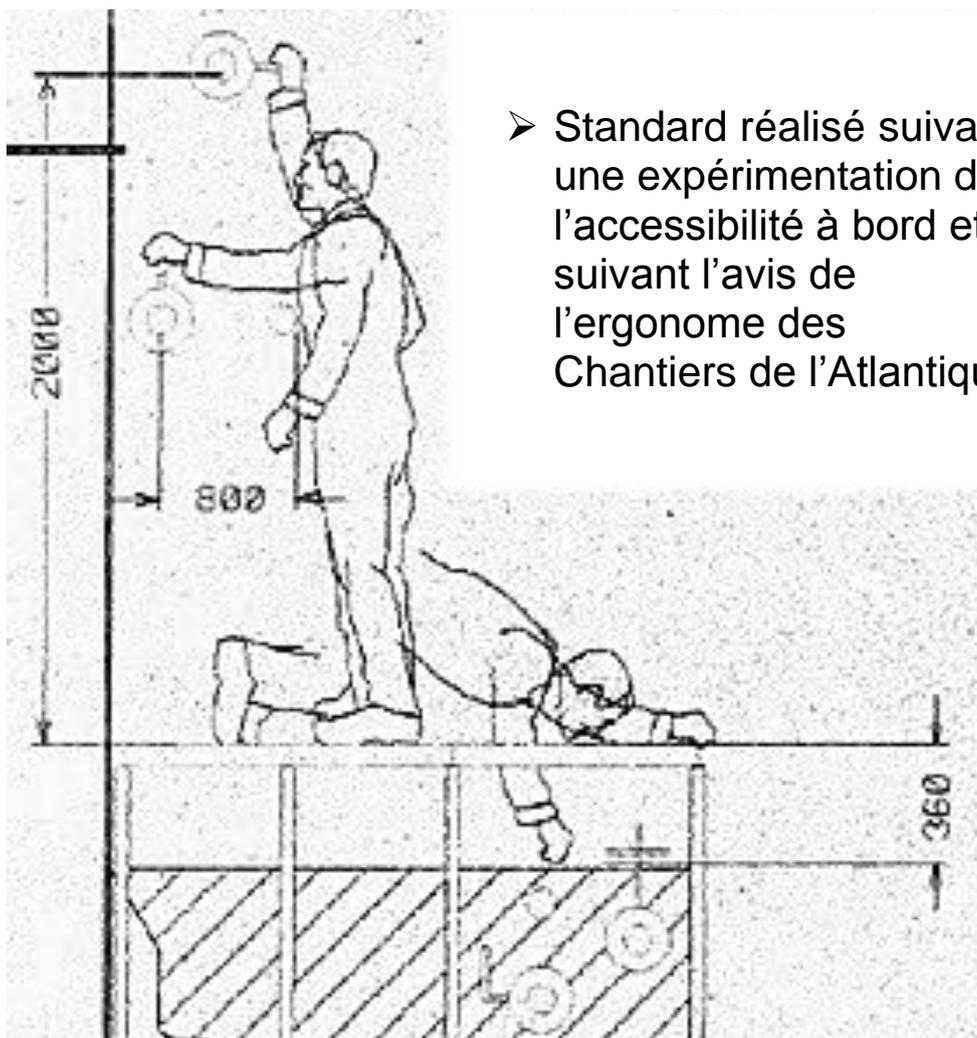
**Denis BOULAY** → Dessinateur projeteur, référent interférences

**Alexandre DUFU** → Assistant RFT, référent technologies de vannes



# Définition de l'accessibilité aux vannes :

- ✓ L'accès à la vanne doit être le plus **simple et sécurisant** possible pour l'opérateur.
- ✓ Une fois l'opérateur à la vanne, celui-ci doit pouvoir prendre **une position la plus confortable possible** pour l'utiliser (exemple tourner un volant) et/ou en réaliser la maintenance (en prenant en compte **l'espace outils**).
- ✓ Certaines utilisations impliquent également une contrainte de **visibilité** (exemple page 16).
- ✓ La vanne doit être **extractible** en cas de remplacement

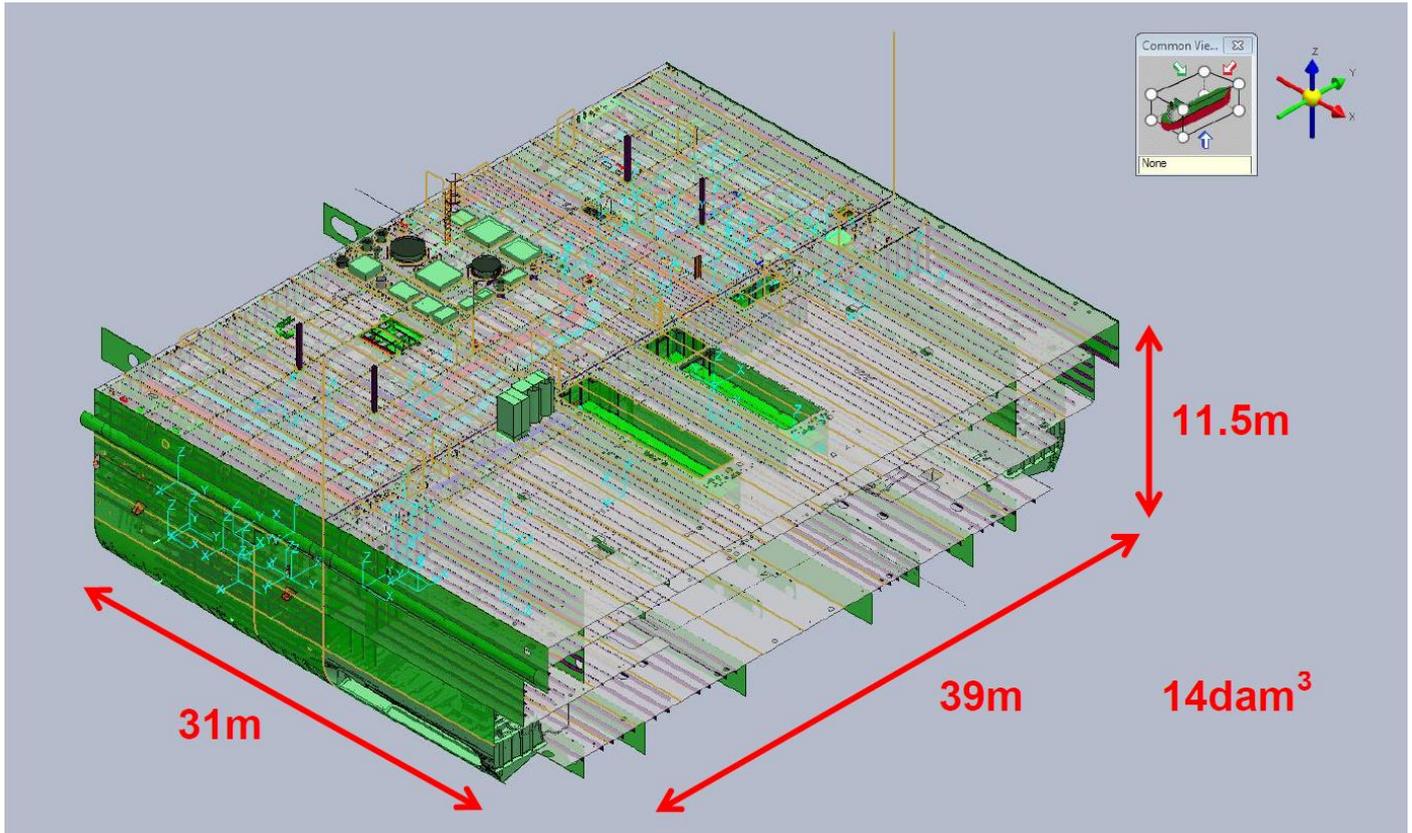


# Analyse technico-économique :

Aux Chantiers de l'Atlantique, les navires sont découpés en lots. Ces lots sont des portions de navires et ce découpage comporte de nombreux avantages. Il permet notamment de ne pas charger tout le navire dans leur logiciel CAO, [Smart Marine 3D](#), et donc d'avoir des interfaces plus fluides et moins lourdes en termes de visibilité et de quantité de données. Pour décrire l'ampleur du problème, j'ai analysé à l'aide d'un listing des composants du navire (BOM, Bill Of Materials) la quantité de vannes présentes dans le lot 235 du navire J34 (« Celebrity Edge » livré début Novembre 2018).



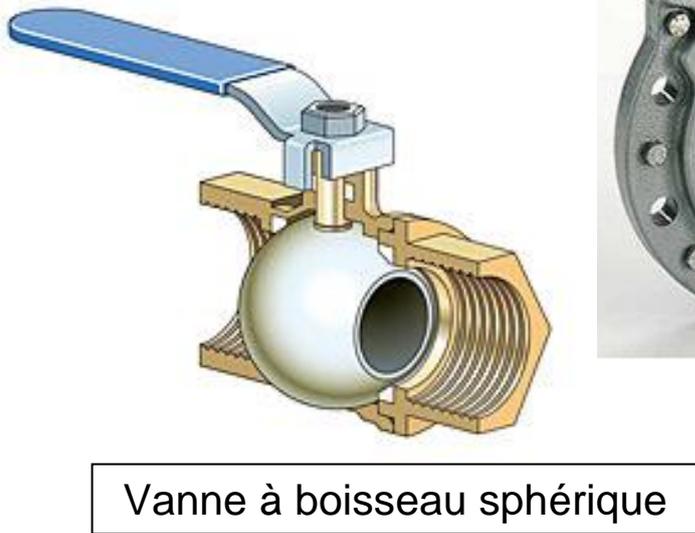
Il s'agit d'un lot très dense comportant deux gros moteurs diesel ainsi que plusieurs réseaux de tuyauterie aux fonctions variées.



On compte 830 vannes dans ce lot qui fait 14 dam<sup>3</sup> de volume, soit **60 vannes dans un cube de 10 mètres de côté**. On visualise bien la concentration de vannes dans ce lot qui rend leur accessibilité critique. La totalité du navire compte également **11000 vannes** ce qui donne un bon aperçu du nombre probable de vannes inaccessibles et signalés pour retouches par l'armateur. D'un point de vue économique, les **CNQ** dus à l'accessibilité et à la maintenance de manière générale s'élèvent à 230000€ sur l'affaire J34. Il s'agit de la deuxième source de perte financière de l'entreprise due à la non-qualité. La part de cette perte concernant exclusivement les vannes s'élève à **45500€** (soit 20%) répartie en deux catégories d'actions. Les **AE** représentent donc un montant de 9500€ (21% de la perte due aux vannes) tandis que les **AB** représentent le reste, soit 32000€ (79%). On constate donc qu'il est probablement **moins coûteux de passer une certaine durée d'étude supplémentaire dédiée à l'accessibilité des vannes que de faire des modifications dans le navire suite à une erreur d'étude**.



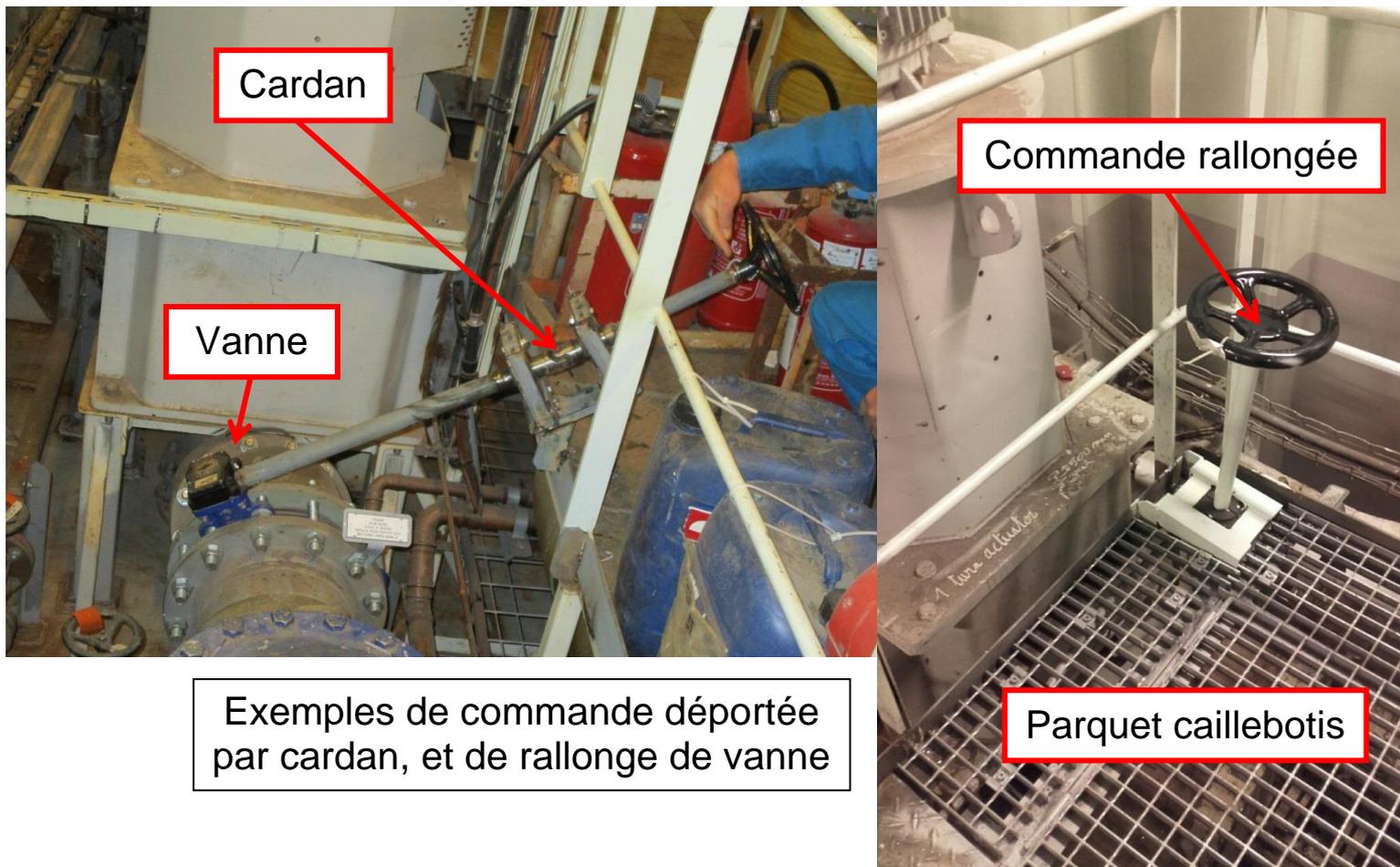
De plus il existe **une grande diversité de vannes** en terme de technologies (principes de fonctionnement), de dimensions, de réseaux (fluides transportés, sécurité...) et donc de contraintes associées. Voici un aperçu de quelques technologies les plus courantes :



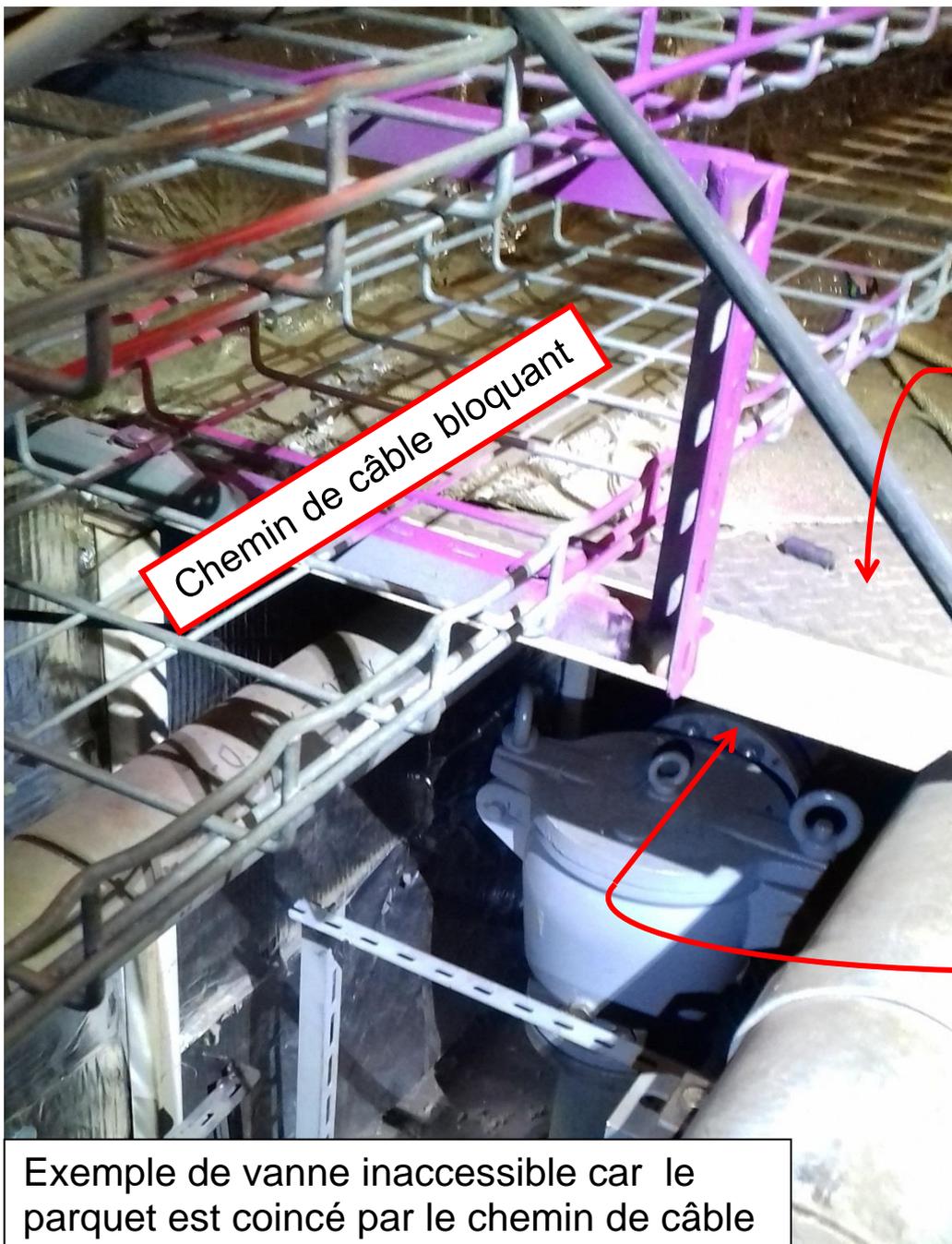
# Cas rencontrés à bord et étude des remarques armateurs :

Parlons maintenant des cas concrets que les armateurs, mes collègues et moi-même avons rencontrés à bords, et des actions que cela engendre :

- La vanne ne dispose pas de de chemin d'accès, on ne peut pas se rendre physiquement à proximité. Il faut ajouter du parquet ou modifier le réseau.
- La vanne est trop haute pour être atteinte. On doit prévoir une échelle, un marchepied ou une modification du réseau pour la rendre accessible.
- La vanne est trop profonde sous-parquet pour être atteinte. On doit prévoir une rallonge, une commande déportée par cardan ou une modification du réseau pour la rendre accessible.



- La vanne se trouve sous un parquet non spécifié rétractable. On doit rendre le parquet rétractable (généralement via des paumelles).
- La vanne est orientée à l'opposé de sa zone d'accès.
- La commande de la vanne ne peut pas être manœuvrée complètement à cause d'un autre objet (qui peut ne pas être modélisé dans la maquette).
- Le parquet rétractable situé au-dessus de la vanne ne peut pas s'ouvrir à cause de tuyaux ou de chemins de câbles.



Chemin de câble bloquant

Parquet tôle larmée

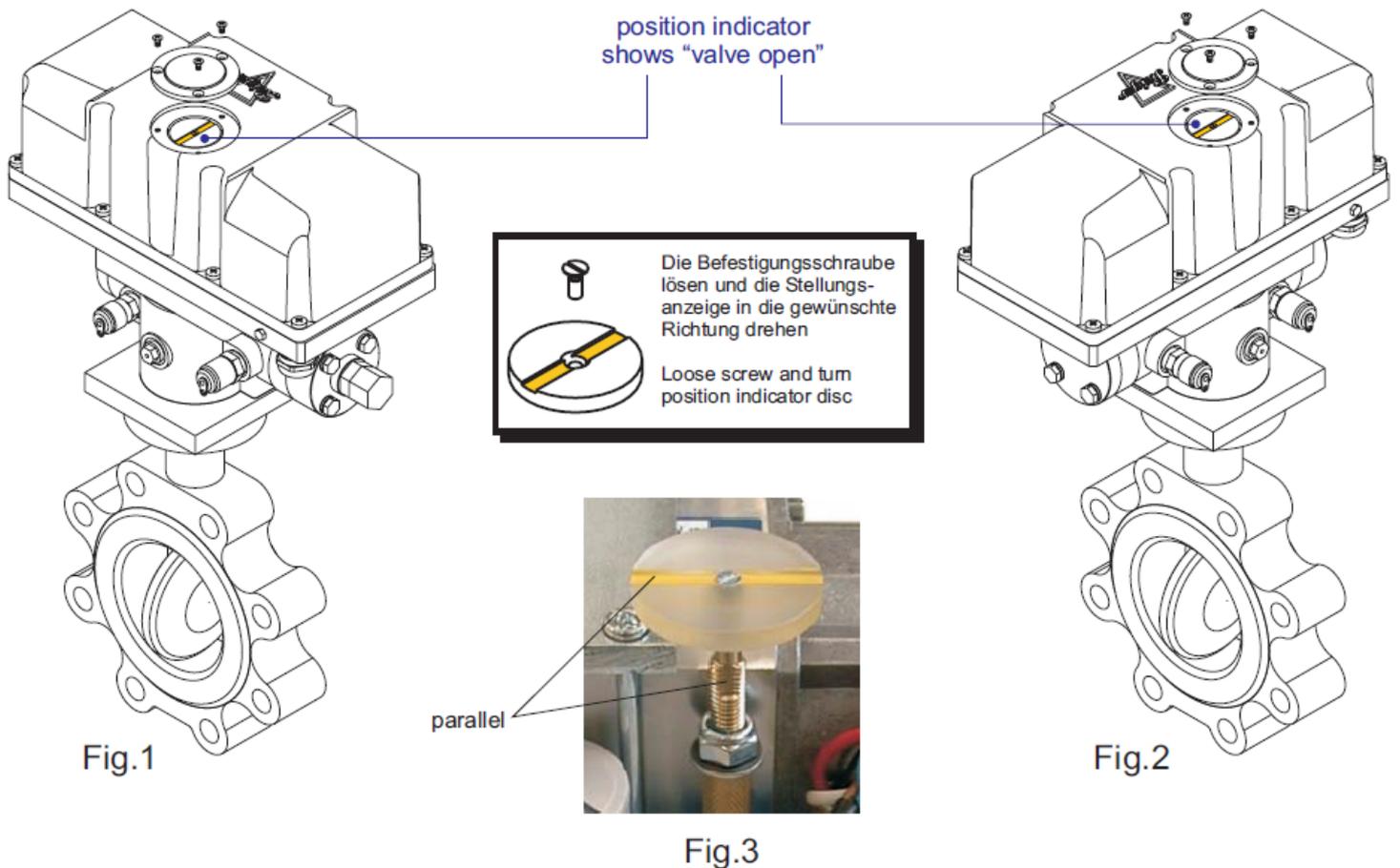
Vanne inaccessible

Exemple de vanne inaccessible car le parquet est coincé par le chemin de câble



- Un objet empêche d'accéder à la vanne quand on a ouvert le parquet rétractable au-dessus de celle-ci.

Cas particulier des vannes instrumentées :



Ces vannes posent problème car elles comportent **deux possibilités de montage de l'instrumentation** (figure 1 et 2) que nous ne gérons actuellement pas dans SM3D. Dans certains cas l'opérateur en charge du montage à bord est contraint de tourner l'instrumentation et il arrive que **l'indicateur se retrouve donc à l'inverse de son sens de fonctionnement**. Une modification adéquate du montage de la vanne est nécessitée dans ce cas, à condition que le problème ait été détecté.



La majorité des différents cas étant maintenant bien identifié, on peut passer à l'étude des **causes d'inaccessibilité** associées à leurs **proportions**. Pour ce faire, j'ai étudié un document Excel listant directement toutes les remarques armateur (~400) à propos de l'affaire J34 (navire Celebrity Edge). Ces remarques armateur sont plus complètes que les AE que j'ai déjà étudié au début de mon alternance mais j'ai dû faire une demande auprès de mon tuteur pour les obtenir car elles ne sont pas disponibles en libre-service sur l'intranet de l'entreprise. J'ai donc commencé par filtrer la colonne « remarks » en ne gardant que les cases contenant le mot « valve » et j'ai lu les remarques obtenues pour ne sélectionner que celles qui traitent des problèmes d'accessibilité des vannes. Avec les 75 remarques résultantes, j'ai pu réaliser un tableau dressant les différentes causes physiques d'inaccessibilité et leur proportion associée.

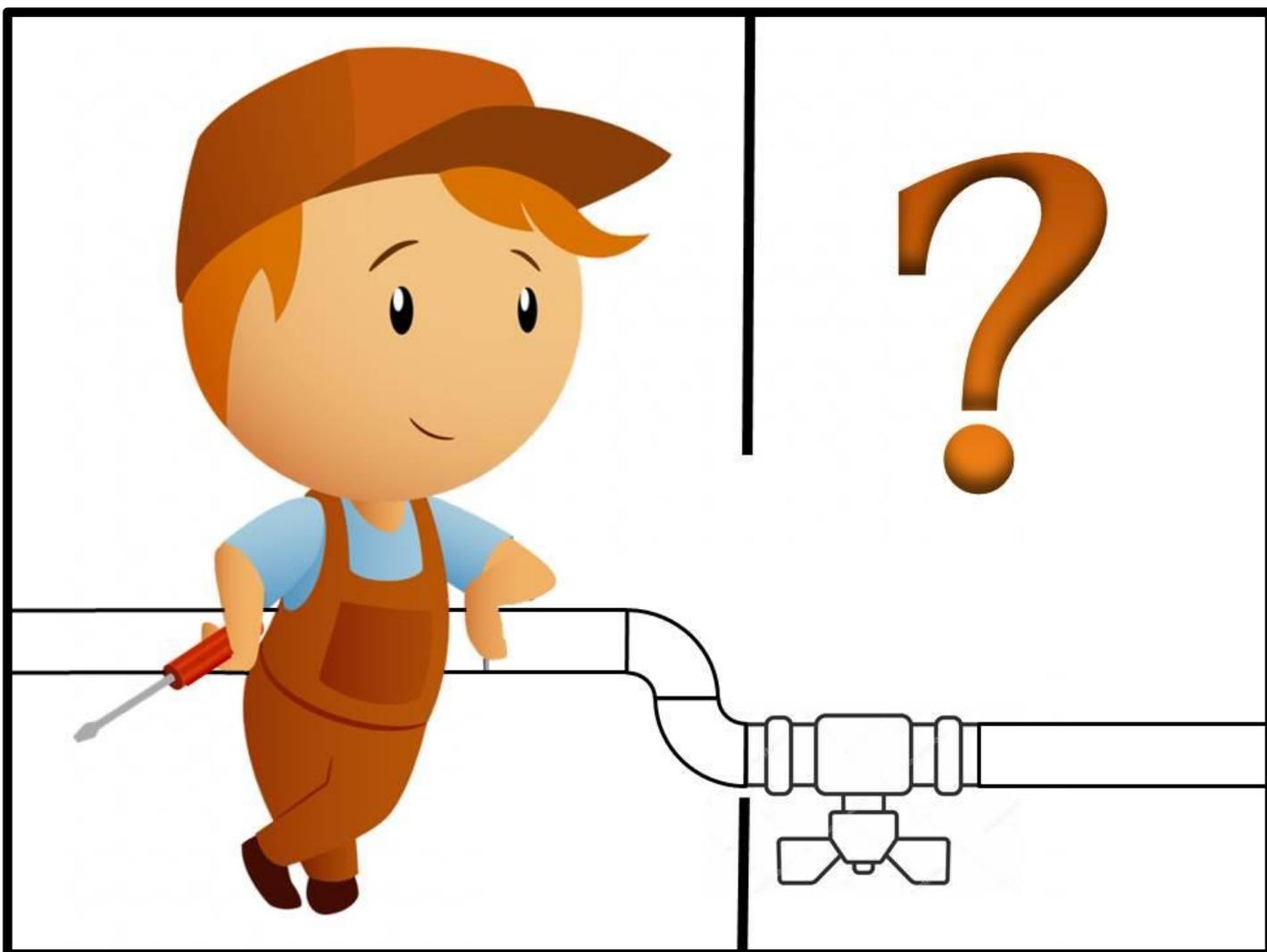
<b>Causes d'inaccessibilité</b>	<b>Nombre de remarques <u>armateur</u> associées</b>	<b>Proportion associée</b>
Chemin d'accès	29	38.67%
Orientation	24	32.00%
Hauteur	12	16.00%
Mancœuvrabilité	6	8.00%
Espace de maintenance	2	2.67%
Démontabilité	2	2.67%
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100.00%</b>

On remarque donc qu'une des premières causes d'inaccessibilité aux vannes dans le J34 réside dans le fait qu'il n'y a simplement **pas de chemin d'accès**. Ce résultat confirme le manque général de parquets que nous avons observé à bord avec un de mes collègues, Ludovic Vallée.

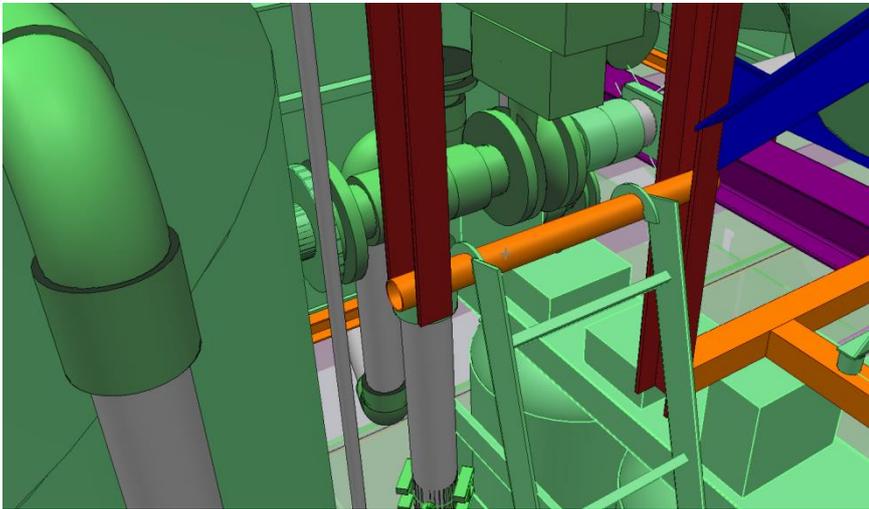


Une autre cause principale d'inaccessibilité concerne l'orientation et, indirectement, la manœuvrabilité des vannes. En effet, si **la commande d'une vanne est placée à l'opposé de sa zone d'accès**, elle devient **difficilement manœuvrable** surtout dans le cas des vannes de grandes dimensions (commande plus dure et accès plus restreint).

Les différents perçages permettent dans la plupart des cas **plusieurs orientations possibles**, mais celle-ci est spécifiée sur le plan prévu pour l'opérateur en charge du montage à bord. Elle peut néanmoins s'avérer mauvaise à cause d'une erreur d'étude ou d'inattention à bord. Nous ne sommes actuellement pas capables de détecter une erreur d'orientation de vannes en maquette. On voit également qu'au fur et à mesure de la fabrication du navire, des objets viennent encombrer l'espace proche de la vanne (exemple : tuyaux, chemins de câbles, autre composants...) et ainsi empêcher de la manœuvrer correctement.



On observe ensuite que **les vannes trop hautes pour être atteintes** sont remarquées de façon récurrente. Il faut dans ces cas-là prévoir une intervention pour ajouter une échelle permanente, une plate-forme surélevée, ou un support pour une échelle à tenue en tête. Un escabeau ou une échelle classique serait trop dangereux dans cet environnement de machinerie de navire pour les opérateurs qui seront en charge des vannes.



Les deux dernières causes liées à l'inaccessibilité sont **l'espace de maintenance et la démontabilité**, à savoir respectivement l'incapacité à poser ou placer les outils nécessaires à la maintenance de la vanne ; et l'impossibilité d'extraire une vanne en cas de remplacement (obligation de retirer un autre composant, difficile dans le cas d'un tuyau monté sous contrainte).



# Contrôle automatisé d'accessibilité des vannes depuis zones de circulation :

Suite à mon étude des causes d'inaccessibilité, mon tuteur, les différents MEP et moi-même avons proposé au SI la création d'un contrôle automatisé d'accessibilité des vannes dans SM3D. Ce contrôle calcule un volume fictif autour des zones de circulation suivant le standard d'accessibilité des vannes et affiche les vannes présentes ou non dans celui-ci.

Cette expression de besoin détaillée, éditée en collaboration avec des experts parquets et SM3D (Stéphane Marchand et David Peigney), est présentée ci-après.



# Méthode de contrôle automatisée d'accessibilité des vannes dans SM3D (via espaces accessibles depuis sols praticables) :

- Introduction :

Afin de garantir l'accessibilité d'un maximum de vannes dans les navires avant montage, et ainsi éviter les AE et AB (causant des délais supplémentaires, des pertes financières inutiles et nuisant à l'image de marque des Chantiers auprès de l'armateur) ; **nous demandons la création d'un rapport Excel permettant d'identifier les vannes accessibles ou non directement dans SM3D.**



# Principe dans le logiciel :

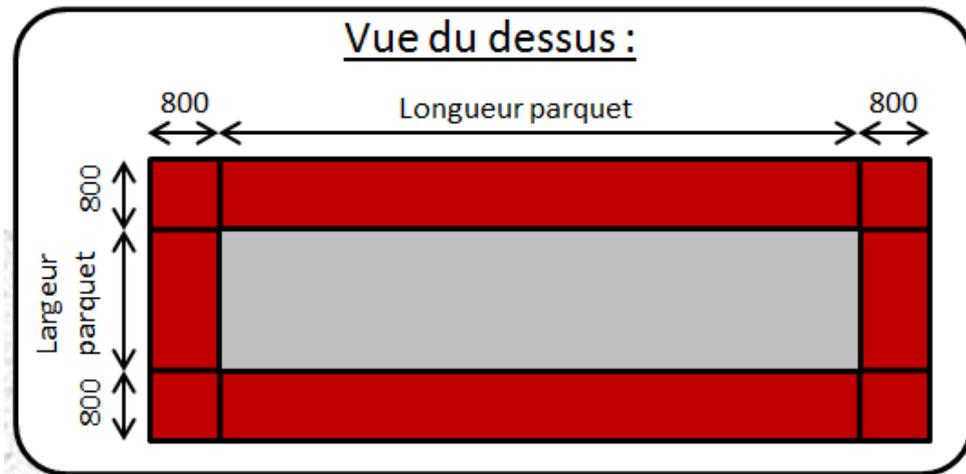
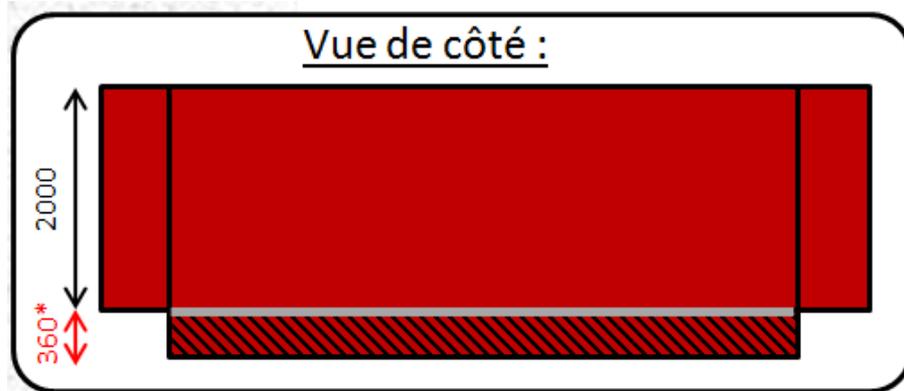
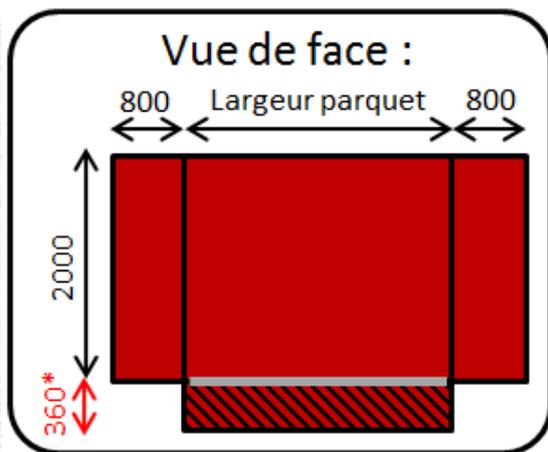
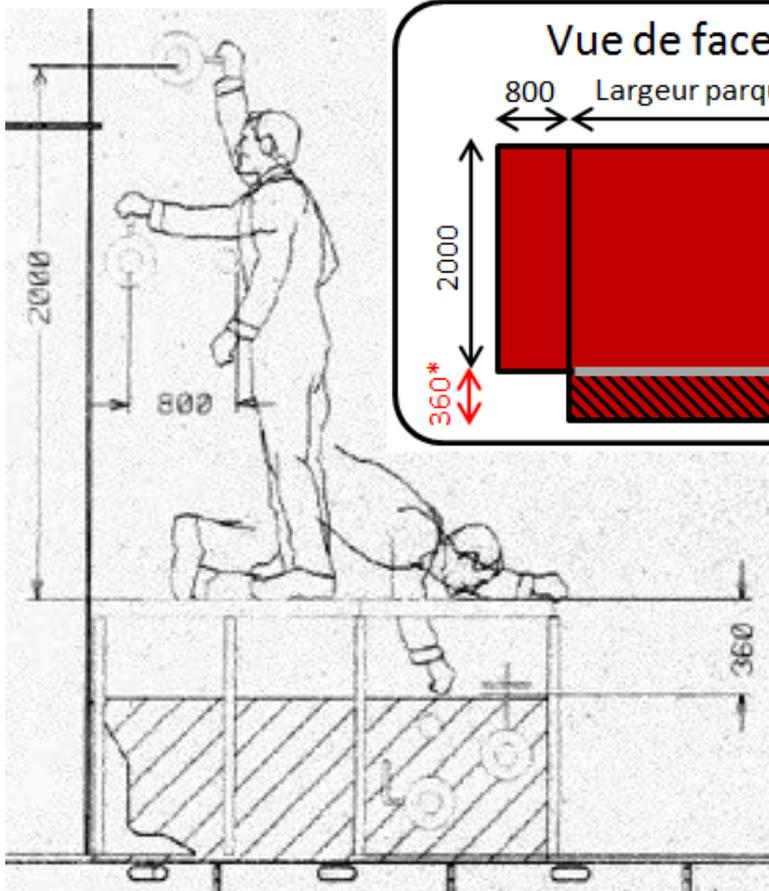
Ce rapport sera lancé à partir d'un volume de lot.

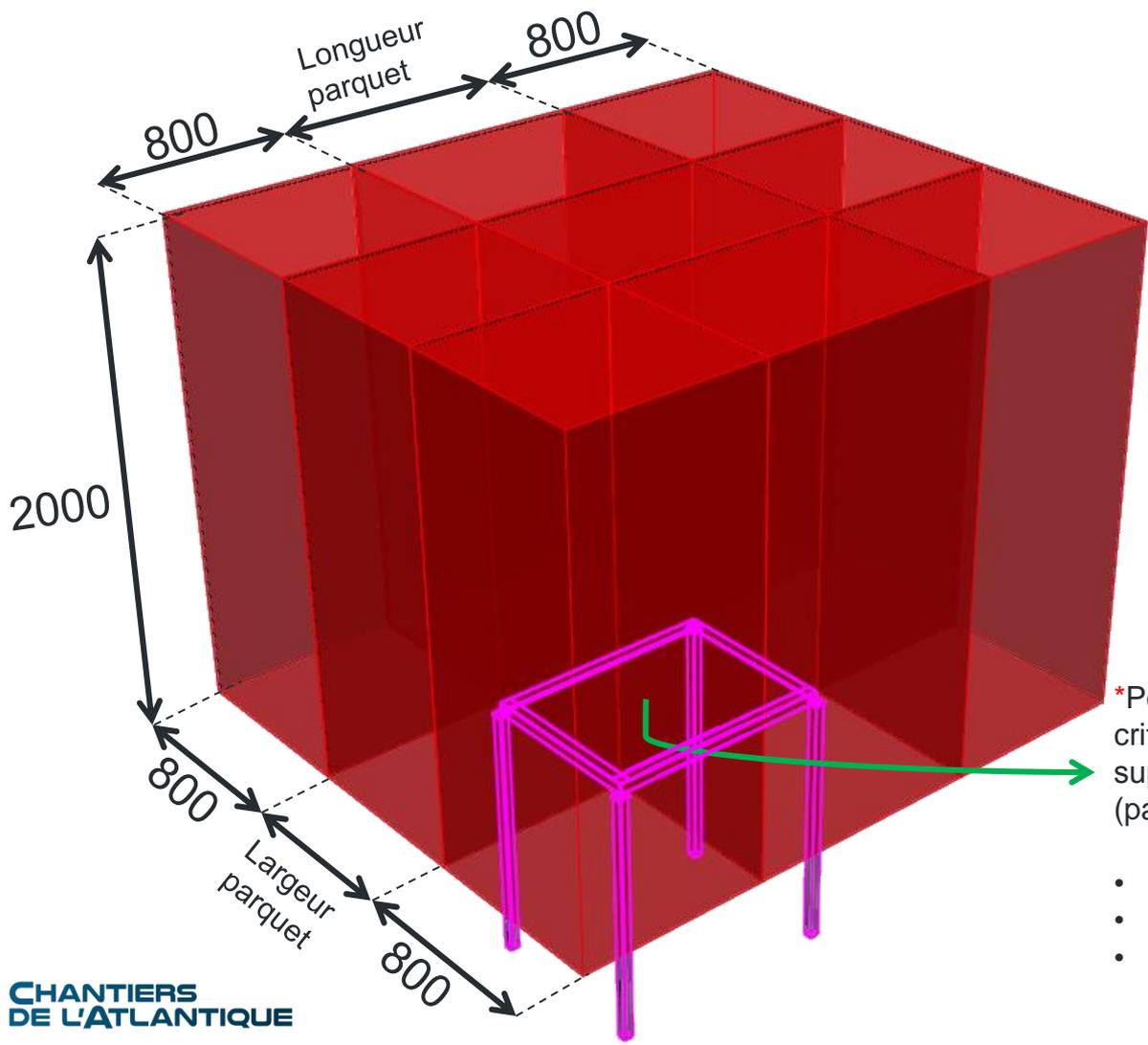
## Étape 1 :

Il cherchera **tous les Equipement Component de type cadres de parquet** (tôle larmée/lisse, caillebotis...). Le programme calculera un Range avec Offset de chaque Equipement Component comme décrit ci-après.

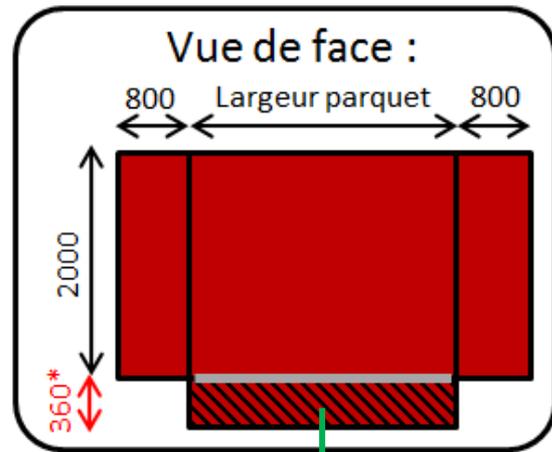
→800mm de chaque côtés de l'équipement sur 2000mm de haut

# Principe dans le logiciel :





# Illustration du calcul de l'offset par rapport aux Equipment Components



\*Pour les Equipment Components répondant aux critères ci-dessous, calculer un offset de -360mm supplémentaire sous l'Equipment Component (parquets rétractables) :

- FloorType = Rectangular
- A\_Arrowside <> None
- Retractable <> None

# Principe dans le logiciel :

## Étape 2 :

Pour certains cas dans la maquette (mezzanines, ponts et parquets hors standards par exemple), **l'utilisateur devra modéliser des volumes manuellement** pour déclarer des zones d'accessibilité. Il spécifiera le type de volume comme ci-après et le même offset que pour l'étape 1 sera appliqué (avec volume de 2000mm au dessus du parquet par conséquent déjà présent).

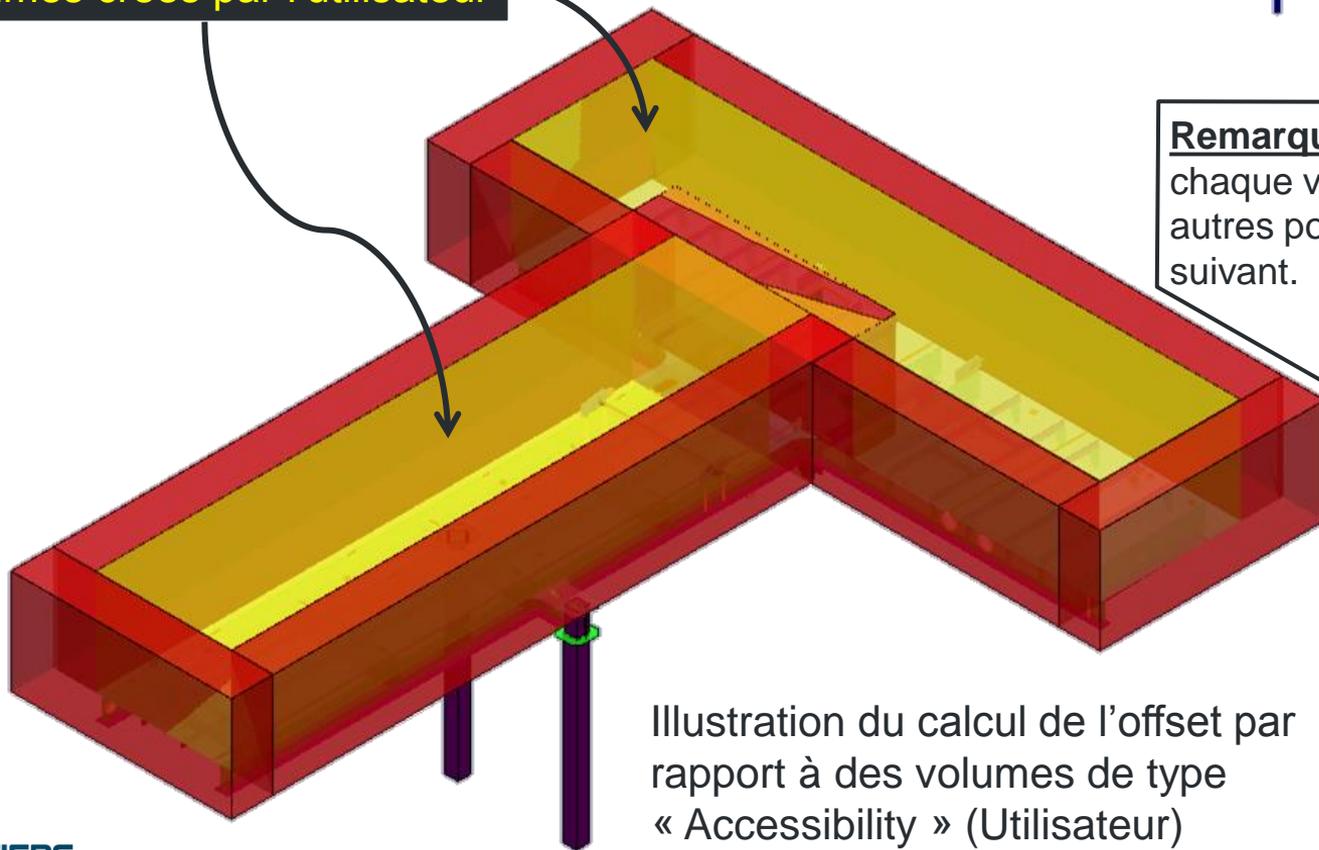
**Remarque :** Les parquets hors standards peuvent être rétractables, dans ce cas appliquer l'offset supplémentaire vu précédemment.

**Partie Catalogue :** Création de deux nouveaux types de volumes dans le catalogue

- « Accessibility » pour Range avec uniquement Offset de 800mm (mezzanines, surponts, parquets hors standards non rétractables...)
- « Accessibility Retractable Plate » pour range avec Offset de 800mm et Offset supplémentaire de -360mm (parquets hors standards rétractables)

# Principe dans le logiciel :

Volumes créés par l'utilisateur



**Remarque :** Le traitement prendra chaque volume les un après les autres pour éviter le problème suivant. **Vue du dessus :**

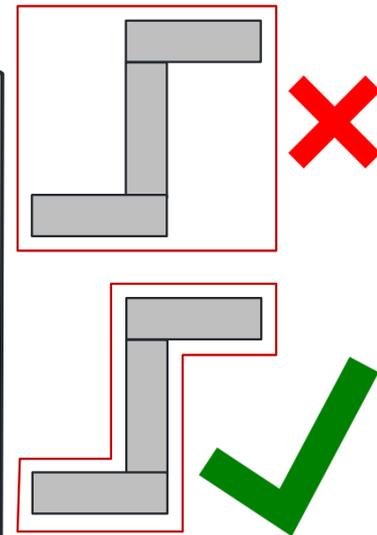
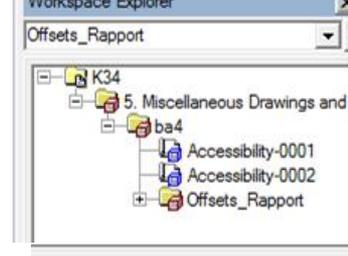


Illustration du calcul de l'offset par rapport à des volumes de type « Accessibility » (Utilisateur)



## Principe dans le logiciel :

### Étape 3 : Calcul de l'accessibilité des vannes

Le rapport devra lister tous les objets « Piping Components » de « PipingCommodityClass » = 5 (Ceci correspondant aux vannes (« Valves »)).

- Un objet se trouvant dans l'un de ces volumes est dans la zone d'accessibilité, donc le rapport indiquera « Yes » dans la case « Accessibility »
- Au contraire, un objet se trouvant hors de tous ces volumes n'est pas dans la zone d'accessibilité, donc le rapport indiquera « No » dans la case « Accessibility »

# Format souhaité dans Excel :

La feuille 1 sera intitulée :

« Valves listing »

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	OID	Name	Accessibility	Function	Pipeline number	Piping specification	Nominal Diameter	Standard	Maturity	Lot
2			Yes							
3			No							
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										

# Format souhaité dans Excel :

- La première colonne indiquera l'**OID** de la vanne. Dans cette colonne il faudra supprimer les doublons causés par d'éventuelles imbrications de volumes.
- La seconde colonne indiquera le **repère fonctionnel** (item « Name » de l'objet).
- La troisième colonne indiquera si la vanne est accessible ou non. Pour une vanne déterminée accessible, cette case sera coloriée en **vert** tandis que pour une vanne déterminée inaccessible elle sera coloriée en **rouge** (+ « Yes » ou « No » comme expliqué précédemment).
- La quatrième colonne indiquera la **fonction du réseau** sur lequel la vanne se trouve (Nom de la « Unit »).
- La cinquième colonne indiquera le **numéro de ligne** (Nom de la « PipeLine »).
- La sixième colonne indiquera la **classe de tuyauterie** (« SpecName » du « Run »).
- La septième colonne indiquera le **diamètre nominal** en mm (« Nominal Diameter » du « PipeRun »)
- La huitième colonne indiquera le **standard** (« Commodity Code »)
- La neuvième colonne indiquera la **maturité** (« Integration Maturity »). Ceci permettra de savoir si la position de la vanne est amenée ou non à évoluer.
- La dixième et dernière colonne indiquera le **lot** dans lequel la vanne se trouve. Grâce à cette colonne **on ne gardera que les vannes d'un même lot** via un **filtre automatique** qui devra être **activé par défaut en en-tête** car des vannes d'un lot extérieur pourraient être contenues dans les volumes créés (vanne derrière une cloison dans le lot adjacent par exemple).

## Format souhaité dans Excel :

La feuille 2 sera intitulée « Accessibility report »

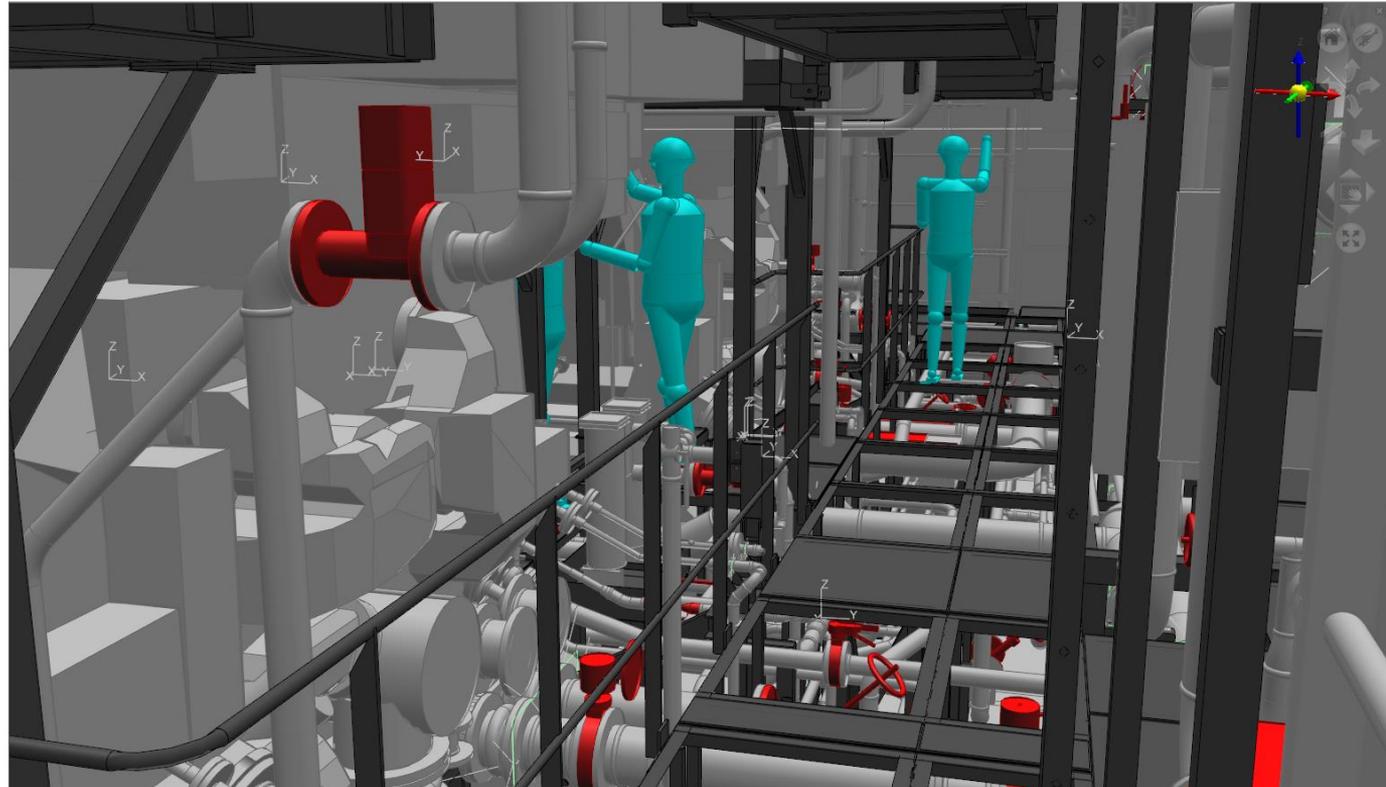
	A	B	C	D
1	Total number of accessible valves	Total number of inaccessible valves	Total number of valves	
2	XXX	XXX	XXXX	
3				
4	Proportion of accessible valves	Proportion of inaccessible valves	Lot XXX	
5	XX%	XX%		
6				

Elle indiquera suivant l'arrangement ci-dessus :

- En **noir** le lot étudié et le nombre total de vannes contenues dans celui-ci
- En **vert** le nombre total de vannes accessibles et la proportion associée
- En **rouge** le nombre total de vannes inaccessibles et la proportion associée

## Exploitation des résultats :

Ce rapport servira à la préparation d'une session SM3D dédiée pour une revue d'accessibilité des vannes. Celle-ci permettra à terme de corriger de manière plus intuitive les problèmes précédemment détectés.



# Table de calcul d'ordre de priorité de contrôle :

Lorsque le contrôle automatisé d'accessibilité des vannes sera mis en place et fonctionnel, il nous fournira une liste de vannes inaccessibles qui peut éventuellement s'avérer assez importante. Si c'est le cas, on peut envisager de créer une application permettant de sélectionner des vannes critiques selon certains critères et ainsi **décider de l'ordre dans lequel il est préférable de les traiter**. Sachant qu'en théorie, toutes les vannes doivent être accessibles.

Quels peuvent être ces critères ?

-Sécurité :

- SRTP
- Compartimentage
- Bordé
- Assèchement
- Incendie

-Types de réseau et contraintes associées

-Fréquences d'utilisation, maintenance et remplacement

-Visibilité (lié au type de vanne, exemple page 16)

Ces critères ont des données associées que l'on pourrait extraire et exploiter pour cette application, mais comment la programmer ? Faudra t'il pondérer les critères ? fonctionner avec des filtres ?

Si le besoin de calculer un ordre de priorité de contrôle apparait, nous nous poserons ces questions à ce moment-là.



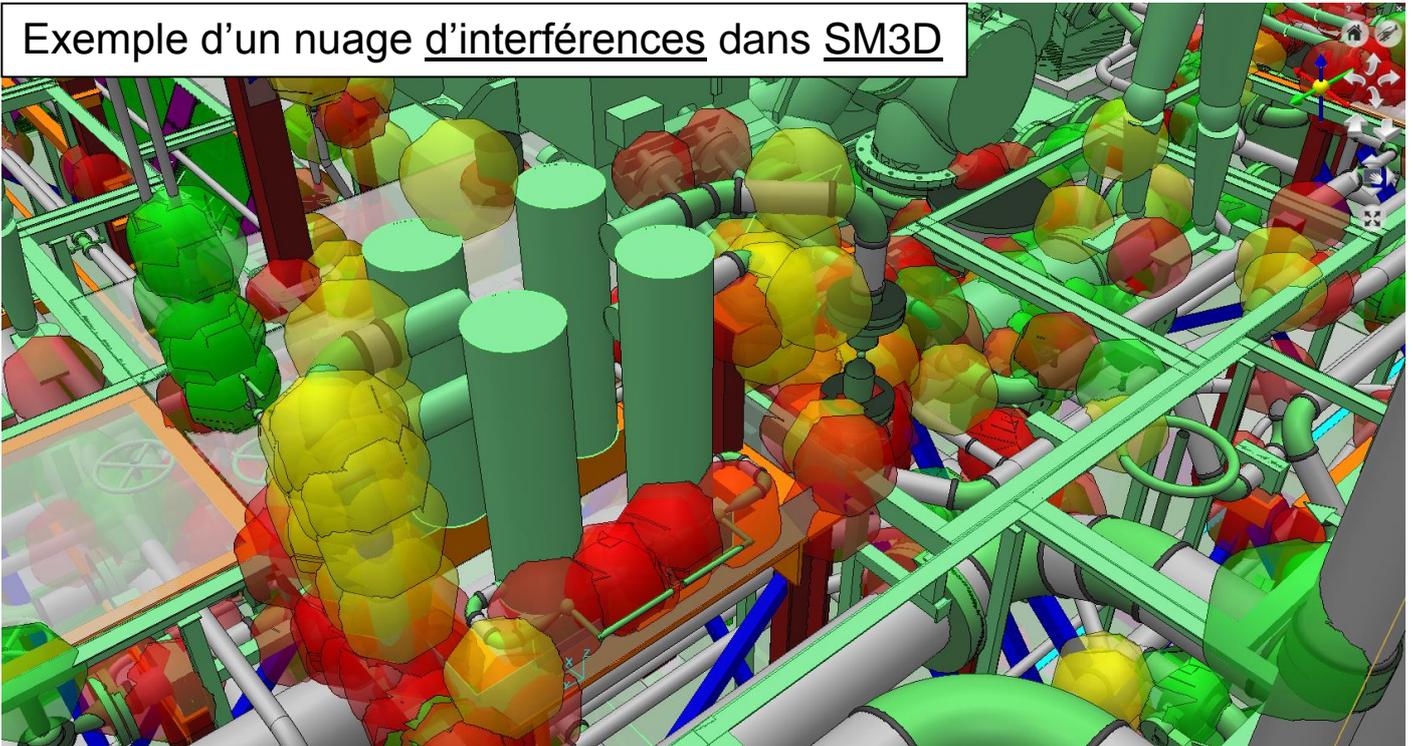
**Liés**



# Exploitation des interférences pour contrôler la manœuvrabilité :

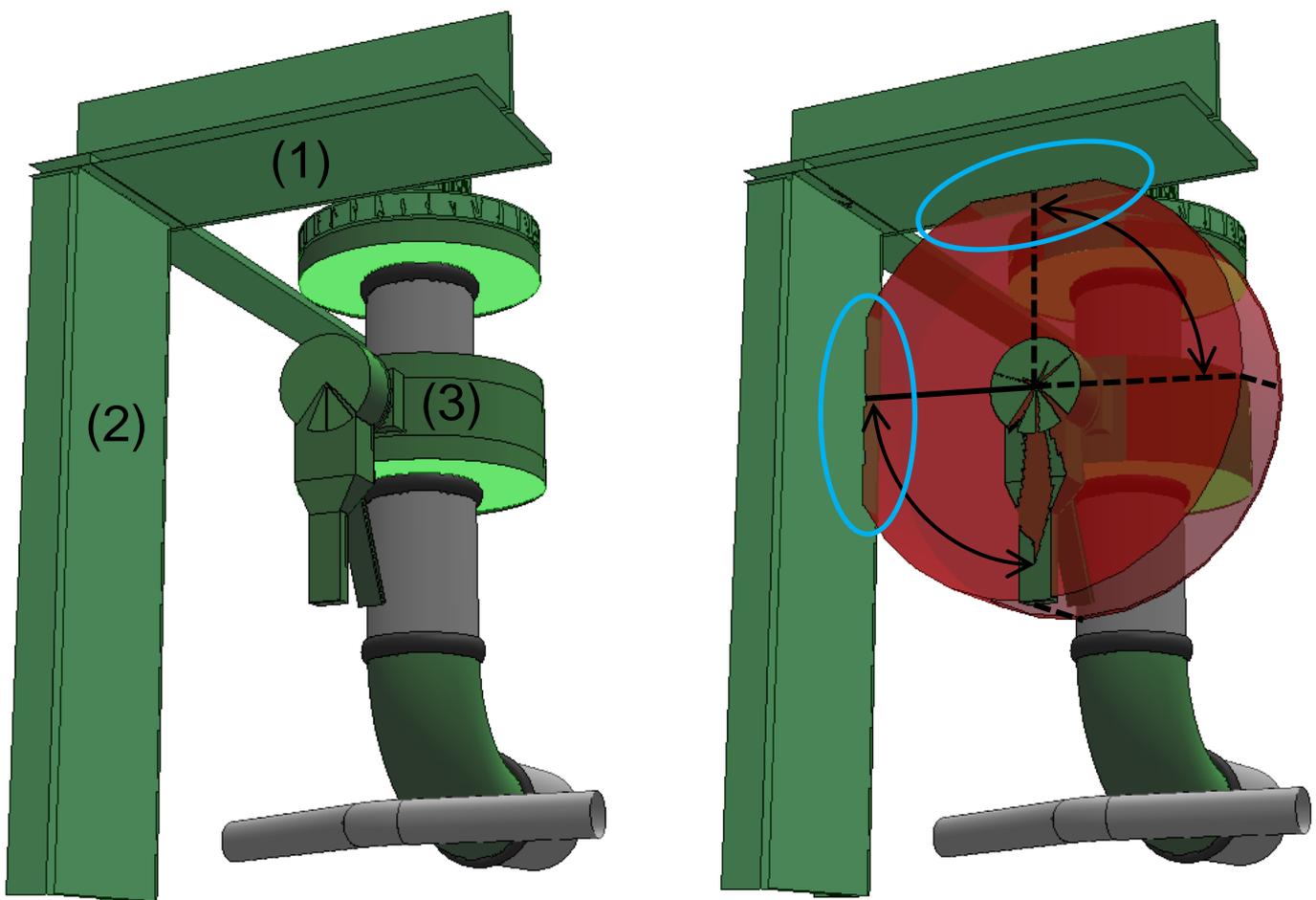
SM3D permet de détecter et d'afficher des interférences entre les différents objets présents dans la maquette. Cette fonctionnalité permet de détecter des problèmes qui seraient impossibles à identifier manuellement en intégralité au vue de la complexité et de la quantité d'objets dans la CAO. Cependant, à l'heure actuelle, SM3D détecte un trop grand nombre d'interférences pour les exploiter directement grâce au rapport brut de logiciel ou à la maquette. Ceci est due aux contacts tolérés/normaux et au fait que nombreuses d'entre elles résultent des simplifications de la maquette par rapport à la réalité. Une action de développement est en cours pour filtrer les interférences et ne garder que celles qui sont pertinentes.

Exemple d'un nuage d'interférences dans SM3D



Concernant maintenant notre problématique, nous étudions la faisabilité d'exploiter les interférences pour réaliser un contrôle de manœuvrabilité des vannes et ainsi vérifier que la commande peut effectuer son débattement complet sans être gênée par un quelconque objet. Dans chaque vanne, il existe un volume (de couleur rouge) d'aspect « maintenance » qui modélise ce débattement.





Exemple de vanne papillon ¼ de tour non manœuvrable

Dans ces vues sans et avec volume de débattement, on constate que deux objets (profilés de structure (1) et (2)) sont en interférence\* avec celui de cette vanne papillon ¼ de tour (3). La vanne est ici ouverte car sa commande est parallèle à la direction du fluide. C'est une règle à appliquer en maquette car il est physiquement impossible d'inverser la commande d'un quart de tour par rapport à la partie mobile de la vanne à bord (les méplats de l'axe ne le permettent pas) tandis qu'on peut le faire en CAO. En clair, une vanne ne peut pas être ouverte alors que sa commande est perpendiculaire à la direction du tuyau, mais SM3D permet malgré tout de le faire en maquette. Elle se ferme également dans le sens des aiguilles d'une montre. Le débattement réel de la commande de la vanne est donc un quart de cylindre que l'on peut pivoter à 180° si on a besoin de retourner la vanne. Deux interférences\* seront donc détectées ici et elles sont pertinentes dans cette configuration car même si on avait seulement un quart de cylindre retournable à 180°, il y aurait toujours une interférence qui traduit que la vanne ne peut pas effectuer son débattement complet.



La solution ici serait de faire pivoter la vanne autour de l'axe du tuyau afin que la poignée ne soit plus gênée par aucun objet. Si cette position est imposée par l'accessibilité ou une autre contrainte, il faut envisager de modifier le réseau ou de rallonger la vanne.

J'ai donc réalisé une étude de l'existant concernant les volumes de débattement des vannes dans la maquette. J'ai pris pour exemple le même lot que précédemment (lot 235 du J34, p11-12). Voici les étapes que j'ai suivies :

**Étape 1 :** Extraction du rapport d'interférences SM3D du lot étudié dans Excel (2 exemplaires pour gérer les vannes en Item 1 et 2)

**Étape 2 :** Filtrage de la colonne « type d'interférence » pour ne garder que les « optional » (contact entre aspect « maintenance » et « simple physical »)

**Étape 3 :** Filtrage de la colonne « Item 1 » (« Item 2 » pour la deuxième feuille) pour ne garder que les vannes (finissant par « V » ou contenant « valve »)

**Étape 4 :** Filtrage de la colonne « Aspect 1 » (« Aspect 2 » pour la deuxième feuille) pour ne garder que les volumes de débattement (aspect « maintenance »)

**Étape 5 :** Filtrage de la colonne « Aspect 2 » (« Aspect 1 » pour la deuxième feuille) pour exclure les volumes de débattement

**Étape 6 :** Triage par ordre alphabétique de la colonne « Item 1 » (« Item 2 » pour la deuxième feuille) pour ensuite traiter plus rapidement chaque interférence

**Étape 7 :** Création de deux colonnes « causes d'interférences » et « avis réel »

**Étape 8 :** Étude des interférences via recherche avec le nom des vannes dans SM3D

**Étape 9 :** Triage des causes d'interférences et étude des résultats





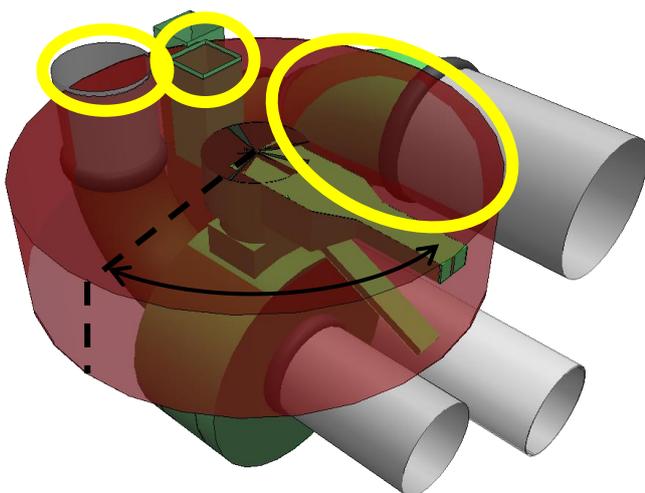
Une fois toutes ces interférences étudiées au cas par cas, j'ai réalisé un tableau listant ce qui les a causé et dans quelles proportions.

Causes d'interférences	Nombre d'interférences	Proportion associée
cylindre de maintenance non-réaliste	391	65%
cône de maintenance non-réaliste	91	15%
interférence négligeable	61	10%
interférence non-négligeable	54	9%
total	597	100%

Les différentes causes d'interférences sont présentées ci-dessous :

➤ Cylindre de maintenance non-réaliste :

65% des interférences concernant la manœuvrabilité des vannes sont dues au fait que leur volume de débattement est un cylindre entier au lieu d'être un quart de cylindre comme dans la réalité. Ce cas est rencontré sur les vannes  $\frac{1}{4}$  de tour (papillon et à boisseau sphérique)

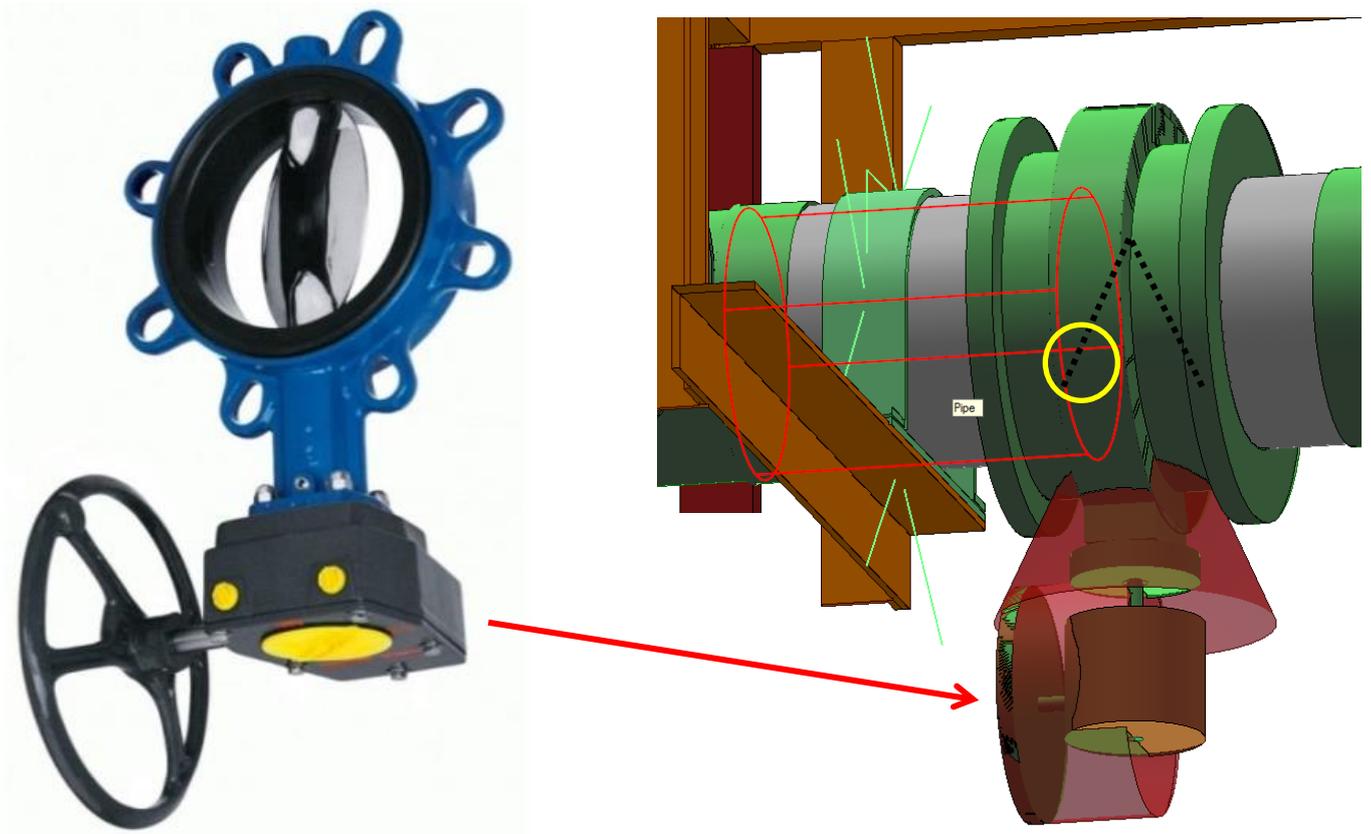


Dans cet exemple, trois interférences sont détectées alors qu'aucun objet n'est présent dans le quart de cylindre réaliste



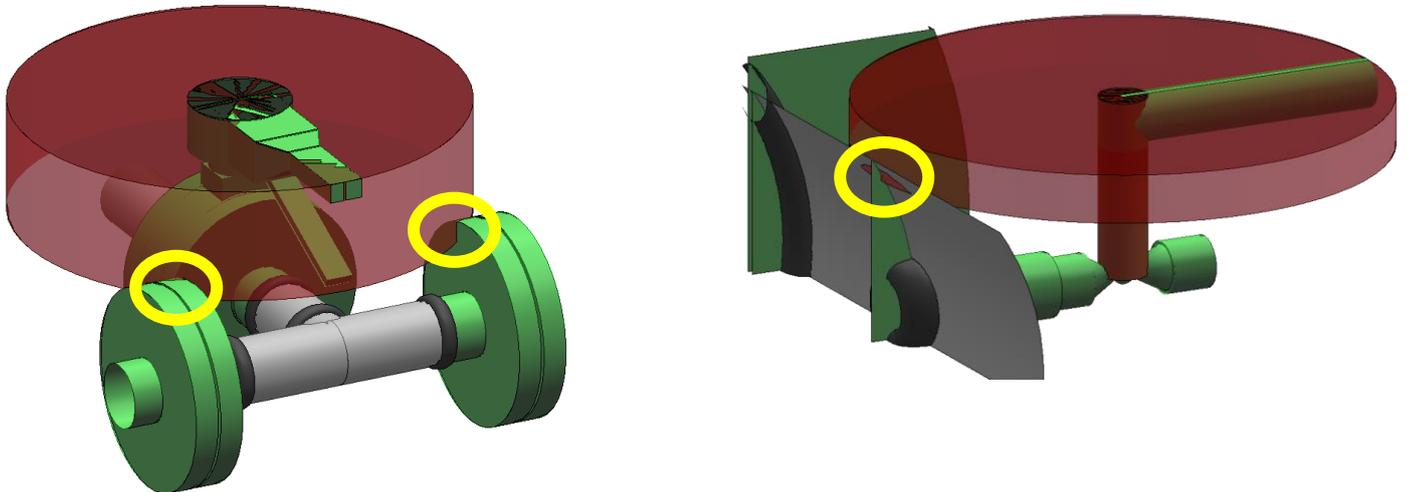
➤ Cône de maintenance non-réaliste :

Des interférences sont systématiquement détectées sur toutes les vannes papillon avec démultiplicateur, car des cônes (dont aucun collègue ou document n'a pu me donner la fonction) sont modélisés avec le volume de débattement. La pointe du cône est en contact avec le tuyau sur lequel est placée la vanne. Ceci est responsable de 15% des interférences de manœuvrabilité des vannes dans ce lot.



➤ Interférences négligeables :

Certaines interférences sont trop faibles pour être prises en compte ou relatent des cas où il n'y a pas de contact dans la réalité. Elles correspondent à 10% des interférences de manœuvrabilité des vannes dans ce lot.



➤ Interférences non-négligeables :

Les interférences restantes liées à la manœuvrabilité des vannes sont pertinentes. Elles pointent un réel problème qui nécessite d'être traité comme dans le premier exemple en page 35. Elles correspondent également à 10% des interférences de manœuvrabilité des vannes dans ce lot.

De plus la modélisation des vannes est grandement simplifiée et leurs dimensions sont paramétrées en fonction du diamètre du réseau sur lequel elles interviennent. La commande (levier ou volant dans la plupart des cas) et son volume de débattement associé peuvent par exemple se retrouver disproportionnés par rapport à la réalité, entraînant de fausses interférences.

On constate donc que 80% des interférences liées à la manœuvrabilité des vannes ne sont pas pertinentes car elles sont causées par un manque de réalisme de la maquette.



La solution consiste à :

- Supprimer ou modifier le cône présent dans les volumes de débattement des vannes papillon avec démultiplicateur
- Ne garder qu'un quart du cylindre représentant le débattement des vannes  $\frac{1}{4}$  de tour, et le lier à la commande de la vanne avec deux positions possibles (vanne ouverte ou fermée) incrémentées à  $180^\circ$
- Améliorer le réalisme de la représentation des vannes (→long et complexe pour le service catalogue)

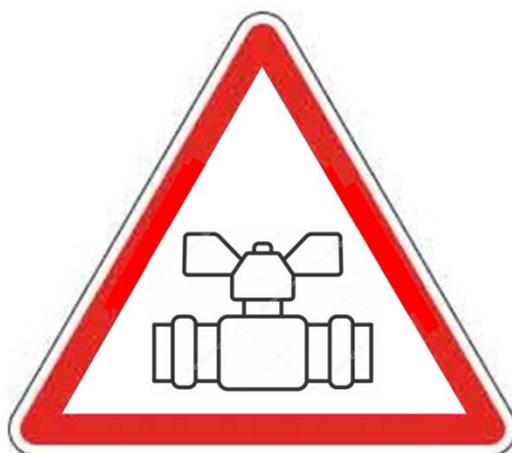
Malheureusement, du fait que nous utilisons les modèles simplifiés proposés par défaut par le logiciel, nous ne pouvons pas effectuer de modifications en interne. Ceci nécessite d'entamer des négociations avec le fournisseur du logiciel (Intergraph) pour qu'il améliore ses représentations suivant nos exigences. La mise en place de cette solution est par conséquent compliquée à mettre en œuvre.



# Solutions complémentaires :

J'ai également imaginé des solutions complémentaires hors méthodes logiciel.

Aux Chantiers de l'Atlantique, des revues d'accessibilité sont déjà effectuées en réalité virtuelle. On peut envisager d'y ajouter une rubrique « accessibilité des vannes » qui permettrait de visualiser manuellement les problèmes (via l'interface présenté page 31 par exemple).

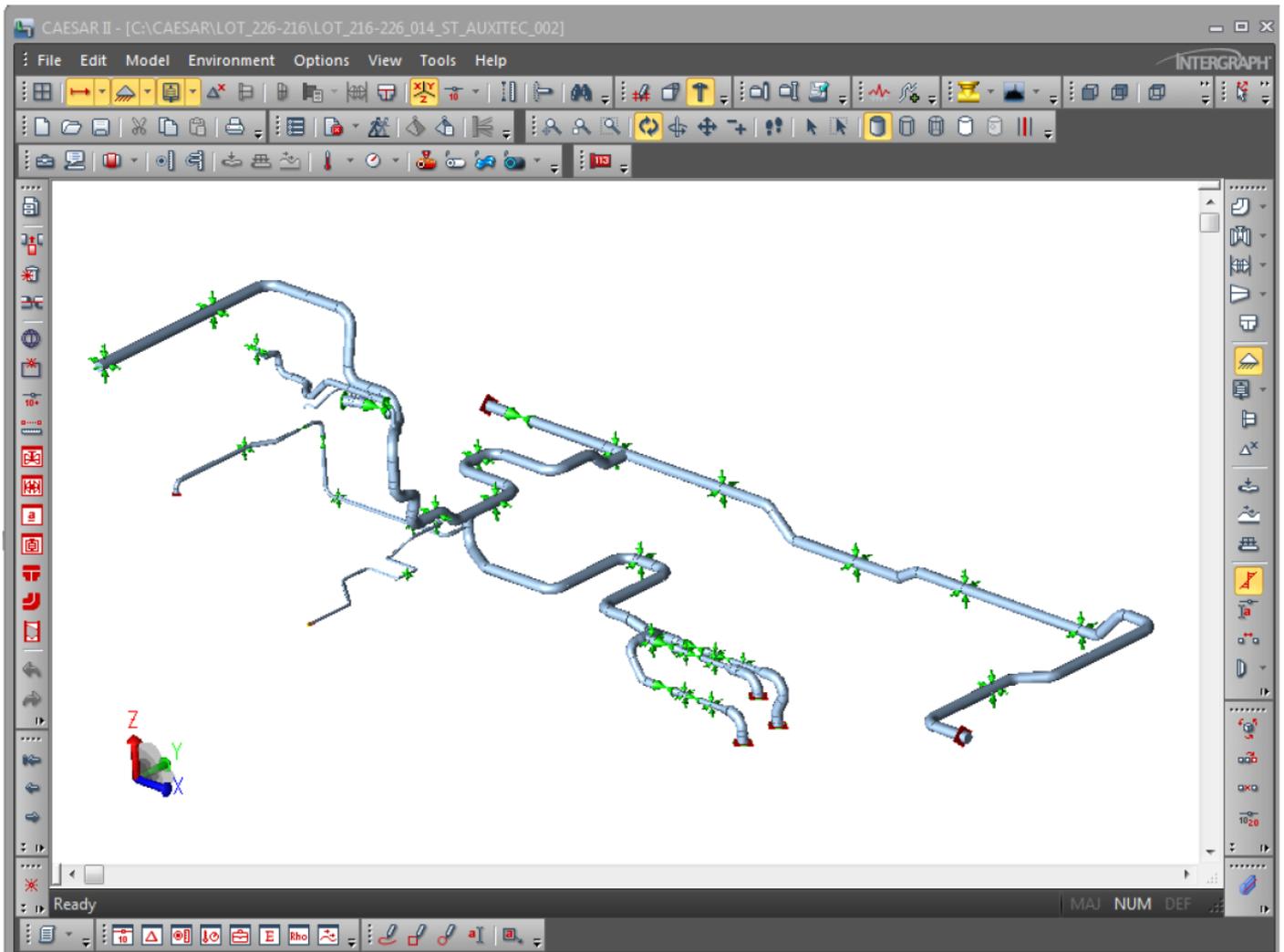


J'ai également pensé à des solutions à bord permettant d'éviter que des opérateurs ajoutent des objets (comme des tuyaux de petite section non modélisés dans SM3D par exemple) sans se rendre compte qu'ils rendent une vanne inaccessible. On peut donc envisager de mettre un panneau spécial dans les lots à accessibilité critique ou encore une couverture fluorescente sur les vannes à risque.



# Mission secondaire :

## Préparation de calcul de tuyauterie



Certains réseaux critiques nécessitent d'être calculés et vérifiés en terme de déformations et de contrainte mécanique, résultantes de la dilatation thermique et du poids des tuyaux et composants. Par exemple, sur les navires de la série Oasis (Harmony et Symphony of the Seas), il existe un récupérateur de chaleur sur les échappements des moteurs diesels qui fonctionne grâce à de la vapeur à 12 bars de pression maximale. Celle-ci peut varier depuis la température ambiante ( $\approx 20^{\circ}\text{C}$ ) jusqu'à  $350^{\circ}\text{C}$ . On comprend bien qu'avec une variation de température de  $330^{\circ}\text{C}$ , il est indispensable de calculer ce réseau de tuyauterie.



Le logiciel utilisé pour ces calculs est Ceasar 2, également fourni par Intergraph.

Étant en attente du développement informatique de notre solution de contrôle d'accessibilité énumérée précédemment, je m'occupe actuellement d'effectuer les opérations nécessaires à l'interfaçage entre SM3D et Ceasar 2 afin de préparer des groupes de calcul pour mes collègues et des sous-traitants. Voici les différentes opérations que je dois effectuer avant d'envoyer le fichier que je dois préparer :

**Étape 1 :** Mon responsable (Maxime STEBACH, responsable calculs) me demande par mail de préparer un groupe de calcul. Suivant un document Excel, je dois identifier les lignes de tuyauterie concernées par ce groupe de calcul et créer le filtre correspondant dans SM3D afin de ne garder que les objets concernés dans la maquette à l'écran.

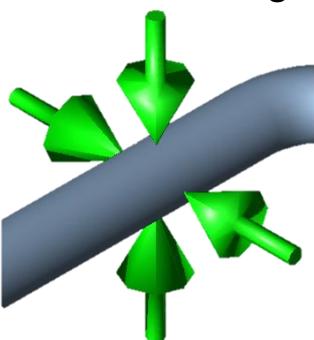
**Étape 2 :** A partir du filtre précédemment créé, je dois exporter les fichiers au format adapté (.PCF) puis les importer dans Ceasar 2.

**Étape 3 :** Travaillant maintenant sur Ceasar 2, je dois repérer à l'aide de la maquette SM3D les endroits où les tuyaux sont encastrés et les spécifier comme tel pour le calcul (les nœuds concernés passent au statut « ancrage »).

**Étape 4 :** Il faut ensuite supprimer les morceaux hors encastres car toutes les extrémités doivent être encastrées ou finir par un équipement (exemple moteur diesel).

**Étape 5 :** Je dois aussi vérifier et valider que les T sont bien paramétrés car il y a des problèmes et des pertes de données avec ces composants lors de l'export SM3D.

**Étape 6 :** Pour finir, je dois vérifier que les supports (également appelés « logicals ») sont au bon format par rapport à la maquette SM3D. Le plus souvent il s'agit de supports de type « sliding » (glissant) par exemple.



Une fois toutes ces opérations réalisées, mon travail est terminé et le fichier est prêt à être envoyé aux calculs.



# Conclusion et bilan personnel :

Étudier directement les AE et les remarques armateur m'a donc permis de comprendre les causes d'inaccessibilité aux vannes dans les navires.

Avec mon tuteur, nous avons décidé de lancer le développement d'une solution de contrôle automatisé de l'accessibilité des vannes via accessibilité depuis sols praticables dans SM3D. J'ai donc édité et envoyé une expression de besoin au SI. Une fois développée, il nous faudra tester cette solution, l'améliorer et la valider afin de l'intégrer à une méthode globale de vérification.

Pour enrichir cette méthode, nous savons maintenant qu'à l'heure actuelle on ne peut pas exploiter efficacement les interférences pour contrôler la manœuvrabilité des vannes de manière efficace. Nous devons développer ce point en discutant avec Intergraph et les services concernés (catalogue, SI...).

Quand la solution de contrôle sera mise en place, nous verrons si la liste des vannes inaccessibles et/ou non manœuvrables obtenue est réaliste, et s'il sera également nécessaire ou non de développer une application permettant de les trier par ordre de priorité de contrôle.

A partir du travail effectué, on pourra aussi envisager d'intégrer l'accessibilité des vannes aux revues en réalité augmentée déjà présentes aux Chantiers de l'Atlantique.

On peut aussi étudier l'intérêt et la faisabilité de mettre en places des solutions à bord comme proposées page 42.

Dans l'immédiat, en attendant que la charge de travail sur ma mission principale augmente, je m'occupe de préparer les fichiers pour le calcul de tuyauterie. Il va également y avoir prochainement une formation de plusieurs jours en coordination (conception et intégration des différents réseaux de tuyauterie, ventilation, chemin de câbles etc...) à laquelle je devrais assister si elle tombe sur une période où je serai en entreprise.



D'un point de vue plus personnel, cette expérience est enrichissante à plusieurs points de vue.

Premièrement, c'est intéressant de travailler sur une problématique industrielle concrète qui a des enjeux pour l'entreprise. Je me sens impliqué pour améliorer les pratiques des Chantiers, créer de la connaissance et permettre d'économiser de l'argent qui pourra être réinvesti à bon escient. J'apprends également beaucoup de choses grâce à ma mission et à mes collègues techniciens qui m'entourent, autant en terme de bagage technique lié à l'industrie navale que de capacités d'analyse, de communication et d'autonomie.

Deuxièmement, en travaillant ici je peux me rendre compte des avantages et des inconvénients à travailler dans une entreprise de grande envergure. Ayant travaillé dans une PME lors de mon stage de première année de DUT GMP, je peux maintenant facilement comparer ces deux types d'entreprises.

Pour finir, j'ai intégré une équipe accueillante, dynamique et altruiste qui m'a permis de me sentir à ma place dès le départ et de travailler dans un climat agréable et efficace.



# Lexique :

Accessibilité : Cf page 10

AB : Actions à Bord, modifications imprévues à bord suite à la détection d'un problème

AE : Actions d'études, temps d'études supplémentaire dédié à un défaut à corriger identifié à partir d'un navire en fabrication pour ne pas retrouver ce même défaut sur les navires suivants de la même série.

Armateur : L'armateur est le représentant de la compagnie (ou de l'armée pour les navires militaires) qui a commandé le navire aux Chantiers de l'Atlantique. C'est le client qui visite le navire et valide notamment que les différents points techniques sont en adéquation avec le contrat de vente.

Assèchement : Si une fuite d'eau est détectée dans le navire, des pompes placées aux points bas de la coque permettent de pomper et d'évacuer l'eau. Certaines vannes sont dites d'assèchement car les pompes dépendent de leur fonctionnement.

Aspect : L'aspect est une propriété spécifiée d'un objet qui permet de l'afficher ou non en fonction des différents ensembles que l'on veut visualiser.

Bordé : Certaines vannes sont dites de bordé quand elles sont directement en contact avec l'eau de mer. Leur ouverture doit être pleinement maîtrisée car une défaillance sur celles-ci auraient de lourdes conséquences.

Compartimentage : Certaines vannes sont dites de compartimentage quand, dans l'éventualité où un lot se remplirait d'eau, elles empêchent l'eau de passer dans le lot adjacent via un réseau de tuyauterie endommagé.

CNQ : Coûts de Non-Qualité



Échelle à tenue en tête : Une échelle à tenue en tête permet de remplacer plusieurs échelles permanentes, ce qui réduit le coût de revient et la masse globale du navire. Elle comporte cependant deux inconvénients. Premièrement, elle nécessite la mise en place d'un support (position de repos) dont la soudure peut dégrader la peinture de l'autre côté d'une cloison si la chronologie des opérations n'a pas été bien gérée. Deuxièmement, elle nécessite d'être déplacée pour accéder aux différentes vannes concernées. Hors, celle-ci est généralement assez lourde et encombrante ce qui implique qu'il faut minimiser sa zone d'action (intéressant seulement si beaucoup de vannes hautes sont présentes dans une petite zone).

## EMR : Énergies Marines Renouvelables

Interférence : Une interférence est un contact ou une faible distance entre deux objets d'aspects variés (Item 1 et Item 2), détecté et signalé par SM3D dans un rapport et dans la maquette CAO sous forme de sphère de couleur. Elles sont classées en 3 catégories qui entraînent une action requise de 3 types différents. Une interférence « **sévère** » (boule rouge dans SM3D) relate un contact entre deux objets d'aspect « simple physical » (aspect classique des objets réels dans le navire). Elle entraîne généralement une action de type « **edit** », c'est-à-dire qu'une modification est obligatoirement requise. A l'inverse, si une action n'est pas nécessaire, le type d'action passe à « **none** », ou encore, si SM3D ne sait pas quelle action requise afficher, le type d'action est « **undefined** ». On peut également passer ces interférences au statut « **ignored** » mais en cas de modification, même bénigne, elles repassent au statut « **edit** » ce qui est un point bloquant d'un éventuel contrôle d'interférences itératif le long de la conception du navire. Une interférence « **optional** » (boule jaune dans SM3D) correspond à un contact avec au moins l'un des deux objets concernés étant une zone d'opération ou de maintenance (possibilité de contact entre deux zones d'opération/maintenance) ; tandis qu'une interférence « **clearance** » (boule verte dans SM3D) pointe un jeu faible ( $\leq$  à 30mm) entre deux composants.



Lot : Portion de navire permettant de :

- situer les objets dans la globalité du navire (en maquette et à bord)
- ne pas charger tout le navire dans la CAO pour avoir des interfaces plus fluides et moins lourdes en termes de visibilité et de quantité de données.

MEP : Manager Équipe Projet

Mezzanine : Portion de pont permettant de discuter d'une zone précise.

Offset : Extrusion d'une surface possiblement issue d'une projection d'objet

OID : Identifiant unique d'un objet dans la maquette SM3D

Parquet : Un parquet est une plate-forme mise en place dans le navire pour circuler. Il peut être de type charges légères ou charges lourdes et est composé d'un cadre, de supports et d'une plaque de 4 revêtements possibles. Le type le plus utilisé (80%) est la tôle larmée, elle-même réparti en deux groupes, à savoir les charges lourdes et les charges légères. Vient ensuite le caillebotis qui est une grille permettant une visibilité à travers et, par conséquent, également un passage d'air. Le dernier type est la tôle lisse. C'est le moins utilisé car il sert à des applications particulières telles que l'admission d'un glissement ou encore dans le cas d'un revêtement. À noter que les tôles sont pliées à 90° sur une faible hauteur aux extrémités pour rigidifier l'ensemble. Les parquets sont ensuite divisés en trois catégories. La première catégorie (à privilégier d'un point de vue de facilité de mise en œuvre et de coûts) est le parquet standard. Il existe en 3 dimensions normalisées et sa plateforme n'est pas modélisée dans SM3D. La seconde est le parquet paramétré, offrant un peu plus de liberté de conception car une dimension est modifiable. La dernière est le parquet hors standard, qui laisse une totale liberté de conception mais qui est plus coûteux et particulier à mettre en œuvre. Tous ces différents parquets sont normalement rétractables mais nécessitent d'être dévissés, portés et posés ce qui est difficile et dangereux. On spécifie donc qu'un parquet est rétractable dans SM3D seulement quand celui-ci est équipé d'une paumelle.



Paumelle : Pivot placé sur un certain côté d'une plateforme permettant d'accéder plus aisément aux éléments situés en dessous de celle-ci. La tendance montre qu'elles sont de plus en plus demandées dans les navires.

Pont : Équivalent des étages d'un immeuble en parlant d'un navire.

Range : Volume calculé autour d'un objet donné

RFT : Responsable de Fonction Technique

Services proposés par les Chantiers de l'Atlantique : Maintenance de navires militaires, pose de scrubbers (composants anti-pollution permettant de respecter les nouvelles normes), jumboïsation (agrandissement d'un navire par ajout de tronçon)...

SI : Service Informatique responsable de la maintenance du réseau, des composants informatiques et du développement des nouvelles applications dans le cadre de l'amélioration continue.

SM3D : Smart Marine 3D, logiciel d'intégration CAO et de base de données développé par Intergraph en étroite collaboration avec les Chantiers de l'Atlantique sur le module naval. Les données sont gérées grâce à des serveurs dédiés à chaque navire en interne.

SRTP : Safe Return to Port, Certaines vannes sont spécifiées SRTP car elles sont critiques pour permettre au navire de rentrer au port en toute sécurité en cas d'avaries.

