



EVOLUTION DES REGLES DE VERIFICATION DE LA CONCEPTION DES NAVIRES MARCHANDS

ATMA, Mai 2016

*Jean-François SEGRETAIN
Directeur Technique Marine*

1. Les acteurs et leurs missions



2. Evolution des approches: du prescriptif à l'évaluation du risque



3. Un exemple: la résistance structurelle



4. Calculs et simulations



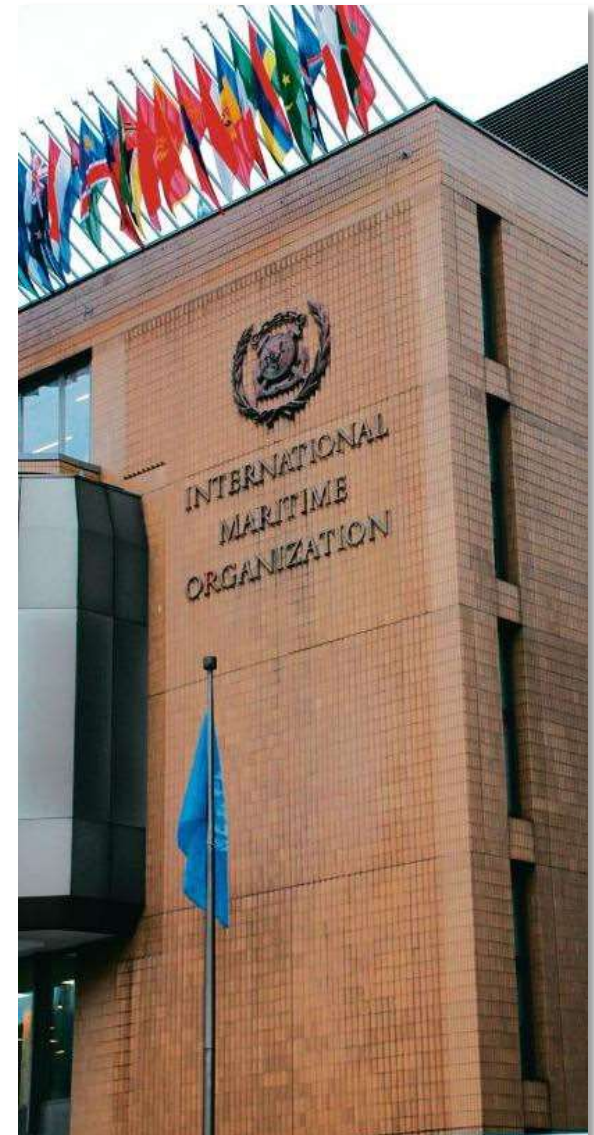
5. Harmonisation et innovation



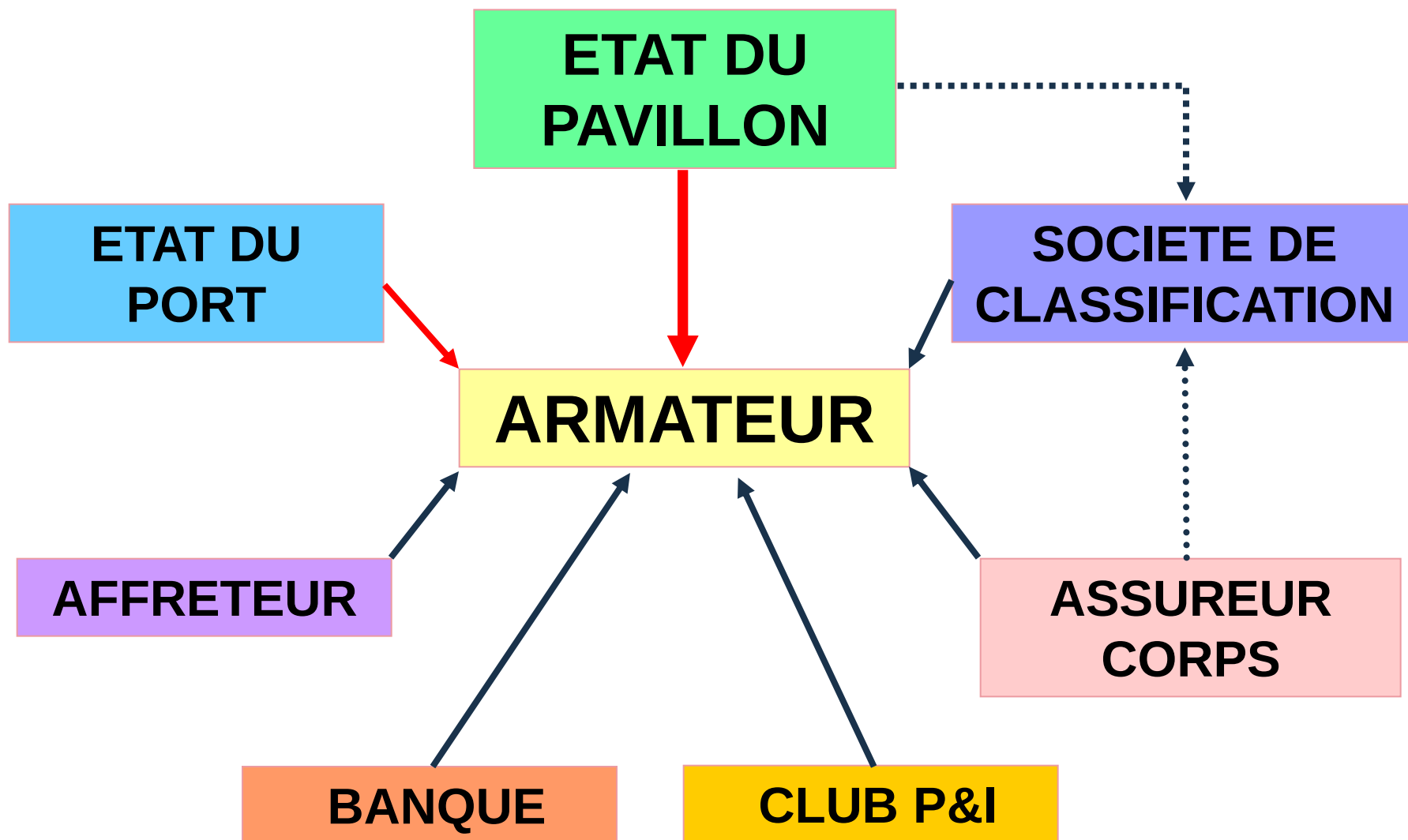


Les acteurs et leurs missions

- ▶ Sécurité des personnes et des biens
 - Convention SOLAS
 - Règlements de classification
- ▶ Protection de l'environnement
 - Convention MARPOL
 - Marques additionnelles de classification
- ▶ Sûreté
 - Code ISPS
 - Cybersécurité
- ▶ Une vision globale: le transport maritime durable



Le système de sécurité maritime aujourd'hui



Système de sécurité maritime : la réglementation

REGLEMENTATION PAR LES ETATS

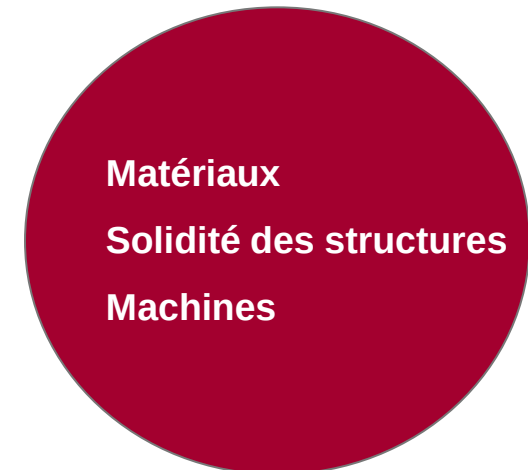


Conventions
internationales

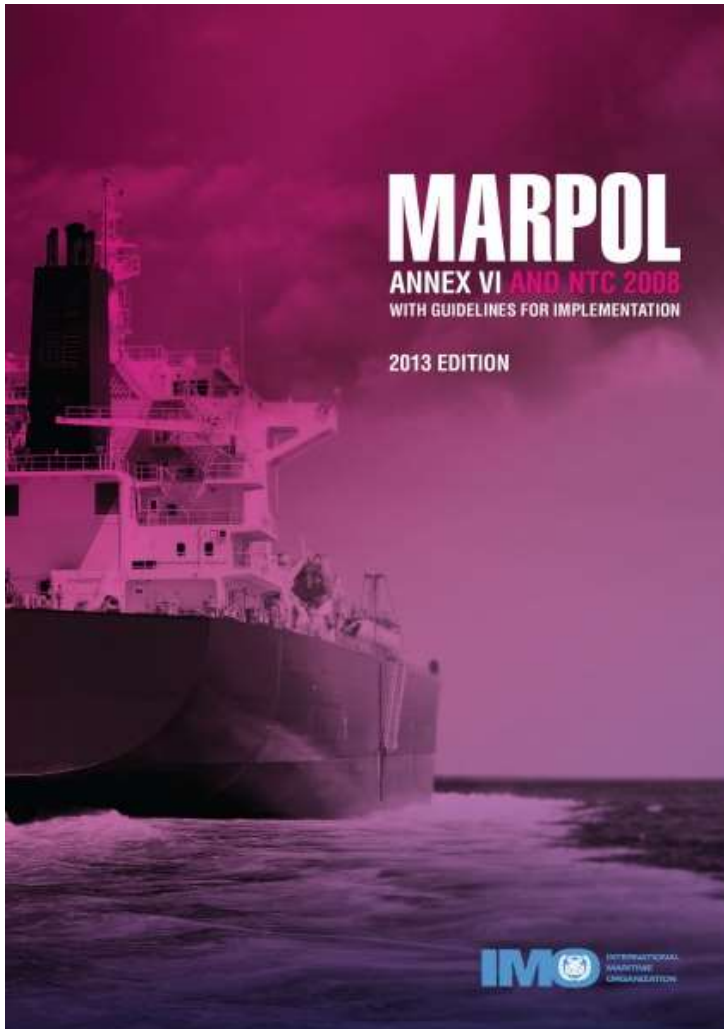


REGLEMENTATION PAR L'INDUSTRIE

Règlements des
sociétés de
classification



Règles internationales

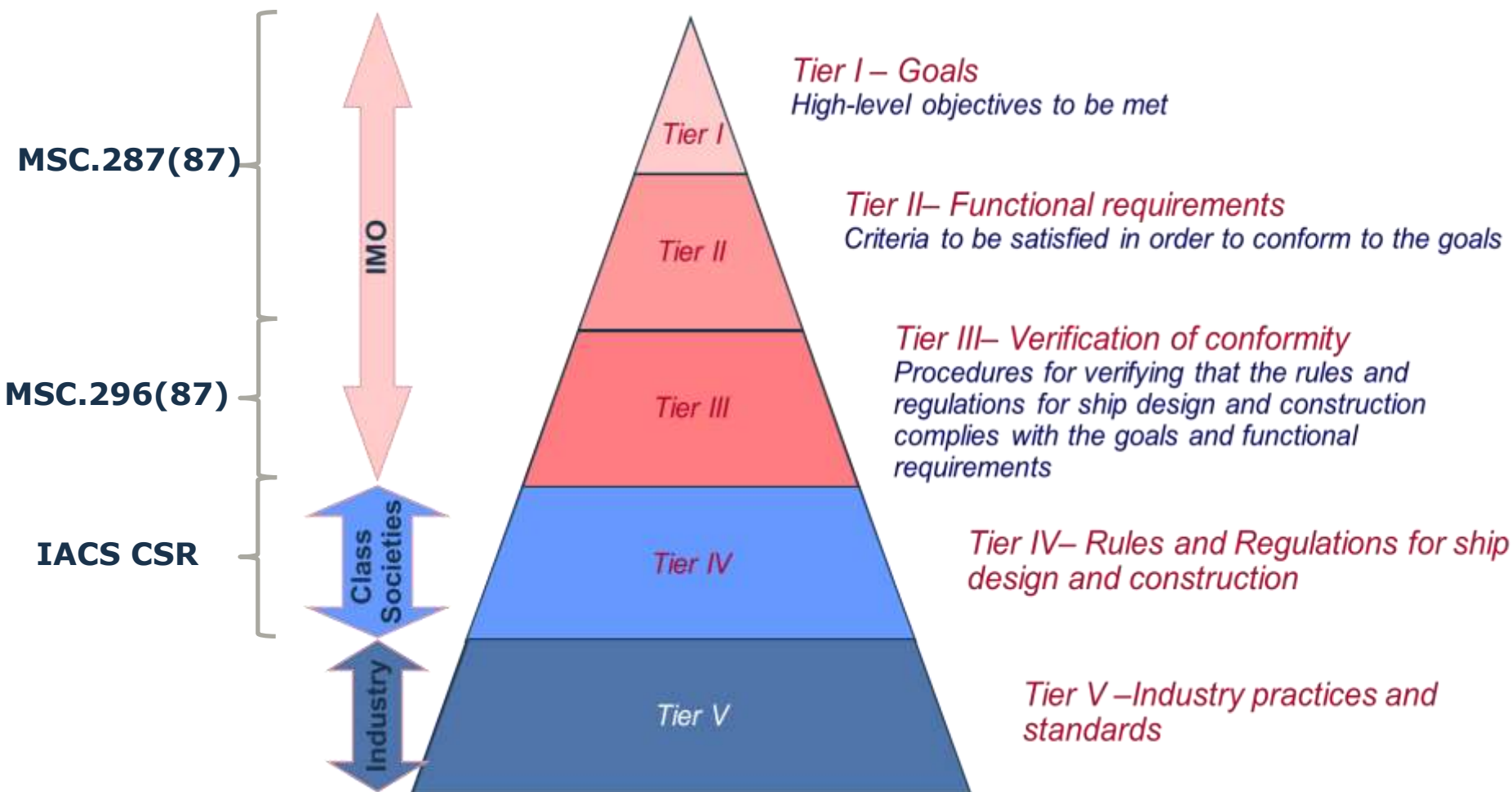


Des règles de l'UE



- Exemple: Règlement UE 2015/757 concernant la surveillance, la déclaration et la vérification des émissions de dioxyde de carbone du secteur du transport maritime
- Ne peut que renforcer ou anticiper la réglementation internationale

Les GBS: des règles pour les règlements



Transport maritime durable

SECURITE

- Santé
- Conditions de travail

Responsabilité
sociale

SECURITE

Impact environnemental
global

- Emissions polluantes
- Rejets à la mer
- Déchets
- Démolition

Performance
environnementale

Un équilibre
stable entre
trois facteurs

CAPEX

- coût de construction

OPEX

- consommation de combustible
- charges d'équipage
- coûts d'entretien...

Efficacité
économique

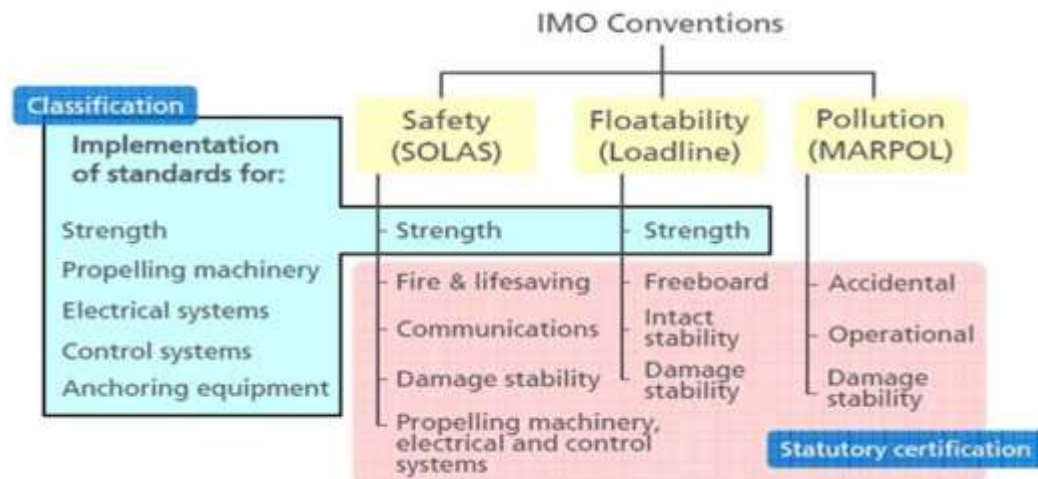
Rôle des Sociétés de Classification

Sécurité

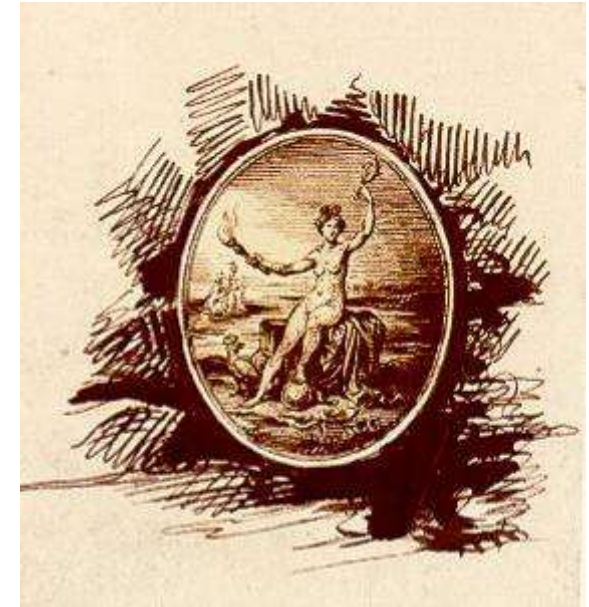
Environnement

Dev. durable

- Evaluation de conformité au règlement
- Contribution au développement des règles internationales via l'IACS (UI)
- Contrôle de l'entretien des navires et unités offshore



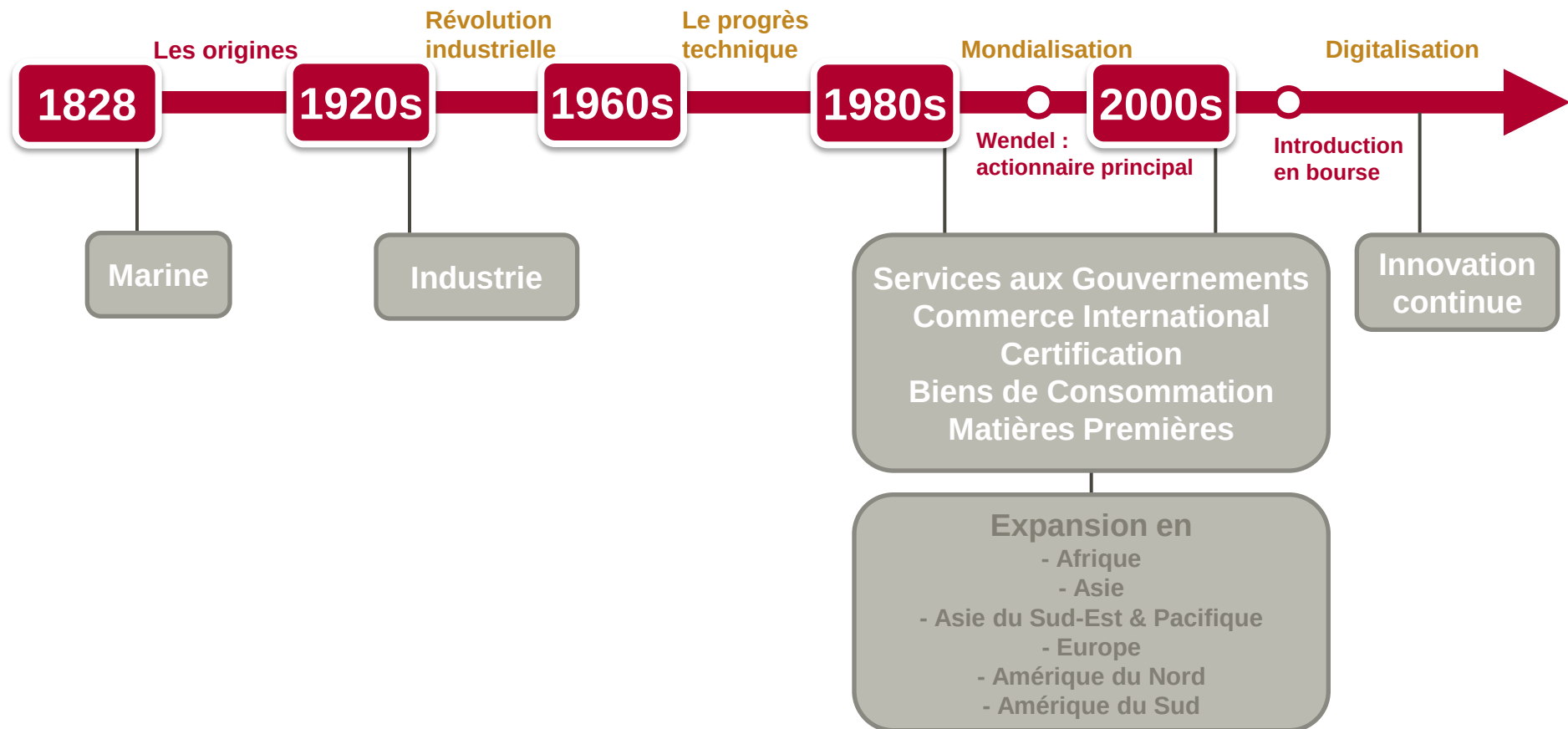
Bureau Veritas, une société créée par les assureurs maritimes



- ▶ 1828 : création à Anvers du « Bureau de renseignements pour les assurances maritimes » par trois assureurs maritimes
- ▶ Objectif : « fournir une description détaillée des bonnes et mauvaises qualités des navires »



Historique de Bureau Veritas



Une notoriété, un réseau et un portefeuille d'activités
qui s'appuient sur 188 années d'expérience



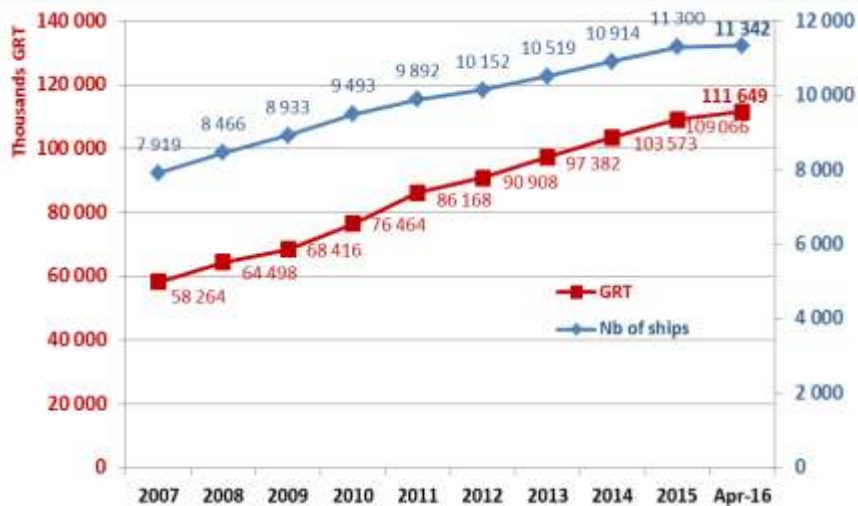
Depuis 1828

•Classification & certification de navires et unités offshore

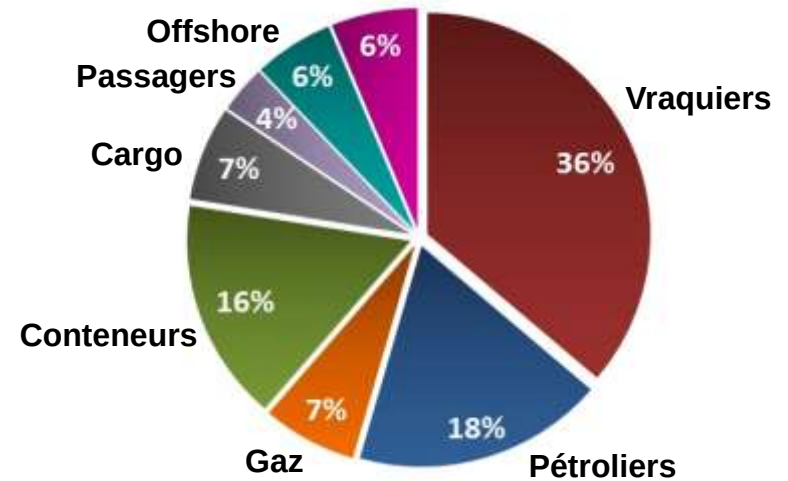


La flotte dépasse 111 M tjb et 11.300 navires (Q1 2016)

Evolution



Répartition en tonnage



- Q1 nouvelles commandes : 900.000 tjb
- Age moyen : 13,2 ans
- 2,4 M tjb (250 navires) désarmés (x 4 en 2015)



Marine & Offshore – Principaux services

Classification de navires, d'unités offshore & d'équipements

- ▶ Revue de plan et inspection de navires et d'unités offshore pour évaluer la conformité aux règles de classification
 - Développement de l'activité liée à la structure et à la fiabilité des machines à bord
- ▶ Pour les navires et unités offshore en construction ou en service et les équipements



Certification de navires, d'unités offshore et d'équipements

- ▶ Inspection et certification de navires pour le compte de 140 pavillons nationaux dans le respect des conventions internationales.
- ▶ Certification d'unités flottantes offshore et d'équipements, conformément aux normes internationales et nationales
- ▶ Evaluation de la conformité des équipements sécurité avec les directives MED à bord des navires sous pavillons européens



Conseil & Externalisation ("C&O")

- ▶ Front End Engineering Design (FEED) d'unités offshore
- ▶ Services pour les armateurs, marines nationales, installations portuaires, etc.



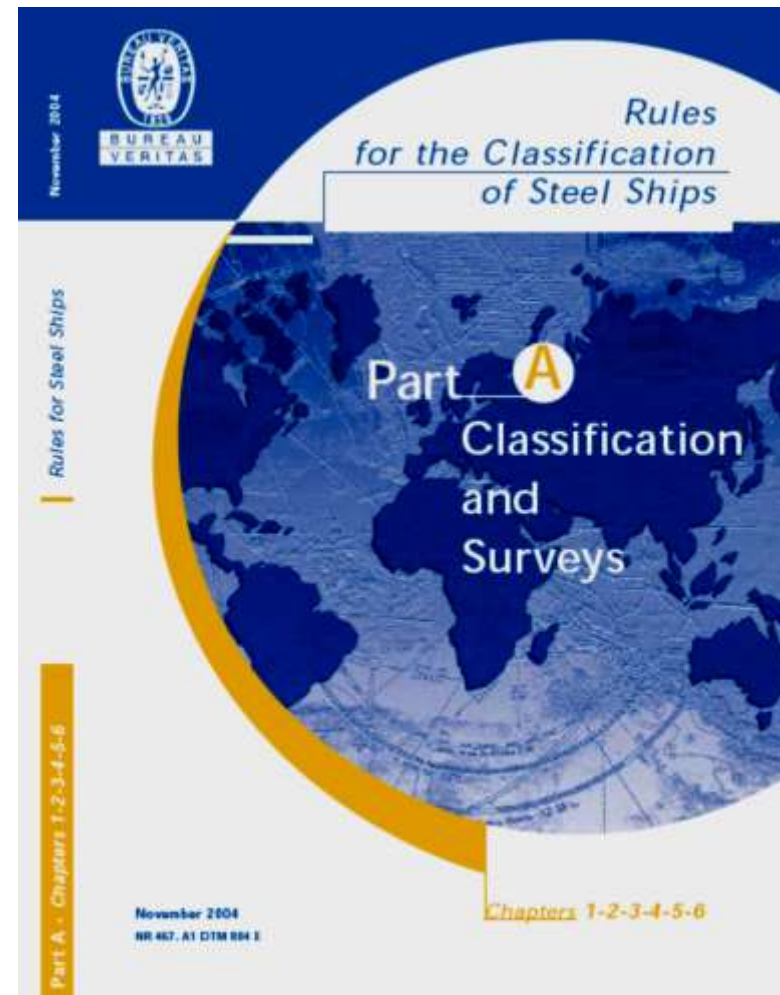
Classification des navires en construction

- ▶ Approbation des plans de classification
- ▶ Inspections en usine des matériaux et équipements
- ▶ Visites durant la construction
- ▶ Assistance aux essais
- ▶ Délivrance des certificats



Domaines couverts par le Règlement de Classification

- ▶ Matériaux
- ▶ Solidité des structures
- ▶ Machines principales et auxiliaires
- ▶ Installations électriques
- ▶ Protection de la cargaison
- ▶ Protection incendie
- ▶ Stabilité à l'état intact





Evolution des approches

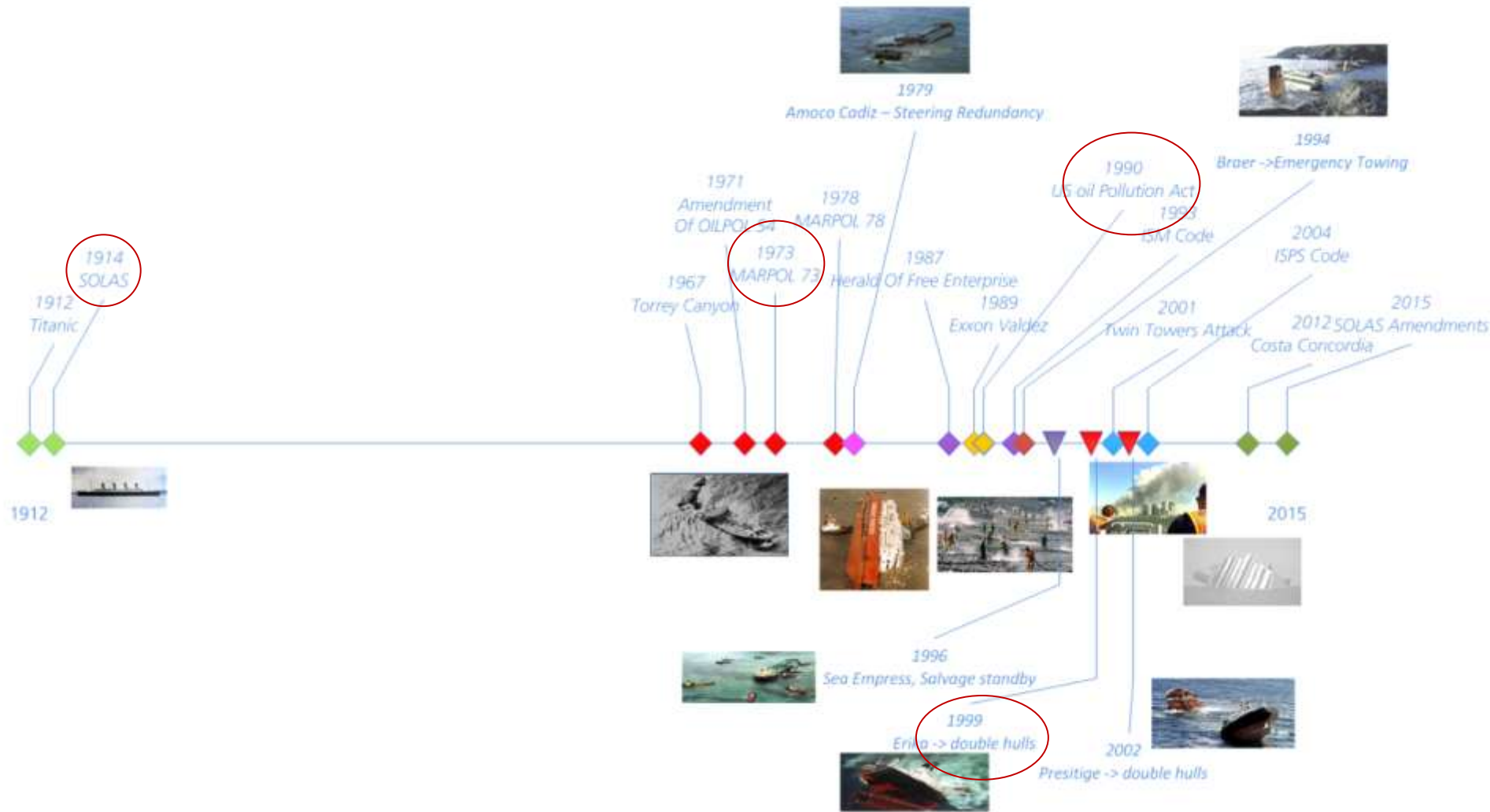
Du prescriptif à l'évaluation du risque

Du prescriptif à l'évaluation explicite du risque

1. Les règles prescriptives (rôle des grands accidents, R&D)
2. Expliciter et quantifier les facteurs
3. Des règles pour les règlements: les GBS
4. L'évaluation directe du risque et la conception de navire basée sur l'évaluation du risque
5. L'approche basée sur le risque à l'OMI (FSA, Conceptions alternatives, GBS/SLA)



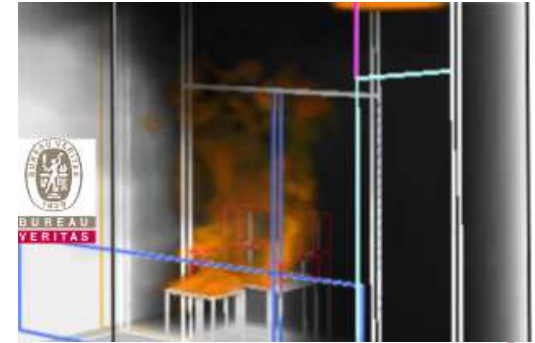
Evolution des règles provoquée par les grands accidents



Etat de l'art: rôle de la R&D

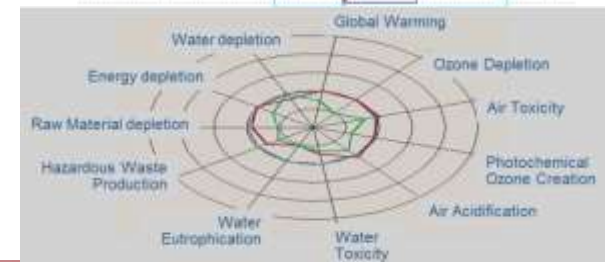
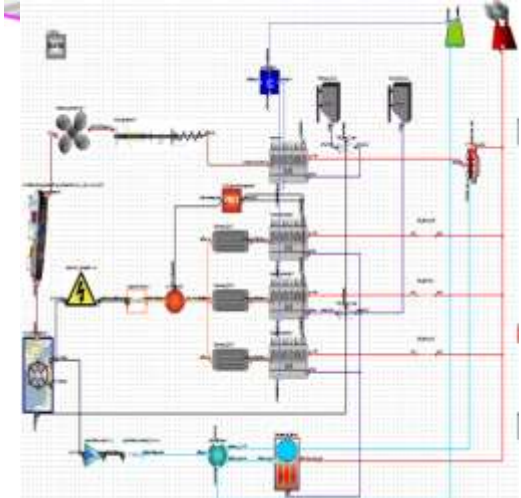
► Acquisition de connaissances, données, outils:

- Sécurité
- Efficacité énergétique
- Impact environnemental
- Élément humain

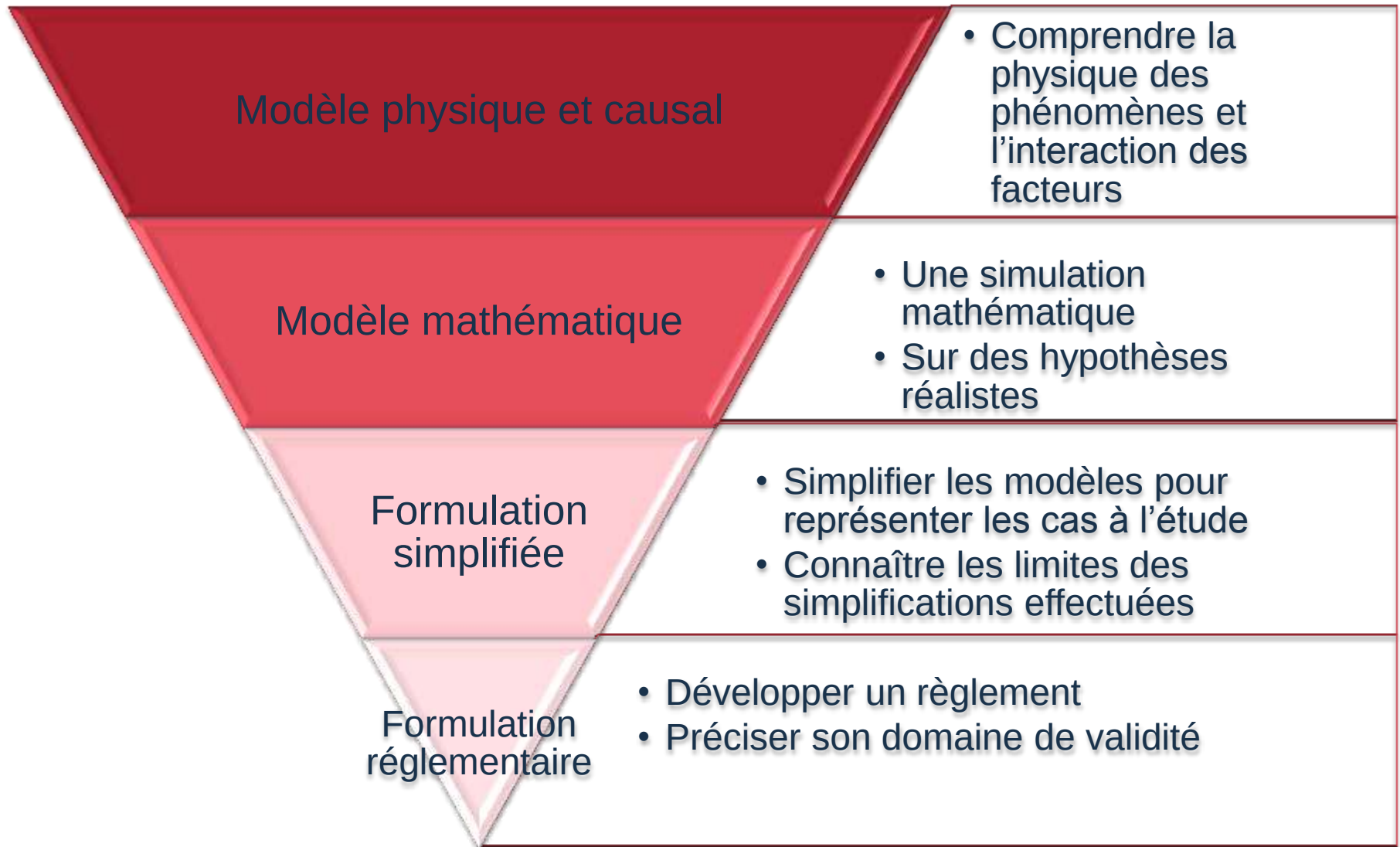


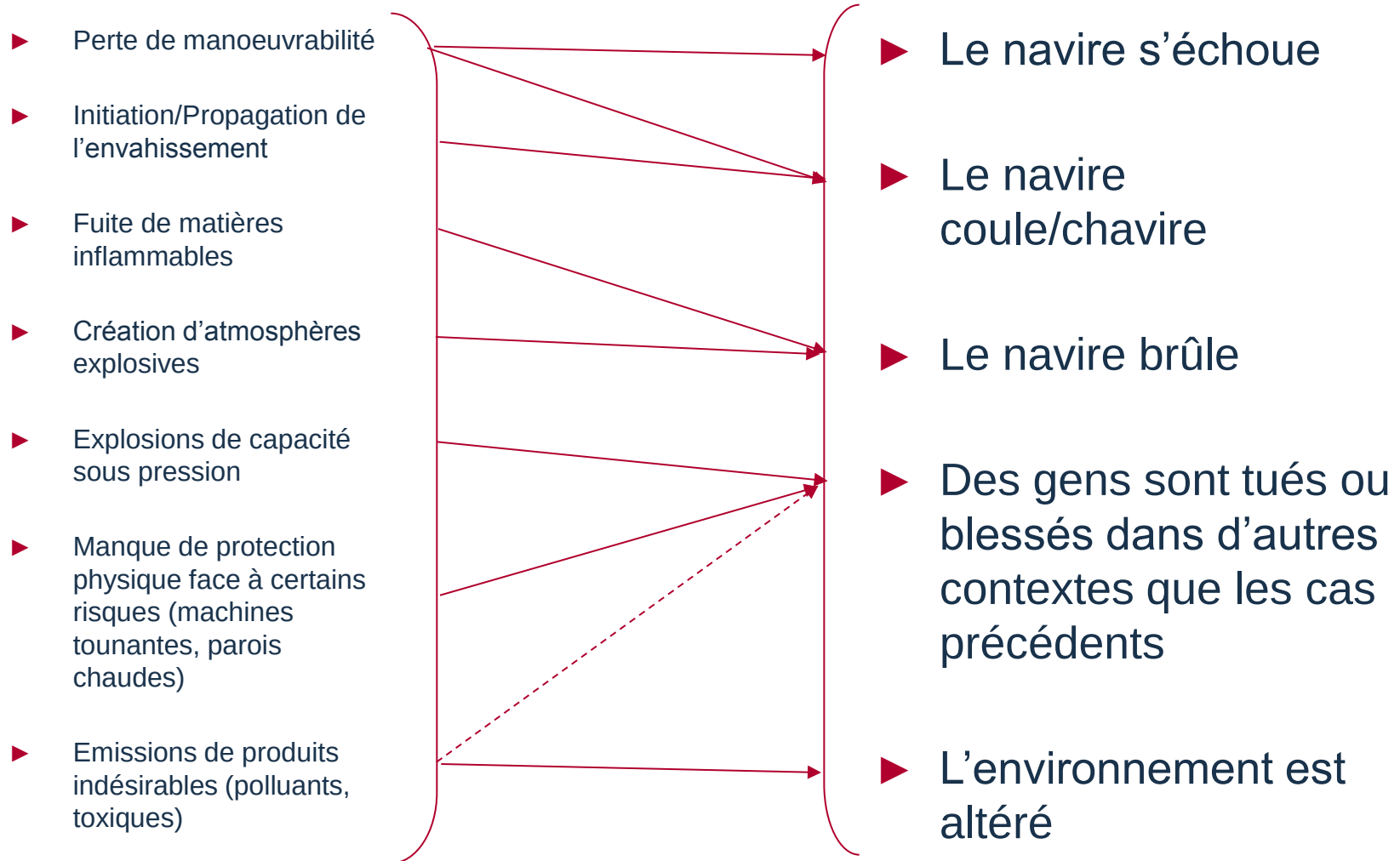
► Approches:

- Calcul direct:
 - Lois physiques
 - Analyse fonctionnelle, études de risques
- Mesures
- Veille technologique



Approche rationnelle: la quantification des incertitudes

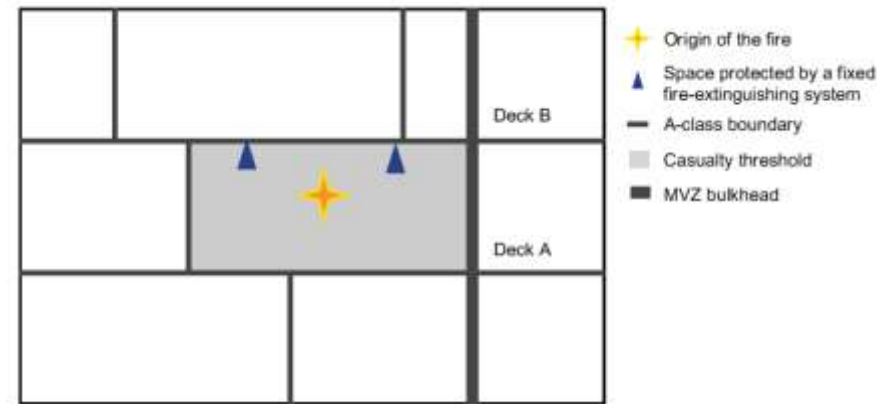
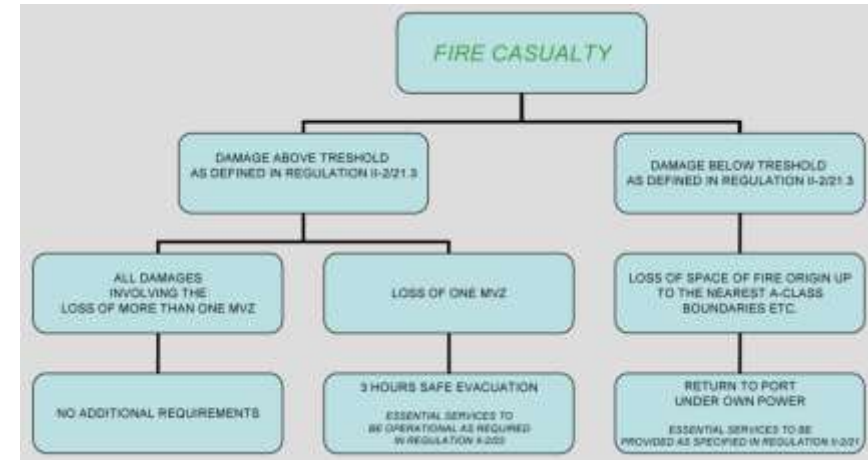




- ▶ **Notion de service essentiel** : service nécessaire à un navire pour évoluer, être gouverné ou manœuvré en mer, ou entreprendre des activités en liaison avec son exploitation, et nécessaire à la sauvegarde de la vie, pour autant que la classe soit concernée
- ▶ **Critère de défaillance unique** : une avarie ne doit pas se produire du fait de la défaillance d'un seul élément.
Corollairement, une double défaillance n'est pas prise en compte.
- ▶ **En pratique le critère de défaillance unique a trois applications** :
 - la redondance
 - la séparation physique: pour éviter le mode commun
 - la diversification: plusieurs systèmes de conception différente assurant la même fonction

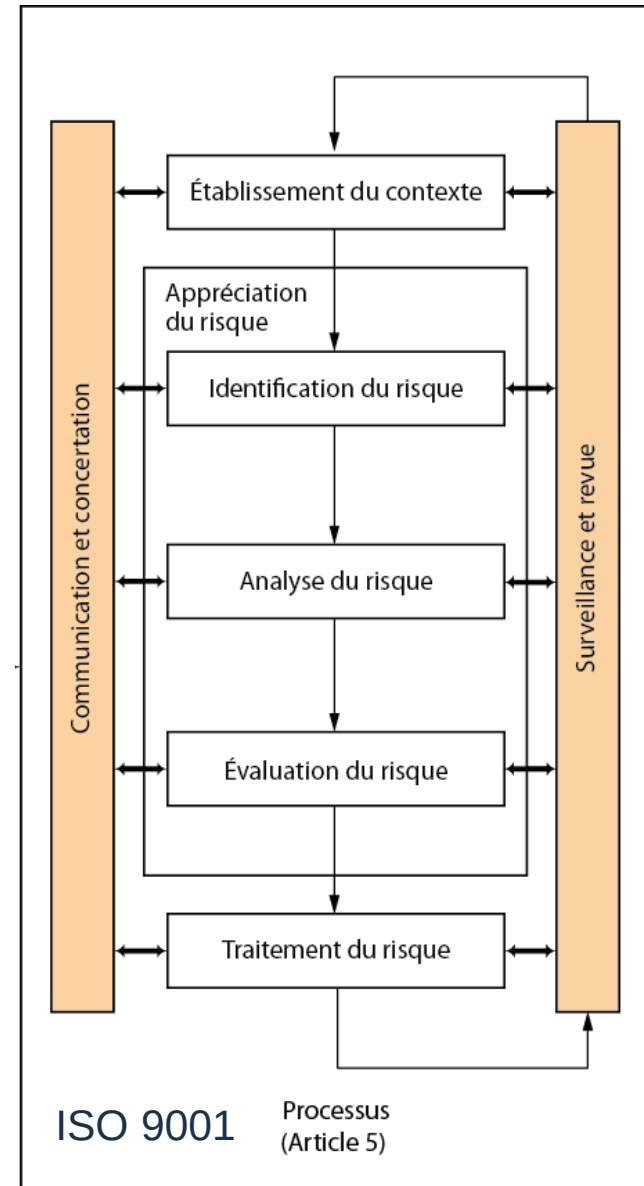
Un exemple récent: les règles SRTP

- ▶ Principe du retour au port en toute sécurité: Un navire à passagers bien compartimenté (feu et envahissement) constitue le meilleur canot de sauvetage
- ▶ Amendements à la convention SOLAS pour les navires construits après le 1^{er} juillet 2010:
 - En dessous d'un certain seuil d'envahissement ou de propagation de feu, les services essentiels et la sauvegarde des personnes à bord doivent rester assurés
 - Exigences de redondance sur le propulsion, les communications, la lutte contre l'incendie, la passerelle...
 - Zones de sécurité pour les personnes à bord
 - Modalités d'évacuation avec simulation

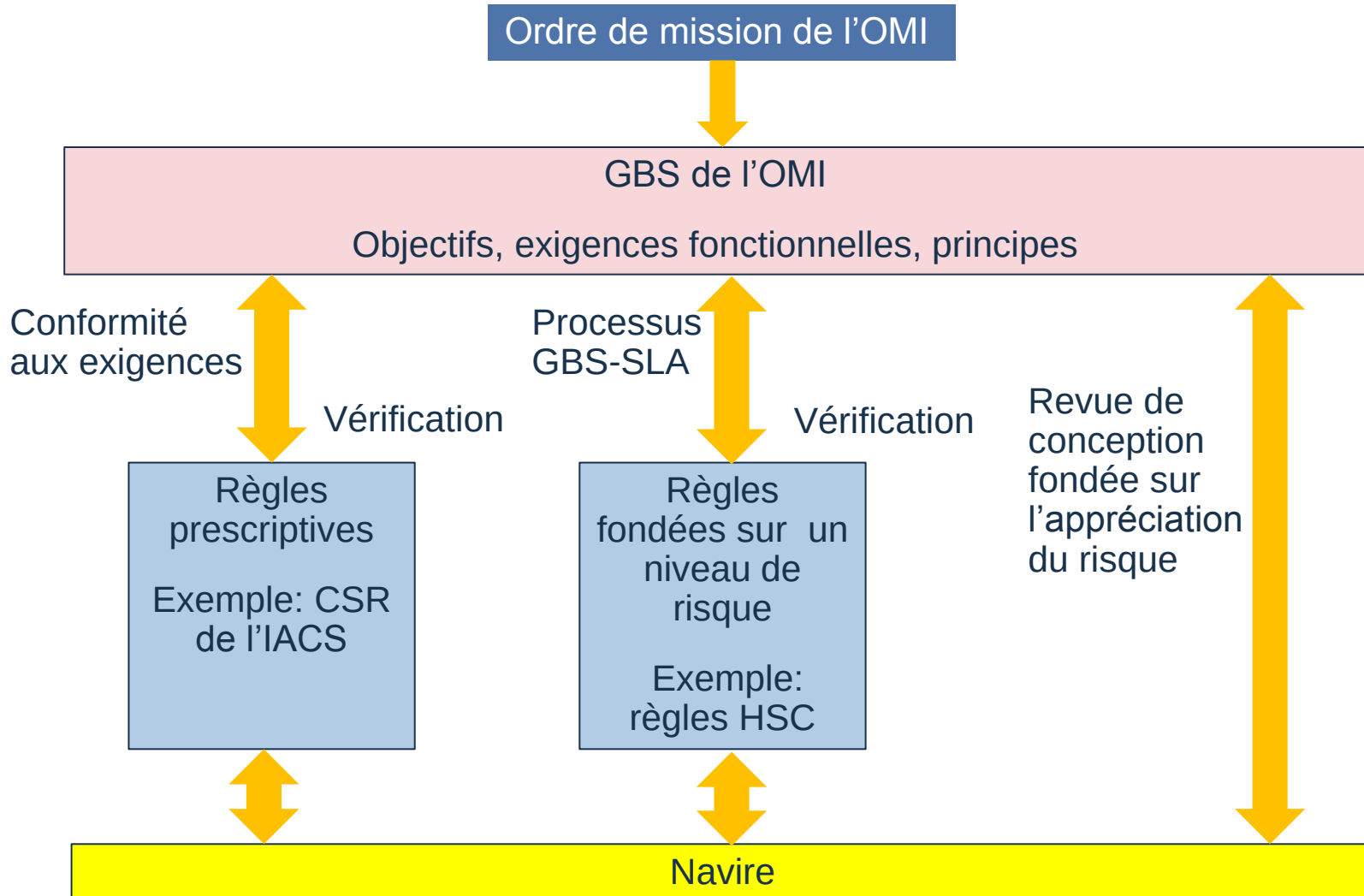


Une approche fondée sur le risque

- ▶ Une approche explicitement fondée sur le risque
- ▶ $\text{Risque (R)} = \text{Probabilité(P)} \times \text{Conséquence(C)}$
- ▶ Deux avantages principaux:
 - Une approche proactive, qui recherche systématiquement les scénarios possibles de dommages avant qu'ils soient observés
 - Une quantification du risque, qui permet la comparaison et le tri des solutions alternatives
- ▶ L'approche basée sur le risque, plus puissante, permet de retrouver le prescriptif comme cas particulier (minimisation de la conséquence)



Revue de conception du navire: approches possibles



L'analyse de risque est très largement utilisée

► Utilisée par:

- Les règlements des Sociétés de Classification
- Code ISM
- Règles EU
- IMO
- Règles nationales
- Les procédures de l'Industrie: OCIMF - TMSA (Tanker Management and Self Assessment)

► Normes

- IEC/ISO 31010 Risk management – Risk assessment techniques
- ISO 9000 Quality management systems - Fundamentals and vocabulary
- IEC 60812 Analysis Techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)
- IEC 61025 Fault tree analysis
- IEC 61882 Hazard and operability studies (HAZOP studies) - Application guide

► Les Notes d'information du BV:

- NI 567 - Risk based verification of floating offshore Units
- NI525 - Qualification of New Technology



► 5 étapes principales:



Matrix of risk

5					
4					
3					
2					
1					
	1	2	3	4	5

CONSEQUENCE

► **Analyse qualitative ou quantitative**

- **Qualitative:** appréciation globale, détermine les avaries possibles...
 - Analyse qualitative préalable toujours nécessaire
 - Identifie les situations dangereuses qui peuvent se produire et les répartit dans une matrice conséquence x fréquence
 - Un critère pour déterminer quels évènements ou situations seront quantifiés (évaluation du risque)

- **Quantitative:** Description numérique du système en termes de niveau d'avaries et de probabilités

- **Analyse de risque inductive ou déductive**

- **Inductive:** Méthode “bottom-up” listant tous les événements élémentaires qui se combinent pour causer une avarie
- **Déductive:** Méthode “top-down” qui part de l’avarie pour analyser ses causes possibles

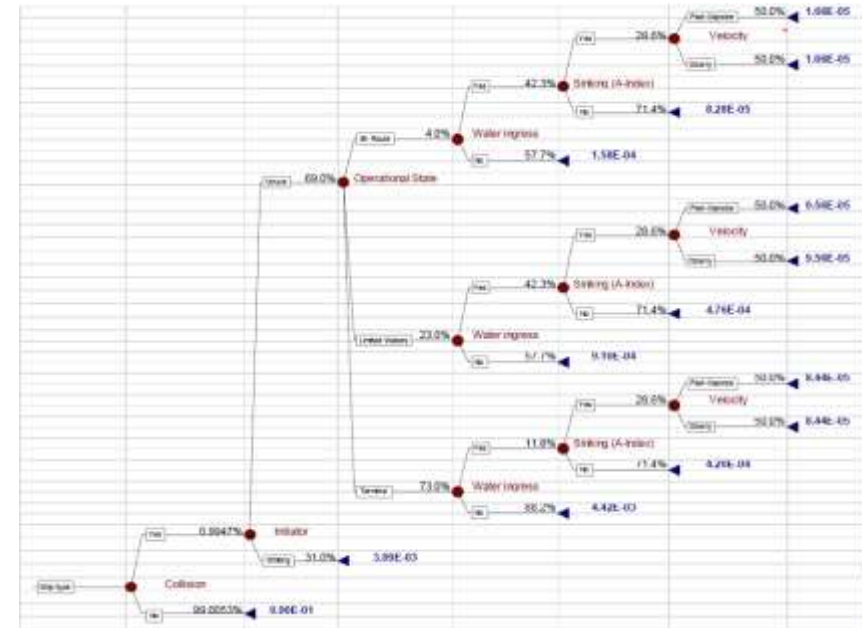
► **Analyse de risque statique ou dynamique**

- **Dynamique**: évolution en temps de la configuration du système
- **Statique**: Pas de considération explicite du temps. Les états du systèmes sont seuls considérés.

L'analyse de risque quantitative

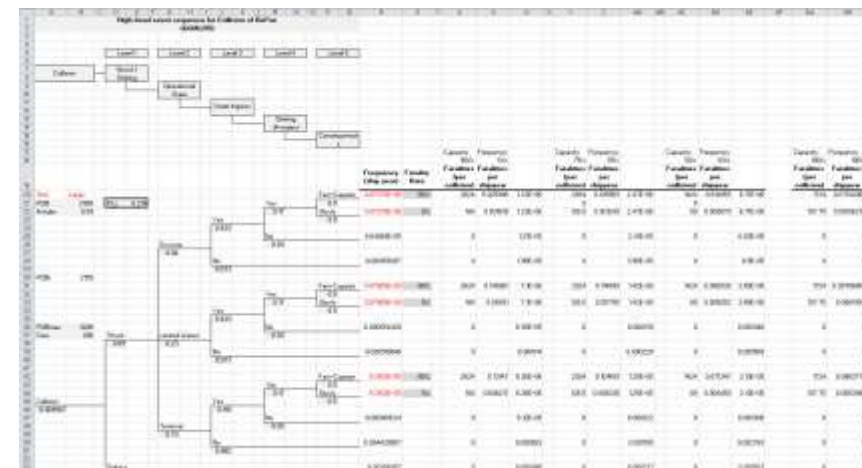
► Quel est le principe du QRA (Quantitative Risk Assessment)?

- Les conséquences C de chaque dommage sont obtenues par le calcul (par exemple calcul CFD),
- Une fréquence d'occurrence est associé à chaque dommage,
- $\text{Risque} = \sum_{\forall \text{ hazards}} F \cdot C$

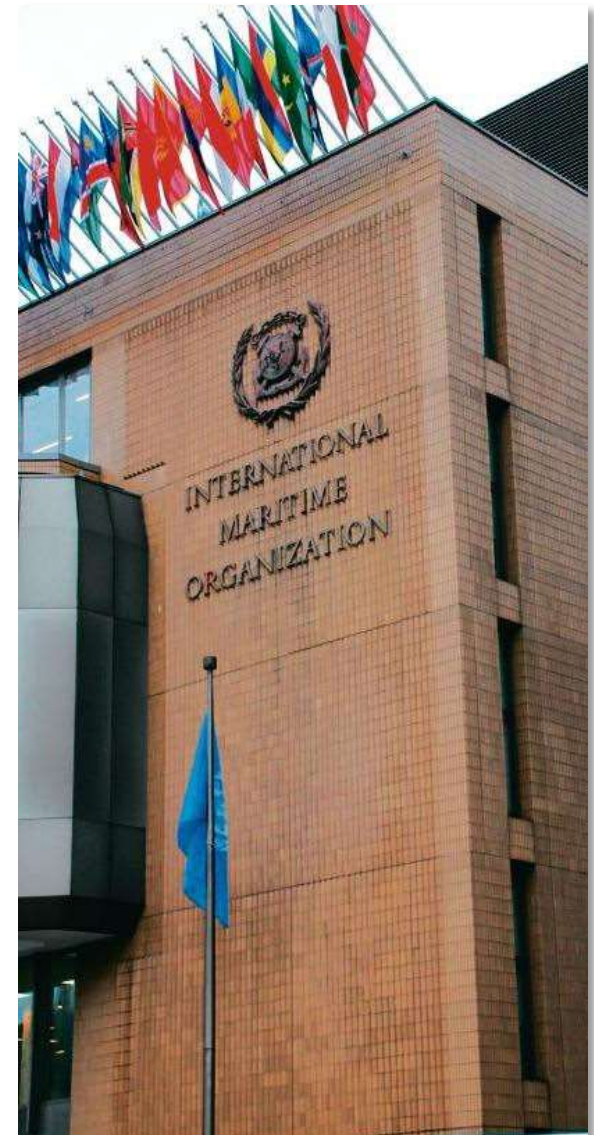


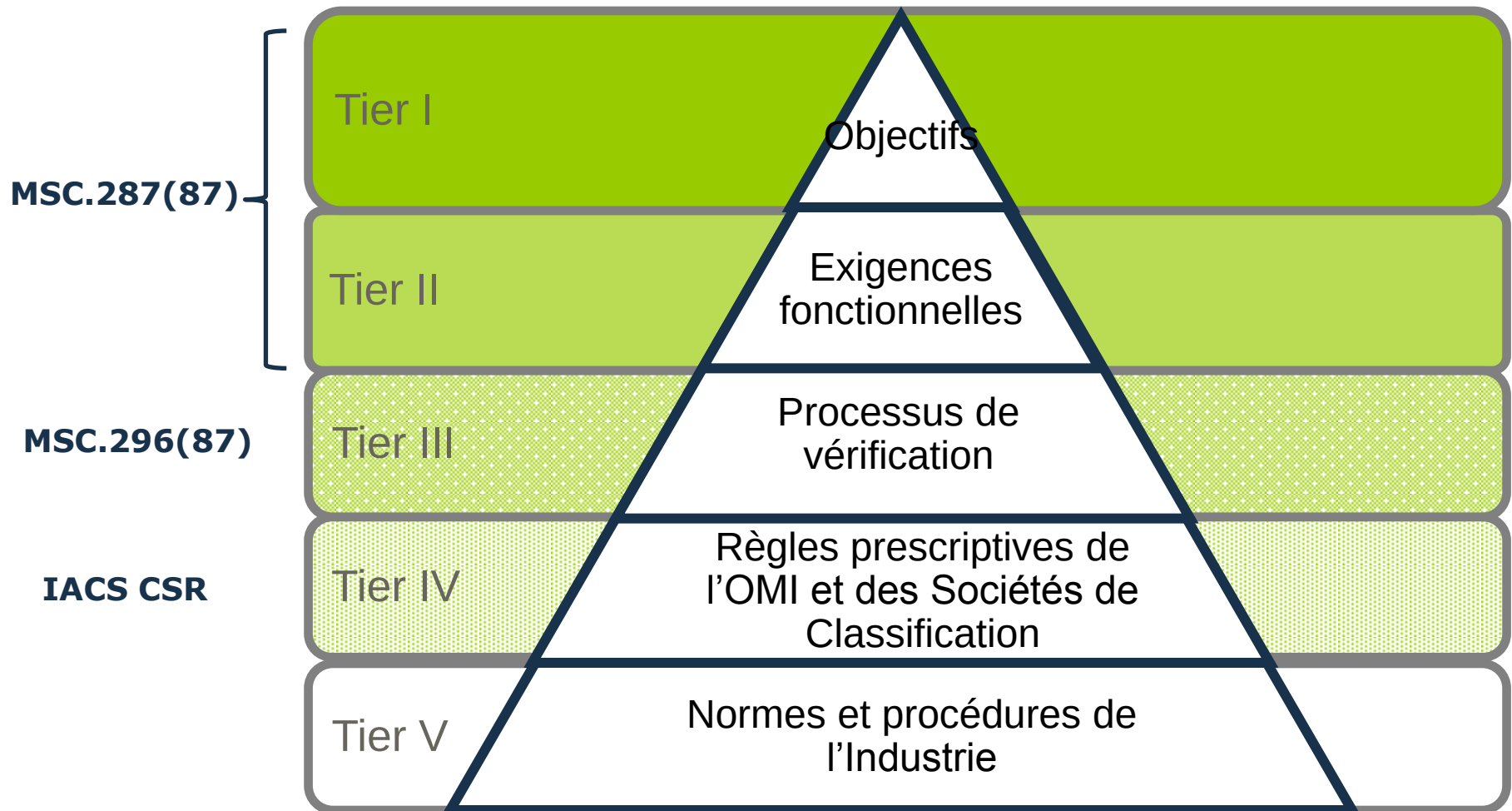
► Que peut-on évaluer?

- Risque individuel,
- Risque sociétal,
- Design Accidental Load



- ▶ Les normes en fonction d'objectifs applicables à la construction des pétroliers et des vraquiers s'appuient sur l'idée selon laquelle les navires devraient être conçus et construits pour une durée de vie prévue spécifiée afin d'être sûrs et respectueux de l'environnement.
- ▶ La règle II-1/3-10 de la Convention SOLAS applique cette philosophie aux pétroliers et vraquiers neufs d'une longueur supérieure à 150 mètres.
- ▶ En vertu des GBS, les navires doivent présenter une résistance, une intégrité et une stabilité suffisantes afin de réduire au minimum le risque de perte du navire ou de pollution du milieu marin à la suite d'une défaillance ou de l'effondrement de la structure entraînant l'envahissement ou la perte d'étanchéité
- ▶ Le Comité de la sécurité maritime (MSC) de l'OMI a confirmé en mai 2016 que les règles applicables à la construction des pétroliers et des vraquiers soumises par les 12 membres de l'IACS étaient conformes aux GBS





ref. MSC78/6/2

Couvertes par les **CSR de l'IACS** Couvertes par d'autres résolutions de l'IACS

Design

1. Design life
2. Environmental conditions
3. Structural strength
4. Fatigue life
5. Residual strength
6. Protection against corrosion
7. Structural redundancy
8. Watertight and weathertight integrity

9. Human element consideration

Construction

10. Design transparency
11. Construction quality procedures
12. Survey during construction

In service consideration

13. Survey and maintenance
14. Structural accessibility

Recycling consideration

15. Recycling

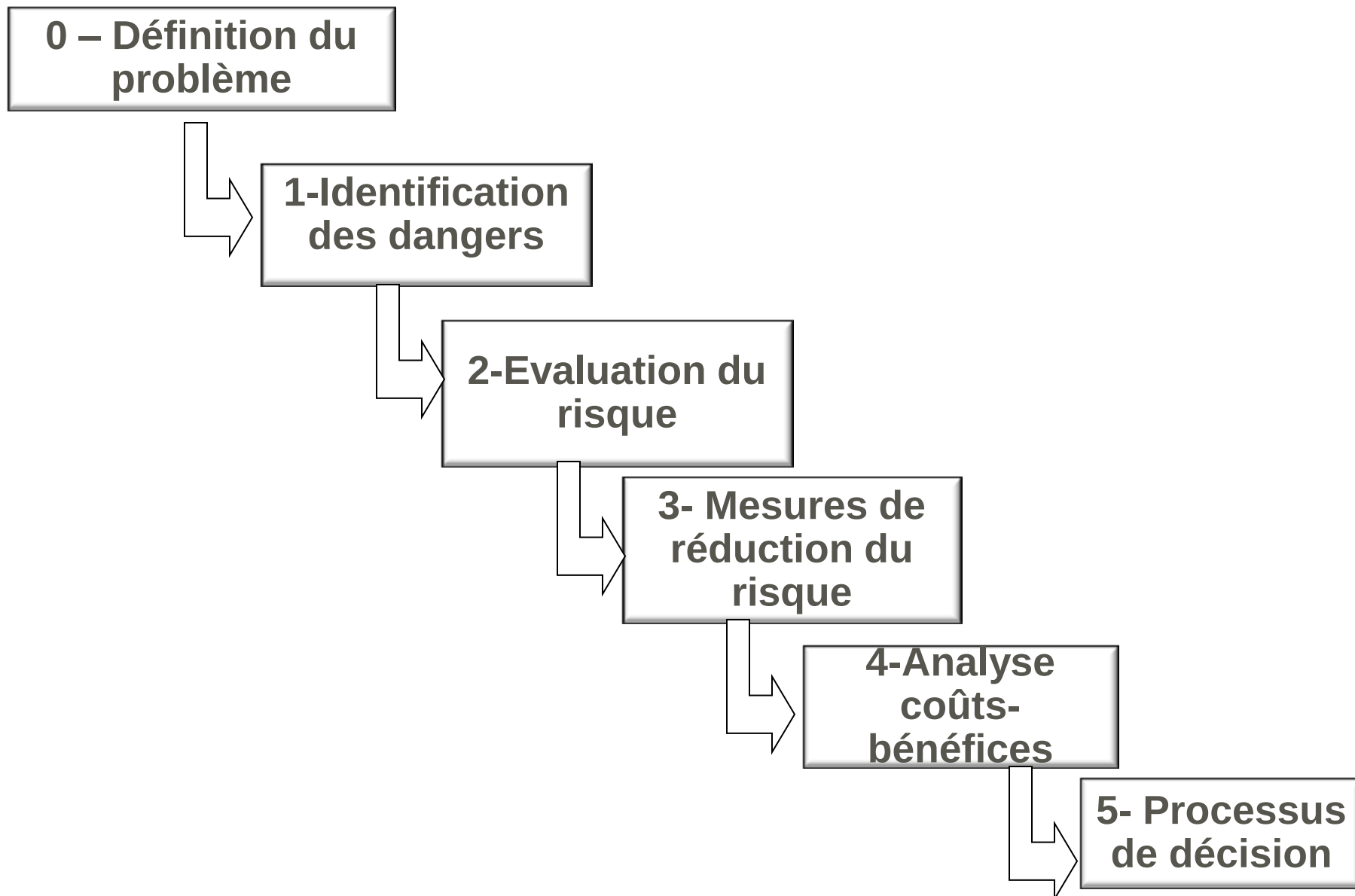
L'approche fondée sur le risque à l'OMI

- ▶ Le FSA: un outil pour guider la décision politique à l'OMI
- ▶ Les conceptions alternatives
- ▶ Le GBS – SLA: l'approche fondée sur le risque pour les GBS

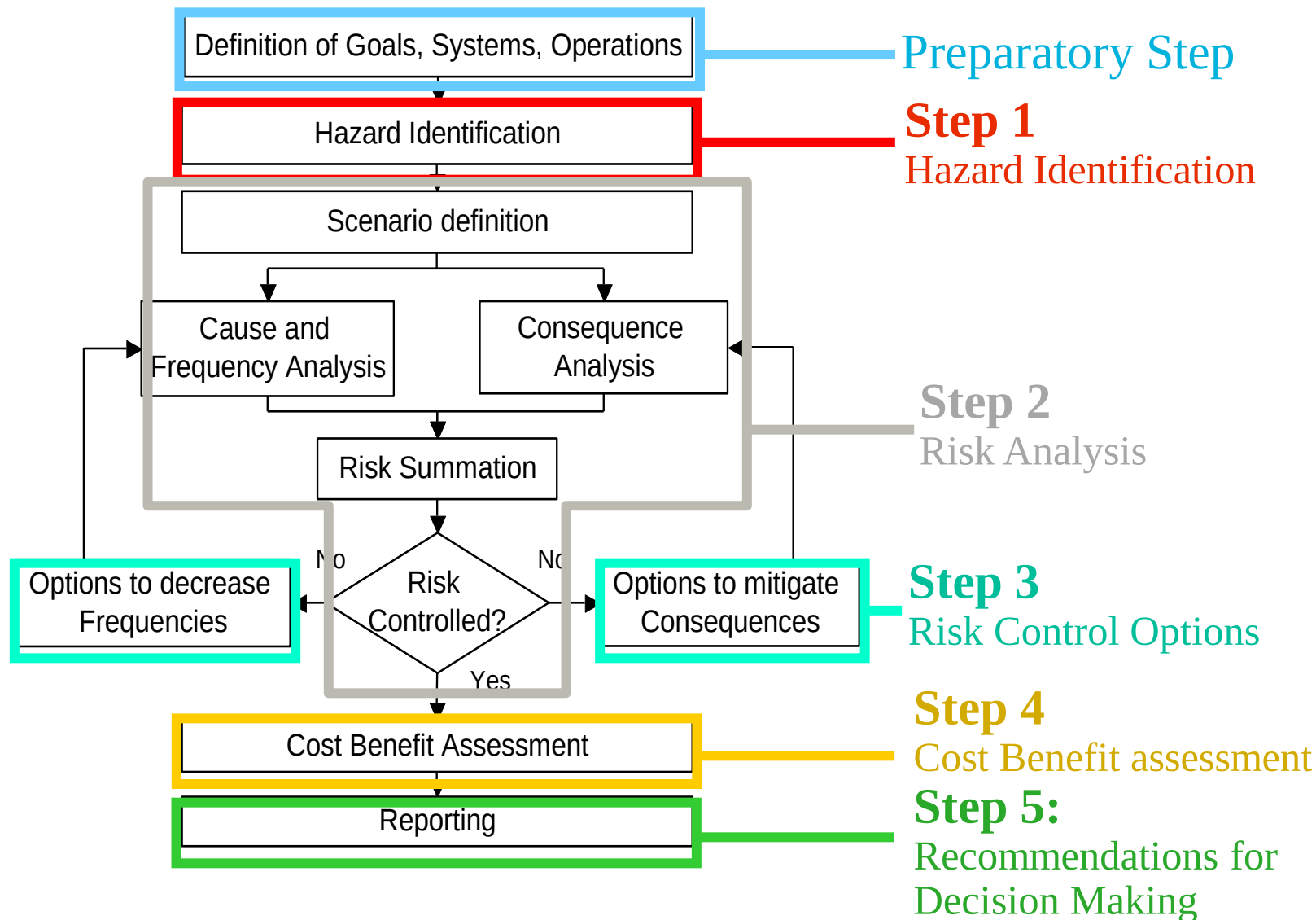


- ▶ 1993, (MSC 62): Le Royaume-Uni propose le concept à l'OMI
- ▶ 1997, (MSC 68): Interim Guidelines for the Application of Formal Safety Assessment in the IMO Rule-Making Process
- ▶ 2001, (MSC/Circ.1023/MEPC/Circ.392): *Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process*
- ▶ 2005, (MSC 79, MSC 80): Discussion sur le lien entre FSA et GBS
- ▶ 2005 – 2009: *Projet EU SAFEDOR*
 - 6 Etudes FSA soumises à l'OMI
 - Crude oil tanker / LNG / Container / Cruise / Ropax / General Cargo
- ▶ 2013, (MSC-MEPC.2/Circ.12): *Revised Guidelines for FSA for Use in the IMO Rule-Making Process*
- ▶ 2013 – 2016: *EMSA3 – Etude sur la stabilité après avarie*
- ▶ 2016: *Soumission par la France et l'Allemagne de la mise à jour du FSA pour les vraquiers effectuée par le BV et le DNV-GL*

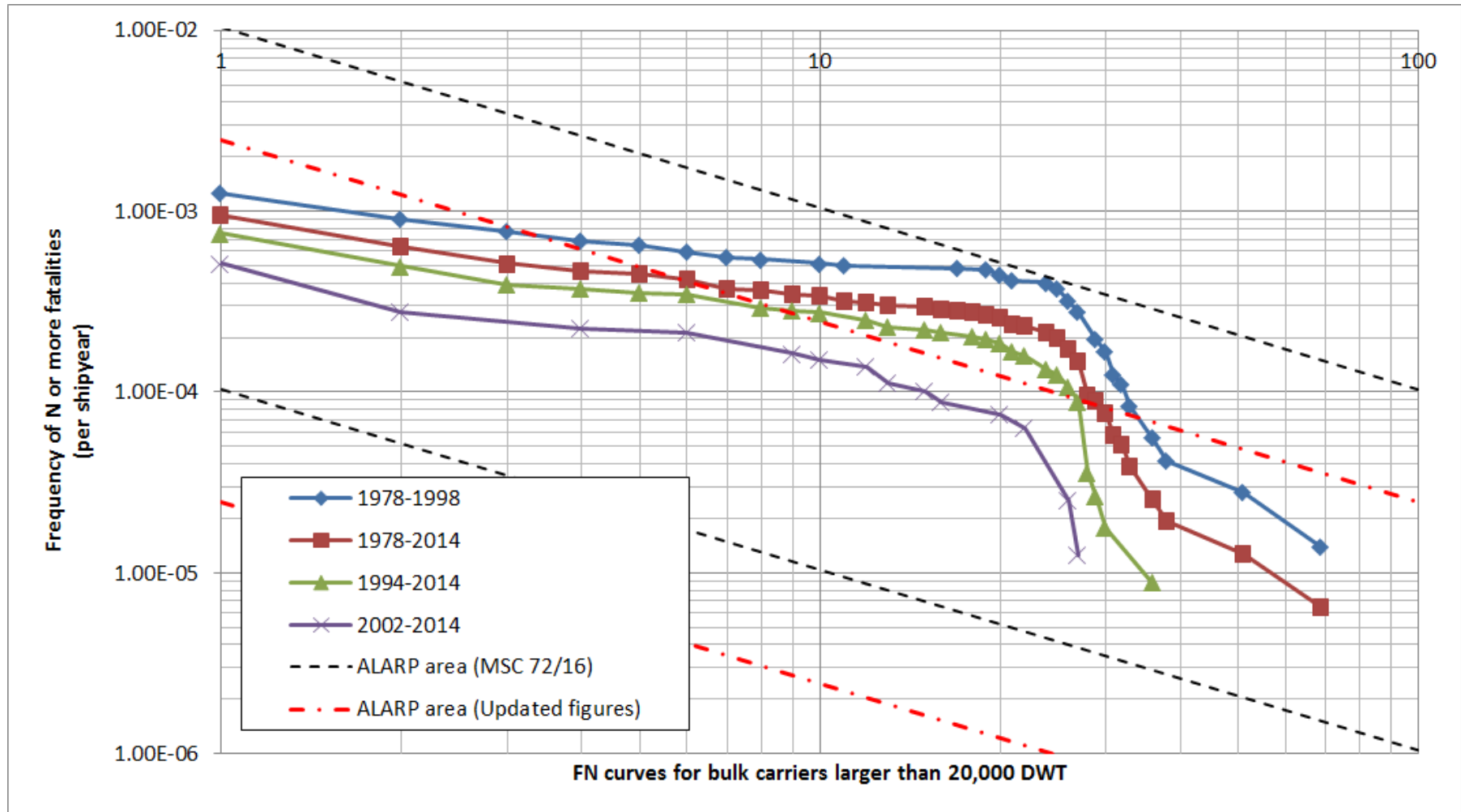
Etapes du processus FSA de l'OMI



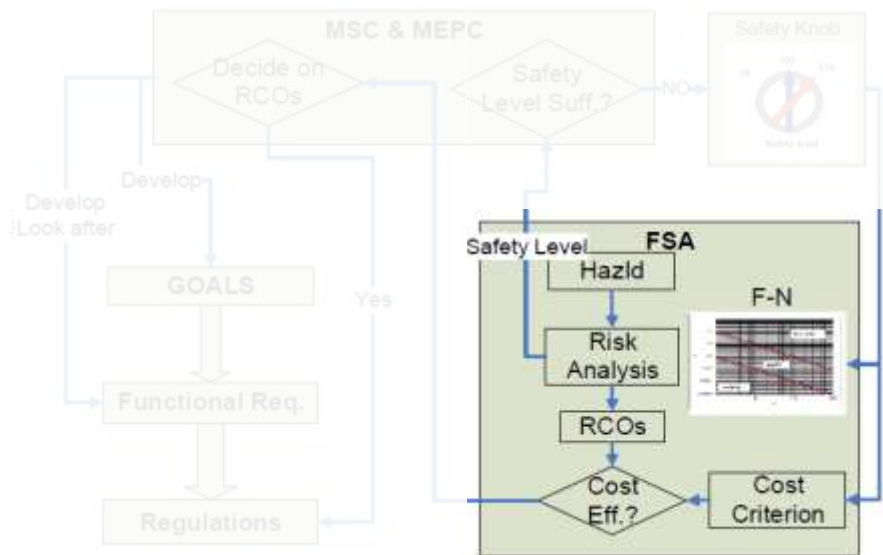
Formal Safety Assessment Framework



Courbes FN pour les vraquiers de plus de 20,000DWT



- Les données suivantes sont requises:
 - **Statistiques d'accidents**
 - Données de fiabilité ou de défaillances des équipements
 - Données sur la fiabilité humaine
 - Pour la fiabilité structurelle, données relatives au matériau, à la résistance, aux conditions d'environnement, à la réponse de la structure, etc.
 - **Données économiques**
 - Coûts des RCOs
 - Valorisation des inspections, de l'entretien, des remplacements, de l'indisponibilité
 - Coûts des pollutions



Goal-Based Standard – Safety Level Approach (GBS-SLA)

- ▶ L'approche du niveau de sécurité (SLA) s'applique à tous les niveaux des GBS:
 - Tier 1, Tier 2, Tier 3, Tier 4, Tier 5
 - Toutes les règles peuvent spécifier un niveau de sécurité quantifié
- ▶ Liens avec les activités du FSA:
 - Le FSA est utilisé pour:
 - Définir le niveau de sécurité des règles actuelles
 - Etablir des objectifs
 - Développement d'un modèle de risque attaché aux fonctions du navire

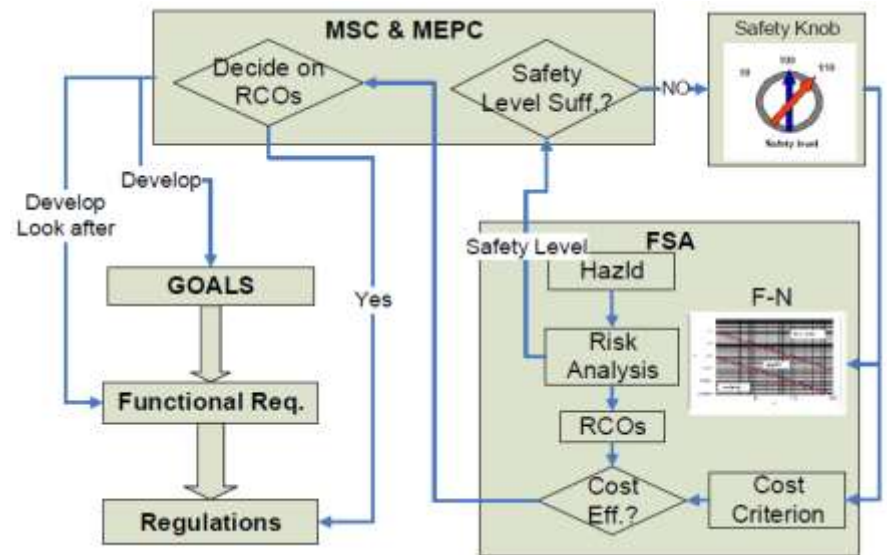


Revised Structure of the Safety-level Approach

MSC 94/5/1 – China

SLA: Safety Level Approach

- ▶ Application de méthodes basées sur le risque pour le développement des règles.
- ▶ Dans le GBS/SLA, Les données sur les accidents sont utilisées à deux niveaux:
 - Comme entrée de l'étude FSA(ex-ante)
 - Pour contrôler le niveau de sécurité (ex-post)



Flow chart characterizing the relation between GBS-SLA and Formal Safety Assessment

MSC 95/5/2 – Germany and the Netherlands



La résistance de la structure

La résistance de la structure

1. Une évolution continue



2. Thématiques actuelles



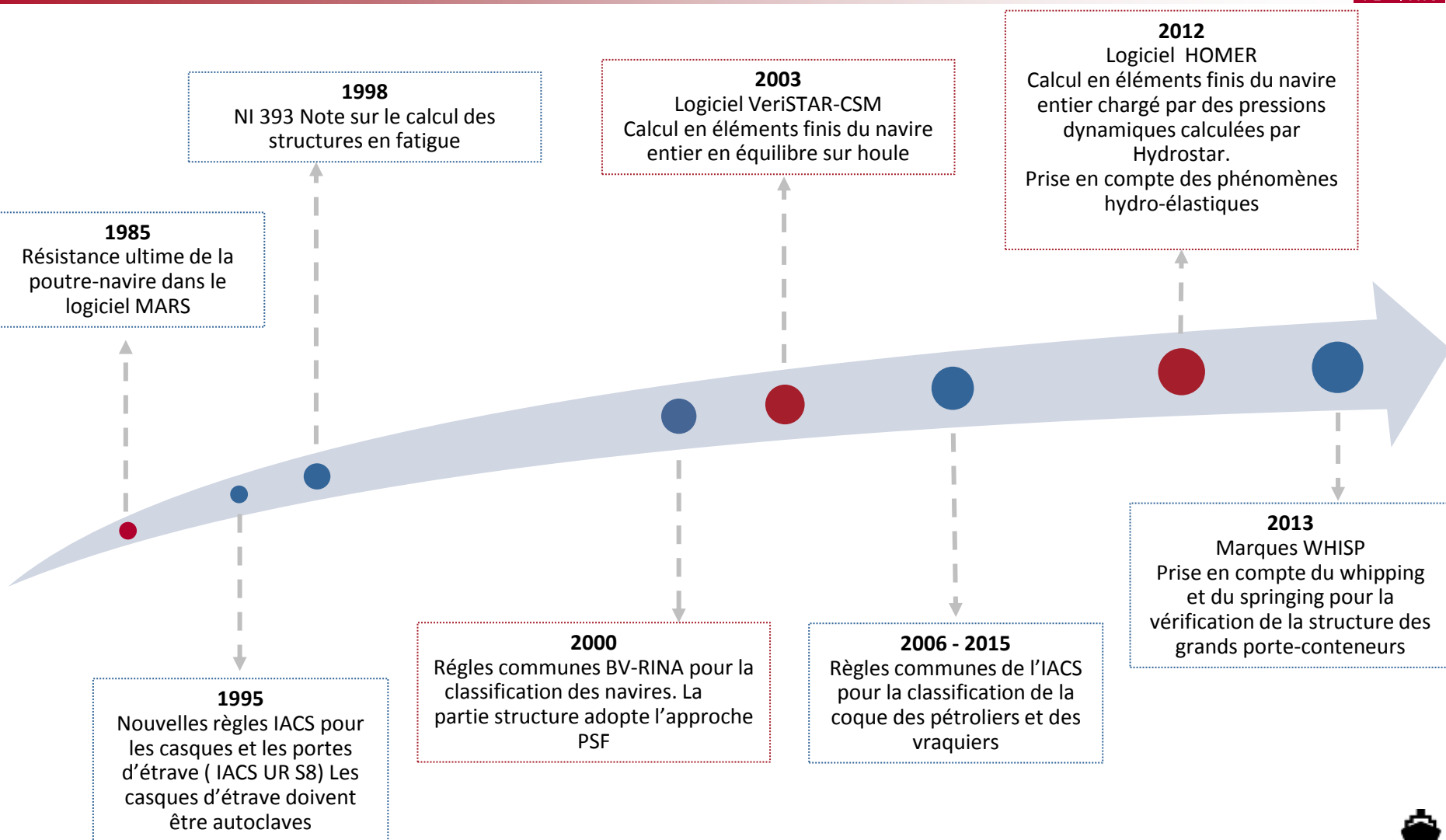
3. Les règles communes de l'IACS pour la structure des pétroliers et des vraquiers



4. L'exemple des porte-conteneurs



Quelques dates importantes dans le cas du BV



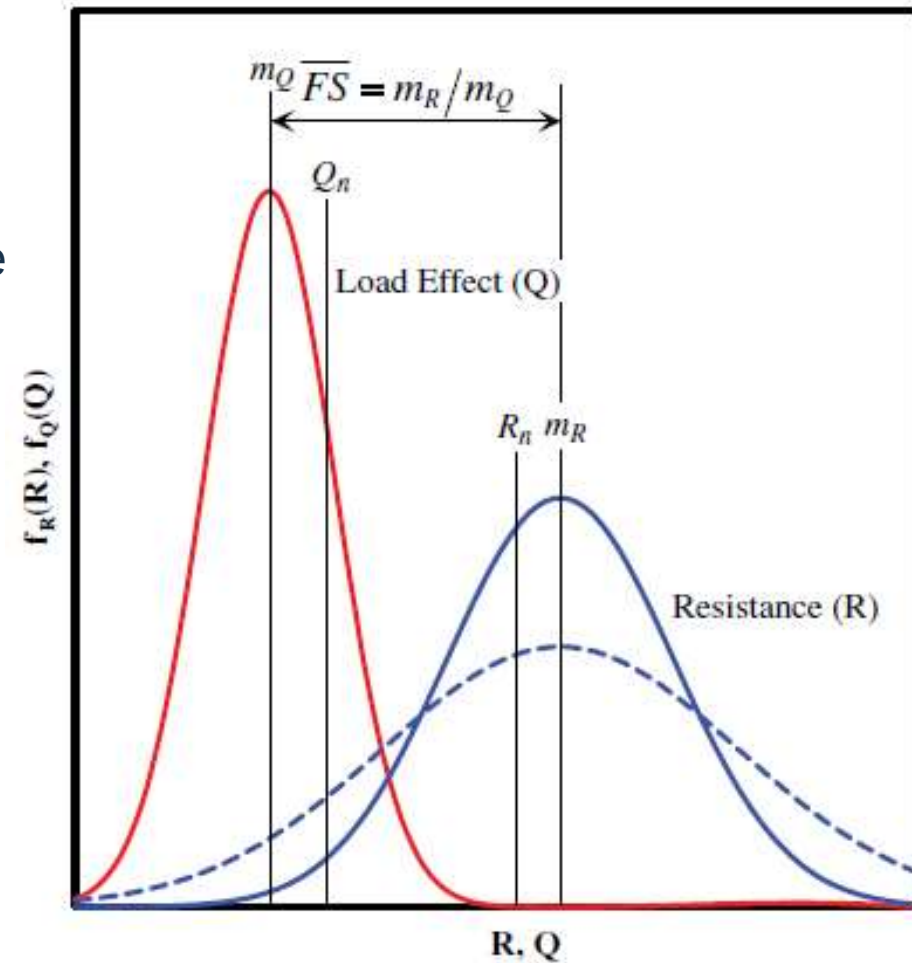
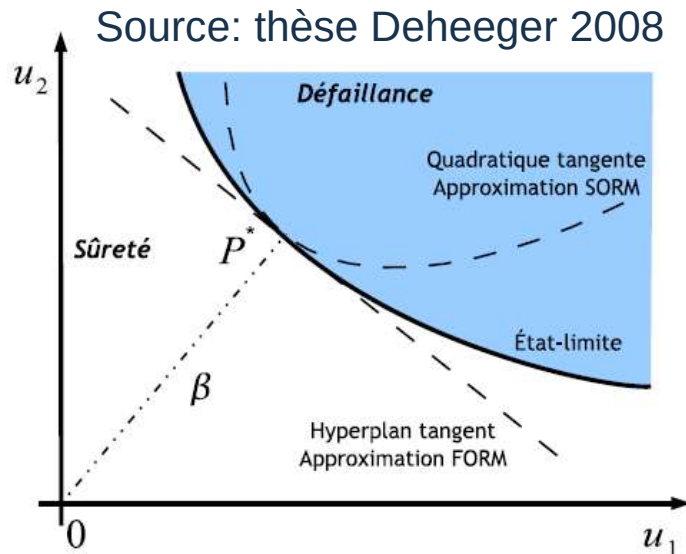
Légende

● Règles

● Outil de calcul

► Fiabilité des structures:

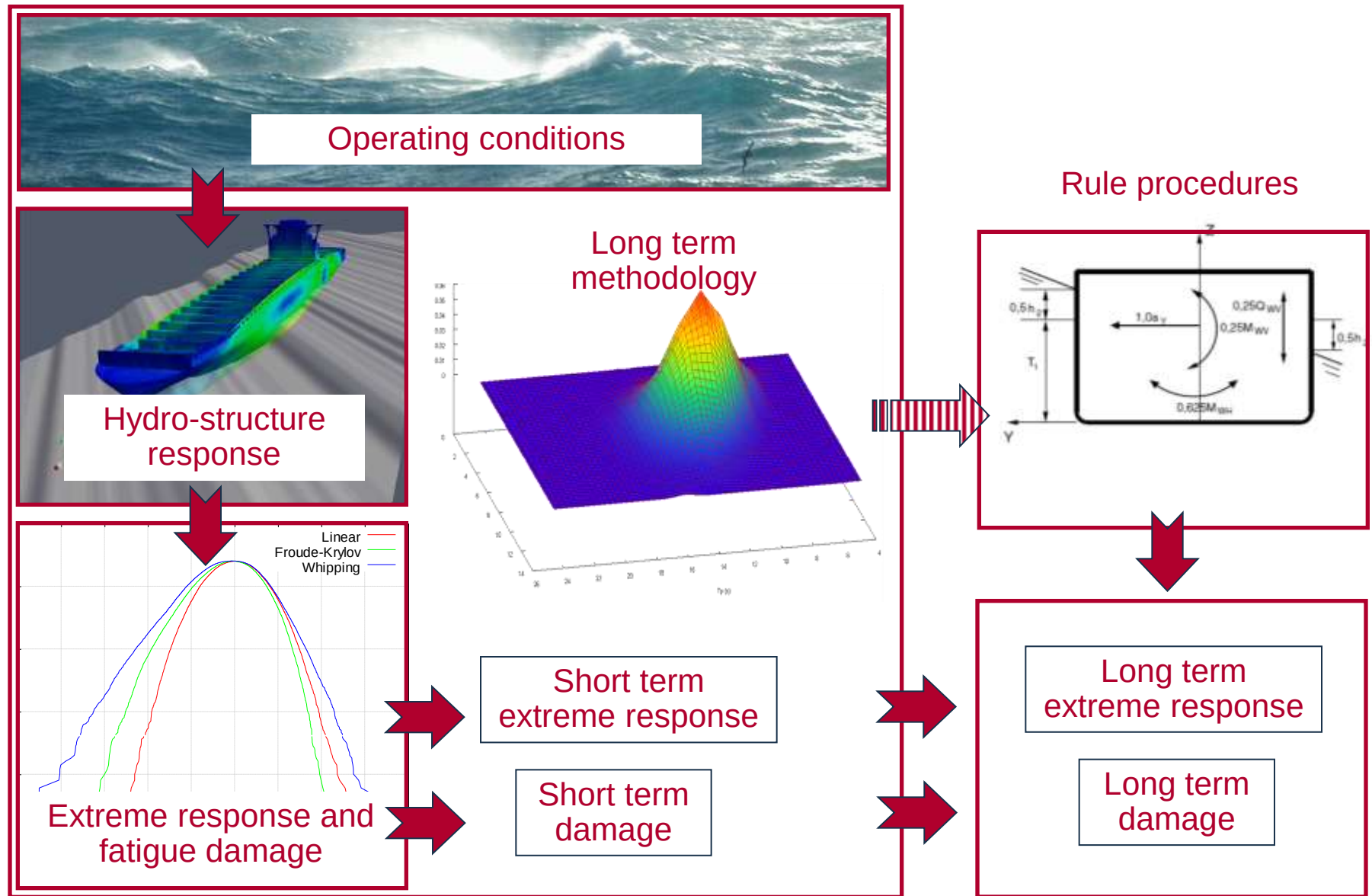
- Domaine d'application: résistance ultime de la poutre-navire?
- Quantification des incertitudes: pas de référence incontestable



Fonction d'état limite $G = R - Q$

Fig. I.3 Illustration de l'approximation de l'état-limite au voisinage du point de défaillance le plus probable au premier ordre FORM et au second ordre SORM.

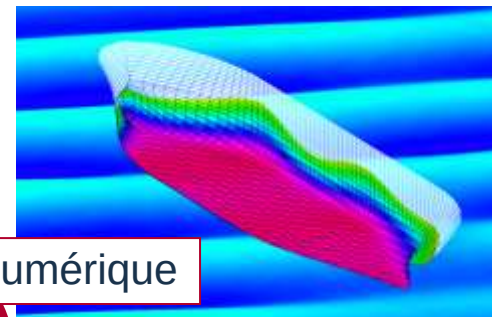
Calcul direct et approche réglementaire



Développement des règles



Observation

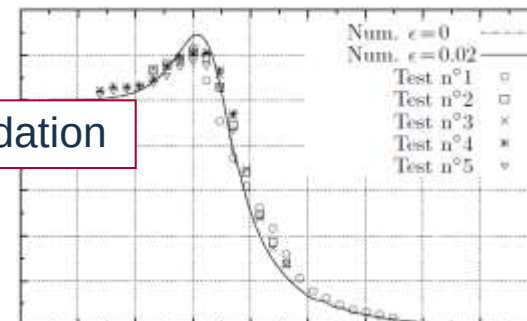


Modèle numérique

Application

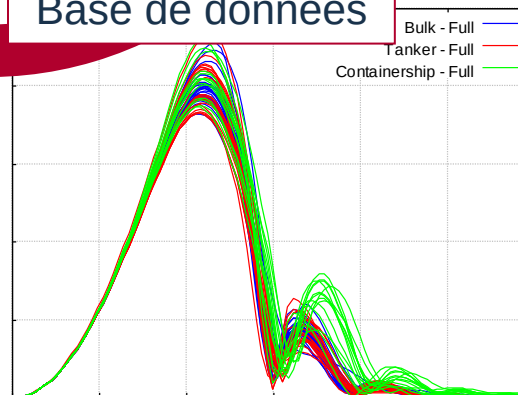
Programmation

Validation



Formulation

Base de données



$$M_{wv,H} = 0.19 \cdot F_M \cdot n \cdot C \cdot L^2 \cdot B \cdot Cb$$

Modèles hydro-élastiques

► Réponse de la structure

- Corps rigide – quasi statique
- Corps élastique - Dynamique

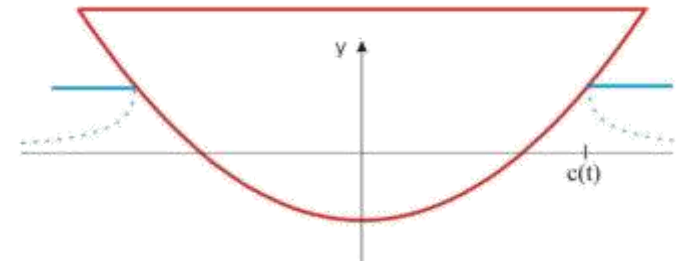
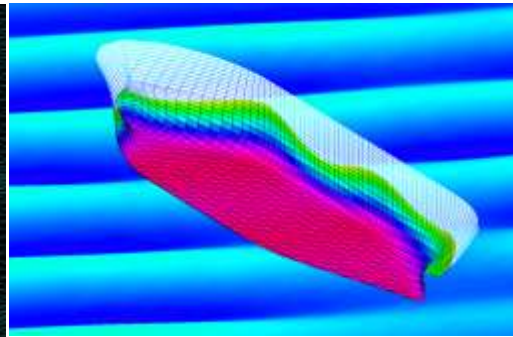
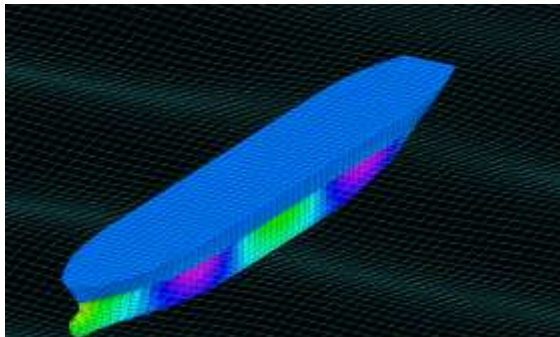
► Modèle hydrodynamique

- Linéaire (diffraction- radiation)
- Vague non linéaire (correction de Froude-Krylov)
- Chocs (slamming)



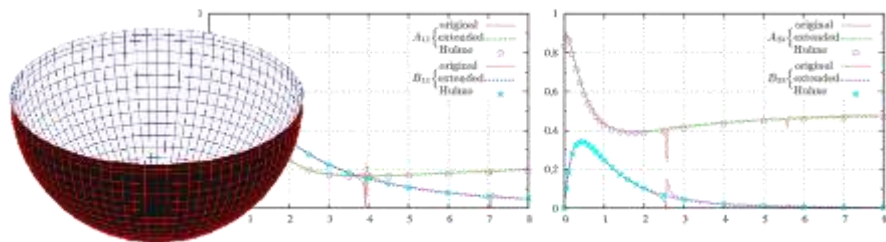
Structure \ Hydro	Linear	Wave non linear	Impulsive non linear
Quasi static	Linear seakeel	Non linear springing	Local slamming response
Dynamic	Linear springing	Non linear springing	Whipping

Coût CPU croissant

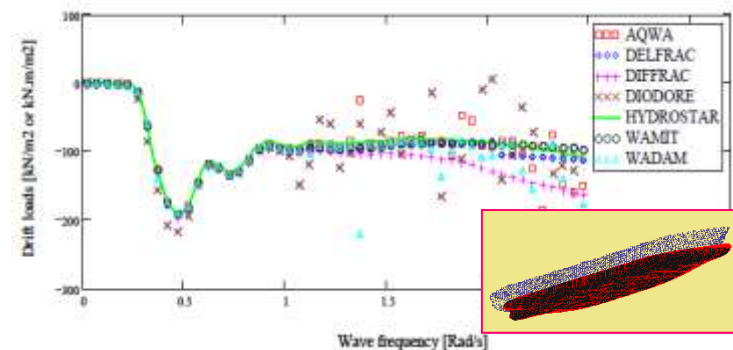


Validation des modèles numériques

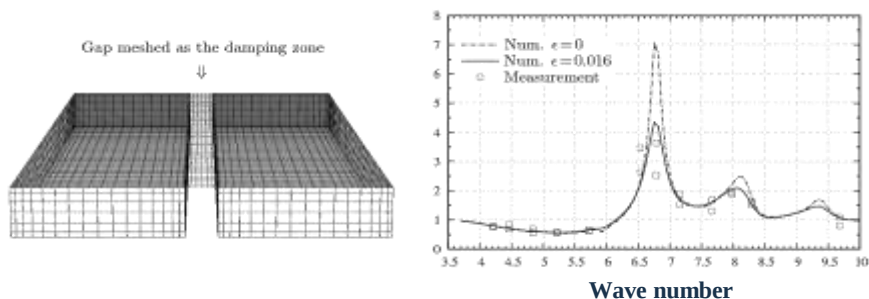
► Par des solutions analytiques



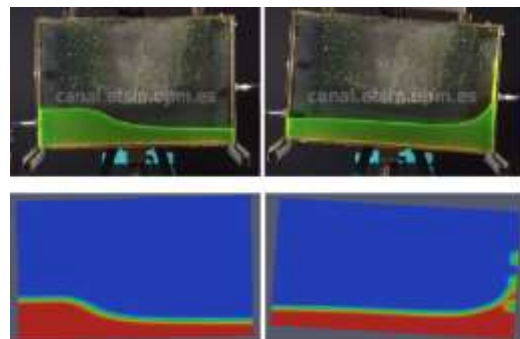
► Par comparaison avec d'autres logiciels



► Par des essais au bassin



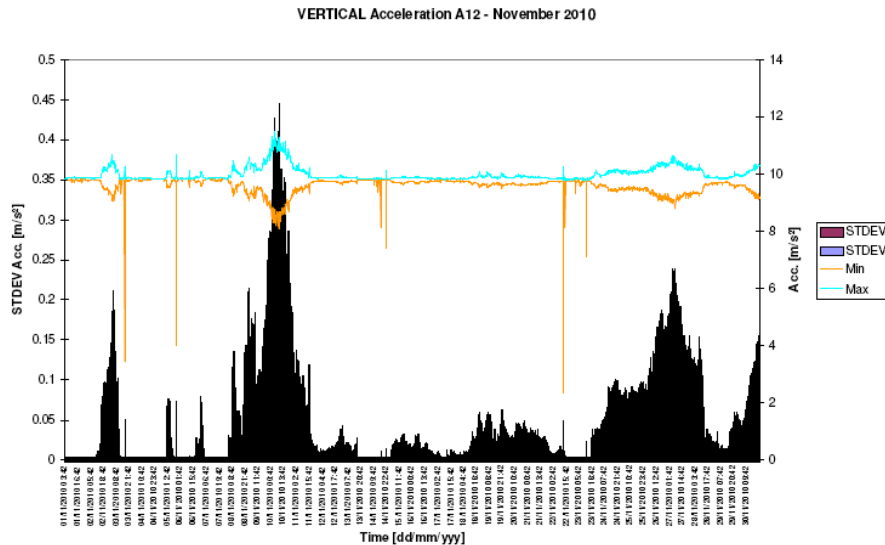
► Par des mesures en mer



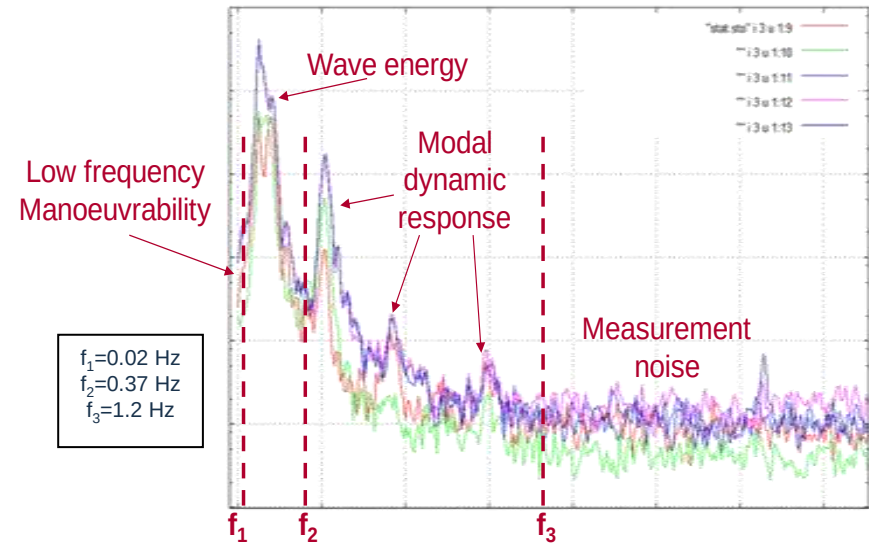
Instrumentation



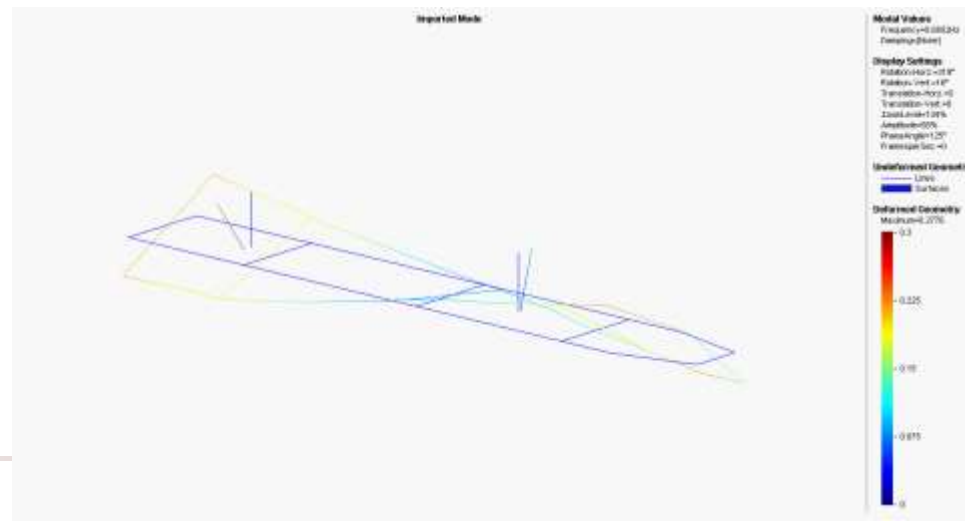
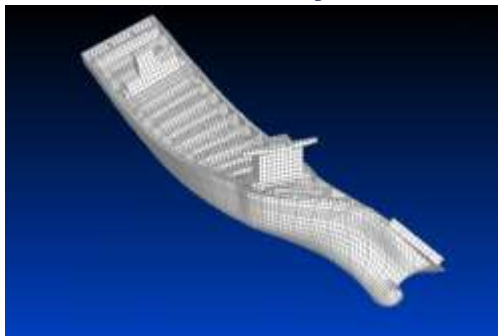
► Statistical analysis



► Fatigue analysis



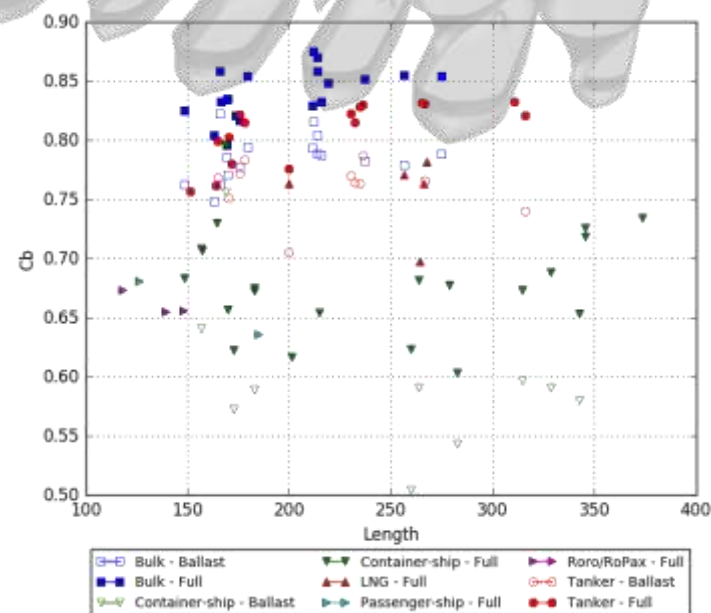
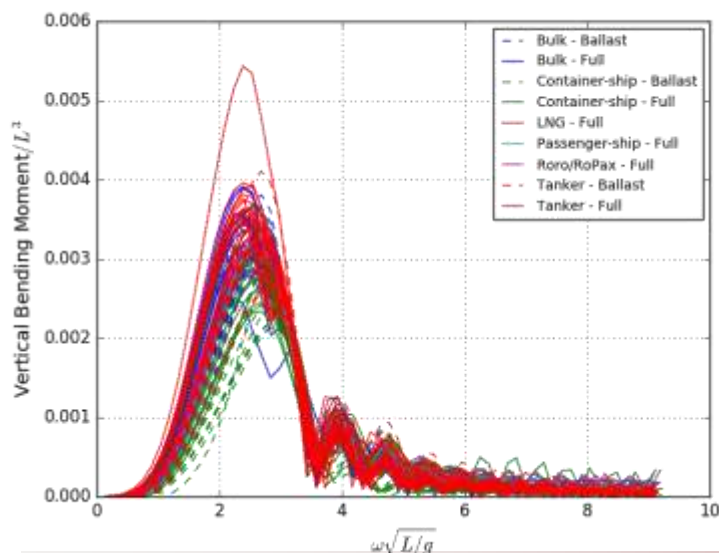
► Modal analysis



► Base de données de calcul hydrodynamique

- Calcul 3D BEM (BV HydroStar)
- Pleine charge et sur ballast
- Différents C_B
- Analyse spectrale à long terme:
 - Valeurs extrêmes(25 ans)
 - Valeurs à 10^{-2}

Ship type	Full	Ballast
ContainerShip	21	10
Bulk	19	16
Tanker	16	11
LNG	5	0
Roro	3	0
Passenger ship	2	0
Total	66	37



► Classification de la structure de la coque des vraquiers & pétroliers

► Duré de vie nominale: 25 ans dans l'Atlantique Nord

► Epaisseurs nettes

► Scénarios de chargement:

- Statique: S
- Statique + Dynamique: S+D
- Impact : I
- Sloshing: SL
- Fatigue : F
- Accidentel: A

► Format adopté:

- Working Stress Design

$$\bullet W_{\text{stat}} < \eta_1 R$$

$$\bullet W_{\text{stat}} + W_{\text{dyn}} < \eta_2 R$$

- Partial Safety Factor

$$\bullet \gamma_{\text{stat}1} W_{\text{stat}} + \gamma_{\text{dyn}1} W_{\text{dyn}2} \leq R/\gamma_R$$

$$\bullet \gamma_{\text{stat}2} W_{\text{stat}} + \gamma_{\text{dyn}2} W_{\text{dyn}} \leq R/\gamma_R$$

- Règles minimales

► Critères d'acceptation:

- S, S+D, I, SL, F, A
- Contraintes, déformations, flambement par des formules explicites

La revue de conception d'un grand porte-conteneurs

Hull Girder Strength

- Vertical & horizontal loads (*MARS Software*)
- Torsional loads (*MARS Software* or alternative methodology)

Local Scantling

- Plating & ordinary stiffeners
- *MARS Software*

3-Hold Analysis

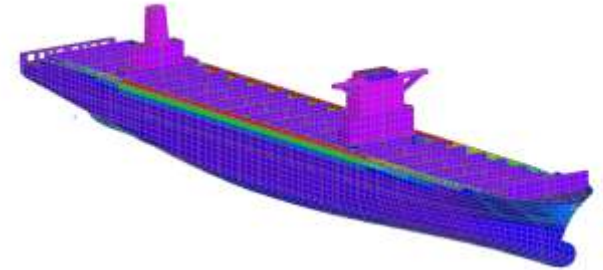
- Primary members in midbody
- *Veristar Hull Software*

Whole ship analysis

- Yielding – Buckling
- Equivalent design wave methodology
- *Homer Software*

Additional Notation Whisp 2 (i.e. Whipping & Springing)

- Fatigue analysis
- Ultimate Strength
- *Homer Software*



Capacité: 14400 TEU

$L_{B.P.}$ 350 m

Largeur: 48.2 m

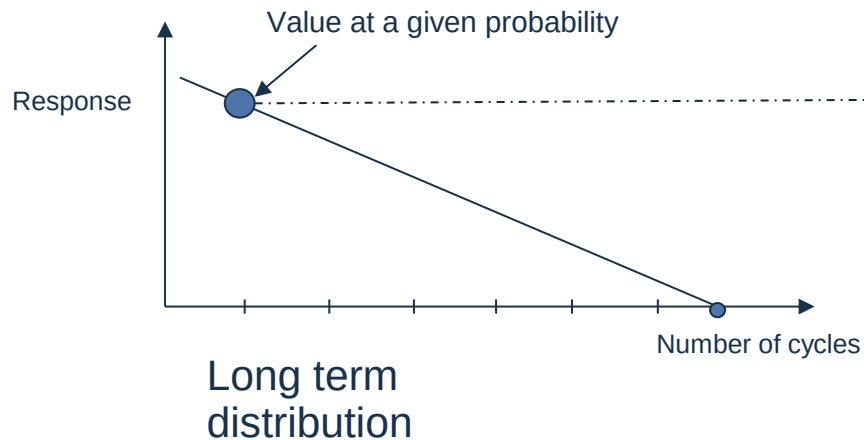
Tirant d'eau: 16 m

Structure: 26 500t

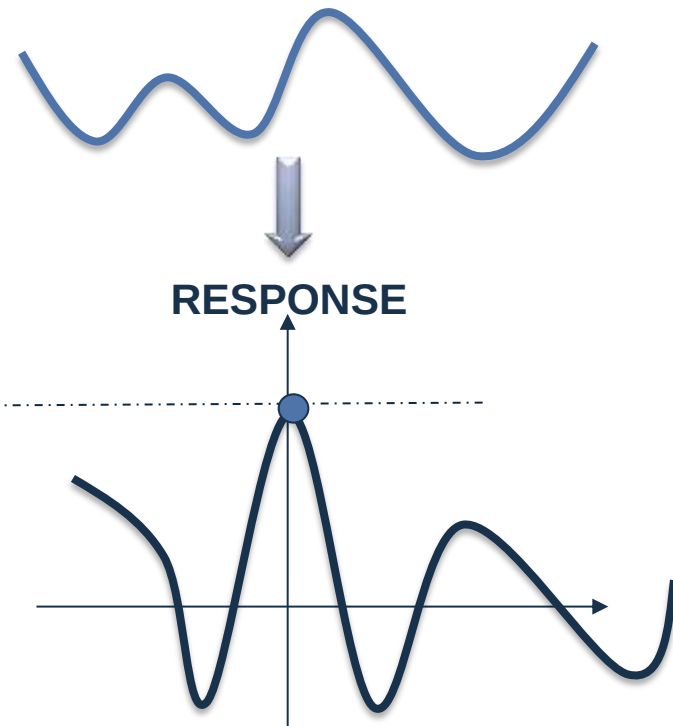
Comment charger un modèle complet sur houle?

► Définition de la vague équivalente:

- Vague sur laquelle la réponse linéaire correspond à une valeur cible réglementaire à un instant donné
- Valeur cible = Valeur extrême



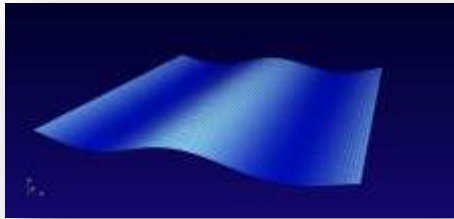
EQUIVALENT DESIGN WAVE (EDW)



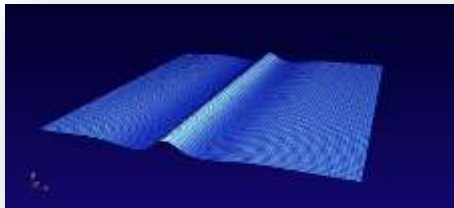
→ ON choisit une des vagues satisfaisant cette définition!

Sélection d'une vague équivalente

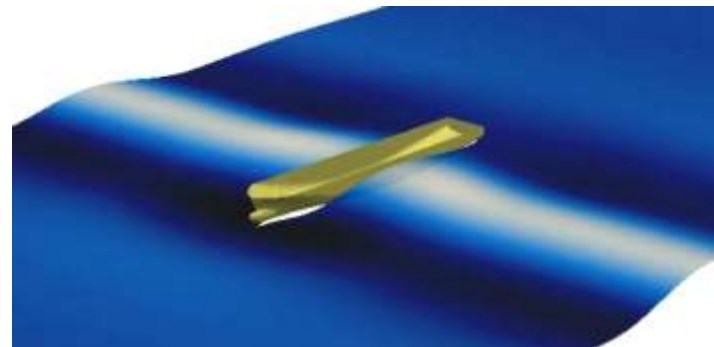
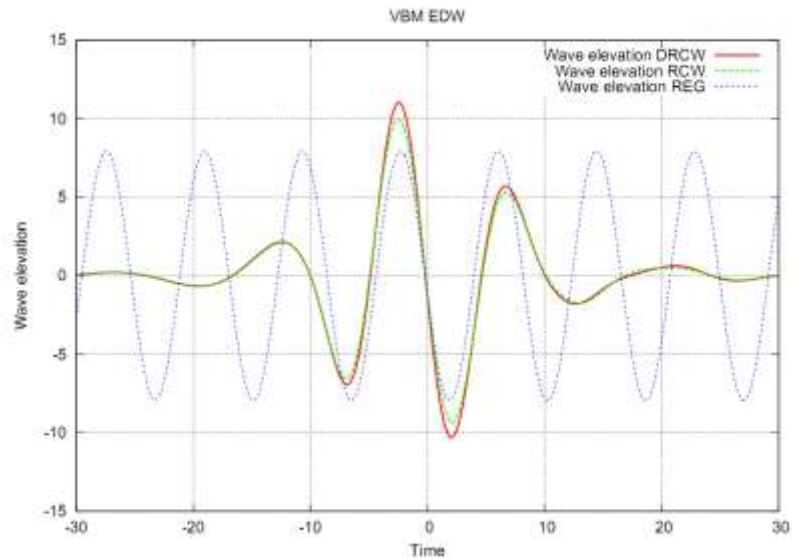
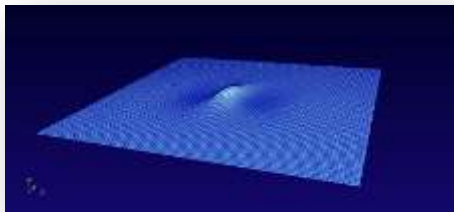
► Vague régulière (CSR de l'IACS)



► Vague irrégulière (BV)

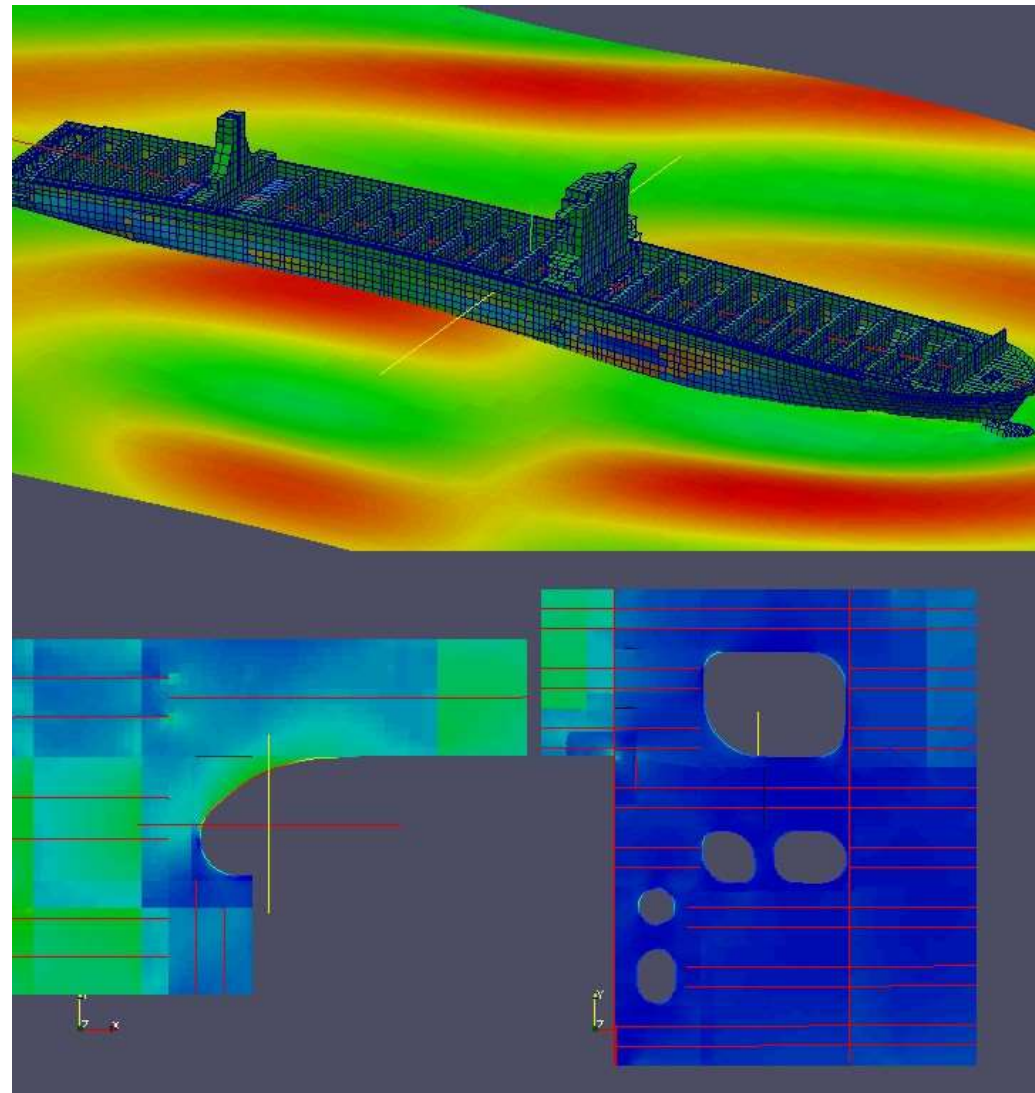


► Vague directionnelle



➔ La NR 625 du BV est fondée sur une vague irrégulière

- ▶ Analyse en fatigue spectrale CSM
- ▶ Détails critiques spécifiés dans le règlement:
 - Coins d'écouille
 - Extrémités des surbaux
 - Ouvertures dans ponts et cloisons machines
- ▶ Détermination des amplitudes de contraintes:
 - Analyse spectrale complète à 75% de la vitesse
 - Modèle du navire complet
 - Amplitude de contraintes sur modèles très finement maillés

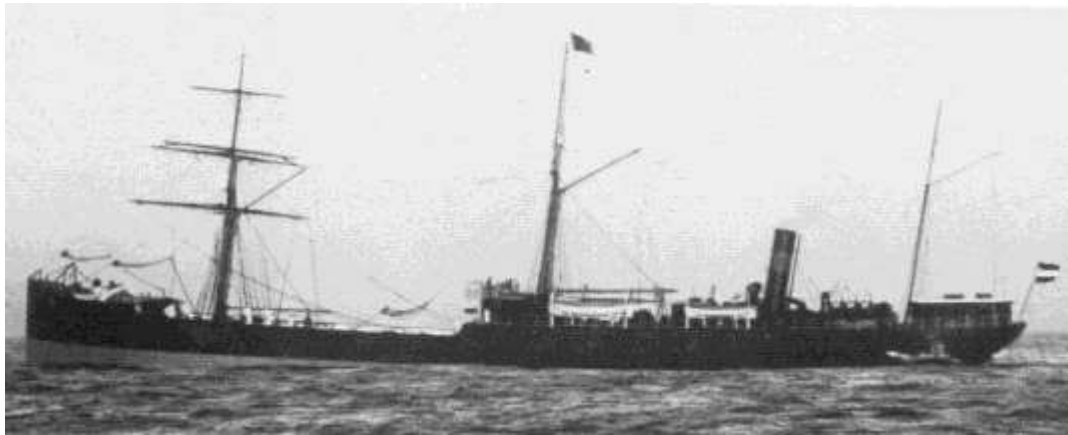




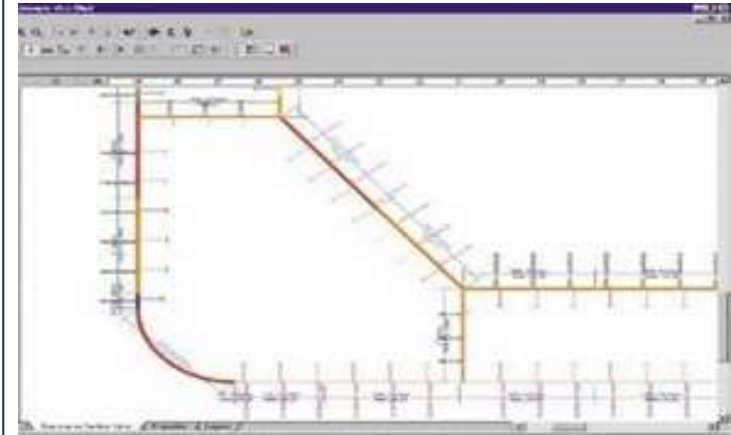
Calculs et simulations

Evolution des modalités de la classification

Depuis le 19^e siècle...



... approbation des plans en 2D



DIGITAL TWIN



Modèle 3D facilement accessible d'un navire ou unité offshore (ou d'une flotte ou d'un champs pétrolier) avec des données à jour couvrant la conception et l'exploitation

ACTIFS CONNECTES

Navire connecté alimentant de manière continue le modèle avec des données opérationnelles (état de la coque, machine, navigation) utilisées pour optimiser la maintenance et la performance



EXPERTS CONNECTES

L'expert connecté alimente le modèle 3D avec des données et utilise aussi celles stockées dans le "jumeau", pour améliorer la productivité (revue de conception, visites) et la satisfaction client



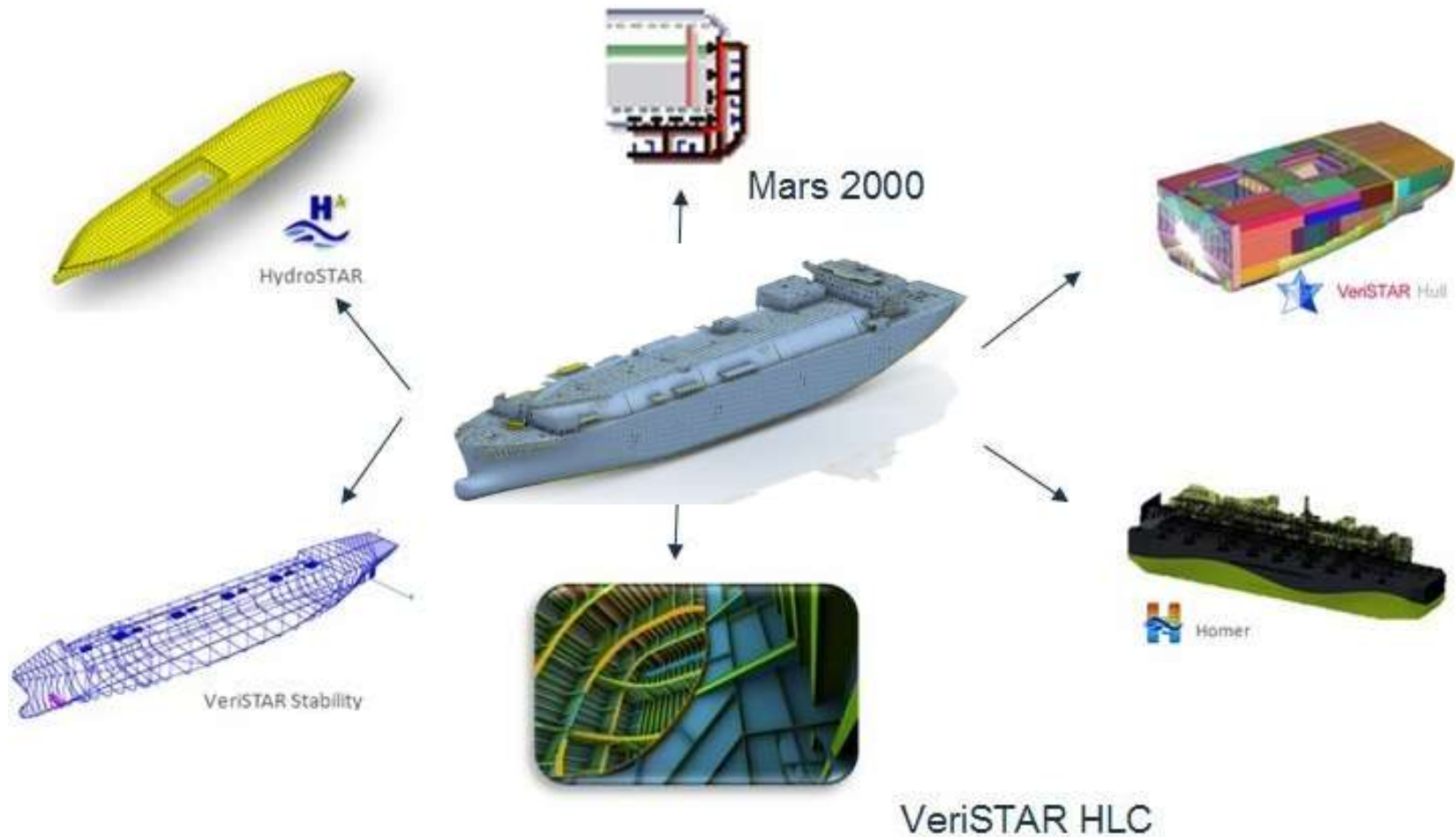
Construire et maintenir le modèle 3D de l'unité

Alimenter le modèle 3D avec les données de conception et opérationnelles

Gérer le cycle de vie d'un actif par les données

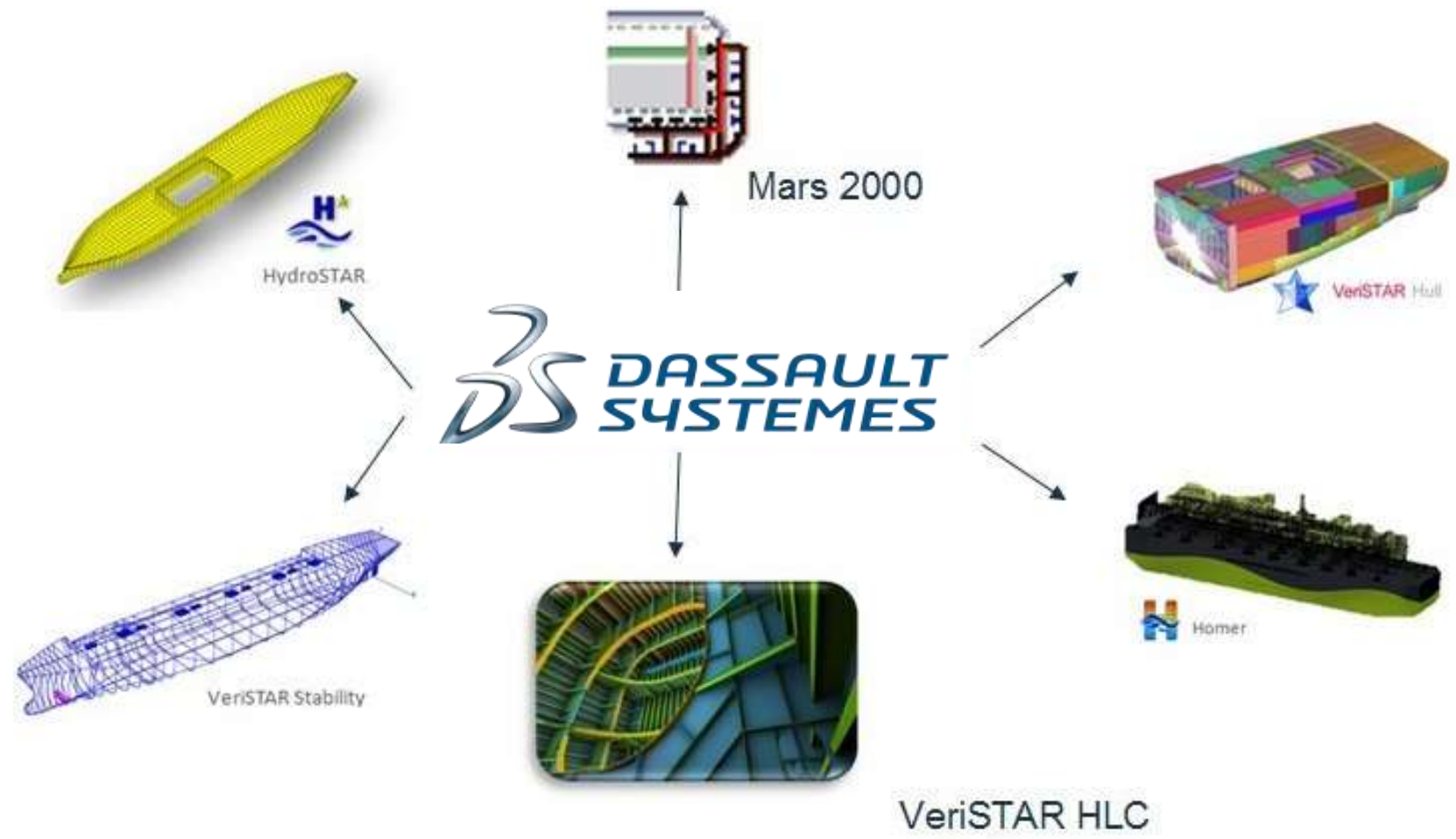
Accès des données à bord et à terre, visite en réalité augmentée

Fédérer tous nos outils dans un modèle géométrique unique est depuis longtemps notre ambition



La technologie disponible et le coût devraient permettre d'atteindre l'objectif

Fédérer tous nos outils dans un modèle géométrique unique est depuis longtemps notre ambition



La technologie disponible et le coût devraient permettre d'atteindre l'objectif

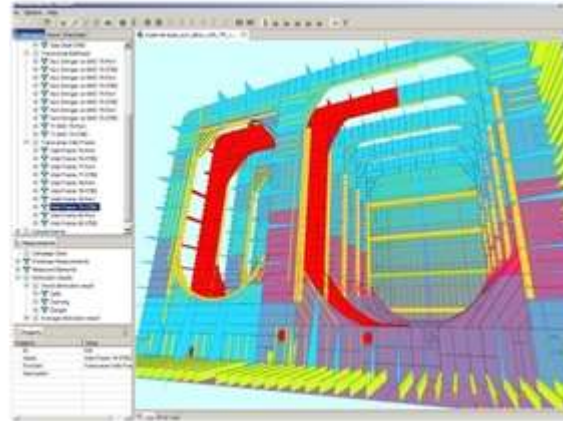
Des applications significatives des modèles 3D sont envisagées tout au long de la vie d'un navire



*Décision rapide
pour une
réparation*



Mesures d'épaisseur

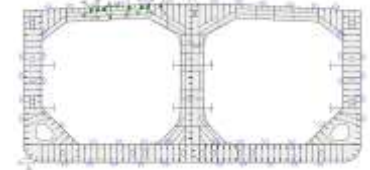


3D DIGITAL TWIN

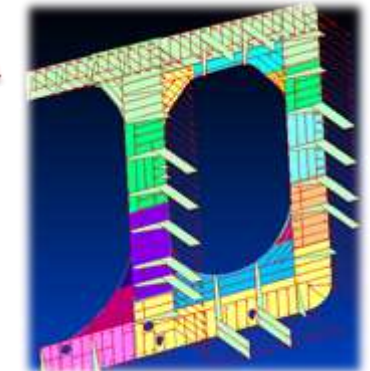
- *Vérification des critères réglementaires*
- *Visualisation des zones nécessitant des mesures correctives*
- *Evaluation de l'état dans un proche/lointain avenir (outil prédictif)*

Report on THEORETICAL MEASUREMENT of Frame 88

Item	Location	Design	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3
1	Frame 88	1000	1000	1000	1000
2	Frame 88	1000	1000	1000	1000
3	Frame 88	1000	1000	1000	1000
4	Frame 88	1000	1000	1000	1000
5	Frame 88	1000	1000	1000	1000
6	Frame 88	1000	1000	1000	1000
7	Frame 88	1000	1000	1000	1000
8	Frame 88	1000	1000	1000	1000
9	Frame 88	1000	1000	1000	1000
10	Frame 88	1000	1000	1000	1000
11	Frame 88	1000	1000	1000	1000
12	Frame 88	1000	1000	1000	1000
13	Frame 88	1000	1000	1000	1000
14	Frame 88	1000	1000	1000	1000
15	Frame 88	1000	1000	1000	1000
16	Frame 88	1000	1000	1000	1000
17	Frame 88	1000	1000	1000	1000
18	Frame 88	1000	1000	1000	1000
19	Frame 88	1000	1000	1000	1000
20	Frame 88	1000	1000	1000	1000
21	Frame 88	1000	1000	1000	1000
22	Frame 88	1000	1000	1000	1000
23	Frame 88	1000	1000	1000	1000
24	Frame 88	1000	1000	1000	1000
25	Frame 88	1000	1000	1000	1000
26	Frame 88	1000	1000	1000	1000
27	Frame 88	1000	1000	1000	1000
28	Frame 88	1000	1000	1000	1000
29	Frame 88	1000	1000	1000	1000
30	Frame 88	1000	1000	1000	1000
31	Frame 88	1000	1000	1000	1000
32	Frame 88	1000	1000	1000	1000
33	Frame 88	1000	1000	1000	1000
34	Frame 88	1000	1000	1000	1000
35	Frame 88	1000	1000	1000	1000
36	Frame 88	1000	1000	1000	1000
37	Frame 88	1000	1000	1000	1000
38	Frame 88	1000	1000	1000	1000
39	Frame 88	1000	1000	1000	1000
40	Frame 88	1000	1000	1000	1000
41	Frame 88	1000	1000	1000	1000
42	Frame 88	1000	1000	1000	1000
43	Frame 88	1000	1000	1000	1000
44	Frame 88	1000	1000	1000	1000
45	Frame 88	1000	1000	1000	1000
46	Frame 88	1000	1000	1000	1000
47	Frame 88	1000	1000	1000	1000
48	Frame 88	1000	1000	1000	1000
49	Frame 88	1000	1000	1000	1000
50	Frame 88	1000	1000	1000	1000
51	Frame 88	1000	1000	1000	1000
52	Frame 88	1000	1000	1000	1000
53	Frame 88	1000	1000	1000	1000
54	Frame 88	1000	1000	1000	1000
55	Frame 88	1000	1000	1000	1000
56	Frame 88	1000	1000	1000	1000
57	Frame 88	1000	1000	1000	1000
58	Frame 88	1000	1000	1000	1000
59	Frame 88	1000	1000	1000	1000
60	Frame 88	1000	1000	1000	1000
61	Frame 88	1000	1000	1000	1000
62	Frame 88	1000	1000	1000	1000
63	Frame 88	1000	1000	1000	1000
64	Frame 88	1000	1000	1000	1000
65	Frame 88	1000	1000	1000	1000
66	Frame 88	1000	1000	1000	1000
67	Frame 88	1000	1000	1000	1000
68	Frame 88	1000	1000	1000	1000
69	Frame 88	1000	1000	1000	1000
70	Frame 88	1000	1000	1000	1000
71	Frame 88	1000	1000	1000	1000
72	Frame 88	1000	1000	1000	1000
73	Frame 88	1000	1000	1000	1000
74	Frame 88	1000	1000	1000	1000
75	Frame 88	1000	1000	1000	1000
76	Frame 88	1000	1000	1000	1000
77	Frame 88	1000	1000	1000	1000
78	Frame 88	1000	1000	1000	1000
79	Frame 88	1000	1000	1000	1000
80	Frame 88	1000	1000	1000	1000
81	Frame 88	1000	1000	1000	1000
82	Frame 88	1000	1000	1000	1000
83	Frame 88	1000	1000	1000	1000
84	Frame 88	1000	1000	1000	1000
85	Frame 88	1000	1000	1000	1000
86	Frame 88	1000	1000	1000	1000
87	Frame 88	1000	1000	1000	1000
88	Frame 88	1000	1000	1000	1000
89	Frame 88	1000	1000	1000	1000
90	Frame 88	1000	1000	1000	1000
91	Frame 88	1000	1000	1000	1000
92	Frame 88	1000	1000	1000	1000
93	Frame 88	1000	1000	1000	1000
94	Frame 88	1000	1000	1000	1000
95	Frame 88	1000	1000	1000	1000
96	Frame 88	1000	1000	1000	1000
97	Frame 88	1000	1000	1000	1000
98	Frame 88	1000	1000	1000	1000
99	Frame 88	1000	1000	1000	1000
100	Frame 88	1000	1000	1000	1000



Plans de réparation



*Importation niveaux de
corrosion pour calculs*

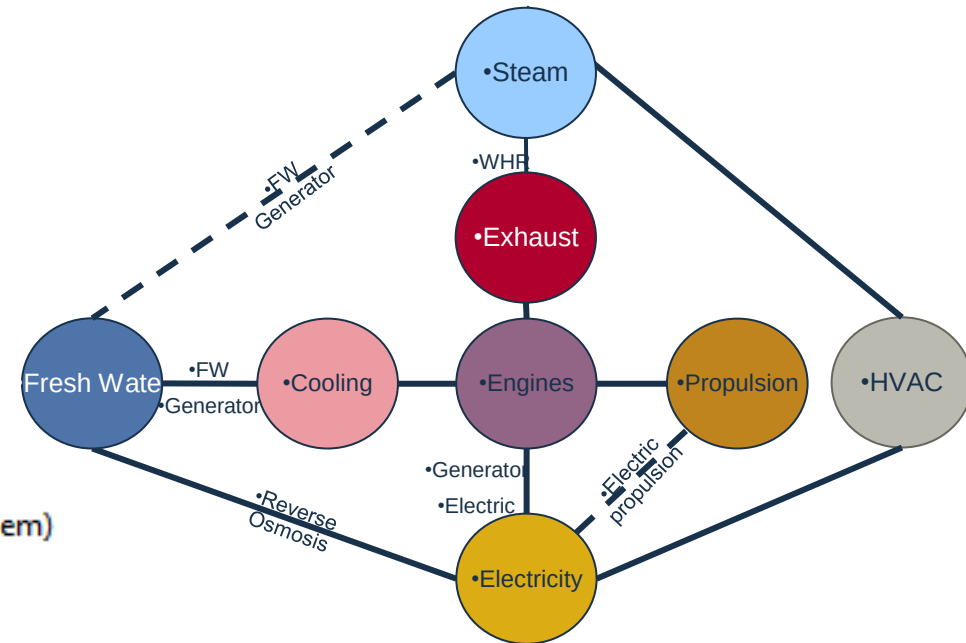
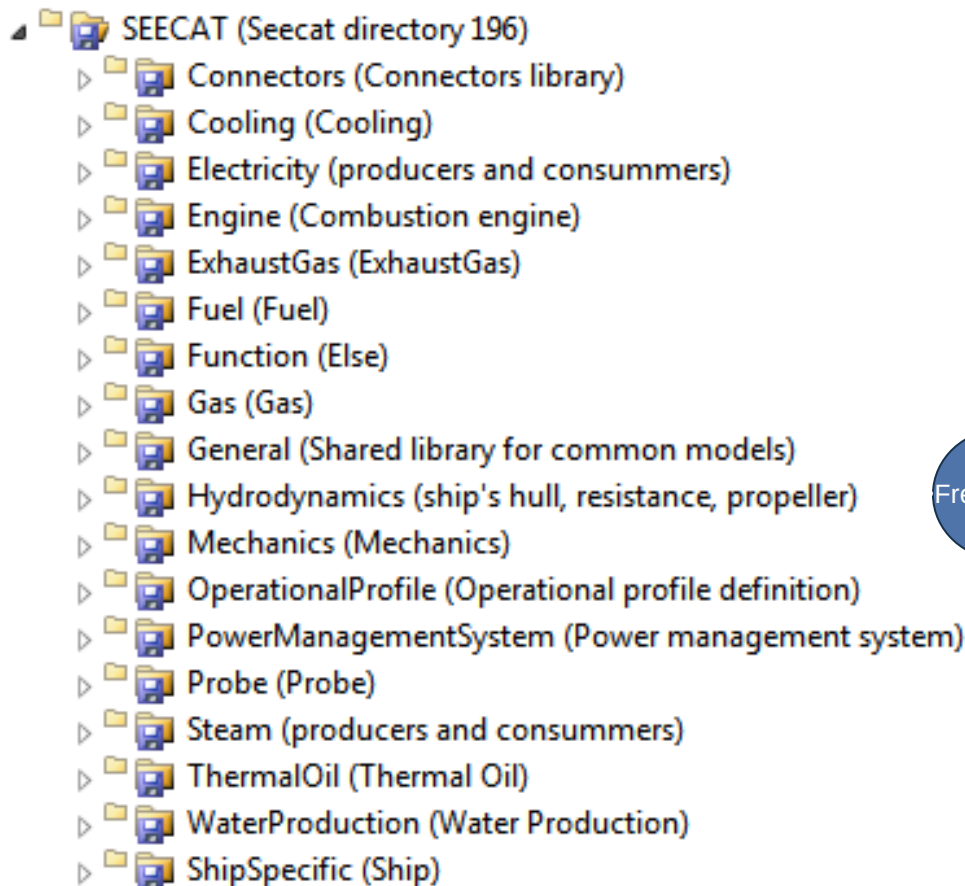
Visites et cales sèches mieux préparées et optimisées



64

Simulation énergétique: SEECAT

- ▶ Les gains éventuels de consommation énergétiques ne sont pas tous cumulables. Le logiciel SEECAT permet de simuler les flux d'énergie et donc d'estimer les gains possibles globalement
- ▶ Une centaine de composants:



Simulation des flux d'énergie

• EMISSIONS



- NO_x , SO_x
- CO₂, CH₄

• VAPEUR



• SMS



• ELECTRICITE



• PMS



• RESISTANCE - PROPULSION



• FUEL



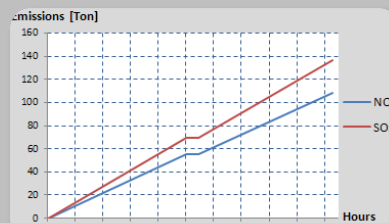
- HFO
- LSO
- MG
-

• Profil opérationnel



- Vitesse sur le voyage
- Conditions de chargement)

• RESULTATS



- Consommatio
- Emissions
- En fonction du temps



Harmonisation & innovation

Harmonisation

- L'IACS: des URs aux règles communes pour les vraquiers et les pétroliers
- Stabilise l'état de l'art
- S'applique aux navires dont la conception varie peu
- Réglementation par consensus
- Pas adapté aux outils de calcul
- Le partage des données est difficile



INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF CLASSIFICATION SOCIETIES

Innovation

- Indispensable pour les navires de type nouveau
- Réactivité plus grande
- Nécessaire pour développer des outils de calcul
- Individuellement coûteux (programme de mesures par exemple)
- Alimente la compétition



Move Forward with Confidence*