

T3.1.1

Document d'architecture du Système d'Information



Sommaire

T3.1.1 DOCUMENT D'ARCHITECTURE DU SYSTÈME D'INFORMATION	1
I. <u>OBJET DU DOCUMENT</u>	3
II. <u>INTERFACES DU SYSTÈME AVEC D'AUTRES SYSTÈMES ET AVEC LES UTILISATEURS</u>	3
1) PRINCIPALES FONCTIONNALITÉS DU SYSTÈME	3
2) INTERFACES AVEC D'AUTRES SYSTÈMES	14
III. <u>ARCHITECTURE CIBLE DU SI</u>	20
1) MODULES LOGICIELS	20
2) DÉPLOIEMENT DES LOGICIELS SUR LE MATÉRIEL.....	22
3) PLATEFORME D'INTÉGRATION.....	24
IV. <u>CHOIX TRANSVERSES DE L'ARCHITECTURE CIBLE</u>	27
1) ARCHITECTURE « WEB »	27
2) ISOLATION DES INTERFACES EXTERNES DU SYSTÈME	28
3) FRAMEWORK POUR L'AFFICHAGE DE COUCHES GÉO RÉFÉRENCÉES.....	28
4) DÉCOUPAGE FONCTIONNEL DU SYSTÈME	29
5) CARACTÉRISTIQUES DE L'ARCHITECTURE	29
V. <u>DESCRIPTION DES MODULES LOGICIELS DU PROTOTYPE DU SI DE L'OMD</u>	31
1) SUIVI DE LA SITUATION MARITIME EN TEMPS RÉEL	31
2) GESTION DE DONNÉES MD ET MÉTHODE SHORTCUT.....	44
3) WEBGNOME ET RÉCUPÉRATION DE DONNÉES MÉTÉO	51
4) ÉVALUATION DU RISQUE D'ACCIDENT PAR RÉSEAU DE NEURONES ET PAR DISTRIBUTION DE FOURIER	55
<u>ANNEXE 1 : FORMATS DES JSON DES PRINCIPALES INTERFACES DE LA PARTIE « SUIVI DE LA SITUATION MARITIME EN TEMPS RÉEL ».....</u>	58
<u>ANNEXE 2 : ILLUSTRATION DU FORMAT DU FICHER NETCDF POUR LES DONNÉES MÉTÉO DE LA PARTIE « WEBGNOME ET RÉCUPÉRATION DE DONNÉES MÉTÉO »</u>	
<u>ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.</u>	

I. Objet du document

Ce document décrit l'architecture du système d'information de l'Observatoire des Marchandises Dangereuses (OMD).

L'OMD fait l'objet d'un projet qui appartient à la famille des projets européens Interreg Marittimo (<http://interreg-maritime.eu/fr/programme>) liés à la gestion des risques en environnement portuaire et à l'amélioration conjointe de la sécurité en mer.

Ce projet OMD fait partie du cluster des projets de cette même famille aux côtés de 4 autres projets, ISIDE, Alacres 2, SINAPSI, et LOSE +. Ce cluster a décidé de mutualiser ses études, résultats et produits.

En s'attaquant à l'amélioration de la sécurité notamment dans le domaine du transport de marchandises dangereuses (MD), les partenaires du projet entendent du même coup apporter des réponses à l'enjeu environnemental.

Avec le Projet OMD, l'Europe et les partenaires du projet ambitionnent de participer à l'amélioration de la sécurité en mer du transport des marchandises dangereuses. Pour ce faire, à travers une méthode de partage et de collaboration, les partenaires souhaitent se doter de nouveaux systèmes de contrôle et de monitoring qui intègrent l'existant et en outre améliorent et harmonisent le niveau actuel de surveillance sur les territoires qu'ils représentent. À l'issue du projet, l'observatoire mis en place aura vocation à être pérenne, voire même à s'élargir à d'autres territoires.

Ce document présente d'abord le SI de l'OMD d'un point de vue externe en présentant ses fonctionnalités du point de vue de ses utilisateurs et ses interfaces avec d'autres systèmes et sources de données. Il décrit ensuite l'architecture cible du SI en détaillant le découpage en modules du SI visé, et son déploiement sur l'architecture matérielle grâce à une solution de virtualisation. Une synthèse des choix transverses qui ont guidé la définition de l'architecture cible du SI est présentée avec les propriétés obtenues pour l'architecture ainsi définie. Dans une dernière partie nous présentons les réalisations qui constituent le prototype du SI obtenu à l'issue du projet OMD qui s'inscrit dans la roadmap vers le système cible de l'OMD.

II. Interfaces du système avec d'autres systèmes et avec les utilisateurs

1) Principales fonctionnalités du système

a) Définition des premiers usages

Le système OMD doit être conçu pour être pratique, évolutif et ergonomique. Il doit permettre d'améliorer le niveau de sécurité dans les ports, accroître la visibilité et la transparence du transport des marchandises dangereuses dans le périmètre de l'étude et assurer le suivi des flux de celles-ci. Par ailleurs, il doit également être vu comme un système d'aide à la décision, en cas d'incidents, pour les autorités portuaires et les personnes en charge de la sécurité des ports.

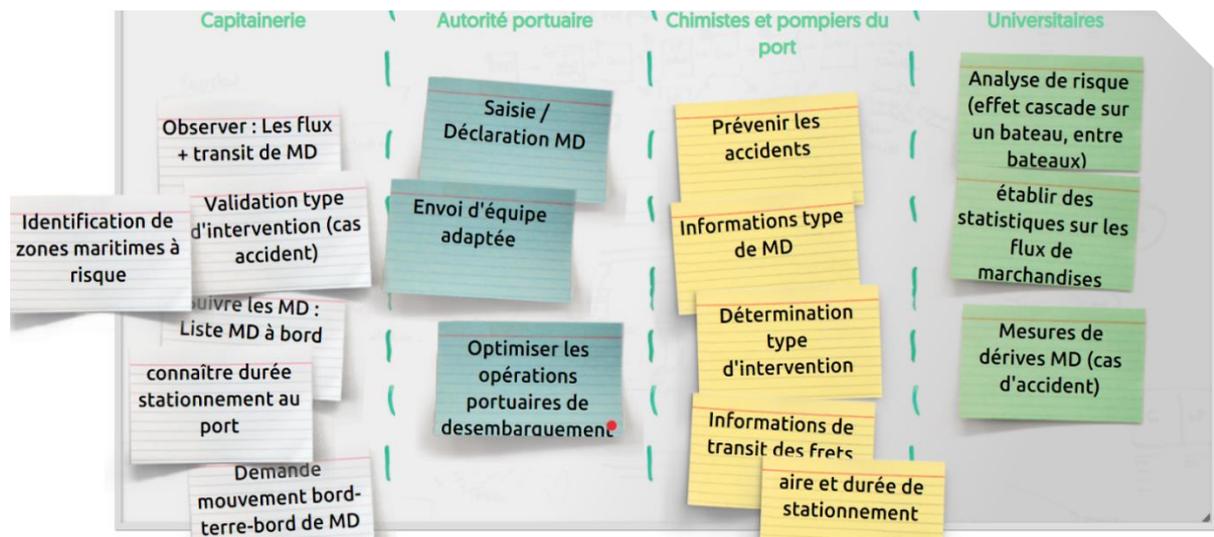
A ce jour, nous avons identifié 4 types d'utilisateurs principaux :

1. Autorités portuaires et capitaineries des ports d'intérêt
2. Chimistes des ports

3. Pompiers des ports
4. Chercheurs et universitaires

Afin de définir les premiers usages à mettre en œuvre dans ce système, nous avons organisé plusieurs workshops de septembre à décembre 2020 avec l'ensemble de nos partenaires. Ces workshops avaient pour objectif de co-construire les fonctionnalités du système et rendre cohérentes les actions des différents partenaires au regard des finalités recherchées pour le système.

Ainsi le premier workshop nous a permis de déterminer le périmètre du système (ports, zones portuaires, mer, ...) et de lister ses différents usages possibles :



A la suite de cet atelier collaboratif, plusieurs usages ont pu être identifiés. D'abord les usages liés à l'observation et le suivi des marchandises dangereuses dans le port et en transit, et d'autres usages axés sur la prévention des risques, ainsi que l'anticipation des interventions en cas d'incident.

Aussi, le système OMD devra répondre à minima aux besoins suivants :

- Suivi en temps réel de la situation liée à la présence de marchandises dangereuses dans le domaine portuaire ;
- Evaluation/ prévention du risque par le biais des modèles de prévision conçus lors de ce projet ou bien par un expert qualifié (en Italie un Expert Chimiste de Port) ;
- Intégration M2M avec les systèmes informatiques des ports ;
- Fiches de données de sécurité en ligne pour toutes les marchandises dangereuses.

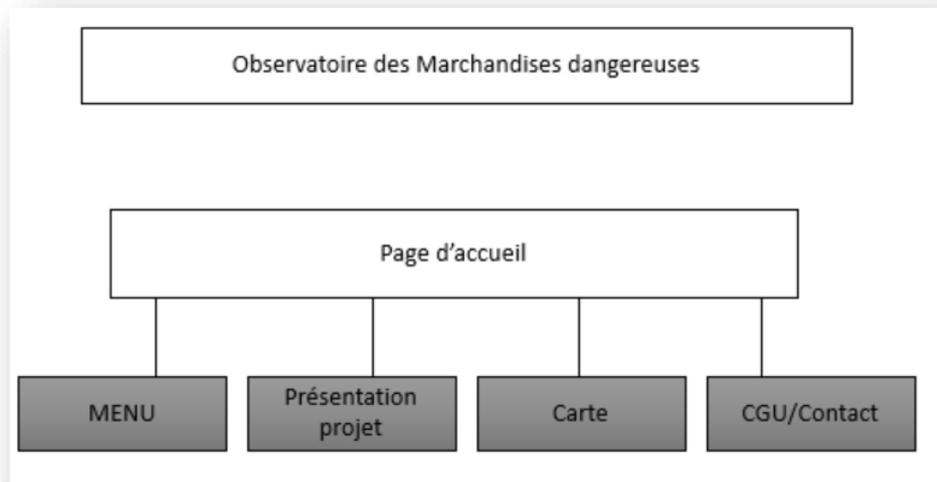
Le deuxième workshop avait pour objectif de définir les jeux de données nécessaires à l'implémentation du système à partir des usages identifiés dans le premier workshop ainsi qu'à l'identification des sources de données pour les collecter.

La synthèse de ces deux workshops est présentée dans le tableau suivant :

Objectif	Usages	Données nécessaires
Surveillance	Observer les flux et le transit des MD	1- Données cartographiques 2- AIS 3- Données MD 4- Fiches de sécurité 5- Données Navires
	Suivre les MD : Liste MD à bord	1- Données MD 2- Fiches de sécurité
	Consultation informations type de MD	1- Données MD 2- Fiches de sécurité
	Connaître aire et durée de stationnement au port	1- Données MD 2- AIS
	Etablir des statistiques sur les flux de marchandises dangereuses	1- Données MD 2- AIS
Analyse des risques	Prévenir les accidents	1- AIS 2- Données MD 3- Modèles de risque
	Analyse de risques (effet cascade sur la zone maritime et portuaire, sécurité des personnes, protection de l'environnement)	1- AIS 2- Données MD 3- Modèles de risque
	Mesures de dérives MD (cas d'accident)	1- Données sur les courants 2- Données Météo

b) Interface Homme-Machine :

L'IHM du système OMD doit donc permettre de réaliser les différentes actions listées ci-dessus. Le schéma fonctionnel retenu est le suivant :



À partir de ce schéma, nous proposons donc une application web, déclinée en français et en italien telle que représentée sur la Figure 1 :



Figure 1 : Page d'accueil du système OMD

Une brève présentation du projet OMD est fournie sur la page d'accueil avec notamment les partenaires du consortium, leur logos ainsi que les conditions générales d'utilisation (CGU). La fonction Carte et ses outils est également disponible à partir de cette page. Le bouton Menu permet d'accéder aux fonctionnalités du système OMD comme suit :

Fonction Carte :

La fonction Carte est une des plus importantes pour notre système. Elle permet la visualisation en temps réel des flux des navires et des marchandises dangereuses dans le périmètre du projet. Comme présenté sur la Figure 2, nous proposons que l'affichage des navires (de différents types) respecte un code couleur permettant de différencier visuellement les navires (1) :

- ✓ Vert : Navire avec des passagers
- ✓ Jaune : Bateau à grande vitesse
- ✓ Orange : Bateau de pêche
- ✓ Bleu : Plaisance
- ✓ Rouge : Cargo
- ✓ ...

De façon générale, dès qu'un bateau (quel que soit son type) transporte des MD une icône spécifique MD apparaît par-dessus l'icône du navire (2). D'autres types de navires préalablement identifiés peuvent être ajoutés en leur affectant à chaque fois une nouvelle couleur. La direction ou le cap du navire sera quant à lui indiqué par la position de l'icône pointue. Les informations concernant le déplacement du navire sont fournies dans l'AIS (vitesse, cap,...)

Les navires immobiles, ou à vitesse trop faible aux abords des ports notamment, sont désignés par des cercles respectant le même code couleur (3).

Les fonctionnalités de zoom (4) ou de sélection de zones (5) sont disponibles en bas de la carte ainsi que le choix des couches à afficher (en particulier en vue de futurs développements) (6).

Le widget curseur (7) permet à l'utilisateur d'afficher les informations essentielles d'un navire (8) à savoir :

- N° IMO
- Nom du navire
- Type de navire ou cargaison
- Port Destination
- Port de Départ
- La vitesse
- ETA (Estimated Time of Arrival) et ATD (Actual Time of Departure)
- La présence ou non de MD
- Compagnie
- Pavillon
- Etat : (en route, à l'ancre,...)
- La photo **quand elle existe**

Des informations plus détaillées sur le navire peuvent également être fournies à l'utilisateur à partir du bouton « Infos Navire » (9).



Figure 2 : Fonctionnalités de la couche carte

Fonction Affichage du Flux Temps réel :

La fonction Affichage du Flux temps réel (Figure 3) permet dans un premier temps de visualiser la situation globale en temps réel à savoir les flux de navires et des marchandises dangereuses depuis la couche carte (1). De plus, la fenêtre ainsi découpée en deux parties permet de rechercher et d'accéder à des informations spécifiques :

- 1- **Navires (2)** : cette fonctionnalité permet de rechercher et d'afficher sur la carte des informations spécifiques grâce aux différents filtres proposés. Ainsi, l'utilisateur qui souhaite retrouver un navire en particulier peut rentrer le N°IMO ou le nom du navire (3) pour l'afficher sur la carte (cas d'usage « incident »). Il peut également afficher tous les navires à destination ou en provenance d'un port donné (4).
- 2- **Marchandises dangereuses (5)** : Dans le même esprit que précédemment, cette fonctionnalité permet d'afficher des informations spécifiques des marchandises dangereuses. Lorsqu'un utilisateur recherche les flux d'une marchandise dangereuse donnée, d'une catégorie ou d'une classe de marchandises spécifique (6) il peut le faire en renseignant le N°UN de ladite marchandise, la classe ou la catégorie recherchée : le résultat (0 à plusieurs) est alors affiché sur la carte

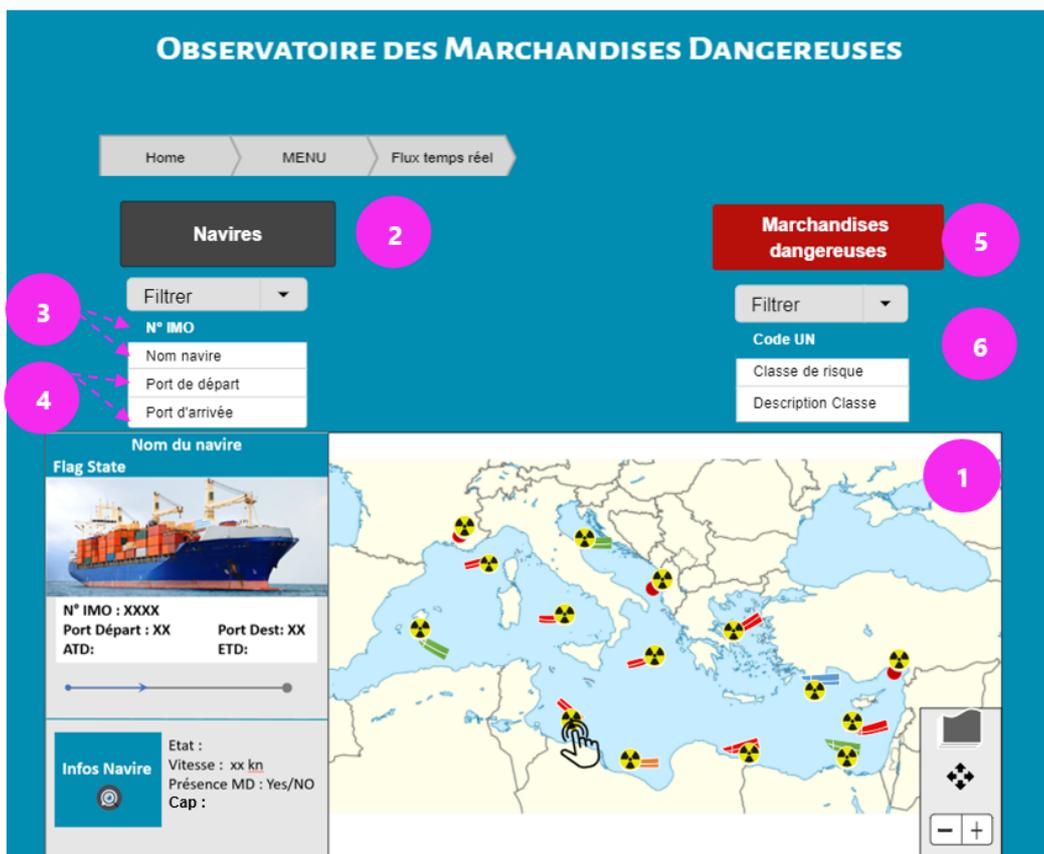


Figure 3 : Fonction Affichage du Flux Temps réel

Fonction Informations MD :

La fonction Informations Marchandises Dangereuses est au cœur du système puisqu'elle permet de réaliser la tâche principale du système OMD à savoir le suivi en temps réel des flux de marchandises dangereuses et l'accès à toutes les informations concernant ces marchandises.

Cette fonction, telle que présentée sur la Figure 4 est constituée de trois fonctionnalités essentielles lorsque l'on cherche à faire de la surveillance ou de la prévention de risque.

- 1- **Suivi Marchandises Dangereuses (1)** : permet à l'utilisateur de visualiser sur la carte les navires transportant une marchandise donnée tout en accédant aux diverses informations fournies par la fonction Carte.
- 2- **Informations Marchandises Dangereuses (2)** : permet l'accès et le téléchargement de la liste des « dossiers MD » à partir des filtres « port de départ », « port de destination » ou « sélection de la zone » (3) pour une date ou une plage de dates donnée (4). Ce dossier contient la liste détaillée des MD ainsi que les fiches de sécurité associées à chaque entrée dans cette liste. Cette fonctionnalité permet en outre de visualiser les fiches de sécurité des marchandises retournées dans le résultat de la recherche (5).
- 3- **Obtenir Fiche de sécurité (6)** : Enfin, cette fonctionnalité est celle qui permet à l'utilisateur d'accéder directement à la fiche de sécurité d'une marchandise renseignée par son code UN et de la télécharger (7).

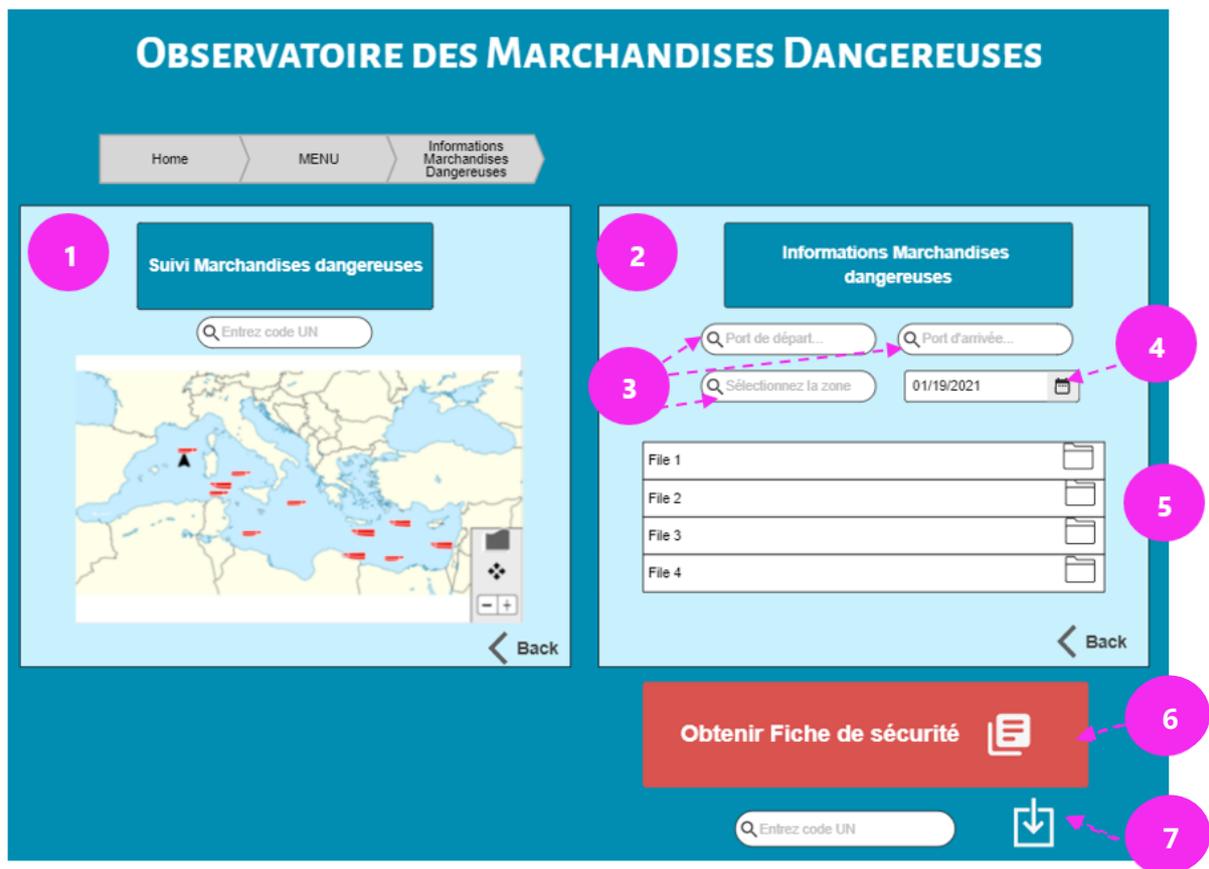


Figure 4 : Fonction Informations Marchandises dangereuses

Fonction Evaluation des risques

La composante T2 a permis d'identifier et de définir quatre modèles d'évaluation de risques qui pourront être mis en œuvre par les utilisateurs du SI de l'OMD :

- Un modèle qui s'appuie sur la méthode ShortCut, qui a été étendue dans le cadre du projet à un panel plus large de marchandises dangereuses, permet en fonction de la nature de la marchandise, de son emballage, de sa quantité, et des conditions météo, de calculer un rayon dans lequel il y a un risque de dommages. Il s'agit en fait de 4 cercles concentriques dont les rayons correspondent à une gravité des dommages décroissante du plus petit cercle au plus grand. Le SI visualisera ces cercles autour du navire transportant la marchandise dangereuse sur demande utilisateur.
- Un modèle pour la simulation d'événements accidentels générant un déversement d'hydrocarbures en mer qui est un outillage de l'utilisation de la plateforme WebGnome- développée par la NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration (USA). Les outils réalisés permettent le paramétrage de WebGnome avec la zone d'intérêt Marittimo, les conditions météo réelles (conditions de vent et de mer) à la date voulue. Les autres paramètres peuvent être complétés par l'utilisateur pour faire une simulation de la dispersion d'hydrocarbures déversés en mer à la position géographique souhaitée.

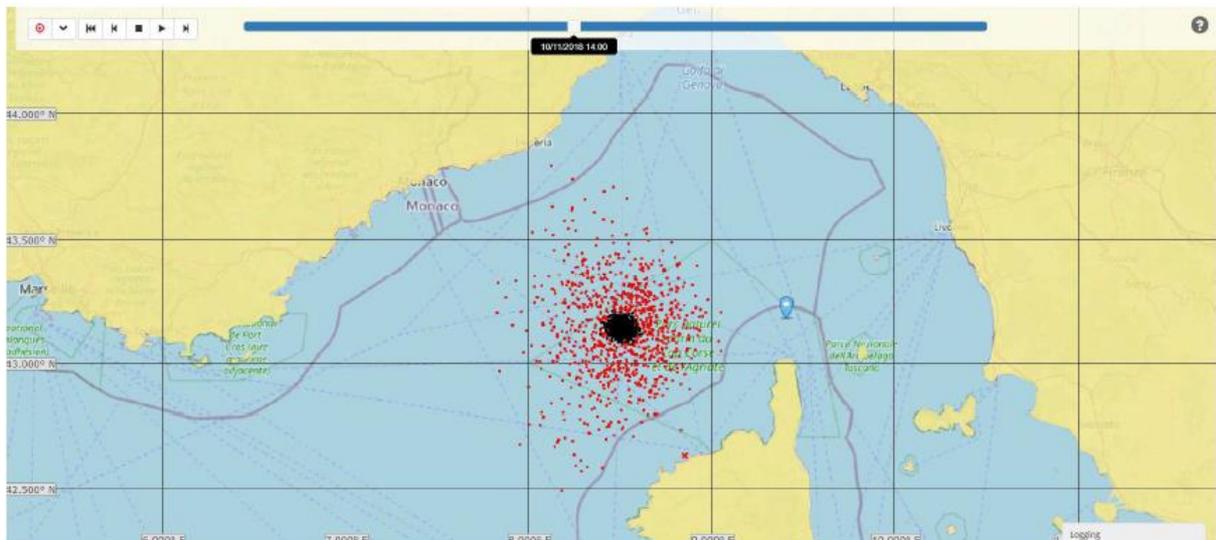


Figure 5 : Visualisation de la dispersion d'hydrocarbures par Webgnome

- Un modèle d'évaluation du risque d'accident par réseau de neurones dans la zone d'intérêt Marittimo en fonction des navires dans la zone et des conditions météo. Il génère une carte de risques pour une situation à un instant t qui représente un instantané de la probabilité de survenance d'un accident maritime en chaque point de la zone.
- Un modèle prenant les mêmes entrées et produisant les mêmes sorties que le précédent mais basé sur des prévisions par distribution de Fourier.

Fonction Simulation

La fonction Simulation (Figures 5 et 6) permet de jouer des scénarios spécifiques pour des fins de démonstration ou de formation. En effet, cette fonction peut être particulièrement utile en l'absence de données réelles. L'utilisateur peut donc simuler différentes situations que le système va pouvoir exécuter. Ces scénarios sont prédéfinis dans des fichiers de données distincts qui décrivent une situation donnée à simuler. Ainsi lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton « Play » (1), le système procède au chargement du fichier de paramètres correspondant (2) (3) et l'exécute en toute autonomie (4).

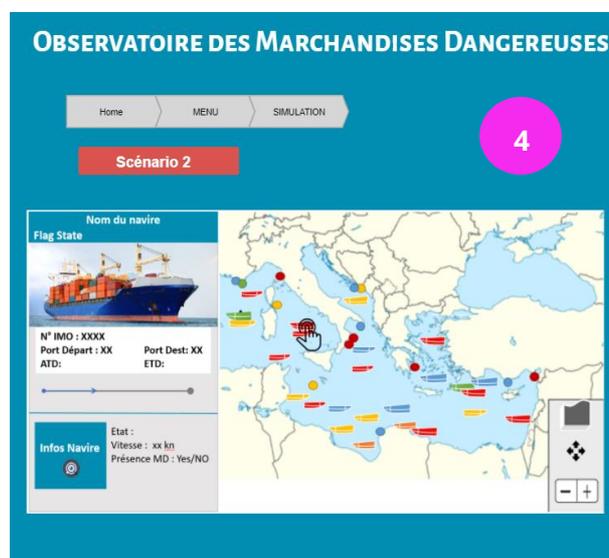
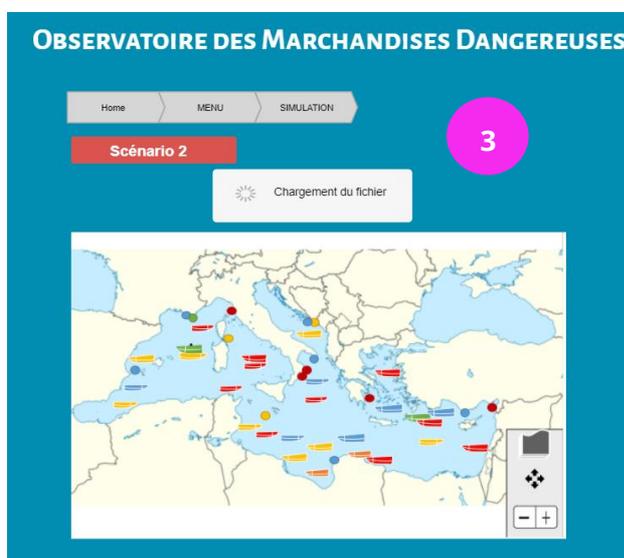
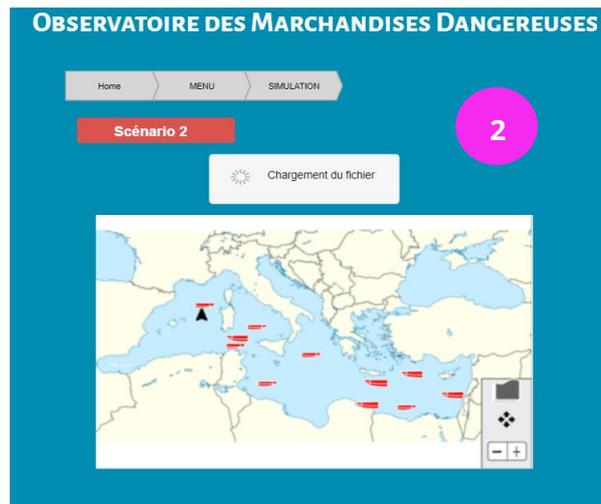


Figure 6 : Fonctionnement de la Fonction Simulation

Par ailleurs, il est également prévu une extension de cette fonction par l'ajout de nouveaux scénarios (5). Pour cela il suffit d'appuyer sur le bouton de chargement (Upload) en bas de la fenêtre pour que le système propose de sélectionner un fichier de paramètres (6). Une fois le fichier sélectionné, le système va procéder à son chargement. L'utilisateur peut suivre l'évolution du chargement sur le bouton créé pour le nouveau scénario (7).

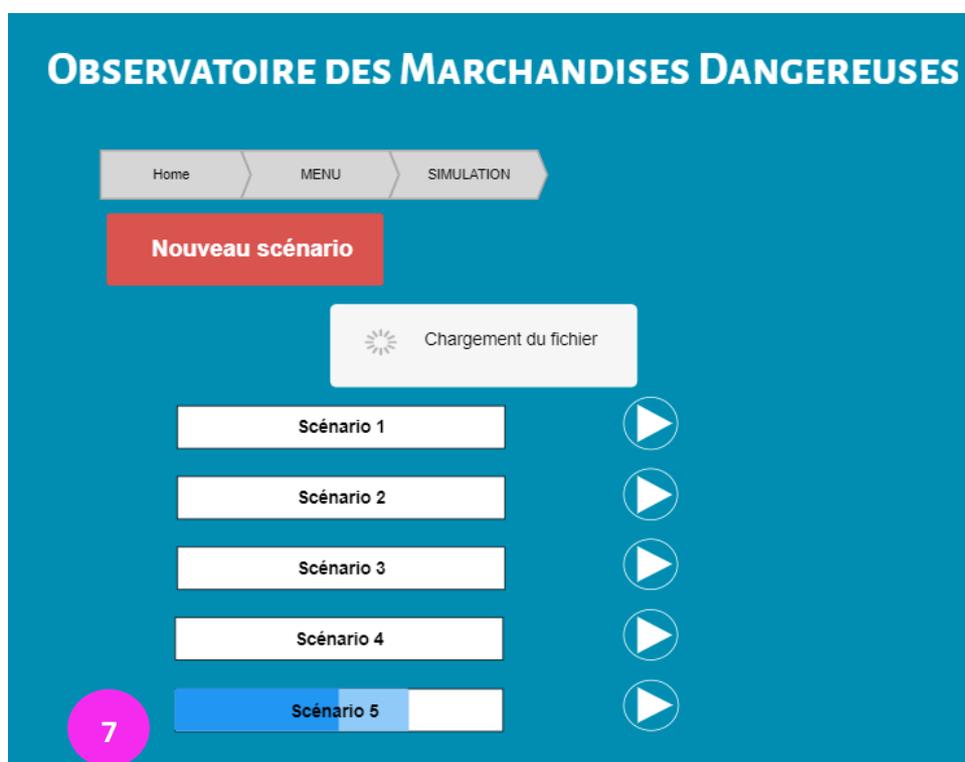


Figure 7 : Fonctionnement de la Fonction Simulation

Fonction Exploitation des données enregistrées

Cette fonction offre la possibilité d'exploiter les données AIS et sur les flux de MD que le SI enregistre.

Elle permet d'exporter des données de mouvements des navires et/ ou des marchandises dangereuses comme présenté sur la Figure 7. L'utilisateur peut ainsi choisir le type de données qu'il souhaite télécharger (1) associées sur une plage de temps (2) sous différents formats (3) pour permettre leur exploitation externe au SI de l'OMD par d'autres applications, par exemple dans l'objectif de mener des analyses.

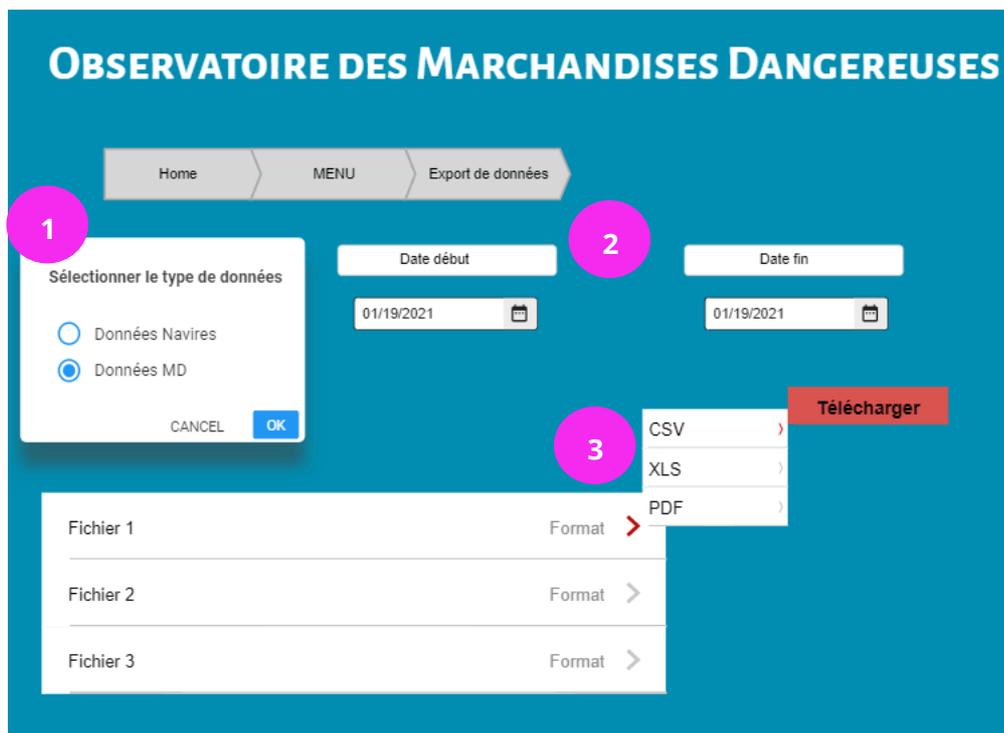


Figure 8 : Fonctionnement de la Fonction Export de données

Elle permet également de retrouver l'ensemble des positions d'un navire et ainsi de reconstituer sa trajectoire passée et de la visualiser.

2) Interfaces avec d'autres systèmes

La fourniture des fonctions identifiées du système suppose l'accès à des données gérées par des systèmes existants afin de les visualiser ou de pouvoir les exploiter dans des traitements informatiques, de pouvoir les corréler, alimenter des modèles, etc.

Les données identifiées comme nécessaires au SI d'OMD, dans la zone d'intérêt, sont les suivantes :

- Données d'identification des navires et de déplacement de ceux-ci (position courante et cinématique, port de départ et port d'arrivée, feuille de route complète)
- Données de description des navires (type, taille, contenance, photo, etc.)
- Description de la cargaison éventuelle de chaque navire en marchandises dangereuses (nature de et quantité de chacune)
- Fiches de sécurité associées à chaque nature de marchandises dangereuses
- Fond cartographique afin de visualiser les données géo référencées montrant au minimum le trait de côte.
- Données météo afin d'alimenter les modèles (conditions de mer et de vent)

Le contexte informatique existant pour accéder à ces différentes natures de données est le suivant :

Mouvement des navires

Concernant les mouvements en cours de navires, il existe un système standard international, l'AIS (Automatic Identification System) dont doivent obligatoirement être équipés les navires,

qui diffuse par ondes hertziennes un ensemble d'informations sur le navire émetteur et son déplacement.

Ce système collecte à bord les informations imposées par le standard, certaines automatiquement, grâce à son interfaçage avec des éléments du bord et certaines par saisie manuelle. Il les diffuse ensuite en se conformant au protocole de communication défini par le standard qui utilise les ondes HF. Ces données sont ensuite collectées et centralisées par divers organismes publiques ou privées qui, pour ces derniers, commercialisent des API pour y donner accès.

Description des navires

Concernant les informations de description des navires, sur leur propriétaire, etc., le standard AIS permet d'en récupérer certaines. Les différents systèmes d'information de gestion des données liées au transport maritime (cf. suite de cette section) en proposent également.

Il existe aussi des sociétés qui disposent d'importantes bases de données et qui commercialisent l'accès à ces données. L'une des plus connues et des plus complètes est celle d'IHS Markit (anciennement Lloyd's Register)

Fond cartographique

Concernant le fond cartographique, en particulier si seul le trait de côte est recherché, il existe de nombreux fournisseurs de ces données : tous les fournisseurs de services cartographiques bien connus comme Google Maps, proposent des API pour pouvoir intégrer leurs données sous forme de fond cartographique dans son SI.

Il existe aussi des sources ouvertes, notamment le projet collaboratif OpenSeaMap (<https://openseamap.org/index.php?id=31&L=3>), une extension d'OpenStreetMap dédié à la cartographie marine qui a une couverture mondiale et offre un accès par API à ses données cartographiques géo référencées.

Données météo

Concernant les données météo, il existe également de nombreux fournisseurs comme, par exemple, les services NOAA et Copernicus dont la précision des données convient aux modèles de risque définis dans le cadre du projet OMD.

Fiches de sécurité

Concernant les fiches de sécurité, la réglementation internationale impose qu'à chaque marchandise dangereuse transportée soit associée une fiche de sécurité établie par son producteur. Ces informations accompagnent ensuite l'enregistrement des cargaisons de marchandises dangereuses dans les systèmes informatiques associés (cf. suite de cette section, ou également le livrable T1.2.1).

Par ailleurs il existe des bases de données accessibles gratuitement sur internet compilant de nombreuses fiches de sécurité comme, par exemple :

1. <http://www.ericards.net/>: propose les cartes du CEFIC (European Chemical Industry Council) qui regroupe, par marchandise dangereuse, les informations à connaître pour les interventions en situation d'urgence (cartes ERIC). Chaque carte donne des orientations sur les premières procédures d'intervention que les équipes des pompiers doivent mettre en œuvre, lorsqu'ils arrivent sur les lieux d'un accident dans le transport de produits chimiques, en l'absence d'informations appropriées ou suffisantes sur le produit concerné, pour la gestion de l'urgence. Les cartes ERIC ont été créées pour les équipes d'intervention formées

à la gestion des urgences chimiques et contiennent des informations et des procédures pouvant nécessiter un équipement spécialisé.

2. https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listcards3?p_lang=fr: Fiches internationales de sécurité chimique (ICSC) par marchandise dangereuse de l'Organisation Internationale du Travail disponibles en 10 langues.

3. <https://www.phmsa.dot.gov/hazmat/erg/erg2020-french>: guide édité par l'US Department of Transportation destiné à être utilisé par les premiers intervenants pendant la phase initiale d'un accident de transport impliquant des marchandises dangereuses / matières dangereuses. Il existe en anglais, français et espagnol en format pdf. Les fichiers de données sont disponibles pour téléchargement.

4. <https://www.cdc.gov/niosh/npg/search.html>: guide de poche en ligne du NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) sur les risques chimiques.

Cargaisons de marchandises dangereuses

Concernant les informations sur les cargaisons de marchandises dangereuses, la législation internationale impose leur déclaration aux autorités portuaires avant embarquement, et donc avant le départ du port où elles sont embarquées, et impose également une déclaration des marchandises dangereuses à bord avant l'arrivée à un port. La législation internationale impose, sous la dénomination de FAL7, le contenu minimum du formulaire à remplir pour cette déclaration.

Ce formulaire est dématérialisé et la saisie d'informations correspondantes peut être effectuée par plusieurs acteurs selon leur organisation et leurs relations contractuelles.

Des directives européennes visent à uniformiser la saisie de ce formulaire et organisent une centralisation de l'information au niveau européen.

Néanmoins selon le pays et le port de départ ou d'arrivée, le système informatique dans lequel se fait la saisie peut varier. Elle est ensuite remontée au niveau européen directement par le SI dans lequel la saisie a été effectuée ou via un système national intermédiaire.

La situation est en partie différente entre la France et l'Italie.

Pour la France :

Pour se conformer à la directive européenne définissant la notion de guichet unique pour la saisie des déclarations obligatoires pour le transport maritime, la France a mis en place la solution suivante (cf. schéma). Chaque port français étant équipé d'un SIP avec une grande variabilité de fournisseurs entre les ports, le guichet unique est un site web qui pour chaque port renvoie vers la page d'accès au SIP de ce port. Les déclarations peuvent être faites, selon les capacités du système portuaire concerné, par l'import de fichiers informatiques produits par un système d'information propre à un acteur donné ou par un module qui peut être embarqué sur un ordinateur à bord d'un navire, ou par la saisie des informations directement via les écrans de saisie de ce système portuaire.

Ces déclarations sont ensuite transmises informatiquement jusqu'au système national appelé TRAFIC 2000 (abréviation T2K) qui centralise l'information pour l'ensemble de l'espace maritime.

TRAFIC 2000 transmet à son tour ces informations au système européen nommé SafeSeaNet exploité et maintenu par l'agence européenne EMSA (pour European Maritime Safety Agency). Différents acteurs peuvent accéder à ces informations via l'un ou l'autre des systèmes comme cela est représenté dans le schéma ci-dessous.

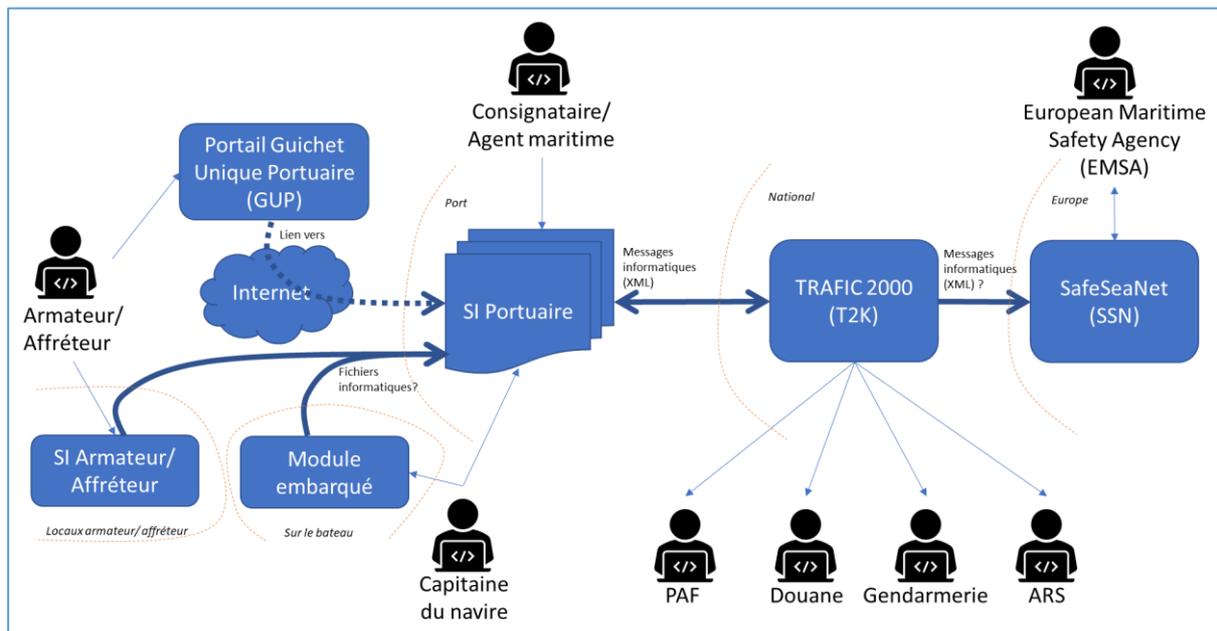


Figure 9 : Les principaux SI impliqués dans la gestion des données MD en France

Pour l'Italie :

Comme décrit dans le schéma ci-dessous, la saisie des données sur les cargaisons de marchandises dangereuses peut être effectuée dans le système portuaire (SIP) du port de départ ou d'arrivée quand il existe, ou s'il n'y a pas de SIP, par exemple dans les ports sardes, la saisie est effectuée directement dans le système national appelé PMIS (pour Port Management Information System).

L'information est, dans tous les cas, centralisée au niveau national italien dans le système PMIS et remontée vers le système SafeSeaNet de l'EMSA.

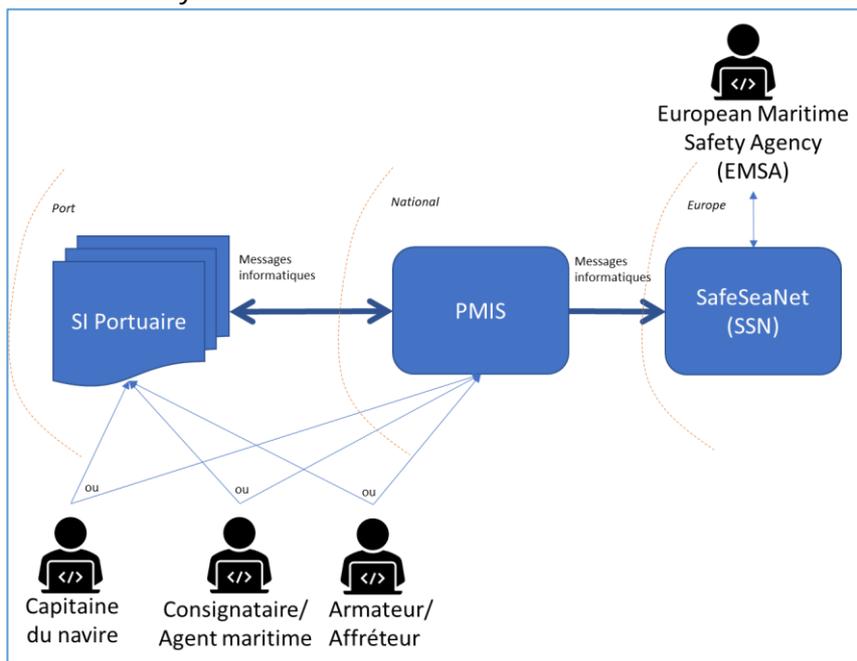


Figure 10 : Les principaux SI impliqués dans la gestion des données MD en Italie

Outre les types de données identifiés dans les précédents paragraphes, il faut souligner que les modèles d'évaluation de risque réalisés dans le cadre de l'OMD fournissent des résultats

qui évoluent au fur et à mesure que les données sur la situation maritime sont actualisées. C'est pourquoi les interfaces du SI à définir (et le fonctionnement global du système) doivent prévoir la prise en compte d'un flux « continu » de données reçues avec une récurrence suffisamment forte (inférieure à 10 secondes pour certaines). Cela nous amène à parler dans la suite de « temps réel » qu'il faut comprendre selon cette perspective.

Dans les paragraphes ci-dessous, nous concluons en synthèse sur les interfaces à prévoir pour le SI de l'OMD par nature de données nécessaires à son fonctionnement.

a) Mouvements des navires (données AIS)

Quand on parle de données AIS dans notre contexte, c'est un abus de langage pour parler des données concernant l'identité des navires dans la zone d'intérêt, leur position, leurs déplacements. Ce raccourci vient du fait que l'AIS s'est imposé comme une solution « naturelle » pour récupérer ces natures de données, car s'appuyant sur un standard mondialement déployé et un écosystème riche. Comme expliqué plus haut, il existe de nombreuses sources de données AIS, par exemple via des fournisseurs privés, ou des fournisseurs publics, ou en se connectant directement à un AIS. Chacune de ces sources proposera sa propre interface pour récupérer les données (dans le cas de récupération de données brutes via une connexion à un AIS, l'interface récupérera directement les messages du standard de communication entre AIS, cf. livrable T2.2.2).

Dans le cadre du projet OMD, les analyses menées ont montré que chaque solution pour récupérer des données AIS présente des avantages mais aussi des difficultés, ainsi aucune solution définitive de récupération de ces données n'a été entérinée pour le SI de l'OMD. Par ailleurs, il paraît réaliste de penser que le SI cible devra être capable de récupérer ces données auprès de plusieurs sources.

En synthèse cette interface doit être conçue de manière à :

- Pouvoir se connecter simultanément à plusieurs sources de données AIS
- Recevoir ces données en temps réel
- Consolider les données reçues pour en avoir une vision globale dans un format unique défini par le projet OMD

b) Cargaisons de Marchandises dangereuses

Comme discuté plus haut, les données sur les cargaisons de MD sont gérées dans une chaîne de systèmes informatiques qui les consolident sur des zones géographiques de plus en plus vastes, avec des variantes selon les ports et les pays : SIP dans certains ports, au niveau national PMIS en Italie et Trafic2000 en France, SafeSeaNet au niveau européen.

Il est techniquement possible de récupérer des données sur les marchandises dangereuses à bord des navires dans la zone d'intérêt auprès de chacun de ces systèmes.

Mais des contraintes, par exemple réglementaires ou de confidentialité, contraignent la possibilité d'avoir l'autorisation d'accéder aux données gérées par ces systèmes. Pour chacun d'entre eux, de nombreuses parties prenantes et des responsabilités réparties entre elles rendent extrêmement complexe l'obtention d'autorisation pour les partenaires de l'OMD.

Un aperçu de la réglementation est par exemple synthétisé dans le livrable T1.2.1 du projet.

Une étude menée dans le cadre du projet OMD (livrable T1.2.2) montre que la typologie de données collectées et échangées est voisine entre l'Italie et la France, et probablement également au niveau européen.

C'est pourquoi nous choisissons pour l'architecture cible du SI de l'OMD une approche pour les données MD similaire à celle retenue pour les données AIS. L'interface du système pour les données MD doit être capable :

- Se connecter simultanément à plusieurs sources de données sur les cargaisons de MD et s'adapter à chacune, à son protocole de communication et son format de données
- Recevoir ces données en temps réel
- Consolider les données reçues pour en avoir une vision globale dans un format unique défini par le projet OMD pour ensuite les exploiter au sein du SI de l'OMD (une proposition est formalisée dans le document T1.2.2).

c) Fiches De Sécurité

La fiche de sécurité est un document associé à la marchandise dangereuse permettant d'avoir des informations sur celles-ci et des recommandations sur les mesures à adopter en cas d'accident.

L'interface la plus appropriée pour récupérer un document est dans notre contexte l'appel à une URL (par exemple une API REST) avec comme paramètre l'identifiant de la marchandise dangereuse et la langue de l'interface graphique.

Pour des raisons de simplicité et de démonstrativité, l'URL par défaut retenue est celle d'Ericards mais cela pourrait facilement être adapté pour rechercher l'information auprès d'une autre source de fiches de sécurité, par exemple l'une de celles citées plus haut dans ce document.

d) Descriptions des navires

Dans le cadre du SI de l'OMD, en première analyse les données collectées via un AIS sur le navire et son propriétaire sont des données suffisantes pour les usages identifiés, c'est pourquoi aucune nouvelle interface n'a été définie pour ces données.

Pour rendre l'interface graphique plus agréable d'utilisation, nous avons simplement ajouter une photographie du navire, quand nous en disposons. La base de données des photographies des navires est gérée en interne du système.

A terme il faudra probablement, en fonction du retour d'expérience, définir une interface spécifique du SI pour récupérer ces données auprès d'une source externe.

e) Fond cartographique

L'existence d'OpenStreetMap et son utilisation massive par l'industrie du web fait que son interface de requêtage d'un fond cartographique (souvent appelé XYZ service, cf. par exemple https://en.wikipedia.org/wiki/Tiled_web_map) sous forme d'un ensemble de « tuiles » (« tile » en anglais) est devenu un standard de fait.

C'est pourquoi nous faisons le choix pour le SI de l'OMD de s'appuyer sur cette interface. Ainsi, par simple paramétrage de notre système (en indiquant l'URL du service à requêter), nous pourrions changer de système fournisseur du fond cartographique.

III. Architecture cible du SI

1) Modules logiciels

Pour une gestion efficace de la réalisation du SI de l'OMD, celui-ci est découpé en modules selon une logique décrite dans la section suivante de ce document (Choix d'architecture transverses).

Chaque module logiciel peut ainsi être réalisé indépendamment et interagit avec les autres modules selon des interfaces bien définies.

Dans le schéma ci-dessous sont représentés les différents modules (rectangles bleus ou oranges) et les interfaces entre eux (flèches pointillées).

Les nuages représentent des sources d'information accessibles sur Internet qui permettent d'accéder à des données directement visualisables sans traitement particulier.

Enfin la flèche double (« Export données pour statistiques ») représente une interface pour extraire des données du système afin de leur exploitation dans un autre outil, par exemple à des fins d'établissement de statistiques sur ces données.

Les principales fonctions identifiées sont la fourniture d'une visualisation des mouvements des navires et des cargaisons de marchandises dangereuses associées, la possibilité d'historiser et exploiter ces informations à des fins de statistiques et d'analyse, la possibilité d'exploiter des modèles de risque. Cela nous donne un premier découpage qui est complété d'un découpage client-serveur en particulier en isolant une couche de visualisation des indications issues des modèles de risque. Par ailleurs les principales interfaces externes (mouvements des navires et informations sur les flux de marchandises dangereuses) sont isolées.

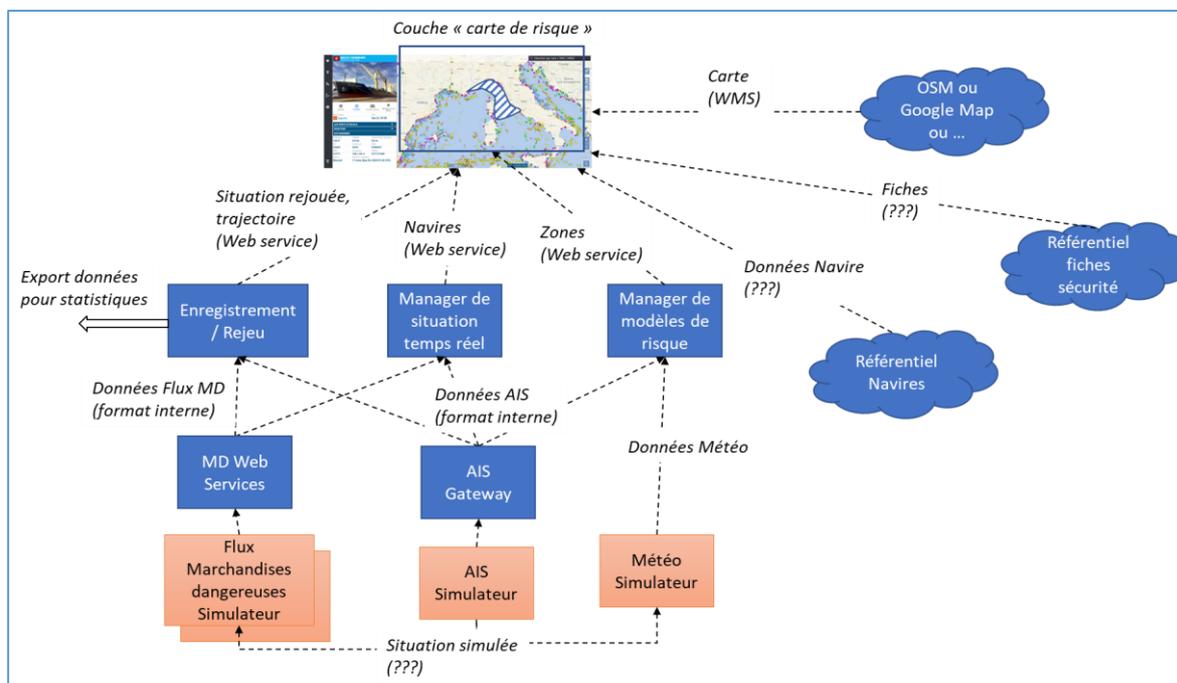


Figure 11 : découpage en modules logiciels du SI de l'OMD

Les différents modules ainsi identifiés ont pour rôle respectif :

- Visualisation de la situation: ce module graphique regroupe à la fois une représentation de données géo référencée superposant sur un fond cartographique, la position des navires dans la zone d'intérêt. Cette visualisation est mise à jour avec une récurrence importante de l'ordre de la seconde. Il est également possible d'afficher les caractéristiques associées à ce navire et à sa cargaison ainsi que de filtrer les visualisations en fonction du besoin de l'utilisateur. Si des ressources Internet sont disponibles pour donner plus d'informations sur le navire où la marchandise dangereuse concernées, alors ce module permet de les visualiser. Il met également en place un système de menus hiérarchiques qui pourra être étendu avec l'ajout de futures fonctionnalités.
- Couche de visualisation des cartes de risque: ce module utilise la capacité du framework graphique mis en place pour superposer une ou plusieurs couches de visualisation proposant des indications graphiques géo référencées permettant en un regard d'avoir l'information sur les risques associés à une situation. L'information sur les risques étant fournie par le Manager de modèles de risque.
- Manager de situation temps réel: ce module reçoit les mises à jour en quasi-temps réel des informations sur les mouvements des navires et sur leur cargaison provenant de différentes sources. Son rôle est d'agréger ces données provenant de plusieurs sources pour reconstituer une situation unique et globale de la zone d'intérêt, par exemple en associant par navire les données de position et de cargaison grâce à leur identifiant. Ce module peut alors communiquer cette information aux autres modules qui en ont l'usage. Ce module gérant la situation courante, il ne garde pas d'historique des données reçues.
- Passerelle AIS: ce module a pour rôle de recevoir des données collectées via le protocole AIS et de les transmettre dans un format unique et interne au SI d'OMD aux autres modules concernés. Ce module est conçu de manière à qu'il puisse y avoir plusieurs instances connectées à différentes sources AIS ne fournissant chacune qu'une partie des données.
- Manager Enregistrement/ Rejeu: ce module collecte les données du SI et les historise de manière à pouvoir à la demande les exporter dans un format facilement exploitable par d'autres logiciels, par exemple pour établir des statistiques et mener des analyses sur les flux de navires transportant des marchandises dangereuses dans la zone d'intérêt. Ce module inclut une interface graphique qui s'intègre à celle du module « Visualisation de la situation » grâce au framework utilisé. Cette interface présente à l'utilisateur un formulaire qui lui permet de configurer l'export de données. Ce module permet aussi sur demande de l'utilisateur de visualiser sur une couche graphique dédiée la trajectoire d'un navire constituée de l'ensemble de ses positions successives dans un intervalle de temps spécifié. Enfin ce module offre un mode magnétoscope qui permet de revoir sur une couche graphique dédiée l'ensemble des mouvements de navires dans la zone d'intérêt pour un intervalle de temps spécifié par l'utilisateur.
- Web Services Marchandises Dangereuses: ce module expose une interface de type web service (conforme aux choix d'architecture transverses présentés plus haut dans ce document, donc sous forme d'API REST) qui permet de s'interfacer avec les systèmes disposant des informations sur les cargaisons de marchandises dangereuses des navires dans la zone d'intérêt. Il transmet ensuite ces données dans un format unique et interne au SI d'OMD aux autres modules concernés.

- Manager Modèles de risques : ce module gère les différents modèles de risque au cœur du SI de l'OMD. Il intègre l'ensemble de ces modèles. Il collecte et agrège les données provenant de différentes sources nécessaires pour alimenter ces modèles, par exemple les données météo de la zone d'intérêt ou les positions des navires dans cette zone, et envoie les résultats de ces modèles aux autres modules concernés. Il est important de souligner que la réalisation de ce module présuppose que les modèles *ont été construits en amont* en s'appuyant sur des jeux de données qui ne font pas partie du SI de l'OMD (par exemple pour l'apprentissage de réseaux de neurones ou l'établissement de modèles statistiques ou probabilistes). Ces données qui ne font pas partie du SI mais pourraient être utiles à l'établissement de ces modèles pourraient par exemple être des données sur l'historique des accidents liés au transport de marchandises dangereuses. Les modèles étant construits dans la composante T2, ils sont ensuite intégrés via ce module au SI de l'OMD.
- Simulateur de Flux Marchandises dangereuses : ce module simule un système fournissant des informations sur les cargaisons de marchandises dangereuses de navires. Il peut être instancier plusieurs fois pour simuler la présence de plusieurs systèmes connectés simultanément au SI de l'OMD. Sa simulation doit pouvoir se conformer à un scénario prédéfini. De plus il assure une cohérence de sa simulation avec les informations reçues d'un autre simulateur. Ce module inclut une interface graphique qui s'intègre à celle du module « Visualisation de la situation » grâce au framework utilisé. Cette interface présente à l'utilisateur un formulaire qui lui permet de lancer le simulateur avec ses paramètres. Ce module a une double fonction : il permet tout d'abord de tester le SI de l'OMD. Par ailleurs, selon la difficulté à obtenir l'ensemble des accords nécessaires pour se connecter à un système réel, il permettra de faire des démonstrations du SI de l'OMD auprès de futurs utilisateurs. Il pourrait à terme avoir potentiellement une troisième utilité : il pourrait être intégré au système lui-même afin que le système puisse servir à simuler des situations de crise et soit utilisé dans le cadre d'exercices ou de formation.
- Simulateur AIS : de manière similaire au module ci-dessus, celui-ci simule une source de données AIS sur les mouvements de navires. De même il peut être instancier plusieurs fois, il doit pouvoir se conformer à un scénario prédéfini, et fournit une interface graphique. Par ailleurs il fournit aux autres simulateurs des informations sur le scénario qu'il simule afin d'avoir une cohérence des simulations (par exemple le temps courant, la zone géographique de la simulation, les navires simulés, ...)
- Simulateur Météo : ce module a les mêmes caractéristiques que les deux précédents (possibilité de l'instancier plusieurs fois, respect d'un scénario prédéfini, assure la cohérence de sa simulation avec les informations reçues, interface graphique de lancement). Il est dédié à la simulation de la situation météo qui alimente le gestionnaire de modèles de risque.

2) Déploiement des logiciels sur le matériel

Afin de maximiser l'autonomie des partenaires du projet en termes de choix technologiques, nous faisons le choix d'adopter la virtualisation comme principe d'exécution des modules logiciels sur la plateforme matérielle.

Outre le fait que chaque partenaire pourra ainsi choisir les technologies logicielles et le système d'exploitation qui lui paraissent les plus appropriés, les plus familiers, pour la réalisation de ses modules, la virtualisation offre la possibilité de s'abstraire d'une architecture

matérielle particulière ce qui permettra ultérieurement de déployer et exécuter le SI d'OMD sur différentes configurations matérielles sans modification.

Pour le déploiement des modules OMD basé sur la virtualisation, trois approches ont été analysées sur la manière dont les partenaires techniques peuvent installer ou changer sur la plateforme OMD les versions des modules qu'ils développent.

La première consiste à développer leurs modules sous forme d'une solution « dockerisée ». Plus précisément, des activités de développement sont effectuées, un ensemble bien défini de tests unitaires est exécuté, une nouvelle version de l'image docker correspondante est créée puis téléchargée dans le registre d'images Docker du projet. La nouvelle image est extraite de l'environnement cible et un nouveau conteneur est lancé à partir de celui-ci. Cette approche n'est pas adaptée aux modules qui ne pourraient pas être conditionnés sous forme d'images de Docker.

La deuxième dont les développeurs peuvent disposer pendant le processus de développement est d'utiliser des VM dédiées au processus de développement et aux tests avec la solution VMWare retenue (cf. partie suivante) :

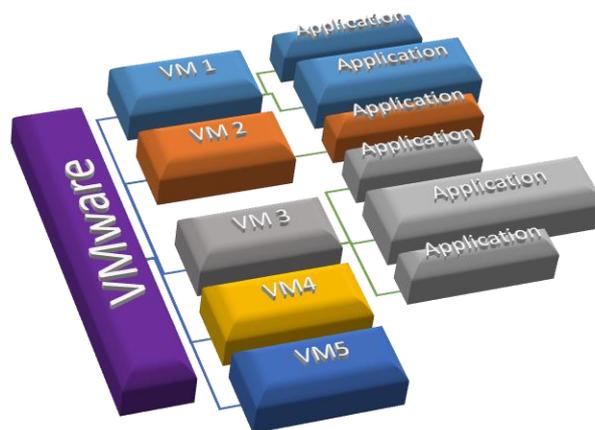


Figure 12 : Virtualisation des applications basées sur l'hyperviseur VMWare

Une fois que les modules ont atteint le statut souhaité pour être publiés, de nouvelles VM sont créées, et spécifiquement clonées à partir des VM de développement, afin d'être utilisées comme environnement de production directement sur la plateforme OMD. Cette solution présente l'avantage de s'adapter à tous les modules, quelle que soit la technologie utilisée pour leur développement, ce qui résout le défaut de la précédente, mais elle est plus coûteuse car chaque VM a besoin de ressources matérielles sur le serveur hôte.

Il existe également une troisième possibilité qui associe les deux précédentes : le déploiement à l'aide de machines virtuelles et de conteneurs Docker. Dans cette approche, l'environnement de déploiement hébergera une machine virtuelle pour chaque module qui ne peut pas être « dockerisé » et une machine virtuelle où sera installé le moteur Docker. Tous les modules qui le peuvent seront déployés dans ce moteur. Cette approche intègre les avantages des deux solutions présentées ci-dessus, minimise les ressources matérielles nécessaires et n'exclut pas les solutions qui ne peuvent pas être « dockerisées ».

Parfois, cependant, les modules « dockerisés » dépendent d'un système d'exploitation particulier. Par exemple, il existe des outils qui peuvent fonctionner dans un Docker Container mais qui utilisent des composants Windows. Ces conteneurs ne peuvent pas fonctionner avec un moteur Docker installé sur des plates-formes Linux. Afin de répondre à cette limite, les solutions suivantes sont disponibles :

- Une machine virtuelle Windows avec le moteur Docker pour les modules qui peuvent être « dockerisés » mais qui dépendent du système d'exploitation Windows
- Une machine virtuelle Linux avec le moteur Docker pour les modules qui peuvent être « dockerisés » et dont les conteneurs peuvent fonctionner sur des plateformes Linux
- D'autres machines virtuelles Linux ou Windows peuvent être créées (une pour chaque module) pour les modules qui ne peut pas être « dockerisés ».

Cette solution est la plus complète et constitue l'approche retenue pour la conception de la plate-forme OMD du point de vue du déploiement. Elle est résumée dans le schéma ci-dessous :

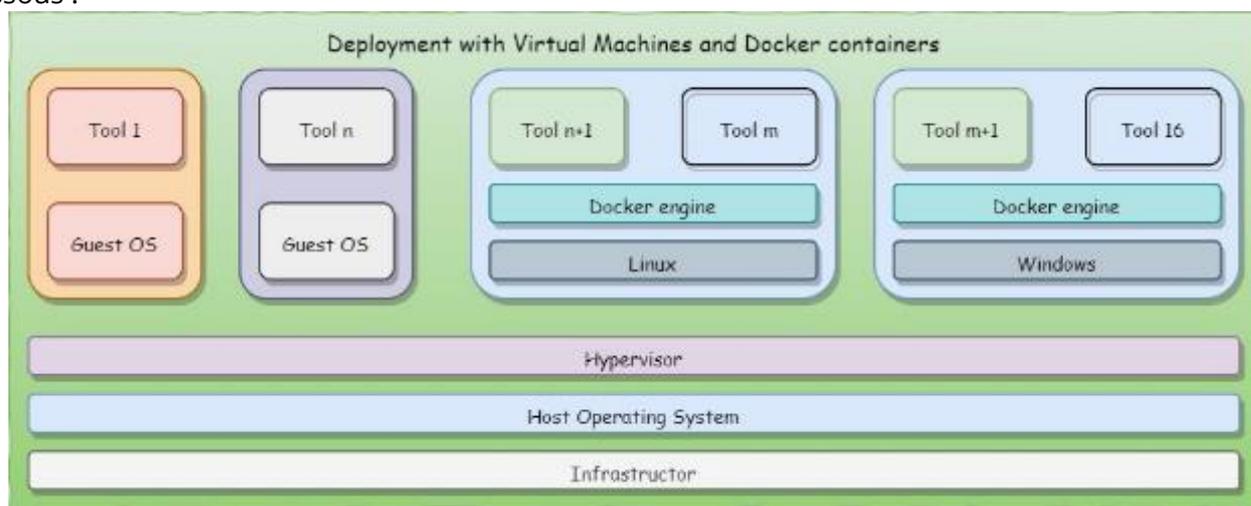


Figure 13 : La solution pour héberger des applications sous forme de VMs ou de Dockers

Au moment de la rédaction de ce document, nous n'avons pas encore identifié le choix à adopter pour chacun des modules composant le SI d'OMD.

Des outils doivent être sélectionnés pour la gestion des conteneurs et des machines virtuelles. Plusieurs solutions ont été analysées et nous envisageons les choix suivants :

- Interface utilisateur du Docker Registry pour la gestion des images du Docker
- Portainer pour la gestion des conteneurs Docker
- VMWare vSphere Hypervisor pour la gestion des VMs.

3) Plateforme d'intégration

La phase d'intégration des modules des différents partenaires pour produire le SI complet d'OMD nécessitera que les partenaires effectuent deux à deux des tests d'intégration entre leurs modules ayant des interfaces communes leur permettant d'échanger des données ou que l'un soumette des requêtes à l'autre.

Afin de faciliter cette phase, TVT/SF met à disposition une plateforme d'intégration sur laquelle pourront être déployés l'ensemble des modules du SI d'OMD, pour ensuite mener les tests d'intégration nécessaires à la vérification du bon fonctionnement du SI.

La plateforme matérielle proposée est un module Bull SEQUANA S200, qui est un ordinateur bi-processeurs inclus dans un rack 2U avec :

- 2 processeurs Intel Xeon 6140
- 1,5 TB de RAM
- 2 interfaces réseau 10 Gbps SFP+
- 24 TB de stockage (6 disques durs de 4 TB)

Cette configuration est extensible jusqu'à 8 modules du même type, ce qui permet d'augmenter la capacité de traitement, de stockage et de mémoire. Il est également possible d'ajouter des unités de calcul GPU pour les processus de calcul parallèle lourds.

Il est doté d'une solution de virtualisation basée sur l'hyperviseur VMware® vSphere 6 permettant de créer et de gérer des machines virtuelles dont chacune peut avoir un système d'exploitation et une configuration différents.

Chaque partenaire disposera d'une ou plusieurs machines virtuelles (VM) dédiées dont les caractéristiques seront définies en fonction des besoins de ses modules et des capacités de la plateforme.

TVT/SF prendra en charge les tâches d'administration de la plateforme telles que la création et la configuration des VM.

Lorsqu'une application d'un partenaire est disponible sous forme de VM, il est important qu'elle puisse être configurée dans le système VMware. Il est de la responsabilité du partenaire de fournir les éléments nécessaires au paramétrage de la VM dédiée.

TVT/SF peut aider à installer le système d'exploitation fourni par les partenaires :

- Pour Linux, nous avons besoin d'une image ISO et d'instructions pour installer le système.
- Pour le système Microsoft Windows, les partenaires doivent fournir un support d'installation et une clé de licence.

Chaque partenaire sera responsable des logiciels installés sur sa propre VM, y compris les licences pour les logiciels non libres.

Les VM seront connectées à un réseau local (Gigabit Ethernet) et auront un accès à distance via une connexion à haut débit à l'Internet (100 Mbit/s - symétrique)

Le stockage local dans le serveur sera sauvegardé sur le NAS à l'aide d'un logiciel de sauvegarde.

Les caractéristiques du NAS sont les suivantes :

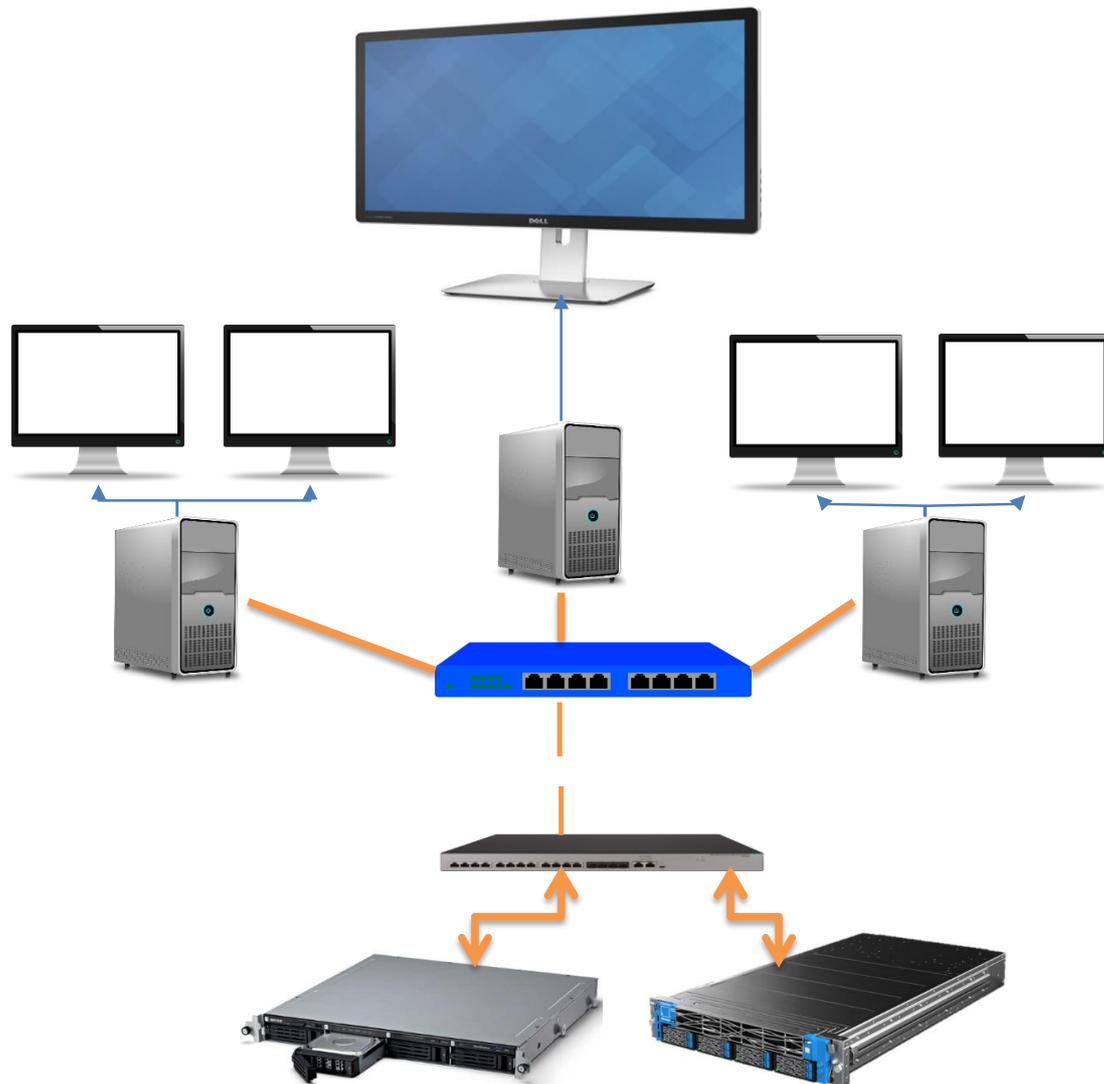
- Serveur NAS Synology RackStation 816
 - Gérable via une interface graphique / web
 - Disque dur de 4x 4TB
 - 2X ports Gigabit Ethernet

Cette plateforme d'intégration pourra également servir comme plateforme de démonstration en étant complétée avec le matériel suivant mis à disposition dans les locaux de TVT/SF :

- 3 postes de travail Dell Precision 5810 chacun composé de :
 - Dell Precision 5810, châssis 685W, module TPM, v2, BW
 - Processeur Intel® Xeon® E5-1660 v3 (8C, 3 GHz, 20 Mo de cache, 140 W)
 - 2x 4GB NVIDIA® Quadro® M2000 double port (4 DP) cartes graphiques
 - 64 Go (4 x 16 Go) de mémoire DDR4 RDIMM ECC à 2400 MHz,
 - Disque SSD SATA de 1 To 2,5" classe 20
 - Windows 10 Professional,

- Un écran d'affichage 55" 4K, permettant la connexion d'un poste de travail
- 4x Moniteurs Oled 27 " WQHD (2560x1440) connectés aux postes de travail. Des écrans supplémentaires peuvent être branchés, jusqu'à 8 au total pour chaque poste de travail.
- Un commutateur réseau
 - HPE OfficeConnect 1950 12XGT 4SFP
 - 12x 1/10Gb/s ports
 - 2x SFP+ ports
 - Permet la mise en place de VLAN

Le schéma ci-dessous montre le synoptique complet de la plateforme de démonstration :



IV. Choix transverses de l'architecture cible

1) Architecture « web »

Dès la définition de l'architecture du SI de l'OMD, nous souhaitons pouvoir avoir plusieurs utilisateurs connectés simultanément au système.

Par ailleurs le SI visé dans le cadre du projet n'est qu'une première version qui doit permettre des ajouts futurs de nouvelles fonctionnalités qui renforceront mécaniquement ce besoin de rendre accessible le SI à plusieurs utilisateurs, qui chacun pourrait être en train d'exploiter différentes fonctionnalités du SI selon son profil et son rôle.

Par conséquent nous faisons le choix d'une architecture client-serveur offrant cette possibilité de plusieurs utilisateurs connectés, chacun interagissant avec le SI via son instance propre de la partie cliente.

L'état de l'art basé sur les évolutions technologiques apportées par le développement exponentiel du web nous offre plusieurs solutions pour ce type d'architecture :

- La partie cliente peut être réalisée en utilisant le navigateur comme un framework pour son développement à travers l'emploi des technologies standardisées par le W3C : HTML5, CSS, Javascript. Ce choix contribue à l'évolutivité du système en rendant en grande partie indépendant du navigateur utilisé (Firefox, Chrome, Edge, Opera, ...). Bien que nous nous appuyions sur des standards l'indépendance ne sera pas totale car les navigateurs ont parfois des implémentations légèrement différentes de ces standards. Pour la réalisation du SI de l'OMD, nous faisons le choix du navigateur Firefox qui est une solution Open Source de la fondation Apache apportant de très bonnes garanties de pérennité du fait de son utilisation massive dans le monde, de la notoriété et des soutiens de la fondation Apache qui le met à disposition, et de sa fourniture en Open Source. La compatibilité de l'IHM avec les autres navigateurs ne sera donc pas assurée pour la première version du SI, objet du projet OMD.
- http, le protocole de communication sur lequel repose l'ensemble du web peut être utilisé à la fois pour les échanges entre le client et le serveur, mais également pour connecter le SI à d'autres systèmes ou sources de données.
- La partie serveur reposera sur un ou plusieurs serveurs web développés en s'appuyant sur des solutions, comme celle de la fondation Apache, qui sont des frameworks qui prennent en charge la partie serveur http, s'occupant de l'aspect protocolaire, mais aussi du threading et délègue le traitement des requêtes http reçues au code spécifique du SI.
- Pour structurer les requêtes entre la partie cliente et la partie serveur, nous choisissons de les uniformiser en se conformant au principe d'API « REST » (qui est un standard de fait) offerte côté serveur pour les échanges de type « requête-réponse » entre le client et le serveur ou entre différentes parties du serveur du SI. Les données échangées le seront selon le format standard JSON.

Par ailleurs, du point de vue architecture logique, nous respectons le découpage d'une architecture 3-tier qui découpe clairement les responsabilités entre la partie « Interaction

Homme Machine » qui sera ici exécutée dans le navigateur, des parties « Logique Métier », et « Gestion des données » qui seront côté serveur. Cette modularité permet, par exemple, une séparation claire entre les problématiques d'interaction avec l'utilisateur, de la gestion des données, et de la logique métier exploitant des données. De ce fait, avec une implémentation respectant ce style d'architecture, il est possible de modifier l'un de ces « tier » sans impacter les autres.

Le client est un client riche (RIA, Rich-Internet Application) dans le sens où, contrairement à une interface HTML basique, il offre du contenu interactif et pas seulement des pages statiques.

Afin de permettre une IHM réactive et fluide pour les utilisateurs, la partie cliente interagira avec la partie serveur en respectant le pattern AJAX, qui introduit un asynchronisme entre l'action d'un utilisateur et le traitement de la requête qui en résulte, ce qui permet de ne pas figer l'interface pour l'utilisateur pendant le temps d'envoi de la requête, d'attente de la réponse, et de prise en compte de celle-ci.

Cet ensemble de choix d'architecture fait partie de l'état de l'art, est largement maîtrisé et, bien implémenté, permet d'optimiser les ressources informatiques (CPU, réseau), et offre de grandes possibilités de montée en charge.

La partie cliente, lorsqu'elle se lance, récupère le code et les bibliothèques dont elle a besoin par des requêtes aux serveurs. De cette manière, il est facile de faire évoluer le SI en garantissant que les utilisateurs auront accès à sa version la plus récente.

De plus, s'appuyant sur un ensemble de standards, l'architecture peut être enrichie pour, par exemple, gérer un plus grand nombre d'utilisateurs, ou des flux de données plus importants, ou pour renforcer la sécurisation du SI.

2) Isolation des interfaces externes du système

En complément des choix d'architecture décrits ci-dessus, nous faisons le choix d'isoler dans des modules distincts la gestion des interfaces externes. Cela vise notamment l'interface permettant d'alimenter le SI avec les mouvements de marchandises dangereuses au départ ou à l'arrivée d'un port, et celle concernant la collecte des données AIS.

Pour chacune de ces interfaces, il existe plusieurs sources possibles d'information. L'identification dans l'architecture de modules gérant spécifiquement ces interfaces permet de rendre indépendant la réalisation interne du système vis-à-vis du choix de l'une ou l'autre de ces sources de données.

Ces modules diffusent les informations collectées (ou éventuellement les requêtes venant de systèmes externes) à l'intérieur du système selon un format et une interface que nous définissons nous-mêmes, et donc indépendants du système externe en interface.

3) Framework pour l'affichage de couches géo référencées

En termes de visualisation le cœur du SI consiste à présenter des informations géoréférencées concernant les flux de marchandises dangereuses par voie maritime dans la zone d'intérêt.

Ses données peuvent être produites par différentes fonctionnalités. Afin de bien séparer logiquement la représentation graphique de ces données selon leur source, nous avons fait

le choix d'utiliser un framework qui permet d'avoir des couches séparées et qui va propager les actions de modifications de la visualisation à chacune (par exemple pour un changement d'échelle de zoom).

En s'appuyant sur cette capacité il est possible d'assembler des couches fournies par différents partenaires sans que l'un n'impacte les développements de l'autre.

Le choix final sera entre OpenLayer ou Leaflet, l'analyse est en cours.

4) Découpage fonctionnel du système

Chaque fonction du système peut être développée indépendamment.

Chacune de ces fonctions est elle-même subdivisée en modules par « projection » sur les choix techniques : elle a potentiellement une part IHM, une part serveur, et une part de gestion d'interfaces externes.

En respectant cette logique de découpage, il sera possible de facilement intégrer ultérieurement de nouvelles fonctionnalités sans casser le code des fonctionnalités existantes.

5) Caractéristiques de l'architecture

a) Modularité

La modularité est atteinte par les choix d'architecture de découpage du système selon plusieurs axes que nous avons balayés précédemment :

- Axe fonctionnel : chaque grande fonction du système est développée dans des modules séparés
- Axe architecture multi-tier : un découpage technique est fait qui respecte la répartition des responsabilités entre les différents tiers selon ce modèle d'architecture qui fait partie de l'état de l'art
- Axe isolation des interfaces externes : en isolant la gestion des interfaces externes dans des modules séparés pour limiter l'impact d'une modification
- Axe du choix d'un framework de gestion de couches géoréférencées qui permet d'assembler de manière transparente des visualisations de plusieurs partenaires (et de plusieurs fonctions du système)

b) Evolutivité

Dans ce document, on parle d'évolutivité lorsqu'il s'agit d'ajouter de nouvelles fonctions au SI. L'évolutivité du système découle notamment des choix décrits ci-dessus ayant guidé son découpage en modules qui assure ainsi la modularité du SI.

L'évolutivité est également améliorée par le choix de s'appuyer à chaque fois que c'est possible sur des standards définis au niveau international ou sur des standards de fait. En effet cela facilitera grandement l'ajout de nouvelles fonctions et l'intégration avec d'autres systèmes.

L'évolutivité est atteinte par la possibilité d'utiliser les interfaces déjà définies pour alimenter de nouvelles fonctions que l'on souhaiterait ajouter au SI ainsi que la possibilité offerte au niveau IHM à enrichir la visualisation par superposition de couches de données géoréférencées.

L'utilisation de la virtualisation offre une possibilité supplémentaire en isolant le logiciel d'évolutions de la plateforme matérielle, en permettant de rajouter sous forme de VM ou de

Dockers de nouvelles fonctions développées avec des choix technologiques sans lien avec les autres modules déjà existants.

Le projet OMD vise à produire à travers sa composante T3 un prototype de son SI. Cette première version met en place un ensemble de mécanismes non fonctionnels nécessaires à la réalisation de fonctions pour les utilisateurs du système. A travers les modèles de risques intégrés dans le système, ce prototype du SI propose une première fonctionnalité majeure qui s'appuie sur ces mécanismes. On peut considérer ces mécanismes comme un framework pour réaliser de nouvelles fonctions sur les MD au service de l'OMD : l'évolutivité est un apport majeur de l'architecture choisie visant à assurer la pérennité du SI. Ceci est illustré dans le schéma ci-dessous.

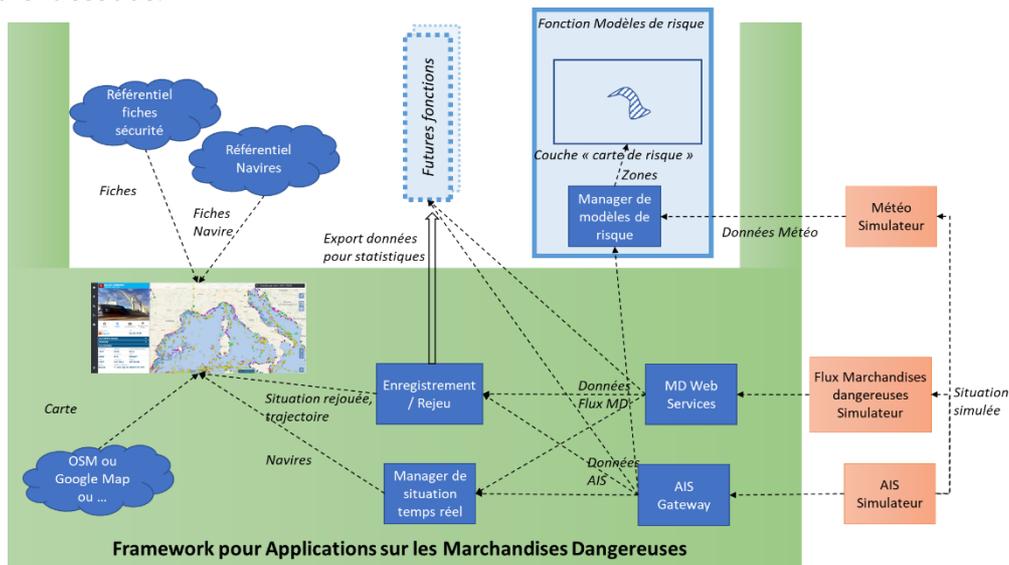


Figure 15 : L'architecture du SI de l'OMD conçue pour permettre son évolutivité

c) Maintenabilité

La maintenabilité couvre dans ce document à la fois la correction des bogues de l'implémentation des fonctions du système et la modification de ces fonctions pour leur amélioration, ainsi que le traitement des défaillances des parties matérielles.

La virtualisation permet de remplacer des parties matérielles sans impact sur le logiciel.

La modularité du système contribue à sa maintenabilité en pouvant corriger ou enrichir un module de nouvelles capacités sans impacter les autres.

Le choix d'inclure explicitement des simulateurs dans le développement du SI fournit des moyens de simulation qui peuvent également servir aux tests de modules ou du système complet.

Enfin le choix d'utiliser autant que possible des technologies open source très utilisées avec des licences peu contraignantes permet de garantir une meilleure maintenabilité du système.

d) Fiabilité

La fiabilité est recherchée par design en s'appuyant des solutions Open Source largement utilisées et éprouvées.

La modularité contribue à la fiabilité du système en séparant bien les responsabilités de traitement entre les différents modules ce qui limite l'impact d'une modification d'un module sur les autres.

Le choix d'une architecture multi-tiers basée sur des standards permet d'envisager, si nécessaire, de compléter ultérieurement le système avec des solutions sur étagère, par exemple de redondance, pour renforcer sa fiabilité globale.

e) Sécurité

Le respect des standards de programmation contribue à assurer une sécurité par design. Par ailleurs le choix d'une architecture de type web permet de s'appuyer sur des solutions renforçant la sécurité comme par exemple le protocole HTTPS, l'ajout de pare-feux, etc. Enfin le choix d'une solution de virtualisation apportant elle-même des capacités de sécurité apporte un potentiel supplémentaire.

V. Description des modules logiciels du prototype du SI de l'OMD

L'objectif du prototype du SI de l'OMD, c'est-à-dire la version réalisée à l'issue du projet OMD, qui est un livrable essentiel du projet OMD, est de démontrer la faisabilité de la réalisation et la pertinence de l'architecture proposée ainsi que l'intérêt des fonctionnalités de ce SI pour les futurs utilisateurs finaux. En particulier il s'agit de mettre à leur disposition les différents modèles d'évaluation de risque étudiés dans le cadre de la composante T2 du projet. Dans cette partie nous décrivons les différents modules qui composent cette version.

1) Suivi de la situation maritime en temps réel

a) Architecture technique

En conformité avec l'architecture cible du SI de l'OMD, l'architecture technique de cette partie du prototype du SI repose sur un ensemble de micro-services, packagés sous forme de containers Docker. L'ensemble des technologies est Open Source.

Les technologies utilisées sont les suivantes :

- Web Service --> Implémentation basée sur NodeJs + Framework ExpressJs.
Ce choix de technologies présente deux avantages. Le fonctionnement asynchrone de NodeJs facilite le requêtage des données auprès de différents modules internes et externes. ExpressJs est conçu notamment pour développer des API respectant les principes d'architecture Rest.
- Interface --> Les interfaces graphiques sont développées avec le Framework Angular. Celui-ci permet de réaliser des sites web « One Page », une conception idéale pour requêter des données et actualiser l'affichage sans recharger l'ensemble d'une page web.
- Broadcasting --> Afin de fournir une mise à jour en temps réel des informations via le protocole « websocket » nous utilisons l'outil Redis et ses fonctionnalités de gestion des évènements.
Il permet la mise en place d'un pattern « pub/sub » (pour Publish/Subscribe)

L'ensemble des web services partagent de la donnée avec d'autres modules. Pour assurer l'interopérabilité, leitmotiv de ce projet, ils respectent les principes d'une architecture d'API REST. Le format d'échange des données sera le JSON.

Toutes les API REST sont documentées en respectant le format OpenAPI et mises à disposition via une interface Swagger.

En synthèse voici les technologies retenues avec le type de licence Open Source associé :

Technologie	Licence OpenSource
Nodejs	MIT
ExpressJs	Creative Commons CC-BY-SA 3
Angular	MIT
Redis	BSD Licences
Swagger UI	Apache-2.0 License

Et voici un schéma de l'architecture technique de cette partie (les modules qui la constituent apparaissent sur un fond vert pale)

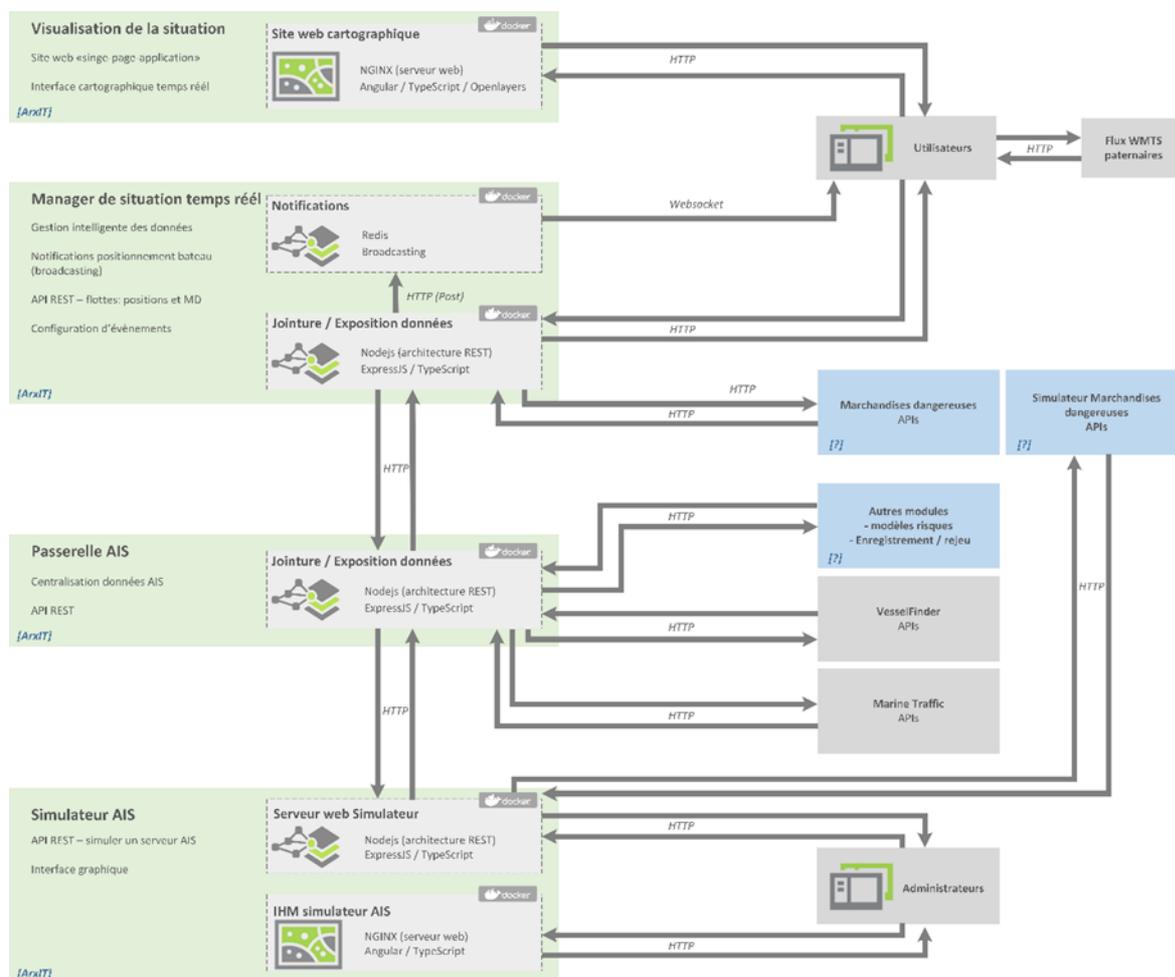


Figure 16 : Architecture technique du « Suivi de la situation maritime en temps réel »

Aucun de ces modules ne stocke de données de manière persistante, elles sont conservées dans la mémoire volatile (RAM : Random Access Memory) avec une durée de vie limitée.

Chacun des cadres vert pale correspond à un container docker et l'ensemble de ceux-ci sont installés dans une machine virtuelle gérée via un hyperviseur VMWare conformément à l'architecture cible définie précédemment dans ce document.

b) Module de visualisation de la situation

i. Fonctionnalités et performances

La visualisation de la situation est une application web qui permet de visualiser simplement un ensemble de navires (« flotte »), transportant des marchandises dangereuses ou non, via une cartographie interactive et d'accéder à des informations plus détaillées associées à ces navires. Elle propose un design moderne et simple d'utilisation.

Ce module permet la visualisation de la situation à l'instant t, à savoir les navires en mouvement ou immobiles. Il permet également de filtrer les visualisations en fonction du besoin de l'utilisateur et de visualiser les informations concernant les marchandises dangereuses quand elles existent. Il permet par ailleurs d'atteindre les différentes fonctionnalités du système à partir du menu principal. Il doit pouvoir supporter d'éventuelles nouvelles fonctionnalités en permettant par paramétrage de rajouter l'accès à de nouvelles fonctions dans les menus et l'ajout de couches de visualisation supplémentaires par-dessus la carte.

En termes de performances ce module doit pouvoir suivre le déplacement des navires de façon fluide, quel que soit le nombre des navires dans la zone. Les informations issues de la BD AIS doivent donc être actualisées toutes les 5 secondes (par le biais du Manager temps réel).

De manière plus détaillée, ses principales fonctionnalités sont :

- Bilingue Français / Italien
- Cartographie interactive
 - Navigation de l'utilisateur (zoom, déplacement...)
 - Afficher les navires selon une symbologie définie par sa position, la nature de son déplacement (ou arrêt) et les informations de MD (s'il y a lieu) + affichage de la légende
 - Click sur un navire pour obtenir ses informations détaillées
 - Fond de carte OSM (OpenSeaMap)
 - Affichage d'autres couches, fournies par un tiers
 - Si autres couches --> contrôle de l'affichage des couches. Les autres couches sont fournies par des tiers via des flux WMTS. Le lien vers ces couches est à configurer dans ce site web.
- Informations détaillées d'un navire
 - Informations Ais du navire + photo si elle existe
 - Informations complètes sur les MD transportées
 - Visualisation d'une fiche EriCards correspondant au numéro UN d'une MD transportée sélectionnée
 - Retrouver sa position sur la carte depuis la fenêtre d'informations détaillées (=zoomer sur le navire)
- Filtrage des données affichées sur la carte.
 - Le filtrage s'appuie sur les données déjà chargées c'est-à-dire les « données de position » disponibles à l'ouverture de l'interface (position, MD, statut, ...)
- Rechercher un ou plusieurs navires.
 - Le résultat est présenté sous forme de liste pour prévisualiser quelques informations, localiser sur la carte et accéder aux informations détaillées.
 - Cette information s'appuie sur les données exhaustives requêtées auprès de l'api jointure / exposition de la donnée
- Affichage des informations des simulateurs sur les scénarios en cours d'exécution sur chacun des simulateurs AIS

- L'affichage des trajets des navires est identique à celui du simulateur AIS. Il est aussi possible d'obtenir le détail des données au clic d'un élément (popup).
- Chaque simulateur est interrogé toutes les deux minutes pour actualiser le statut du scénario (scénario en cours d'exécution ou arrêté).
- Visualisation du risque associé au transport de marchandises dangereuses calculé par la méthode Shortcut
 - Lorsque que l'affichage du risque est actif pour un navire, c'est-à-dire que l'on visualise, les cercles de risque de dommage sont calculés et visualisés autour du navire concerné
 - Ils suivent le déplacement du navire
 - L'affichage des cercles est conservé jusqu'à ce que la marchandise soit déchargée ou si l'utilisateur désactive l'affichage
- Téléchargement des données relatives aux navires recherchés dans un fichier JSON

ii. *Principes de conception de l'interface graphique*

Sa conception suit les quelques principes suivants :

- Le besoin principal étant de visualiser la position des navires, la carte occupe une place importante dans l'interface
- L'application doit être accessible, elle tente d'être le plus ergonomique possible et est construite pour des utilisateurs desktop et mobile.
- Son esthétique s'inspire du « material design » (cf <https://material.io/design/>) et respecte la charte graphique du projet OMD.
- Application « OnePage » : interface graphique sans changement de page, les données sont requêtées en tâche de fond (cf. technologie AJAX)

iii. *Interfaces*

Le module visualisation a de nombreuses interfaces d'échanges de données, comme cela est présenté sur la figure ci-dessous (le sens des flèches entre les parties du prototype du SI indique le sens de communication des données ; en jaune les fichiers ; en bleu clair avec un contour pointillé, les parties du prototype du SI ; en bleu clair avec un contour de tirets, les systèmes externes au SI ; en bleu soutenu les sous-modules de la partie « Suivi de la situation maritime en temps réel » du SI).

En effet, il s'agit du module permettant l'affichage des informations sur les navires, AIS, marchandises dangereuses, et d'évaluation des risques transmises par le Manager temps réel, des trajectoires des navires présents dans le scénario exécuté par le simulateur AIS.

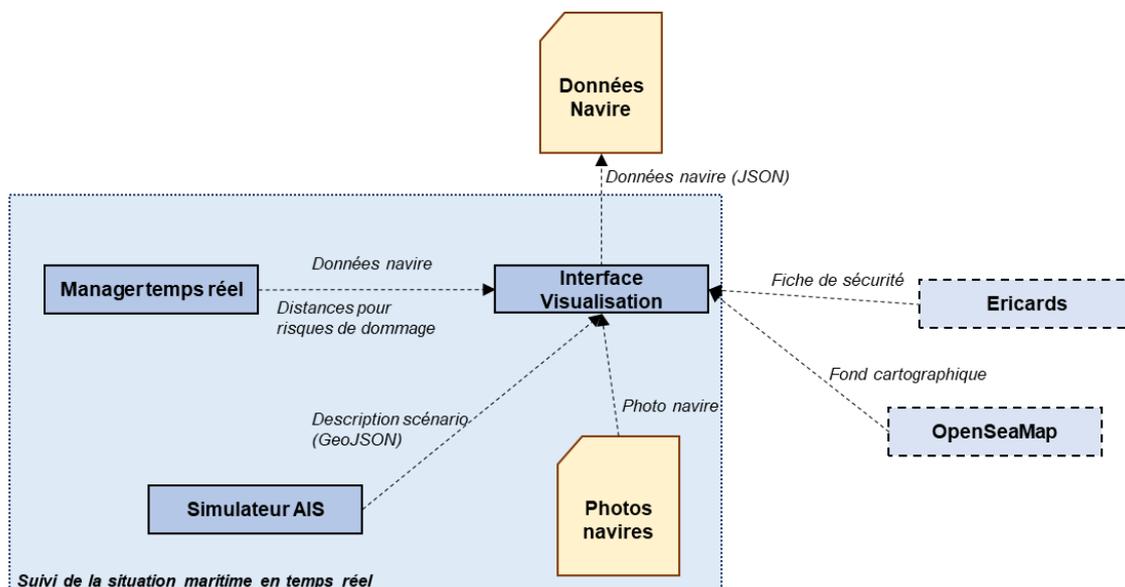


Figure 17 : Interfaces détaillées du module « Interface Visualisation »

La partie « Suivi de la situation maritime en temps réel » contient les photographies, collectées manuellement, des navires pour lesquels nous avons des données MD extraites de PMIS (voir partie « Gestion de données MD et Méthode ShortCut »). À terme, le SI pourra être connecté à une source externe de données sur les navires fournissant ce type d'informations. En général ce sont des sources payantes.

En termes d'interface, la localisation de la photographie est transmise avec les autres données navire par le manager temps réel.

L'ensemble des informations sont visualisées par-dessus une carte regroupant les éléments de cartographie marine fournis par OpenSeaMap (lui-même une extension d'OpenStreetMap offrant des informations de cartographie marine).

La couche graphique visualisant la carte utilise le protocole de communication XYZ défini par OpenStreetMap, qui est devenu un standard de fait (« de facto standard »), pour récupérer les données d'OpenSeaMap. La carte est récupérée sous forme de tuiles qui sont ensuite assemblées par la couche graphique pour afficher la carte complète.

Cette couche pourra être remplacée par une autre, sans impact sur le reste du SI, si on veut utiliser un autre fournisseur pour la carte affichée.

Le site web Ericards.net (<http://www.ericards.net/>) est mis à contribution pour obtenir la fiche de sécurité associée à une marchandise dangereuse particulière identifiée avec son numéro UN. Pour une MD transportée par un des navires visualisés, il est possible d'accéder directement à la page de sa fiche (si elle existe) dans un onglet dédié du navigateur. Elle est récupérée dans la langue sélectionnée au niveau de l'interface du SI de l'OMD (italien ou français).

Les données sur les navires visualisés sont exportées au format sous lequel elles sont reçues du manager temps réel.

c) Manager de situation temps réel

i. Fonctionnalités et performances

Le manager temps réel centralise les informations collectées en temps réel (c'est-à-dire en continu). Il communique de façon récurrente, via des API RESTful, avec la passerelle AIS et la partie « Gestion de données MD et Méthode ShortCut ». Le manager est responsable de la

gestion cohérente des informations sur les navires, notamment en vue de leur affichage par le module visualisation. Pour cela, le manager temps réel interroge périodiquement la passerelle AIS pour récupérer les informations les plus récentes sur le trafic dans le périmètre du système. De la même manière, ce module envoie des requêtes à la partie « Gestion de données MD et Méthode ShortCut » pour obtenir les enregistrements des déclarations de marchandises dangereuses extraites de PMIS. Il est responsable du croisement et de la synchronisation des informations issues de ces deux modules pour faire correspondre à chaque navire sa déclaration de marchandises dangereuses.

Étant donné que ce manager communique avec l'ensemble des modules il doit être capable de gérer plusieurs types de données notamment les données fournies par la passerelle AIS, et celles issues du web service Marchandises Dangereuses renvoyant les données extraites de PMIS. Cela se fait généralement par le biais des API fournies pour chaque type de données. Ce module est également responsable de transmettre ces informations aux autres modules qui en ont l'usage.

Il est à noter également que puisqu'il s'agit d'un module qui ne traite que l'information courante, aucune ressource en termes de stockage n'est requise : Les informations reçues sont transmises sans en garder l'historique.

Enfin ce manager doit assurer le respect des contraintes temporelles afin de garantir la véracité et la fiabilité des informations issues des différents modules en particulier lorsqu'il s'agit de la synchronisation des informations AIS et celles de marchandises dangereuses.

ii. Conception

Ce module est composé de deux entités, l'api « jointure et d'exposition des données » et le système de notifications. Elles fournissent toutes les deux les données nécessaires à l'affichage de la cartographie et les informations détaillées au module de visualisation.

L'API permet de requêter les « données exhaustives » de la flotte. Le système de notification fournira les « données de position » nécessaires pour la cartographie en temps réel.

Api Jointure / Exposition des données

CRÉATION DE LA DONNÉE

Le rôle de cette API est de joindre les données de MD et les données AIS, puis de les exposer aux services tiers. De la sorte, elle fournit les « données exhaustives » directement à l'interface et les « données de position » à l'outil de notifications.

Cette API requête à une fréquence importante la passerelle AIS pour obtenir les données des navires. Cette fréquence est de 5 secondes. À chaque mise à jour, l'API envoie ses données au composant « notification ».

De la même façon, cette API requête à une fréquence importante (mais moindre que la passerelle AIS) le module de MD pour en obtenir les informations les plus à jour. Toutefois, contrairement aux données AIS, les MD changeront peu lors du voyage d'un navire (lors des escales). Cette fréquence de 5 secondes est à affiner selon le volume de données fournies et le rythme de mise à jour.

Pour réaliser la jointure entre les données AIS d'un navire et les informations de MD nous utilisons le numéro IMO comme clé. Au vu de la fréquence soutenue de requêtage des données AIS, cette jointure est optimisée en appliquant plusieurs bonnes pratiques de développement :

- Travailler avec des objets (plutôt que des tableaux)

- Paralléliser les tâches
- Ne pas créer de nouveaux objets, de nouvelles jointures, lorsque les nouvelles données sont identiques aux anciennes. Nous nous appuyons notamment sur les horodatages et les identifiants.

Les données AIS et de MD peuvent fournir des données similaires comme le tonnage, le port de départ... La règle retenue pour arbitrer ces conflits est de donner la priorité à l'information la plus récente.

MISE À DISPOSITION DE LA DONNÉE

Nous avons identifié au moins trois usages différents des données fournies par cette API :

- Obtenir les « données de position » pour l'API notification
- Obtenir les « données exhaustives » d'un navire pour la visualisation des informations d'une partie de la flotte (via les fonctionnalités de recherche du module visualisation par exemple)
- Services tiers : besoin des données brutes AIS + MD

Pour répondre à ces usages, l'API proposera deux types de format de réponse pour les navires :

- Le format restreint, qui est le format pour les « données de position » (IMO, position, horodatage, nature MD transportées)
- Le format complet qui correspond aux « données exhaustives » contenant toutes les données (AIS + MD).

L'API propose de n'obtenir les données que pour une partie de la flotte. Cette API offre un filtrage des données sur les paramètres suivants :

- Id navire (IMO)--> pour obtenir l'information d'un navire
- MD (ex : classe de risques, nature MD) --> pour obtenir la flotte transportant une MD ou une MD parmi une liste de MD demandées (par exemple obtenir la flotte transportant des produits chimiques ou des produits pétroliers).
- Navire (port de départ, port de destination) --> obtenir une flotte sur des données AIS spécifiques

Ces paramètres de recherche permettent de répondre particulièrement aux besoins des fonctionnalités de recherche de l'interface utilisateur

Notifications

Ce composant répond au besoin de faire évoluer en temps réel la position des navires. Il permet d'établir un flux de données continu entre l'utilisateur et les données de l'Api de jointure.

Ainsi, à chaque nouvelle donnée traitée par l'Api de jointure (donc toutes les 5 sec environ), cette API enverra la « donnée position » au composant notification qui la relayera aux utilisateurs connectés. Pour optimiser ce flux de données, seules les données mises à jour dans l'intervalle de temps sont envoyées.

Pour mettre en œuvre cette diffusion de l'information (broadcasting) à plusieurs utilisateurs, nous implémenterons le pattern publish/ subscribe. Les utilisateurs, via le site internet de visualisation de la situation, se connecteront à ce module (subscribe) et recevront les données des positions des navires à chaque modification (publish). Il est mis en œuvre avec l'outil Redis et repose sur le protocole WebSocket.

iii. Interfaces

Comme le montre le schéma suivant, en termes d'interfaces le Manager temps réel est relié à la passerelle AIS et la partie « Gestion de données MD et Méthode ShortCut » lui permettant de les interroger et recevoir les informations qu'ils gèrent. Il s'agit donc d'une liaison bidirectionnelle assurant la transmission des données dans les deux sens.

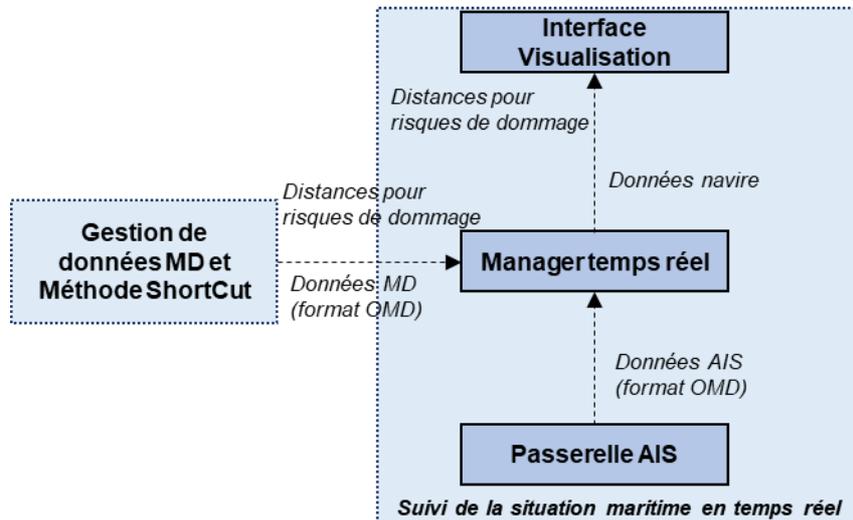


Figure 18 : Interfaces détaillées du module « Manager Temps réel »

L'interface avec le module visualisation est triple :

- Une interface de type API Restful pour faire des requêtes permettant de récupérer les données complètes sur les navires vérifiant certains critères (cf. annexe 1)
- Une interface de type Publish/ subscribe qui permet d'alimenter en continu via une websocket et un mécanisme de notification les abonnés qui le souhaitent et en premier lieu l'interface de visualisation.
- Une interface de type API Restful permettant de fournir les rayons des cercles correspondant à l'évaluation des risques de dommage par la méthode ShortCut via une requête sur la route `/dangerous-goods/{id_substance}/hazardous`.

d) Passerelle AIS

i. Fonctionnalités et performances

La passerelle AIS a pour objectif de récupérer les informations AIS d'une ou plusieurs sources de données AIS par le biais de leurs API, telles que des plateformes existantes (MarineTraffic, Vessel Finder,...), et de les transmettre dans un format unique et interne au SI d'OMD vers le module Manager temps réel pour l'actualisation de la situation sur la carte. Il doit également renvoyer ces informations aux autres modules qui en ont besoin. Une autre source possible d'informations AIS peut être une ou plusieurs instances du simulateur AIS lorsque le système est en mode simulation (on peut aussi imaginer mixer des sources réelles à des sources simulées de données AIS).

En synthèse le module passerelle AIS permet de centraliser les données AIS de plusieurs sources, réelles ou simulées, et de les standardiser pour être exploitées simplement par les autres modules.

ii. Principes de conception

Les sources étant diverses, le module devra apporter des solutions aux contraintes listées ci-dessous :

- Standardisation : les fournisseurs proposent leurs données dans des formats différents. Ils seront standardisés par ce module, c'est-à-dire même nom de clé (le format sera le json), même format de date, texte...
- Date : L'objectif de ce module est de ne conserver que la dernière donnée AIS connue d'un navire. Les données AIS d'un navire donné pourront être fournies par différentes sources. Pour ne pas dupliquer l'information, nous ne conservons que la donnée AIS la plus récente, en s'appuyant sur l'horodatage, et utilisons l'identifiant IMO des navires.
- Obtenir les données : La fréquence de requêtage est à adapter suivant les règles du fournisseur et du volume de données échangé, l'objectif étant d'obtenir des données le plus fréquemment possible. Dans un premier temps il est donc raisonnable de viser un requêtage toutes les 5 secondes du simulateur AIS.
- Conservation d'une donnée AIS. Une donnée AIS d'un navire est horodatée à sa date et heure d'envoi. Elle n'a pas de durée de vie. Pour un navire donné, si sa dernière donnée AIS est trop ancienne, elle est supprimée de la passerelle AIS. Les navires émettent l'information toutes les 2 à 10 sec.
Nous faisons le choix de supprimer les données vieilles de plus de 10 minutes pour des raisons de gestion de la mémoire et de pertinence de la donnée gérée. Cette durée de 10 min étant arbitraire, il sera modifiable via un fichier de configuration et pourra facilement être édité. Ce laps de temps permettra de prendre en compte le temps écoulé entre l'émission d'une donnée AIS, son traitement et sa mise à disposition via les différents fournisseurs puis du requêtage via la passerelle AIS.

Les données AIS sont stockées dans la mémoire du module et se répartissent en 3 sections par navire :

- AIS : Données AIS liées au standard. Elles contiennent des informations générales du navire (IMO, nom, dimension), sa position, sa vitesse, son cap et sa destination
- Voyages : Dernier port et date de départ...
- Données Maîtres : Informations complémentaires sur le navire et son propriétaire (poids du navire, nom du propriétaire, etc...).

Ces données ne sont pas toutes mises à disposition par les fournisseurs AIS et peuvent être indisponibles pour certains navires.

iii. Interfaces

Le schéma suivant montre les interfaces du module Passerelle AIS. Il collecte les données auprès des sources de données AIS disponibles, des instances du module simulateur dans le contexte du prototype du SI de l'OMD, dans le format propre à chacune de ces sources, et fournit au manager temps ou à d'autres modules qui pourraient en avoir l'usage, l'ensemble des données collectées, consolidées et dans un format unique.

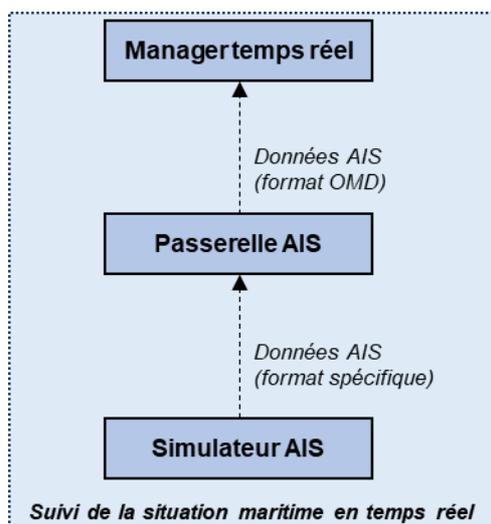


Figure 19 : Interfaces détaillées du module « Passerelle AIS »

Le module passerelle AIS est développé selon les principes d'une architecture d'API REST. Elle fournit les données selon un format JSON, unique quelle que soit leur source, défini dans le cadre du projet OMD (cf. annexe1). Ce format est cohérent avec les conclusions du document T.1.2.2 réalisé dans le cadre du projet OMD.

e) Simulateur AIS

i. Fonctionnalités et performances

Le simulateur AIS permet d'exécuter des scénarios prédéfinis qui simulent une source de données AIS fournissant des informations sur les mouvements de navires. Il est conçu de façon à pouvoir être instancier plusieurs fois pour simuler la présence de plusieurs systèmes connectés simultanément au SI de l'OMD et fournit une interface graphique. Ce module inclut une interface graphique qui s'intègre à celle du module « Visualisation de la situation » grâce au framework utilisé.

Il est conçu afin de réaliser des démonstrations sur le fonctionnement du système OMD en cas d'absence de données réelles (s'il est difficile d'obtenir l'ensemble des accords nécessaires pour se connecter à un système réel) et pourrait également servir pour simuler des situations de crise ou dans le cadre d'exercices ou de formation.

Ce module est en mesure d'exécuter un scénario à la fois parmi ceux fournis à titre d'exemples ou un nouveau créé par un utilisateur.

Il est possible de créer de nouveaux scénarii, via l'upload d'un fichier JSON au format approprié. Le scénario est alors ajouté à la liste des scénarios disponibles et prêt à être lancé. Un scénario a 2 statuts disponibles « en cours d'exécution » ou « arrêt ». Un seul scénario peut être exécuté. Ainsi pour lancer un nouveau scénario, le scénario en cours d'exécution devra être arrêté.

ii. Principes de conception

Le module simulateur AIS est composé de deux entités :

- Le webservice « générateur de données AIS ».
Il calcule les données AIS d'une flotte à partir de différents paramètres.
- L'interface d'administration.
Elle permet d'exécuter les scénarios préenregistrés ou d'uploader/jouer des scénarios personnalisés

Le simulateur AIS permet de générer des données AIS telles que les propose un service tiers comme Marine Traffic.

Le générateur de données AIS fonctionne par « scénarios », c'est-à-dire qu'au lancement d'un scénario, ce webservice génère les données suivant la méthodologie décrite plus loin grâce à une liste de paramètres en entrée.

Outre les données AIS, il est possible de requêter la liste des scénarios disponibles. Cette fonctionnalité permet d'obtenir leurs paramètres et le statut d'exécution (arrêté, en cours), ces informations sont utiles pour gérer l'exécution des scénarios.

Pour simuler au mieux l'architecture finale, un seul scénario à la fois pourra être joué par instance de simulateur. Si l'on souhaite jouer plusieurs scénarios, nous multiplierons le nombre d'instances du module Simulateur AIS. Cela est aisé avec la containerisation des services. Il suffira de lancer autant de containers « simulateur AIS » que de scénarios à exécuter en parallèle. Par exemple, si l'on souhaite exécuter jusqu'à 5 scénarios nous lancerons 5 API de générateurs de données AIS et 5 interfaces (1 interface par simulateur). Chaque instance sera accessible par une URL distincte permettant ainsi à différents utilisateurs de travailler sur leurs propres scénarios (nous aurons une url par utilisateur).

MÉTHODOLOGIE POUR GÉNÉRER LES DONNÉES AIS

Pour créer un scénario, plusieurs paramètres d'entrée sont exigés. Ils sont fournis au simulateur sous forme d'un fichier JSON comporte les informations suivantes :

- Nom du scénario, sa description
- Liste de navires. Pour chaque Navire :
 - Information du Navire (nom, n°IMO, m°MMSI, longueur...)
 - Information du Voyage (port de départ, port d'arrivé)
 - Information « Master » (propriétaire du navire, gestionnaire du navire, pavillon...)
 - Liste des positions (départ, arrivée, waypoints). Pour chaque position :
 - Horodatage
 - Position X,Y
 - Statut de navigation

MÉTHODE DE CALCUL :

Les informations ci-dessous sont calculées par le simulateur, pour chaque Navire :

- Cap (« course ») : il est calculé avec les coordonnées de la première et dernière position. Cette donnée n'est calculée qu'une seule fois au lancement du scénario (angle)
- Tête du navire («Heading») : calculé entre 2 positions (angle)
- Vitesse : calculée entre 2 positions. Elle est calculée avec la distance établie avec les coordonnées de la position n et n+1 et le temps de parcours entre ces 2 positions (possible grâce aux horodatages). Avec la distance et le temps de parcours nous en déduisons la vitesse (en nœud).

Si les coordonnées des positions n et n+1 sont identiques, on en déduit un navire « arrêté » (dans un port, au mouillage...). Dans ce cas, nous ne calculons pas le Heading.

Pour faciliter la configuration des scénarii, on propose deux types d'entrées pour l'horodatage. La première est de fournir les dates heure minutes et secondes de la position, la seconde est de fournir le temps écoulé en minutes depuis le lancement du scénario. Le simulateur convertira ces informations dans un horodatage. Par exemple, pour une position donnée, si la valeur est 60 et le scénario est lancé à 10h25m02s, le simulateur retournera 11h 25m02s comme horodatage.

Les informations doivent être homogènes pour chaque scénario, soit en date heure soit en temps écoulé. Il est impossible de mixer ces deux entrées.

Les données AIS étant envoyées toutes les 2 à 10 secondes par les navires, le simulateur calcule ces valeurs toutes les 2 secondes.

iii. Interfaces

Le schéma suivant montre que ce module s'interface avec la Passerelle AIS, à qui il fournit les données AIS qu'il produit conformément au scénario de simulation en cours d'exécution, et avec le module de visualisation pour lui communiquer les trajectoires des navires constituant le scénario en vue de leur affichage.

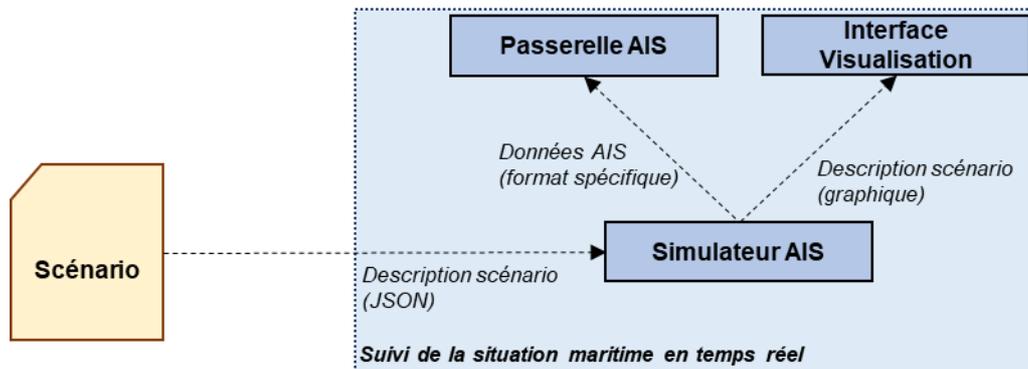


Figure 20 : Interfaces détaillées du module « Simulateur AIS »

Le scénario est décrit dans un fichier JSON spécifique décrivant le départ, l'arrivée, et les points de passage de chaque navire intervenant dans celui-ci (cf. l'annexe 1 pour son format).

OBTENIR LES DONNÉES AIS

Le webservice requêté par la passerelle AIS stocke en mémoire la dernière donnée AIS calculée par navire et par scénario en cours d'exécution. Comme précisé dans le point précédent, cette donnée AIS est actualisée toutes les deux secondes.

Ce module suivant l'architecture d'API REST, la route de base du module « /ais » retourne aux services tiers la données AIS la plus à jour de chaque navire au format JSON.

Voici un exemple montrant le format du JSON renvoyé en réponse à une requête :

```
[
  {
    "ais": {
      "mmsi": 9751987,
      "course": 241,
      "navstat": 1,
      "imo": 8814275,
      "name": "Green Sea",
      "callsign": "9V6357",
      "type": 60,
      "a": 2,
      "b": 2,
      "c": 2,
      "d": 2,
      "draught": 8.4,
      "destination": "SIHANOUKVILLE",
      "eta_ais": "2021-06-15T08:32:08Z",
      "eta": "2021-06-15T08:32:08Z",
      "src": "TER",
      "zone": "Mediterranean Sea",
      "eca": "Baltic and North sea ECA",
      "latitude": 10.254,
      "longitude": 40.254,
      "speed": 13.2,
      "heading": 10,
      "timestamp": "2021-06-15T08:32:08Z"
    },
    "voyage": {
      "locode": "IT GOA",
      "departure": "2021-06-15T08:32:08Z",
      "lastport": "Genova",
      "lastcountry": "ITALY"
    },
    "master": {
      "imo": 8814275,
      "name": "Green Sea",
      "flag": "SG",
      "type": "Chemical/Oil Products Tanker",
      "built": 2015,
      "builder": "SPP SB CO",
      "manager": "BW MARITIME PTE LTD",
      "owner": "BW CLEARWATER PTE LTD",
      "length": 183,
      "beam": 32.2,
      "maxdraught": 2,
      "gt": 29768,
      "nt": 0,
      "dwt": 49999,
      "teu": 0,
      "crude": 0
    },
    "extra-vessel-data": {
      "picture-url": "https://static.vesselfinder.net/ship-photo/9803118-477096700-6897461e7729398ae4555760d8296c/1"
    }
  }
]
```

La route /geojson retourne les informations du scénario en cours d'exécution au format geojson. Si aucun scénario n'est démarré, la réponse est vide.

Ci-dessous un exemple :

```
[
  {
    "vessels": [
      {
        "type": "FeatureCollection",
        "features": [
          {
            "id": {},
            "type": "Feature",
            "geometry": {},
            "properties": {
              "ais": {
                "latitude": 10.254,
                "longitude": 40.254,
                "speed": 13.2,
                "heading": 10,
                "timestamp": "2021-06-15T08:32:08Z"
              },
              "voyage": {
                "locode": "IT GOA",
                "departure": "2021-06-15T08:32:08Z",
                "lastport": "Genova",
                "lastcountry": "ITALY"
              },
              "master": {
                "imo": 8814275,
                "name": "Green Sea",
                "flag": "SG",
                "type": "Chemical/Oil Products Tanker",
                "built": 2015,
                "builder": "SPP SB CO",
                "manager": "BW MARITIME PTE LTD",
                "owner": "BW CLEARWATER PTE LTD",
                "length": 183,
                "beam": 32.2,
                "maxdraught": 2,
                "gt": 29768,
                "nt": 0,
                "dwt": 49999,
                "teu": 0,
                "crude": 0
              },
              "extra-vessel-data": {
                "picture-url": "https://static.vesselfinder.net/ship-photo/9803118-477096700-6897461e7729398aead4555760d8296c/1"
              }
            }
          }
        ]
      },
      {
        "id": 4,
        "nom": "Sea emergency",
        "description": "10 vessels are damage",
        "status": "start",
        "startTime": "2021-10-14T06:20:41.615Z"
      }
    ]
  }
]
```

2) Gestion de données MD et méthode Shortcut

a) Fonctionnalités et performances

Comme décrit en détail dans le rapport T2.3.1 sur la définition d'une fonction de risque commune pour le transport de marchandises dangereuses, le module de réalisation des cartes de risque est basé sur le calcul des distances d'impact et de dommage en cas d'incident à bord.

Ce module génère en sortie la zone circulaire approximative qui est impliquée dans le cas d'un scénario d'incident spécifique impliquant une marchandise dangereuse spécifique.

Le rayon de cette zone d'impact est calculé en utilisant la méthode ShortCut (cf. document T2.3.1 du projet OMD).

La liste des marchandises dangereuses prises en compte pour la réalisation du module de génération de cartes de risques est constituée de deux bases de données différentes. La première comprend les marchandises déjà présentes dans la méthode du ShortCut qui correspondent à 253 marchandises dangereuses. La deuxième est la liste complète des marchandises dangereuses figurant dans la liste du code IMDG.

La méthode ShortCut permet de classer les marchandises en substances inflammables et toxiques :

- Substances inflammables : est une substance combustible qui peut s'enflammer facilement dans l'air à température ambiante, c'est-à-dire qu'elle a un point d'éclair égal ou inférieur aux températures seuils nominales définies par un certain nombre d'organismes de réglementation nationaux et internationaux.
- Substances toxiques : est considérée comme hautement toxique lorsqu'elle est nocive pour un organisme, même en faible quantité, tandis qu'elle est définie comme faiblement toxique lorsqu'elle ne produit pas d'effet si elle n'est pas administrée en grande quantité.

Afin de pouvoir appliquer automatiquement le modèle relatif à l'analyse des conséquences d'un événement accidentel, la méthode ShortCut a été élaborée et la base de données a été structurée avec les tables issues de la méthode ShortCut, ainsi que des tables complémentaires créées pour traiter les autres substances de la norme IMDG.

La méthode ShortCut classe les substances inflammables en fonction de leurs caractéristiques dangereuses en vue d'évaluer les conséquences.

Les substances toxiques sont définies selon une macro-classification basée sur les méthodes de stockage ou de formation.

Deux situations météorologiques de référence ont été identifiées F.2 et D.5 selon la catégorie Pasquill. Tous les événements sont liés à une perte et au rejet consécutif dans l'environnement de substances dangereuses.

La Méthode ShortCut, lie les dommages à l'effet physique au moyen d'un critère de vulnérabilité représenté par le dépassement d'une valeur seuil.

Elle définit quatre valeurs seuils correspondant à :

1. effets de létalité élevés
2. effets de l'apparition de la létalité
3. effets entraînant des blessures graves et irréversibles
4. effets conduisant à des lésions réversibles.

Toutes les substances de la méthode ShortCut ont été chargées dans la base de données, pour un total de 247 sujets, chacun classé selon son code UN et la classe ShortCut à laquelle il appartient, pour plus d'exhaustivité les substances de l'OMI (organisation maritime internationale) appartenant à la liste IMDG (International Maritime Dangerous Goods), classées selon le code du groupe d'emballage et la classe IMO à laquelle ils appartiennent, pour un total de 2457 sujets.

En sélectionnant la substance d'intérêt, le type de stockage, les conditions météorologiques et le scénario d'endommagement, la méthode permet de déterminer la distance d'endommagement.

L'implémentation de la méthode ShortCut réalisée à travers ce module répond aux requêtes prenant en données d'entrée les paramètres listés ci-dessus et retourne les distances d'endommagement correspondantes quand elles peuvent être calculées, ce qui n'est pas toujours le cas pour des substances de la liste IDMG qui ne sont pas initialement présentes dans la liste de la méthode Shortcut.

b) Conception

L'architecture physique proposée se compose de quatre éléments, ceux-ci peuvent résider sur une seule machine physique ou sur plusieurs machines distinctes.

Pour l'instant, il a été décidé de tout installer sur une seule machine virtuelle, mais la flexibilité et l'évolutivité de l'architecture permettent de modifier facilement ce choix.

Le serveur sur lequel le système proposé a été installé est une machine virtuelle avec 2 x Intel(R) Xeon(R) Gold 5115 CPUs @ 2.40GHz, il est équipé de 16GB de mémoire RAM DDR3 et d'un système de stockage de données de 150GB.

Le système d'exploitation Linux Ubuntu 20.0.4 LTS 64 bit est installé sur le serveur virtuel.

Les 4 éléments sont :

(1) Un serveur de données sur lequel la base de données relationnelle PostgreSQL avec l'extension PostGIS pour la gestion des données géographiques est installée.

PostgreSQL est un puissant système de base de données relationnelle open source qui utilise et étend le langage SQL combiné à de nombreuses fonctionnalités qui stockent et adaptent en toute sécurité les charges de travail de données les plus complexes.

PostGIS est une extension qui transforme la base de données relationnelle PostgreSQL en une base de données spatiale en ajoutant le support de trois fonctionnalités : les types spatiaux, les index et les fonctions. Étant donné qu'il est basé sur PostgreSQL, PostGIS hérite automatiquement d'importantes fonctionnalités "d'entreprise" et de normes ouvertes pour la mise en œuvre.

La base de données permet le stockage et le traitement des informations sur les marchandises dangereuses et les navires qui les transportent.

(2) Un serveur de fichiers qui permet aux fichiers de prise en charge de la plateforme d'être stockés sur des systèmes de fichiers.

(3) Un serveur cartographique sur lequel est installé le système Geoserver qui permet le partage et la visualisation de données géographiques.

GeoServer est un serveur logiciel open source écrit en Java qui permet aux utilisateurs de partager et de modifier des données géospatiales. Conçu pour l'interopérabilité, il publie des données provenant de toutes les principales sources de données spatiales en utilisant des normes ouvertes.

(4) Un Serveur Web Apache Tomcat® qui reçoit les requêtes des différents utilisateurs et récupère les informations des autres éléments pour permettre de les visualiser sur une interface web.

Les tables de cette base de données ont les rôles suivants :

sostanze_metodo_shortcut

Contient la liste des 247 substances présentes dans la méthode Shortcut avec les informations associées. Le tableau contient les colonnes suivantes [id de type entier, cas de type texte, un de type texte, substance de type texte, class_imdg de type texte, risk_phrase_label de type texte].

classi_shortcut

Contient la liste des classes de raccourcis utiles pour déterminer la table des distances. La table contient les colonnes suivantes [id de type entier, class_code de type texte, description de type texte, table_thresholds de type texte].

classi_in_sostanze_shortcut

Fournit la relation entre la substance et la classe à laquelle elle appartient et associe le paramètre Ref au couple substance/classe. Le tableau contient les colonnes suivantes [substance_id de type entier, class_id de type entier, ref de type entier].

tabelle_shortcut

Fournit un identifiant numérique pour les différentes classes auxquelles appartient une substance. Le tableau contient les colonnes suivantes [id de type entier, class_code de type texte].

raggi_shortcut

Contient la relation entre la quantité de marchandises, le niveau de seuil, les conditions météorologiques et la table de référence de la classe de raccourci. Le tableau contient les colonnes suivantes [id de type entier, seuilid de type entier, weatherid de type entier, qta_min de type entier, qta_max de type entier, val de type entier, tableid de type entier]. La colonne val identifie le rayon des dommages en mètres.

paramètre_B

Contient toutes les informations permettant de revenir au paramètre B pour les substances toxiques présentes dans la liste de raccourcis. Le tableau contient les colonnes suivantes [id de type entier, id_class de type entier, qta_min de type entier, qta_max de type entier, B de type entier, B_mediate de type entier].

Paradigma

Contient toutes les informations qui permettent d'obtenir la classe d'appartenance des substances toxiques à l'aide du paradigme, une fois les paramètres Ref, A, B, C, D connus, la classe d'appartenance de la substance est obtenue et les distances d'endommagement peuvent être obtenues

Le tableau contient les colonnes suivantes [id de type entier, A de type entier, B de type entier, C de type entier, D de type entier, class_id de type entier, tbl de type texte, ref de type entier]. Le paramètre A a toujours la valeur 2, mais a été inclus dans le tableau pour d'éventuels développements futurs.

imdg_code_list

Contient la liste des 2457 substances de l'IMDG. Le tableau contient les colonnes suivantes [id de type entier, un de type entier, psn de type texte (nom d'expédition approprié), class_division de type texte, packaging_group de type texte, properties_observation de type texte, id_classdivision de type entier].

imdg_class_divisions

Contient la liste des différentes divisions de classe avec leur description. Le tableau contient les colonnes suivantes [id de type entier, class_division de type texte, description de type texte].

rotte_capitaneria

Contient une liste des itinéraires d'un ensemble de 37 échantillons de navires fournis par l'autorité portuaire italienne. Le tableau contient les colonnes suivantes [id de type entier, dates de type texte, lat de type décimal, lon de type décimal, ship_name de type texte, mmsi de type entier, imo de type entier, call_sign de type texte, pays de type texte, device_type de type texte, ship_tipe de type entier, vitesse de type décimal, cours de type décimal, navigation_status de type texte, destination de type texte, expéditeurs de type texte].

carichi

Contient la liste de toutes les marchandises dangereuses chargées sur les navires, les informations proviennent du PMIS (Port Management Information System). Le tableau contient les colonnes suivantes [id de type entier, mmsi de type entier, event_date de type date, id_type_of mouvement de type entier, container_reg de type chaîne, iso_container_code de type chaîne, provenance_port de type chaîne, destination_port de type chaîne, trailer_plate de type string, un_number de type string, gross_weight de type decimal, um de type string (unité de mesure), good_class de type text, source_position de type text, packaging_group de type text, subsidiaire_risk de type text, ems de type text, limited_quantity of type booléen, pollution_marine de type booléen, nom_technique de type texte].

Cette partie du SI de l'OMD comprend une interface graphique indépendante, déployée uniquement sur un serveur de l'Université de Gênes, qui permet de tester la méthode Shortcut sur des données fournies par la Capitainerie du Port de Gênes concernant les cargaisons et les trajets de navires (pour une description plus détaillée de cette interface graphique, voir, par exemple, le document T2.2.2 du projet OMD).

c) Interfaces

Pour permettre l'échange de données entre les partenaires du projet, une interface de type API REST a été créée pour permettre la récupération des données nécessaires à la visualisation des événements d'éventuels accidents.

L'interface d'échange de données a été créée avec node.js.

Une version de l'api REST et de la base de données a été installée sur la plateforme du projet OMD.

Deux « routes » sont utilisées par la partie « Suivi de la situation maritime en temps réel » pour récupérer des données par des requêtes http de type GET :

- path/api/substances/mmsi/date_from/date_to

où :

mmsi: code numérique identifiant le MMSI du navire

date_from: date au format aaaa-mm-jj intervalle de temps de début

date_to: date au format aaaa-mm-jj à la fin de l'intervalle de temps

La réponse à cette requête est au format JSON et fournit la liste des substances présentes sur le navire selon le format pour chacune :

```
{
  movimento: texte,
  data_evento: texte,
  un_number: texte,
  goods_class: texte,
  substance: texte,
  packing_group: texte,
  special_packing_type: texte,
  gross_weight: numérique,
  um: texte,
  in_shortcut: texte,
  in_imdg: texte,
  id_sostanza: numérique
}
```

Avec les champs ayant la signification suivante :

movimento: type de mouvement effectué : chargement, déchargement ou transit

data_evento: date de l'événement

un_number: numéro un de la substance

good_class: classe imdg de la substance

substance: description de la substance

packing_group: packing group de la matière, les valeurs autorisées si elles sont présentes sont : "I", "II", "III"

special_packing_type: tout type de confinement spécial

gross_weight: poids brut de la charge

um: unité de mesure de la quantité de substance

in_shortcut: numéro d'identification si la matière est présente dans le tableau des matières de raccourci (0 absent, n nombre de fois qu'elle est présente), la même matière peut être présente plusieurs fois pour différents packing group.

in_imdg: numéro d'identification si la matière est présente dans le tableau des matières imdg (0 absent, n nombre de fois qu'elle est présente), la même matière peut être présente plusieurs fois pour différents packing group

id_sostanza: identifiant unique de la substance dans la base de données

- path/api/scenarios/id_substance/id_class/id_meteo/quantity

où :

id_sostanza: code numérique de la substance, obtenu à partir de l'appel api/substances

id_class: code numérique identifiant la classe de la substance, obtenu lors de l'appel api/classes

id_meteo: identifiant numérique de la condition météorologique, les valeurs possibles sont 1 meteo D5 ou 2 meteo F2

quantity: quantité en kg de substance

La réponse à cette requête est au format JSON et fournit les rayons en mètres du scénario accidentel pour les différentes valeurs seuils en fonction des conditions météorologiques, du type de substance, de la classe de substance et de la quantité transportée :

```
{
  id: numérique,
  id_soglia: numérique,
  id_meteo: numérique,
  val: numérique
}
```

Avec les champs ayant la signification suivante :

id: identifiant numérique unique basé sur des données

id_soglia: identifiant unique du seuil de dommage, valeurs de 1 à 4, normalement les seuils considérés sont 1 et 3

id_meteo: identifiant numérique de la condition météorologique

val: rayon en mètres du seuil de dommage

3) WebGnome et récupération de données météo

a) Fonctionnalités et performances

Un deuxième type de scénario accidentel envisagé dans le module de risque de la plate-forme de l'OMD concerne la simulation d'événements accidentels générant un déversement de marchandises dangereuses en mer.

Le système de simulation et de surveillance de la dispersion des déversements d'hydrocarbures a été conçu et développé pour exploiter le potentiel et les services de la plateforme WebGNOME développée par la NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration (USA).

L'utilisateur peut récupérer des données météo via un outil créé dans le cadre du projet OMD et les soumettre en entrée à Webgnome, ainsi que d'autres paramètres, pour générer une simulation de dispersion d'un déversement d'hydrocarbures en mer en conséquence d'un événement accidentel.

Une fois les paramètres définis et les fichiers météo du modèle chargés, la simulation peut être observée dans la plateforme Webgnome. La simulation peut être lancée et surveillée de manière intuitive. L'ensemble peut également être sauvegardé si nécessaire (une procédure détaillée de mise en œuvre de l'ensemble de la solution est décrite dans T2.2.2).

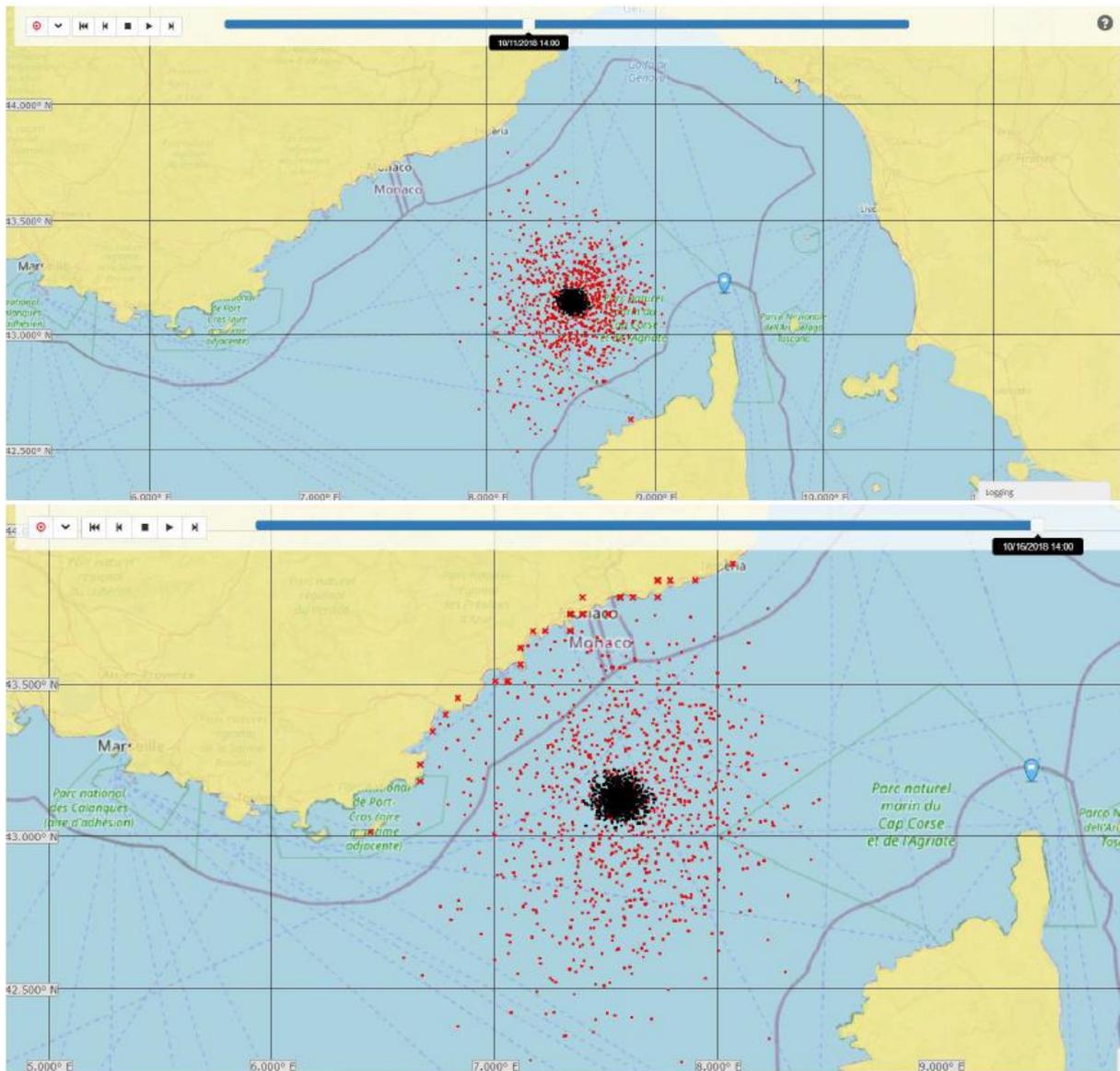


Figure 22 : exemple de visualisation de l'évolution de la dispersion d'hydrocarbures dans le temps

À l'adresse https://webgisloseplus.dibris.unige.it/omd_gnome/coast/omd_coast.bna vous pouvez trouver le fichier délimitant la zone d'intérêt de l'OMD qui est un paramètre nécessaire pour exécuter le modèle de dispersion.

b) Conception

L'architecture du module est assez simple et implique essentiellement trois acteurs qui interagissent séquentiellement :

- L'utilisateur, depuis son interface de lancement de programme
- Le serveur météo qui, lorsqu'il est interrogé, fournit les données météorologiques demandées dans le format approprié
- La plateforme WebGNOME

Le serveur météo est « invisible » pour l'utilisateur et a pour tâche de fournir les données météo brutes d'intérêt téléchargées auprès des fournisseurs. Cela se produit automatiquement et les données sont mises à jour quotidiennement.

La séquence d'opérations que l'utilisateur doit effectuer pour soumettre sa demande est la suivante :

1. interroger le serveur météo en sélectionnant les dates de début et fin qui l'intéressent :
 - Soit avec le script approprié disponible pour les utilisateurs d'UNIGE (activé depuis l'interface du portail)
 - Soit par un appel à l'API REST via Internet auprès du serveur. Cet appel va renvoyer le nom de 2 fichiers au format NetCdf qui contiennent des informations sur les conditions de vent et de mer
2. le serveur, qui a en mémoire les données météo mises à jour quotidiennement :
 - Soit, si c'est un appel via le script, renvoie les 2 fichiers qui sont enregistrés localement sur la machine de l'utilisateur par le script.
 - Soit, met à disposition les 2 fichiers sur un serveur du DIBRIS où ils peuvent être récupérés manuellement par l'utilisateur via Internet pour les télécharger sur sa machine
3. Sur WebGNOME, ouvrir un projet .GNOME existant avec la carte et d'autres données ou, en l'absence d'un modèle de référence, en créer un nouveau en chargeant le fichier de carte de la zone d'étude (OMD_coast .bna)
4. Uploader les fichiers .nc sauvegardés localement depuis le serveur pour définir les conditions météo et mer de la simulation à l'aide des interfaces adéquates (pour la définition complète du projet sur WebGNOME, consulter le guide dédié)
5. Une fois tous les paramètres définis, il est possible de :
 - enregistrer le projet
 - voir la simulation
 - télécharger le fichier particulier qui définit l'évolution de la simulation

Le serveur météo est hébergé sur une machine physique (présente à DIBRIS à Gênes) et les données météo sont enregistrées séparément pour les courants et le vent.

Les données météo sont issues des services NOAA et Copernicus (<https://www.copernicus.eu/en>) (avec une résolution à $\frac{1}{4}$ de degré pour le vent et $\frac{1}{12}$ de degré pour les courants) et sauvegardées quotidiennement avec des prévisions jusqu'à cinq jours à l'avance : elles sont mises à jour quotidiennement afin que les fichiers soient progressivement remplacés par les prévisions les plus récentes et les plus fiables. Ainsi, en cas de dysfonctionnements temporaires à la source des données qui empêchent leur mise à jour en quelques jours, les prévisions téléchargées précédemment seront toujours disponibles pour le service.

Les données météo fournies sont le résultat d'un traitement de données "brutes", provenant de Service NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration (<https://www.noaa.gov/>)) les modèles pour le vent et la mer sont gfs et gfswave. En particulier, les informations concernant :

- Timestamp
- Localisation géographique de la cellule (lat,lon)
- Vent (vitesse et direction)

- Precipitation rate
- Visibilité
- Swell
- Temperature
- Humidité relative

La fréquence de mise à jour des données sera quotidienne et l'horizon de prévision est de 5 jours.

La solution par script n'est utilisable qu'à l'Université de Gênes. Le script OMD_meteocat.py, écrit en langage Python, collecte les données météo de plusieurs jours (selon l'intervalle indiqué par l'utilisateur) dans deux fichiers uniques (un pour le vent et un pour les courants) en effectuant le formatage correct des deux fichiers de sortie, requis pour la compatibilité avec WebGNOME.

c) Interfaces

Les paramètres d'entrée du script sont les suivants :

- h – help : appeler à l'aide
- s -- start : date de début (au format AAAA-mm-jj)
- e -- end : date de fin (incluse)
- t -- type type : eau ou vent
- i -- input : chemin vers le dossier input
- o -- output : chemin vers le dossier output

Voici deux exemples de chaînes d'appel de script de ligne de commande:

```
OMD_meteocat -s 2022-03-09 -e 2022-03-11 -t water -i c:\downloads\ -o d:\OMD\meteo\
OMD_meteocat -s 2022-03-09 -e 2022-03-11 -t wind -i c:\downloads\ -o d:\OMD\meteo\
```

avec des paramètres hypothétiques : dates de début et de fin 2022-03-09 et 2022-03-11, type de données eau ou vent, dossier input c:\downloads\et dossier output d:\OMD\meteo\.

Généralement, les fichiers de sortie seront nommés au format dynamique avec la structure suivante :

```
water_OMD_{start_date}_to_{end_date}
```

et

```
wind_OMD_{start_date}_to_{end_date}
```

où start_date et end_date sont au format AAAA-mm-jj.

Le format des fichiers de sortie est le standard NetCDF (.nc)

Exemples de noms de fichiers de résultats :

```
water_OMD_20220309_to_20220311.nc
wind_OMD_20220309_to_20220311.nc
```

Les scénarios possibles proposés par la plateforme WebGNOME varient en fonction de certains paramètres, comme décrit dans le manuel de l'utilisateur WebGNOME.

La récupération des mêmes fichiers par Internet se fait selon la démarche suivante : un webservice RESTful est disponible pour la génération des données nécessaires pour exécuter le modèle GNOME

avec l'appel `GET 130.251.5.131:8081/api/oilspill/date_from/date_to`

Le format de date_from et date_to est aaaa-mm-jj

Le résultat est un json contenant les noms des deux fichiers générés.

Par exemple l'appel `130.251.5.131:8081/api/oilspill/2022-05-21/2022-05-28`

Fournit le résultat :

```
{file_water : 'water_omd_20220521_to_20220528.nc', file_wind :  
'wind_omd_20220521_to_20220528.nc'}
```

Les 2 fichiers identifiés peuvent alors être téléchargés à la main avec les URL suivantes :

```
https://webgisloseplus.dibris.unige.it/omd_gnome/water_omd_20220521_to_20220528.nc  
https://webgisloseplus.dibris.unige.it/omd_gnome/wind_omd_20220521_to_20220528.nc
```

L'annexe 2 donne un extrait du fichier netcdf montrant de manière détaillée son entête.

4) Évaluation du risque d'accident par réseau de neurones et par distribution de Fourier

a) Fonctionnalités et performances

Cette partie regroupe deux modèles de prévision de risques basés sur des techniques différentes qui chacun génère une carte de risques pour une situation à un instant t.

Les cartes de risques représentent un instantané en temps réel de la probabilité qu'un accident maritime se produise en chaque point de la zone considérée. Dans ce cas précis, une zone s'étendant de 36,31955° N à 45,03471° N en latitude et de 1,92398° E à 13,63403° E en longitude a été considérée ; elle comprend la zone d'étude du projet OMD Interreg Maritime-IT FR- Maritime.

Pour des raisons de traitement numérique, la zone d'étude est discrétisée en éléments de grille rectangulaires de 10x10 et tous les événements réels représentant les informations d'entrée du modèle de prévision sont liés à chacun des éléments de grille respectifs. De cette manière, il est possible de donner une représentation des événements (trafic maritime, météo, probabilité d'accident) sous une forme dite 2-D plein champ.

Les données relatives au risque d'accident sont représentées numériquement par une valeur en pourcentage qui est enregistrée dans un format géoréférencé : les données sont enregistrées dans des fichiers au format ouvert .csv afin de pouvoir être exploitées dans une future version du SI pour produire une visualisation de cette carte de risque comme une couche superposée à la visualisation cartographique de la partie « Suivi de la situation maritime en temps réel » présentée plus haut.

b) Conception

Le module, qui regroupe deux modèles d'estimation de risque, se présente sous la forme d'un programme exécutable dans l'environnement Linux.

L'exécution des modèles proposés, par réseau de neurones et par distribution de Fourier, se fait par le biais d'un unique appel en ligne de commande.

Le module nécessite en données d'entrée des informations sur les navires dans la zone décrites dans un fichier dans un format JSON identique à celui fourni par l'API REST du module « Passerelle AIS », et également des données météo fournies dans un fichier au format Netcdf. Chaque modèle produit un fichier .csv qui contient l'évaluation du risque d'accident maritime pour chaque élément d'une grille géoréférencée : Fourier.csv pour le modèle de distribution de Fourier des événements rares, et ANN.csv pour le modèle basé sur un réseau de neurones artificiels.

Tous les ensembles de données (position, vitesse, type de navire, informations météorologiques, etc.) sont placés dans une grille de 10x10 éléments représentant une zone (qui inclut la zone d'intérêt du projet OMD Interreg Marittimo-IT FRMaritime) s'étendant de 36,31955° N à 45,03471° N de latitude et de 1,92398° E à 13,63403° E de longitude. Le logiciel estime ainsi la valeur du risque pour chaque élément de la grille, dans un schéma numérique 2-D plein champ.

Dans un souci d'exhaustivité, il est important de souligner que le programme estime les valeurs de risque également avec très peu de données disponibles ou incomplètes. Toutefois, sa précision est nettement inférieure à celle de la phase de formation et de configuration du modèle.

Les modèles d'évaluation des risques ont été entraînés avec des données ayant un pas de temps minimum de deux heures. Par conséquent, bien que le module d'évaluation des risques puisse être interrogé plus fréquemment, il n'existe actuellement aucune preuve permettant de valider l'efficacité de la prévision avec un pas de temps inférieur à deux heures.

c) Interfaces

Comme cela est illustré par le schéma suivant, le module d'évaluation des risques a besoin de données d'entrée sur le trafic maritime (résumé dans les informations AIS), les caractéristiques des navires et la nature des marchandises transportées, ainsi que les conditions de vent et l'état de la mer.

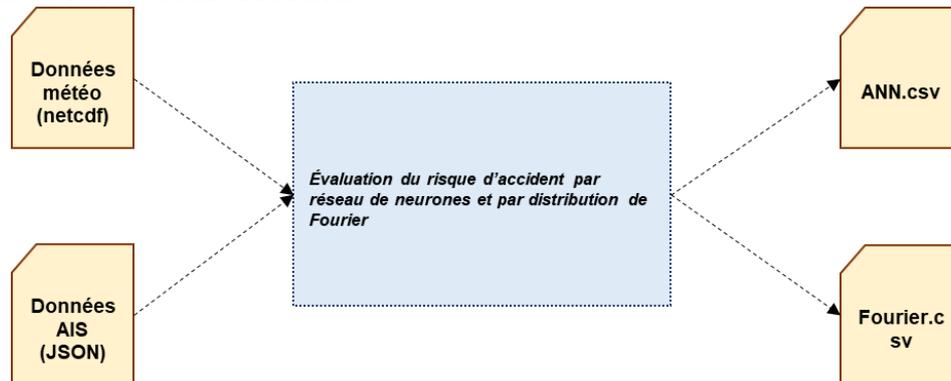


Figure 23 : Interfaces détaillées de l' « Évaluation du risque d'accident par réseau de neurones et par distribution de Fourier »

Les données d'entrée sur le trafic maritime sont lues dans un fichier au format json identique à celui produit par la passerelle AIS.

Les données météo sont lues dans un fichier au format netcdf identique à celui fourni par le serveur météo de la partie « WebGnome et récupération de données météo ».

Le module est capable d'analyser le contenu des fichiers d'entrée à la recherche des informations nécessaires et est en mesure de fournir des réponses même en cas de données incomplètes ou faibles. Toutefois, il faut souligner que la qualité de la prédiction dépend de la plausibilité des données d'entrée. En fait, les modèles ont été formés sur la base de nombreuses données historiques. Les données synthétiques créées de manière appropriée pour évaluer le fonctionnement du logiciel, ne sont pas en mesure de générer des cartes de risques aussi articulées, complexes et détaillées.

Après le traitement, qui dure de l'ordre de quelques secondes, le module produit deux fichiers de sortie au format de valeurs séparées par des virgules, l'un appelé Fourier.csv, qui

représente sous forme numérique la carte de risque résultant du modèle à événements rares selon la distribution statistique de Fourier ; l'autre, appelé ANN.csv, représente sous forme numérique la carte de risque traitée par le modèle basé sur les réseaux de neurones artificiels.

Chacun des deux fichiers contient pour chaque enregistrement les informations relatives à chacune des mailles en lesquelles la zone d'étude a été discrétisée : dans la première et la deuxième colonne, les valeurs de la latitude et de la longitude sont données respectivement en degrés au format décimal ; tandis que dans la troisième colonne, la valeur relative de la probabilité d'occurrence de l'accident en pourcentage est donnée.

Ci-dessous un exemple d'extrait d'un de ces fichiers .csv visualisé avec Excel :

36.755299	2.509500	0.070900
36.755299	3.680500	0.009900
36.755299	4.851500	0.036800
36.755299	6.022500	0.586800
36.755299	7.193500	0.014000
36.755299	8.364500	2.244500
36.755299	9.535500	0.043000
36.755299	10.706500	0.043700
36.755299	11.877500	0.050000
36.755299	13.048500	0.050000
37.626801	2.509500	0.000100

Figure 24 : Extrait d'un fichier de résultats de l' « Évaluation du risque d'accident par réseau de neurones et par distribution de Fourier »

Annexe 1 : formats des JSON des principales interfaces de la partie « Suivi de la situation maritime en temps réel »

Ci-dessous le schéma JSON donnant le format des informations détaillées sur les navires que fournit le Manager temps réel au module de visualisation. Ce format est également celui utilisé pour l'export des données affichées.

```
{
  ais      schema
  title: ais
  $ref: ./api-ais_simulator.json#/components/schemas/ais
  voyage  schema
  title: voyage
  $ref: ./api-ais_simulator.json#/components/schemas/Voyage
  master  Master{
  imo     integer
  example: 8814275

  IMO number of the vessel // (Fr) Numéro IMO du navire
  name    string
  example: Green Sea

  Name of the vessel // (Fr) Nom du navire
  flag    string
  example: SG

  Flag of the vessel (following flag code) // (Fr) Pavillon du navire (codes pavillons)
  type    string
  example: Chemical/Oil Products Tanker

  Type of the vessel // (Fr) Type du Navire
  built   integer
  example: 2015

  Year of built // (Fr) Année de construction
  builder string
  example: SPP SB CO

  Builder company // (Fr) Compagnie ayant construit le navire
  manager string
  example: BW MARITIME PTE LTD

  Managing company of the vessel // (Fr) Compagnie exploitante
  owner    string
  example: BW CLEARWATER PTE LTD

  Registered owner of the vessel // (Fr) Compagnie propriétaire
  length  number
  example: 183

  The overall length (metres) of the vessel // (Fr) Longueur totale (en mètres) du navire
  beam    number
  example: 32.2

  The width (metres) of the vessel // (Fr) Largeur (en mètres) du navire
  maxdraught  number
  example: 2

  The maximum draught (metres) of the vessel // (Fr) Tirant d'eau maximum (en mètres) du navire
  gt          integer
  example: 29768

  Gross tonnage of the vessel // (Fr) Tonnage brut du navire (en tonne)
  nt          integer
  example: 0
```

```

Net tonnage of the vessel // (Fr) Tonnage net du navire (en tonne)
dwt      integer
example: 49999

Deadweight of the vessel // (Fr) Tonnage port lourd du navire (en tonne)
teu      integer
example: 0

TEU (twenty-foot equivalent unit, referred as a container) of the vessel // (Fr) TEU = EVP
(unité équivalente vingt pieds, appelée conteneur) du navire
crude    integer
example: 0

Capacity (in cubic metres) of the crude oil the vessel can carry // (Fr) Capacité (en mètres
cubes) de pétrole brut que le navire peut transporter
}
dangerous-goods      [dangerous-goods{
description:

dangerous goods data identify for OMD project.
TransportDocumentId  string
example:

id of transport document
PortOfLoading         string
example: IT GOA

port of loading goods
PortOfDischarge       string
example: FR TLN

port of discharge goods
DGClassification      string

classification
Enum:
[ IMDG, IGC, IBC, MARPOL_ANNEX1, IMSBC ]
TextualReference      string
example: DIESEL FUEL

name of shipment or product
IMOHazardClass        string
example:

IMO class of dangerous goods
UNNumber              string
example: UN 1202

UN number of shipment
PackingGroup          integer

packing group
Enum:
[ 1, 2, 3 ]
FlashPoint            number
example: 38.2

temperature in Celsius degrees which an dangerous goods give off enough gas to inflame
MarpolCode            stringEnum:
[ X, Y, Z, OS, P ]
PackageType           string
example: 1A

list of values are available on
http://www.unece.org/fileadmin/DAM/cefact/recommendations/rec21/rec21\_Rev9e\_2012.xls
TotalNrOfPackages     integer
example: 154

total number of Packages
AdditionalInformation  string
example: Special provision

additional informations about dangerous goods
SubsidiaryRisk        string
example: Envrionmentally hazardous

```

```

subsidiary risk depending on the dangerous good class
UnitOfMeasurement    string

additional informations about unit to measure weight or volume of goods
Enum:
[ U, KGM, TNE, M3 ]
GrossQuantity    number
example: 142.25

gross quantity of dangerous goods
NetQuantity    number
example: 122.25

net quantity of dangerous goods
transport-equipment    transport-equipment{
description:

Transport equipment on board. The information is often missing on Cargos
TransUnitId    number
example: CSQU3054383

identification of the unit of transport goods (not use for reservoir). See IDG classification
LocationOnBoard    string
example:

Location on board
NoOfPackages    integer
example: 122

total number of packets of a goods
UnitOfMeasurement    string

net quantity of dangerous goods
Enum:
[ U, KGM, TNE, M3 ]
GrossQuantity    number
example: 122.25

gross quantity of dangerous goods
NetQuantity    number
example: 122.25

net quantity of dangerous goods
}
}]
}

```

Le module passerelle AIS fournit les données selon le schéma JSON ci-dessous

```

[[
  {
    imo    number
    example: 8814275
    source string
    example: VesselFinder

    source of ais data // (Fr) Source de la données AIS
    ais    ais{
    description:

    ais data with every keys needed into OMD project
    mmsi    integer
    example: 9751987

    MMSI number of the vessel (AIS identifier) // (Fr) Numéro MMSI du navire (identifiant AIS)
    course number
    example: 241

    Course over ground (degrees) // (Fr) Route (en degrés)
    navstat integer
    example: 1

    Navigation status (according to AIS Specification.) // (Fr) Statut de navigation (selon les
    spécifications AIS)
    imo    integer
  }
}]

```

60

```

example: 8814275

IMO number of the vessel // (Fr) Numéro IMO du navire
name      string
example: Green Sea

Name of the vessel // (Fr) Nom du navire
callsign  string
example: 9V6357

Callsign of the vessel / Indicatif d'appel du navire // (Fr) Indicatif d'appel du navire
type      integer
example: 60

Type of the vessel according to AIS Specification // (Fr) Type du navire selon les
spécifications AIS (https://help.marinetraffic.com/hc/en-us/articles/205579997-What-is-the-significance-of-the-AIS-Shiptype-number-)
a         integer
example: 2

Dimension (meters) from AIS GPS antenna to the Bow of the vessel // (Fr) Dimension (en mètres)
de l'antenne GPS AIS à la proue du navire
b         integer
example: 2

Dimension (meters) from AIS GPS antenna to the Stern of the vessel (Vessel Length = A + B) //
(Fr) Dimension (en mètres) de l'antenne GPS AIS à la poupe du navire (longueur du navire = A +
B)
c         integer
example: 2

Dimension (meters) from AIS GPS antenna to the Port of the vessel // (Fr) Dimension (meters)
from AIS GPS antenna to the Port of the vessel
d         integer
example: 2

Dimension (meters) from AIS GPS antenna to the Starboard of the vessel (Vessel Width = C + D)
// (Fr) Dimension (en mètres) de l'antenne GPS AIS au tribord du navire (largeur du navire = C
+ D)
draught number
example: 8.4

Current draught (meters) of the vessel // (Fr) Tirant d'eau actuel (en mètres) du navire
destination string
example: SIHANOUKVILLE

Port of destination (manually entered by the Master) // (Fr) Port de destination (entré
manuellement par le commandant)
eta_ais string
example: 2021-06-15T08:32:08Z

Estimated Time of Arrival at the port of destination (manually entered by the Master) // (Fr)
Arrivée estimée du navire au port de destination (entrée manuellement par le commandant)
eta      string
example: 2021-06-15T08:32:08Z

Estimated Time of Arrival in full date/time format (year is added by API system) // (Fr)
Arrivée estimée du navire au format Date/Heure complet
src      string
example: TER

Source of AIS data - Terrestrial (TER) or Satellite (SAT) // (Fr) Source des données AIS -
Terrestre (TER) ou Satellite (SAT)
zone     string
example: Mediterranean Sea

Name of the World zone where the vessel is located // (Fr) Nom de la zone du monde où le
navire se trouve
eca      boolean
example: Baltic and North sea ECA

Indicates whether the vessel is inside ECA/SECA zone (controlled polluted area) // (Fr)
Indique si le navire est à l'intérieur d'une zone ECA/SECA (Zones de contrôle des émissions
polluantes)
latitude number
example: 10.254

```

Geographical latitude (WGS84) // (Fr) Latitude géographique (WGS84)
longitude number
example: 40.254

Geographical longitude (WGS84) // (Fr) Longitude géographique (WGS84)
speed number
example: 13.2

Speed over ground (knots) // (Fr) Vitesse au sol (en nœuds)
heading number
example: 10

Heading (degrees) of the vessel's hull. A value of 511 indicates there is no heading data. // (Fr) Cap (degrés) de la coque du navire. La valeur 511 indique qu'il n'y a pas de données de cap.
timestamp string
example: 2021-06-15T08:32:08Z

Date and Time (in UTC) when position was recorded by AIS (format ISO 8601) // (Fr) Date et heure (UTC) de l'enregistrement de la position par AIS
}
voyage Voyage{
locode string
example: IT GOA

A uniquely assigned ID by United Nations for the last visited port // (Fr) Identifiant unique assigné par les nations unis du dernier port visité
departure string
example: 2021-06-15T08:32:08Z

The date and time (UTC) of the vessel's departure // (Fr) Date et heure (UTC) de départ du navire
lastport string
example: Genova

Name of the last visited port // (Fr) Nom du dernier port visité
lastcountry string
example: ITALY

Country of the last visited port // (Fr) Nom du pays du dernier port visité
}
master Master{
imo integer
example: 8814275

IMO number of the vessel // (Fr) Numéro IMO du navire
name string
example: Green Sea

Name of the vessel // (Fr) Nom du navire
flag string
example: SG

Flag of the vessel (following flag code) // (Fr) Pavillon du navire (codes pavillons)
type string
example: Chemical/Oil Products Tanker

Type of the vessel // (Fr) Type du Navire
built integer
example: 2015

Year of built // (Fr) Année de construction
builder string
example: SPP SB CO

Builder company // (Fr) Compagnie ayant construit le navire
manager string
example: BW MARITIME PTE LTD

Managing company of the vessel // (Fr) Compagnie exploitante
owner string
example: BW CLEARWATER PTE LTD

Registered owner of the vessel // (Fr) Compagnie propriétaire
length number

```

example: 183

The overall length (metres) of the vessel // (Fr) Longueur totale (en mètres) du navire
beam      number
example: 32.2

The width (metres) of the vessel // (Fr) Largeur (en mètres) du navire
maxdraught      number
example: 2

The maximum draught (metres) of the vessel // (Fr) Tirant d'eau maximum (en mètres) du navire
gt      integer
example: 29768

Gross tonnage of the vessel // (Fr) Tonnage brut du navire (en tonne)
nt      integer
example: 0

Net tonnage of the vessel // (Fr) Tonnage net du navire (en tonne)
dwt      integer
example: 49999

Deadweight of the vessel // (Fr) Tonnage port lourd du navire (en tonne)
teu      integer
example: 0

TEU (twenty-foot equivalent unit, referred as a container) of the vessel // (Fr) TEU = EVP
(unité équivalente vingt pieds, appelée conteneur) du navire
crude      integer
example: 0

Capacity (in cubic metres) of the crude oil the vessel can carry // (Fr) Capacité (en mètres
cubes) de pétrole brut que le navire peut transporter
}
extra-vessel-data      extra-vessel-data{
picture-url      string
example: https://static.vesselfinder.net/ship-photo/9803118-477096700-
6897461e7729398ae4555760d8296c/1

url of picture of vessel (often missing)
}
}}

```

Ci-dessous le schéma JSON pour la définition d'un scénario :

```

scenario-for-creation{
  nom      string
  example: Sea emergency

  name of scenario // (FR) nom du scénario
  description      string
  example: 10 vessels are damage

  description of scenario // (FR) description du scénario
  fleet [vessel-with-positions{
  description:

  data ais of a vessel (use as parameter on route /post. This is the same model as 'vessel' with
  positions key to calculate position data from AIS Simulator (=lat/long/timestamp/speed)
  ais      ais-without-geometry{
  description:

  ais data without position (lat/long/timestamp). This type of ais is use to generate position
  into a scenario.
  mmsi      integer
  example: 9751987

  MMSI number of the vessel (AIS identifier) // (Fr) Numéro MMSI du navire (identifiant AIS)
  course number
  example: 241

  Course over ground (degrees) // (Fr) Route (en degrés)
  navstat integer
  example: 1

```

```

Navigation status (according to AIS Specification.) // (Fr) Statut de navigation (selon les
spécifications AIS)
imo      integer
example: 8814275

IMO number of the vessel // (Fr) Numéro IMO du navire
name     string
example: Green Sea

Name of the vessel // (Fr) Nom du navire
callsign string
example: 9V6357

Callsign of the vessel / Indicatif d'appel du navire // (Fr) Indicatif d'appel du navire
type     integer
example: 60

Type of the vessel according to AIS Specification // (Fr) Type du navire selon les
spécifications AIS (https://help.marinetraffic.com/hc/en-us/articles/205579997-What-is-the-significance-of-the-AIS-Shiptype-number-)
a        integer
example: 2

Dimension (meters) from AIS GPS antenna to the Bow of the vessel // (Fr) Dimension (en mètres)
de l'antenne GPS AIS à la proue du navire
b        integer
example: 2

Dimension (meters) from AIS GPS antenna to the Stern of the vessel (Vessel Length = A + B) //
(Fr) Dimension (en mètres) de l'antenne GPS AIS à la poupe du navire (longueur du navire = A +
B)
c        integer
example: 2

Dimension (meters) from AIS GPS antenna to the Port of the vessel // (Fr) Dimension (meters)
from AIS GPS antenna to the Port of the vessel
d        integer
example: 2

Dimension (meters) from AIS GPS antenna to the Starboard of the vessel (Vessel Width = C + D)
// (Fr) Dimension (en mètres) de l'antenne GPS AIS au tribord du navire (largeur du navire = C
+ D)
draught number
example: 8.4

Current draught (meters) of the vessel // (Fr) Tirant d'eau actuel (en mètres) du navire
destination string
example: SIHANOUKVILLE

Port of destination (manually entered by the Master) // (Fr) Port de destination (entré
manuellement par le commandant)
eta_ais string
example: 2021-06-15T08:32:08Z

Estimated Time of Arrival at the port of destination (manually entered by the Master) // (Fr)
Arrivée estimée du navire au port de destination (entrée manuellement par le commandant)
eta      string
example: 2021-06-15T08:32:08Z

Estimated Time of Arrival in full date/time format (year is added by API system) // (Fr)
Arrivée estimée du navire au format Date/Heure complet
src      string
example: TER

Source of AIS data - Terrestrial (TER) or Satellite (SAT) // (Fr) Source des données AIS -
Terrestre (TER) ou Satellite (SAT)
zone     string
example: Mediterranean Sea

Name of the World zone where the vessel is located // (Fr) Nom de la zone du monde où le
navire se trouve
eca      boolean
example: Baltic and North sea ECA

```

```

Indicates whether the vessel is inside ECA/SECA zone (controlled polluted area) // (Fr)
Indique si le navire est à l'intérieur d'une zone ECA/SECA (Zones de contrôle des émissions
polluantes)
}
voyage Voyage{
locode string
example: IT GOA

A uniquely assigned ID by United Nations for the last visited port // (Fr) Identifiant unique
assigné par les nations unis du dernier port visité
departure string
example: 2021-06-15T08:32:08Z

The date and time (UTC) of the vessel's departure // (Fr) Date et heure (UTC) de départ du
navire
lastport string
example: Genova

Name of the last visited port // (Fr) Nom du dernier port visité
lastcountry string
example: ITALY

Country of the last visited port // (Fr) Nom du pays du dernier port visité
}
master Master{
imo integer
example: 8814275

IMO number of the vessel // (Fr) Numéro IMO du navire
name string
example: Green Sea

Name of the vessel // (Fr) Nom du navire
flag string
example: SG

Flag of the vessel (following flag code) // (Fr) Pavillon du navire (codes pavillons)
type string
example: Chemical/Oil Products Tanker

Type of the vessel // (Fr) Type du Navire
built integer
example: 2015

Year of built // (Fr) Année de construction
builderstring
example: SPP SB CO

Builder company // (Fr) Compagnie ayant construit le navire
managerstring
example: BW MARITIME PTE LTD

Managing company of the vessel // (Fr) Compagnie exploitante
owner string
example: BW CLEARWATER PTE LTD

Registered owner of the vessel // (Fr) Compagnie propriétaire
length number
example: 183

The overall length (metres) of the vessel // (Fr) Longueur totale (en mètres) du navire
beam number
example: 32.2

The width (metres) of the vessel // (Fr) Largeur (en mètres) du navire
maxdraught number
example: 2

The maximum draught (metres) of the vessel // (Fr) Tirant d'eau maximum (en mètres) du navire
gt integer
example: 29768

Gross tonnage of the vessel // (Fr) Tonnage brut du navire (en tonne)
nt integer
example: 0

```

```

Net tonnage of the vessel // (Fr) Tonnage net du navire (en tonne)
dwt      integer
example: 49999

Deadweight of the vessel // (Fr) Tonnage port lourd du navire (en tonne)
teu      integer
example: 0

TEU (twenty-foot equivalent unit, referred as a container) of the vessel // (Fr) TEU = EVP
(unité équivalente vingt pieds, appelée conteneur) du navire
crude    integer
example: 0

Capacity (in cubic metres) of the crude oil the vessel can carry // (Fr) Capacité (en mètres
cubes) de pétrole brut que le navire peut transporter
}
position  [

data needed to generate dynamic positions of the vessel during a scenario execution. This list
of positions is useful to calculate position, speed and heading of a vessel
position{
description:

A position of a vessel at a given moment
latitude      integer
example: 10.4

Geographical latitude (WGS84)
longitude     number
example: 40.254

Geographical longitude (WGS84)
timestamp    string
example: 2021-06-15T08:32:08Z

Date and Time (in UTC) of the position
}]
}]
}

```


Contacts :

Leïla Belmerhnia

Téléphone : (+33)7 69 81 81 91

Adresse mail : belmerhnia@tvt.fr

Pierre Robineau

Téléphone : (+33)6 74 53 20 71

Adresse mail : robineau@tvt.fr