



The Positive Way

**WAVESTONE**

# LES SMART PORTS

RADAR INTERNATIONAL DES SOLUTIONS SMART  
APPLIQUÉES AUX PORTS DE COMMERCE

---

The Positive Way

**WAVESTONE**

[www.wavestone.com](http://www.wavestone.com)

Dans un monde où savoir se transformer est la clé du succès, Wavestone s'est donné pour mission d'éclairer et guider les grandes entreprises et organisations dans leurs transformations les plus critiques avec l'ambition de les rendre positives pour toutes les parties prenantes. C'est ce que nous appelons « The Positive Way ».

Wavestone rassemble 3 000 collaborateurs dans 8 pays. Il figure parmi les leaders indépendants du conseil en Europe, et constitue le 1<sup>er</sup> cabinet de conseil indépendant en France.

Wavestone est coté sur Euronext à Paris et labellisé Great Place To Work\*.

**Alors que les échanges internationaux n'ont jamais été aussi nombreux et la concurrence entre les ports si forte, les stratégies de différenciation sont limitées. Si les projets d'agrandissement des zones industrialo-portuaires puis les volontés de rapprochement entre les ports ont été des stratégies défendues depuis de nombreuses années, ces politiques ne semblent aujourd'hui plus suffisantes pour faire face à une concurrence à la fois européenne et mondiale. Le développement de solutions numériques toujours plus efficaces et intelligentes offre des opportunités inédites pour mettre en place de nouvelles stratégies de différenciation fondées sur l'intelligence et la technologie.**

Les nouvelles technologies peuvent servir de levier de croissance pour les ports mais l'implication de tous les acteurs de la zone portuaire est nécessaire pour que les initiatives obtiennent des résultats probants.

En effet, si les ports forment déjà un écosystème complexe d'acteurs privés et publics, l'implication d'acteurs nouveaux, à l'image des citoyens ou des start-ups, est fondamentale pour faire entrer les ports dans cette nouvelle ère. D'autant plus que le développement des initiatives Smart ne relève pas simplement d'enjeux économiques mais également d'un enjeu écologique, à savoir, faire du port un lieu plus respectueux de l'environnement et d'un enjeu citoyen, celui de retisser le lien parfois rompu entre le port et la ville.

Cet article s'appuie sur l'étude comparative de quarante-quatre ports dans le monde qui investissent dans des solutions Smart. Cette étude a permis d'une part de dresser le comparatif des positionnements stratégiques de ces différents ports et, d'autre part, de signaler les initiatives et leurs conséquences les plus remarquables, qu'elles soient d'ordre économique, écologique ou encore citoyenne.



### Théo SINIBALDI

Consultant

Théo accompagne les administrations publiques dans leurs transformations notamment sur des problématiques liées à la sécurité et aux transports.

Par ailleurs, il participe au groupe de réflexion Smart Cities au sein du cabinet.

Théo est diplômé d'un Master d'économie internationale co-accrédité par l'Université Panthéon Sorbonne et par l'ENSTA ParisTech, avec une spécialité conseil en organisation, stratégie et systèmes d'information.

[theo.sinibaldi@wavestone.com](mailto:theo.sinibaldi@wavestone.com)

Cette publication a été réalisée avec l'appui de Jean-Thomas VALLES, consultant Secteur Public, Marie-Joëlle THENOZ, associée Secteur Public et Thomas GAILLARD, associé Secteur Public.

6 | Le Smart Port : mettre la technologie  
au service du port

15 | Les solutions apportées par les Smart Ports

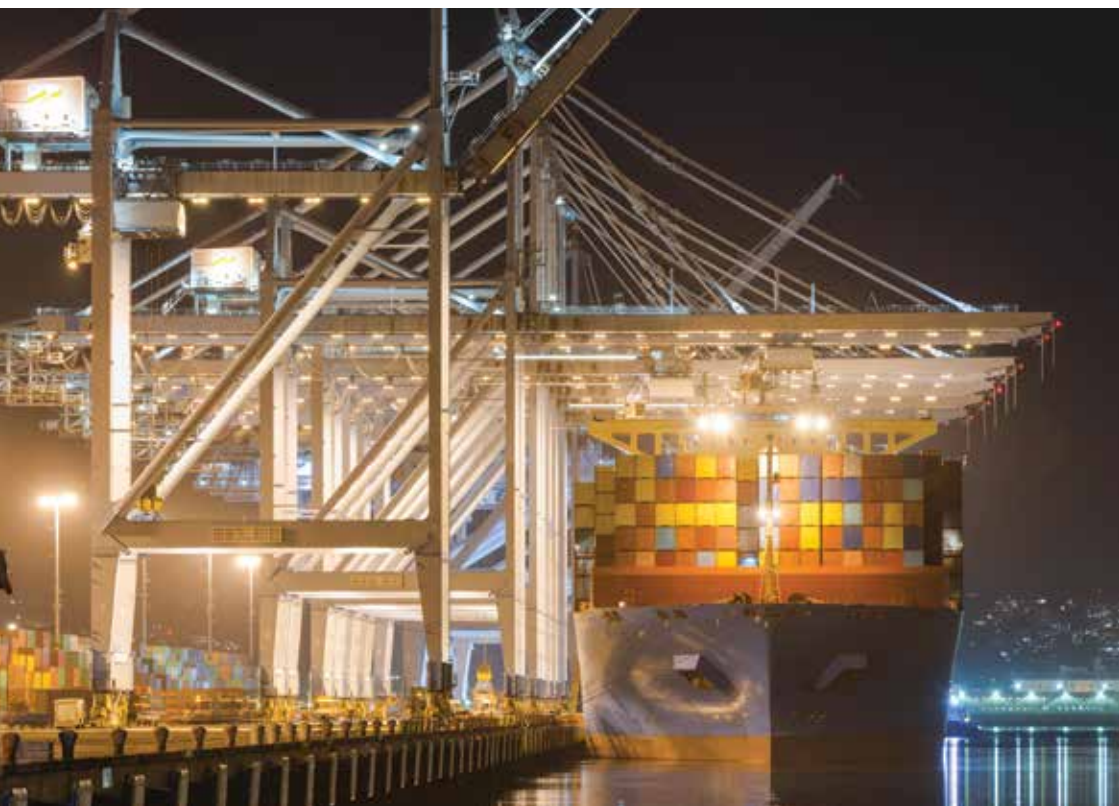
54 | Elaboration et mise en œuvre d'une stratégie Smart Port

58 | Annexes

# LE SMART PORT :

METTRE LA TECHNOLOGIE AU SERVICE DU PORT

---



## LE TRANSPORT MARITIME EN CHIFFRES

**3,2 %** de croissance annuelle estimée entre 2017 et 2022<sup>1</sup>.

En 2016, avec **10,3 milliards de tonnes de marchandises** transportées par an, la voie maritime est le premier mode de transport de marchandises<sup>2</sup>.

Le transport maritime représente en volume **80 % des marchandises transportées** et **70 % en valeur** de marchandises<sup>3</sup>.

**72 % des importations et exportations** de la France s'effectuent par transport maritime<sup>4</sup>.

La flotte commerciale mondiale compte plus de **94 000 navires**<sup>5</sup>.

Devant l'aéronautique ou les télécoms, le commerce maritime pesait en 2015 1 500 milliards d'euros et devrait atteindre les **2 000 milliards d'euros en 2020**<sup>6</sup>.

Alors qu'en 2005, les porte-conteneurs pouvaient transporter **11 000 équivalent vingt pieds** (EVP), dix ans plus tard, en **2015**, le chiffre est passé à **19 000**<sup>7</sup>.

Entre 2000 et 2016, **68,8 milliards de dollars** de fonds privés ont été investis dans **292 projets portuaires**<sup>8</sup>.

Le transport maritime émet environ 1 milliard de tonnes de CO<sub>2</sub> par an, soit **2,5 % des émissions de gaz à effet de serre mondiales**. D'ici à 2050, ces émissions pourraient augmenter de **50 à 250 %**<sup>9</sup>.

1 à 9- Cf. Annexe Bibliographie.

## QU'EST-CE QU'UN SMART PORT ?

Encore de simples lieux de chargement et de déchargement de marchandises au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, les ports sont devenus les carrefours de l'économie mondiale au fur et à mesure que le commerce international s'est intensifié. Aujourd'hui les ports sont tout à la fois des nœuds logistiques dans la chaîne de transport, des emplacements pour les activités industrielles et des emplacements pour les activités logistiques. Si les Smart Ports ne diffèrent pas des ports traditionnels dans leurs fonctions, en revanche, ils placent l'innovation technologique, la créativité et la collaboration entre les parties prenantes du port au cœur de leurs attributions.

La notion de Smart City a acquis au fil de ces dernières années un crédit certain auprès des collectivités locales et une visibilité déjà importante auprès du grand public. Pourtant, les solutions apportées par la ville intelligente peinent à s'adapter aux spécificités de certains territoires, en premier lieu desquels les villes-ports.

Paradoxalement, ces villes ont longtemps tiré leurs richesses de leur port mais les deux espaces se sont développés de manière distincte. Pour bon nombre d'habitants, le port est bien souvent davantage synonyme de nuisance, notamment environnementale, qu'une source d'externalités positives pour l'hinterland\*.

Tout aussi paradoxal, de nombreux emplois, directs et indirects, dépendent de cette ouverture sur la mer sans pour autant permettre l'appropriation des lieux par les habitants. Ainsi, les ports apparaissent plus proches du reste du monde que des citoyens de la ville portuaire. Le concept de Smart Port vise à faire du port un lieu d'intelligence collective capable de recourir à la technologie pour répondre à ces nouvelles problématiques.

### Le Smart Port répond à des enjeux économiques

L'augmentation du trafic maritime de voyageurs et de marchandises dans un contexte de concurrence internationale pousse les villes portuaires à adapter leurs infrastructures et leurs services afin d'accueillir un maximum de navires dans les meilleures conditions.

Si les stratégies de rapprochement, comme la création d'HAROPA\*\* par exemple, ont permis aux ports français de faire face à la concurrence, en profitant des synergies et des réductions des



\* L'hinterland est la région desservie par un port ou une voie navigable.

\*\* HAROPA est l'ensemble portuaire de l'axe Seine réunissant les ports du Havre, de Rouen et de Paris, d'ici le 1<sup>er</sup> janvier 2021.



coûts, les technologies numériques offrent aujourd'hui des opportunités nouvelles de distinction dans un contexte toujours aussi concurrentiel.

Des activités au cœur des ports de commerce comme le transport, la manipulation et le stockage de marchandises aussi bien que les activités support, qui mettent en place des initiatives Smart, sont à l'origine d'un gain de temps important pour les transporteurs maritimes et leurs clients.

### **Le Smart Port répond à des enjeux écologiques**

Si la technologie permet de rationaliser la gestion des flux et facilite le partage de l'information entre les acteurs du port, les solutions Smart ne sont pas uniquement à l'origine de gains économiques. En effet, elles permettent également de réduire l'empreinte carbone des ports. De fait, la fluidité du trafic répond autant à un impératif économique qu'écologique.

Le Big Data, l'internet des objets ou encore l'intelligence artificielle peuvent également répondre à des objectifs environnementaux : désormais, chaque objet peut être potentiellement une source d'informations. Les données collectées peuvent alors appuyer une politique portuaire respectueuse de l'environnement voire être utilisées pour établir des normes écologiques. La diffusion en temps réel de ces informations renforce d'autant plus la sûreté environnementale du territoire.

Néanmoins, le Smart Port ne se contente pas de réduire le risque de catastrophe

naturelle ; il s'attache également à réduire de manière durable l'émission de gaz à effet de serre et de déchets.

Qui plus est, la diversité des acteurs des zones industrialo-portuaires apparaît comme un atout essentiel pour favoriser l'émergence d'une véritable économie circulaire.

### **Le Smart Port répond à des enjeux citoyens**

Le besoin d'espace, pour permettre l'accueil de navires toujours plus imposants ou pour permettre le stockage de marchandises de plus en plus nombreuses, a naturellement éloigné le port du centre-ville depuis la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle.

A ce premier constat, s'ajoute un second : travailler sur le port n'est plus synonyme de vivre à proximité du port. La majorité des employés du port vivent en périphérie de la ville sur laquelle le port se développe. De fait, alors que le commerce maritime est de plus en plus important, il est de moins en moins perceptible par les habitants des villes portuaires allant parfois jusqu'à devenir un impensé spatial.

Le Smart Port apparaît comme le nouveau paradigme pour répondre à ces enjeux de création d'un lien nouveau ville - port, et de refonte de la manière de penser la relation entre citoyens et ports.

Ainsi, les solutions Smart ne se circonscrivent pas à la zone industrialo-portuaire mais, au contraire, réintègrent le port dans la ville et les citoyens dans le port.

## DES INITIATIVES SMART QUI RÉPONDENT À DES ENJEUX LOCAUX

Si les initiatives Smart sont aujourd'hui des initiatives couramment mises en place dans les ports du monde entier, rares sont

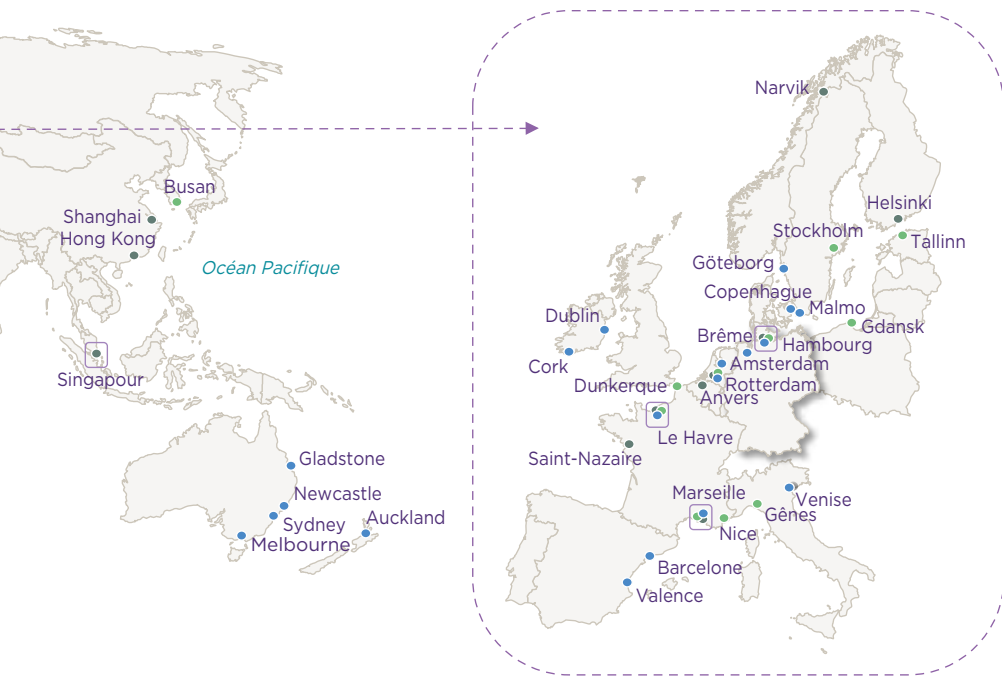
les ports qui mettent à profit l'usage de la technologie pour répondre de concert aux problématiques économiques, écologiques et citoyennes qui se posent à eux. Ainsi, sur les 44 ports mentionnés dans notre étude seuls quatre, à savoir

### Carte des initiatives Smart



les ports de Los Angeles, du Havre, de Marseille et de Rotterdam, semblent développer des initiatives significatives dans ces trois domaines. La plupart des initiatives Smart se concentrent en effet sur des problématiques correspondantes

aux spécificités de l'environnement du port qui les déploie (spécificités politiques, économiques, réglementaires, écologiques, sociales, etc.) et ne répondent ainsi qu'à l'un des trois enjeux cités précédemment.



Source : Wavestone

## RADAR : DE L'INITIATIVE SMART AU DÉVELOPPEMENT D'UNE STRATÉGIE SMART PORT

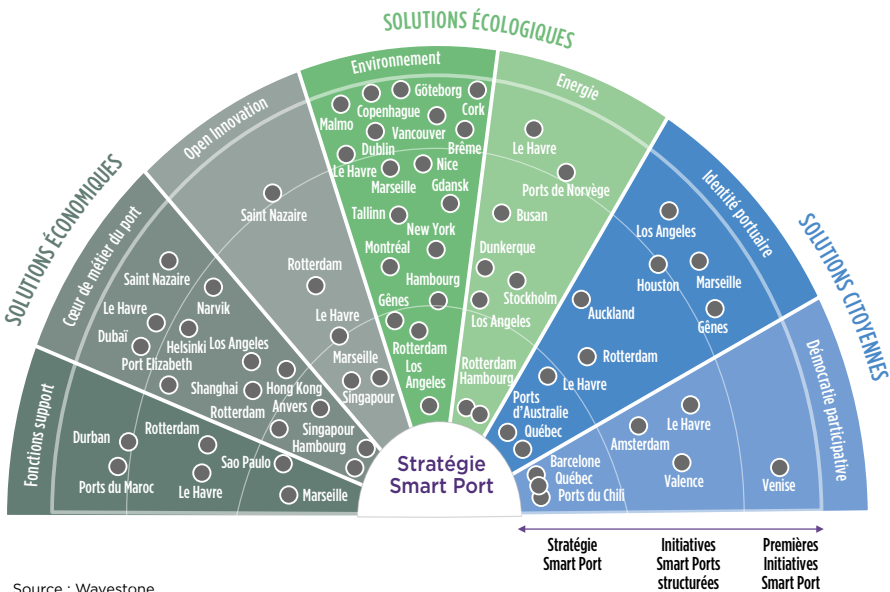
Le Smart Port est un concept récent. Les ports qui entreprennent une stratégie Smart s'engagent structurellement et à long terme dans la modification de leurs activités. Ces changements sont lourds et souvent complexes à mettre en œuvre.

De fait, certains ports développent des initiatives à la marge, des expérimentations, alors que d'autres déploient les solutions Smart à grande échelle dans le port et même aux alentours. Ce sont ces

derniers que l'on peut qualifier de véritables Smart Ports. Ce radar propose de répertorier les ports en tenant compte de cette distinction.

Le port du Havre peut être considéré comme un Smart Port intégrant les trois aspects économiques, écologiques et citoyens dans sa stratégie. Néanmoins, rares sont les Smart Ports à se positionner sur tous ces sujets pour le moment. Par exemple, Hambourg peut être considéré comme un Smart Port malgré le fait qu'il ne concentre ses actions que sur les domaines environnementaux et économiques.

### Radar des solutions Smart



Source : Wavestone

## ZOOM 1

# HAMBURG EST LE PIONNIER ET CHEF DE FILE DANS LA MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS LOGISTIQUES ET ÉNERGÉTIQUES INTELLIGENTES

## Le Smart Port d'Hambourg<sup>10</sup>

### CONTEXTE

- Port à la fois maritime et fluvial
- 136,5 millions de tonnes de fret/an, soit 8,8 millions de conteneurs
- 3<sup>e</sup> plus grand port de conteneurs d'Europe et 18<sup>e</sup> mondial
- 7 300 entreprises de logistique dans le périmètre de la ville

### UN PORT D'UNE IMPORTANCE VITALE

- Approvisionnement d'un marché de 450 millions de consommateurs potentiels
- 20 milliards d'euros de valeur ajoutée générés par le port en Allemagne
- 260 000 emplois en Allemagne liés au port d'Hambourg

### PROJET SMART PORT – LE PORT INTELLIGENT

- Grâce à l'intelligence numérique, le port d'Hambourg utilise plusieurs systèmes de contrôle à la pointe de la technologie. Avec l'IOT et les systèmes d'analyse, de prévision et d'information, les activités du port sont de plus en plus efficaces.
- Le Smart Port d'Hambourg a pour objectif d'apporter de la croissance économique au port et à la ville, mais aussi de limiter l'impact des activités liées au port sur l'environnement.

### LE PROJET SMART PORT ABORDE DEUX VOLETS...



#### LOGISTIQUE :

- Circulation du trafic – Circulation des marchandises
- Infrastructures



#### ÉNERGIE :

- Énergies renouvelables – Efficacité énergétique
- Mobilité

### ... ET DE NOMBREUX PROJETS

- Navigation en temps réel
- Exploitation des énergies renouvelables à quai
- Maintenance ferroviaire prédictive
- Capteurs polyvalents mobiles
- Dépôt virtuel
- Port Monitor
- E-mobilité dans le port
- Parkings professionnels

## Sélection de solutions développées par le port d'Hambourg



### PORT MONITOR

L'un des premiers projets du port d'Hambourg est le « Port Monitor » qui est un logiciel utilisé par le « Vessel Traffic Service Center (VTS) » du HPA\*. Le VTS est le centre de contrôle maritime du port.

Le principe du Port Monitor est de récolter des informations telles que...

- Les positions des navires grâce à leurs données AIS\*\*,
- Toutes les informations maritimes fournies par les cartes numériques,
- Les hauteurs et largeurs des ponts,
- Les sites de construction en cours ...

... pour les fournir aux parties prenantes concernées.



### EVE : SYSTÈME DE REPRÉSENTATION DE LA SITUATION DU TRAFIC DANS LE PORT

Pour fournir des informations complètes et fiables sur le trafic, toutes les données récoltées par les boucles inductives magnétiques, la détection vidéo, le Bluetooth ou les véhicules, sont centralisées.

Les informations permettent de donner des indicateurs sur l'état de la circulation routière :

- Temps de déplacement,
- Temps dans l'embouteillage,
- Emissions de CO<sub>2</sub> ...

Le système est capable de faire des prédictions à court terme sur l'état du trafic grâce à ces données.

<sup>10</sup>- Cf. Annexe Bibliographie.

\* Hamburg Port Authority.

\*\* Automatic Identification System.

## LE HAVRE LANCE SON PROJET DE PORT INTELLIGENT À LA FOIS POUR CONCURRENCER SES RIVAUX NORD-EUROPÉENS ET POUR RECONNECTER LA VILLE À SON PORT

### Le Smart Port du Havre<sup>11</sup>

#### CONTEXTE

- 1<sup>er</sup> port de conteneurs français
- Membre d'HAROPA
- Concurrence élevée de la Northern Range

#### UN PORT D'UNE IMPORTANCE VITALE

- 66 millions de tonnes de marchandises en 2016
- 2,5 millions d'EVP en 2016
- 223 000 passagers de croisière
- 1<sup>er</sup> port mondial pour le transport des vins et spiritueux
- Une zone industrialo-portuaire de plus de 10 000 ha

#### PROJET SMART PORT CITY – PIA3\* TERRITOIRE D'INNOVATION DE GRANDE AMBITION

- « Smart Port City » veut combiner « ville intelligente » et « port du futur ». Le projet doit permettre une transformation en profondeur de l'agglomération havraise par l'innovation dans les dix prochaines années.

#### LE PROJET SMART PORT ABORDE TROIS VOLETS...



#### CITOYEN :

- Port Center 2.0 – Smart Cruise



#### ENVIRONNEMENT :

- Reconversion de la centrale EDF – Biosurveillance
- E-toile



#### ÉCONOMIQUE :

- Capitainerie du futur et l'e-maritime – Halle technologique – Optiroute

#### ... SE DÉCOMPOSANT EN UN ENSEMBLE D'INITIATIVES

- Gestion du trafic
- Supply chain
- Energies alternatives
- Sécurité
- Recherche
- Education
- Biosurveillance
- Tourisme

### Sélection de solutions développées par le port du Havre



#### PORT CENTER 2.0

Développer ce lieu déjà existant pour mettre en avant le port, son territoire et ses métiers de façon attractive et ludique, en proposant, par exemple, des expériences immersives via la réalité virtuelle. Ces dernières déclinent les différentes activités portuaires :

- la croisière, – les terminaux, – la plateforme multi-modale, – les entrepôts de logistique, ...

Autant de sites qui ne sont que rarement ouverts au public, mais désormais accessibles par ce biais notamment grâce à la présentation d'images tournées par un drone.



#### L'OPTIROUTE

L'Optiroute informera en temps réel de la situation des ponts sur la zone industrialo-portuaire et du trafic et facilitera ainsi les flux et les déplacements de près de 32 000 salariés et de 12 000 camions par jour.



#### LA HALLE TECHNOLOGIQUE

La Halle technologique (hangar de 2 300 m<sup>2</sup>) accueillera chercheurs, entreprises et start-ups en leur offrant les moyens d'expérimenter des innovations à taille réelle.



#### DE NOMBREUX DISPOSITIFS DE BIOSURVEILLANCE

- Climate City se propose de collecter des données climatiques localisées à partir de ballons captifs et de drones instrumentés.
- I-caging (développé par l'Université Le Havre Normandie) utilise des casiers équipés de capteurs immergés dans les bassins portuaires et estuariens.
- Drones en essai (porté par l'université Le Havre Normandie) a pour ambition de surveiller les zones sensibles et/ou peu accessibles par un ensemble de robots mobiles aériens évoluant en formation ou en essai.

11- Cf. Annexe Bibliographie.

\* Programme d'Investissements d'Avenir 3.

# LES SOLUTIONS APPORTÉES

## PAR LES SMART PORTS

---



## LES SOLUTIONS ÉCONOMIQUES DU SMART PORT : AMÉLIORER LA COMPÉTITIVITÉ DES PORTS

La transformation numérique des ports leur permet d'accroître leur compétitivité et leur attractivité. Bien que le transport, la manutention et le stockage de la marchandise soient au cœur des activités du port, la modernisation concerne également les fonctions support telles que l'administration portuaire, la maintenance, la sécurité et la cyber sécurité des ports, qui sont autant d'opportunités pour mettre en place des solutions Smart dans les ports. Par ailleurs, l'accroissement des échanges de connaissances avec l'économie locale est, lui aussi, un enjeu majeur pour faire du port un lieu d'intelligence collective.



### Transport, manutention et stockage des marchandises : faire du port une structure agile

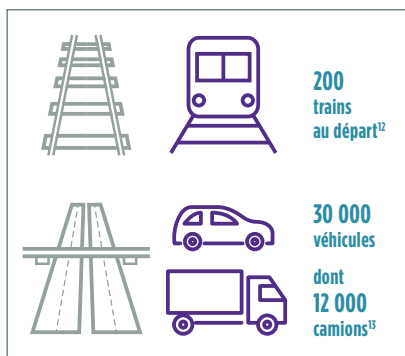
Le rôle des ports dans l'économie mondialisée peut se définir plus précisément par les activités économiques qui se déroulent en son sein. Ainsi, parmi les nombreux métiers du port, trois semblent particulièrement emblématiques : le transport de marchandises, la manutention et le stockage. Véritables nœuds logistiques, c'est bien souvent la performance du port dans ces trois domaines d'activité et donc leur rapidité à transférer dans des conditions optimales la marchandise vers le reste de leur hinterland voire de leur continent qui fait figure d'avantage concurrentiel. Cette rapidité est d'autant plus profitable dans

la mesure où la zone industrialo-portuaire n'est pas toujours extensible et l'optimisation de l'espace de stockage ou de chargement de la marchandise est bien souvent l'unique solution pour faire face à l'accroissement des échanges internationaux.

### Transport

Les ports sont sans aucun doute les territoires où se croise la plus grande diversité de véhicules : véhicules de manutention ou de passagers, de piétons, de trains et de bateaux. Ainsi, le trafic sur les zones industrialo-portuaires est extrêmement dense. Si tous ces véhicules ne partagent, bien entendu, pas la même route, les infrastructures permettant leur circulation doivent être conçues en tenant compte de la géographie du port et de sa diversité. Dès lors, disposer d'une vision globale du trafic dans l'objectif de réduire les temps de trajet sur le port est un enjeu économique de première importance.

### Chaque jour dans le port d'Hambourg



12, 13- Cf. Annexe Bibliographie.



Pour ce faire, le port d'Hambourg développe et gère son propre système de représentation du trafic. Après avoir récolté par divers moyens (Bluetooth, vidéos, radio...) les informations de trafic, les autorités portuaires retransmettent ces indications aux transporteurs de marchandises accompagnées d'une prédiction de l'évolution du trafic à court terme. Ce

système « EVE » se veut une description efficace de l'état du trafic. Il est aujourd'hui couplé au système « DIVA » qui permet d'indiquer aux camions le moyen optimal pour se rendre à leur parking. Ces deux systèmes sont à l'origine d'importantes économies de temps et de carburant et permettent en particulier de réduire la saturation du trafic.

### Smart Mobility : mobilité intégrée et multimodale ville/port

“ La Smart City et le Smart Port ont tout intérêt à concevoir ensemble une offre de mobilité intégrée et multimodale, à même de résoudre les problèmes d'incohérence et de congestion, et d'apporter des réponses adaptées aux besoins de mobilités complexes autour et dans le port : croisement de flux routiers de conte-neurs, de marchandises parfois dangereuses, d'employés du site mais aussi de voyageurs des ferrys et des croisiéristes.

La Smart Mobility ville / port passe par la mise en place de :

- Services de mobilité complémentaires : transport en commun, covoiturage, autopartage, navettes autonomes en transport à la demande, électromobilité, vélo (vélo libre-service courte ou longue durée, services autour du vélo personnel), marche à pied et copiéonage (pour sécuriser certains trajets), parkings intelligents (roulement de places de parking mises en partage selon les heures d'usage entre professionnels en ville, professionnels au port, habitants, etc.), pôles d'échange multimodaux
- Services numériques « Mobility As A Service » ville/port facilitant l'usage de ces multimodalités, incitant au report modal et accompagnant le changement de comportements des personnes se déplaçant
- Une régulation intelligente en temps réel des mobilités : systèmes de prédiction des flux et des taux de disponibilités (vidéo, comptage, historiques, remontées usagers, etc.), adaptation des voies aux besoins (en fonction des affluences, selon les sens des flux, en fonction des prévisions, etc.), guidage vers des places de parking disponibles en temps réel.
- Une organisation des fonctions du port (et de la ville autour du port) pour limiter les flux en optimisant les parcours géographiques des usagers : des guichets administratifs ou commerciaux portuaires pour les employés, les entreprises ou encore les voyageurs.

**CHRISTOPHE ROCHEGUDE**

Senior Manager Wavestone Bureau de Marseille – Expert Mobilité et Smart City

Le port de Los Angeles mise, quant à lui, sur la collaboration des différentes parties prenantes du port. Il met à disposition des acteurs du port une solution Cloud développée par General Electric Transportation. Ce logiciel, « Port Optimizer », améliore le fonctionnement de l'intégralité de la chaîne logistique en permettant à tous les acteurs d'échanger des informations sur le transport des marchandises, de manière sécurisée et fiable, rendant ainsi leur circulation plus rapide et prévisible. Un tel système résout les problèmes liés au manque de visibilité sur le fret en transit, aux processus manuels, aux données disparates et à la collaboration entre de nombreux acteurs sur la chaîne logistique.

Cette même technologie est utilisée depuis août 2018 dans le port voisin de Long Beach. Trois mois après cette phase pilote d'installation du « Port Optimizer »,

les conclusions sont sans appel : l'accès à l'information est plus rapide, la visibilité sur le fret en transit plus forte, les temps de rotation réduits et le débit augmenté.

L'intelligence artificielle, et en particulier le Machine Learning, offrent des solutions innovantes de modélisation des espaces et de rationalisation des flux. Le partenariat entre IBM et le port de Rotterdam initié par le déploiement de nombreux capteurs sur le port, permettra à terme de concevoir un double numérique du port hollandais. La création d'un jumeau numérique du port permet alors aux différents acteurs de connaître la situation en temps réel des lieux sous-utilisés ou à l'inverse congestionnés, pour réorienter les activités dans l'espace. Ces technologies permettent ainsi de fluidifier le trafic maritime en informant par exemple les navires du moment le plus adéquat pour accoster.

### La Technologie pour construire la mobilité portuaire du futur

“ Dans un écosystème soumis à des aléas plus forts que d'autres, modalités de transport, efficacité et efficacité sont les enjeux clés du port du futur. IOT, robotisation, Smart data apportent des solutions concrètes dans l'amélioration des systèmes de tracing & tracking, la modélisation des flux prédictifs et des espaces (jumeau numérique), l'automatisation des portiques de quai ou encore le guidage automatique des véhicules...

Plus encore, les différents acteurs et opérateurs portuaires devront aussi penser l'interopérabilité de leur système d'information pour voir réellement se matérialiser les promesses en terme de sécurité, efficacité et gains financiers sur tout ou partie de la chaîne de valeur. ”

**FRANCOIS HILBRANDT**

Senior Manager Wavestone – Expert transport et logistique urbaine

## Manutention

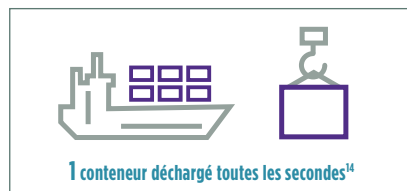
Les étapes de chargement et de déchargement de la marchandise sont le cœur de métier des ports : la manutention commence en mer lorsque le navire est pris en charge par les pilotes de la capitainerie qui se chargent de l'amarrer sur un quai. Une fois à quai, le navire est déchargé puis rechargé. Durant le déchargement, les portiqueurs sortent alors des navires les conteneurs qui sont, ensuite, acheminés dans des lieux de stockage grâce aux conducteurs de cavaliers.

Là encore, pour que le port soit compétitif, cette étape doit être réalisée rapidement de manière à, d'une part diminuer les coûts pour le navire et, d'autre part, maximiser le nombre de porte-conteneurs déchargés sur le port.

L'accostage est une première manœuvre complexe d'autant plus que dans un port chaque mètre compte pour pouvoir décharger un maximum de marchandises. Des ports comme Narvik (Norvège), Helsinki (Finlande) ou encore Ngqura (Port Elizabeth en Afrique du Sud) ont recours à des ventouses automatisées pour amarrer plus facilement les navires. Quelques dizaines de secondes suffisent alors pour que le navire accoste en toute sécurité en occupant le minimum d'espace le long du quai. En revanche, un navire qui n'est pas correctement amarré crée des problèmes de gestion des emplacements pour la capitainerie.

Pour diminuer ces faits et surtout les surcoûts importants liés aux manœuvres

## Sur le port de Singapour



pour déplacer un navire déjà amarré, **des initiatives « d'accostage intelligent »** se développent. A Anvers, les quais sont équipés de caméras et de capteurs qui permettent de signaler au navire s'il n'est pas, par exemple, placé correctement sur son emplacement, et ce, avant la fin de l'accostage.

Sur les quais, depuis plus d'une vingtaine d'années, les conteneurs sont chargés et déchargés grâce à des équipements automatisés (chariots cavaliers et véhicules à guidage automatique) et permettent d'amener les conteneurs depuis leur zone de stockage vers les portiques de levage à quai. Cependant, Shanghai est le premier Smart Port à aller plus loin dans l'automatisation de la manutention. Ainsi, l'un de ces terminaux est entièrement équipé d'une **solution permettant de guider les portiques de levage directement jusqu'au navire qu'il doit décharger et, inversement, vers le lieu du port où il doit décharger la marchandise.**

En pointe sur les solutions Smart pour développer son port sur un territoire restreint, Singapour expérimente depuis juin 2018 **un service de livraison « shore to ship » par drones** pour les infrastructures

14- Cf. Annexe Bibliographie.

portuaires. Ce projet est le fruit d'une collaboration entre Airbus et Wilhelmsen (compagnie maritime norvégienne). Le projet, en cours d'expérimentation, prévoit la livraison de marchandises par des drones partant des côtes pour se diriger vers les navires amarrés qui devront les transporter. Des centres de commandement et de livraisons doivent être installés sur les quais du port de Singapour et les drones auront une portée initiale de 3 km au maximum du littoral. Une des difficultés du projet est liée au survol de zones sensibles par des drones, survol très règlementé et contraignant. L'utilisation de drones pour la livraison dans le transport maritime peut multiplier la compétitivité jusqu'à six, et réduire les coûts de livraison jusqu'à 90 % grâce à des économies réalisées sur la manutention<sup>15</sup>. Par ailleurs, le trafic maritime dans la proximité immédiate du port se verra, de fait, réduit.

### La place de l'industrie 4.0 dans les opérations de manutention portuaire

“ L'industrie 4.0 va bouleverser l'exploitation portuaire et ses métiers. Avec l'IA et les solutions de tracking des conteneurs, les moyens de levages vont devenir autonomes, capables de charger et décharger un navire seuls. Cela générera des gains substantiels en sécurité, en régularité et en capacité. ”

**BRUNO RANCUREL**

Directeur Wavestone Energy, Utilities & Transport  
– Expert Asset Management et Maintenance

**Les Smart Ports répondent également aux problématiques liées à la traçabilité des marchandises sur le terminal.** La manutention des conteneurs implique leur stockage pendant un temps, notamment lorsque le conteneur doit poursuivre sa route sur terre par train ou camion. Dans ce contexte multimodal, s'assurer de la traçabilité des conteneurs afin de respecter des logiques d'efficacité et de sécurité est un enjeu important pour le port. La traçabilité comprend l'identification, l'authentification, la localisation et la sécurisation de l'objet concerné. Cet objet n'est pas uniquement le conteneur, il peut également être une machine de manutention. En effet, la rapidité de la manutention est stratégique sur un port, et connaître la position des outils est primordial. **Des technologies telles que les puces NFC (Near Field Communication) et les puces RFID (Radio Frequency Identification) sont aujourd'hui couramment utilisées pour suivre en temps réel la position, les conditions de transport, ou l'état d'une cargaison de marchandises.**

La blockchain peut intervenir en complément de ces dispositifs en enregistrant toutes les données émises et les rendant disponibles de manière sécurisée aux acteurs de la chaîne logistique. A Rotterdam, le port et la ville ont cofondé le laboratoire BlockLab dont l'objectif est de mettre la technologie blockchain en pratique dans le port en développant des cas d'utilisation pour la logistique ou l'énergie. Cependant, l'empreinte écologique importante de cette technologie est également à prendre en compte. Le processus de validation des échanges, le « proof of work »

15- Cf. Annexe Bibliographie.

et les calculs nécessaires pour y parvenir consommeraient de grandes quantités d'énergie. En outre, cette validation est émise par des pays dont l'électricité provient de sources énergétiques fortement polluantes comme le charbon<sup>16</sup>.

## Stockage

**Un facteur clé de succès pour les différentes industries importatrices et exportatrices réside dans la proximité de leurs entrepôts avec les ports industriels.** Désormais, les entrepôts deviennent plus grands et plus agiles, moins dangereux pour les hommes et pour l'environnement. Grâce aux nouvelles technologies, les acteurs de la chaîne logistique chargés de l'entreposage voient leurs activités évoluer totalement. A l'automatisation et à la robotisation déjà à l'œuvre dans ces lieux viennent s'ajouter l'IoT, le Big Data ou encore la réalité augmentée. Ces technologies ont toutes pour objectif de moderniser les entrepôts, éléments essentiels de l'activité portuaire.

En effet, la gestion des espaces est une des clés de la performance économique des activités du port. Le gain d'espace par l'extension de la zone portuaire est aujourd'hui souvent contraint par des considérations financières, écologiques et urbanistiques. Intelligence artificielle et Machine Learning permettent d'optimiser la surface portuaire notamment en ayant recours à la prédiction logistique. La gestion des retards et l'anticipation de la chaîne logistique sont des paramètres qui permettent de rationaliser l'espace alloué au stockage des marchandises. Dès lors, le port d'Hong Kong a développé une technologie permettant



de prédire ces retards grâce au croisement d'importantes bases de données : une première source provient d'une base comprenant tous les itinéraires proposés par les principaux transporteurs maritimes du monde alors que les autres données proviennent directement des systèmes d'identification automatique de ces navires qui répertorient tous leurs mouvements depuis plusieurs années.

Par ailleurs, l'automatisation des processus de stockage connaît de nombreuses innovations. Les robots mobiles (bras robotisés, chariots automatiques etc.), **les chariots élévateurs intelligents avec système de détection embarqué et les robots de surveillance des entrepôts jouent un rôle de plus en plus crucial.** Cependant, même si ces investissements restent très lourds et structurants pour l'entreprise qui les déploie, les résultats en termes de productivité sont toujours positifs et offrent autant d'exemples de technologies qui permettent d'améliorer la gestion des espaces au sein des ports. L'IoT offre de nombreuses possibilités de gestion innovantes des entrepôts. Les objets connectés sont de plus en plus simples d'utilisation et les personnels sont formés rapidement à leur utilisation. Ils permettent d'augmenter la productivité des

16- Cf. Annexe Bibliographie.



opérateurs et d'assurer leur confort et leur sécurité. Par ailleurs, le pilotage des activités de stockage est grandement aidé par la récolte des données et leur analyse. **Le Big Data est un outil permettant de visualiser l'état du stock en temps réel et futur.** Cette technologie crée de la flexibilité et de la réactivité dans la livraison des produits stockés dans les entrepôts qui l'utilisent.

L'apport des **lunettes connectées** est particulièrement appréciable dans le cadre des activités liées à l'entreposage des marchandises. Grâce à la technologie de la réalité augmentée, ce type de lunettes permet à l'utilisateur d'avoir accès au système d'information de l'entreprise en temps réel. Cet objet facilite la manutention et l'entreposage en transmettant des informations à l'opérateur, notamment grâce à de la modélisation 3D de l'entrepôt. Un des bénéfices souhaités par l'usage de ces lunettes est de **rendre plus efficace le picking\***. De nombreux objets réduisent l'effort des opérateurs. Le **radio pilotage** est en train de se développer dans le secteur de la manutention avec des objets intelligents répondant à des systèmes de commandes sans fil. L'objectif de ces innovations (gant scanner, bracelet télécommande, etc.) est de faciliter et de sécuriser les opérations de manutention réalisées par l'homme. Par exemple, les gants ou les bracelets télécommandes permettent à l'opérateur, par des gestes de son bras et de sa main, de déplacer une charge placée sur un pont levant sans effort ni risque. On peut également citer l'usage d'outils utilisant la technologie de reconnaissance vocale pour les préparateurs de commandes qui

## LE CONTENEUR INTELLIGENT PEUT PERMETTRE AUX PORTS DE GAGNER EN AGILITÉ

Deux leaders mondiaux du transport maritime font désormais appel aux Smart Conteneurs produits par Traxens.

Cette start-up marseillaise commercialise des conteneurs équipés de capteurs capables de collecter et de diffuser aux parties prenantes des informations diverses en temps réel telles que des données sur la géolocalisation de la marchandise et l'état de son environnement que ce soit la température, le taux d'humidité ou même la luminosité.

Ces informations sont particulièrement utiles pour contrôler les produits périssables ou dangereux.

### CES CONTENEURS INTELLIGENTS PERMETTENT DE FLUIDIFIER LE TRANSPORT MARITIME ET D'OPTIMISER LE STOCKAGE DES MARCHANDISES :

- Les acteurs de la chaîne multimodale peuvent être avertis en temps réel en cas d'imprévu au cours de l'acheminement du conteneur.
- Le nombre de retards de conteneurs est réduit.
- La réflexion du Shipplanner\*\* est facilitée.

### LE SERVICE ET LA RELATION CLIENT EN SORTENT GRANDIS :

- Les clients qui souhaitent connaître la position de leur marchandise peuvent être satisfaits.
- La traçabilité des responsabilités des transporteurs est améliorée pour le propriétaire de la marchandise.
- Une meilleure traçabilité de la marchandise pour les clients finaux.

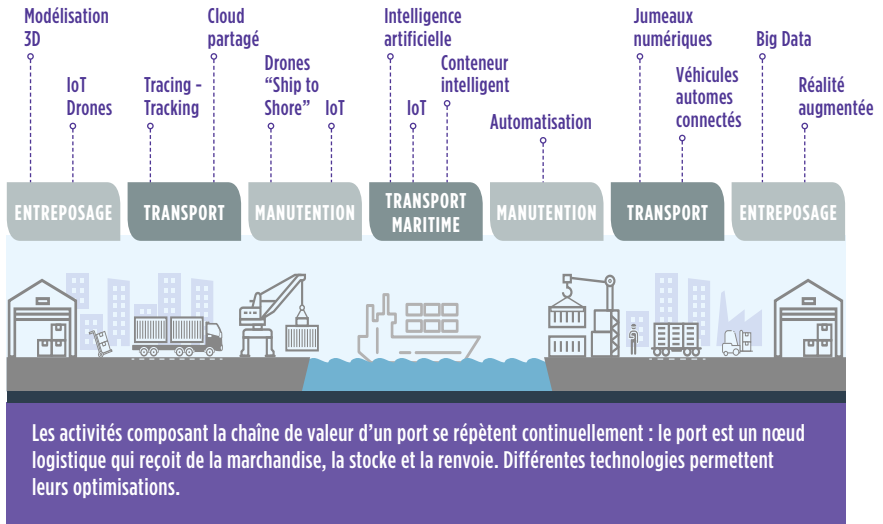
permettent d'améliorer la qualité et la fiabilité du travail de l'opérateur.

Enfin, les **drones** seront de plus en plus utilisés dans les activités d'inventaire des entrepôts. Au Havre, un projet de drone sans pilote a vu le jour en juin 2018, et permettra au port du Havre de s'affranchir de l'utilisation de nacelles encombrantes et dangereuses pour les opérateurs.

\* Le picking est l'action de rechercher dans le stock des produits à expédier et les regrouper dans une zone de colisage.

\*\* Le shipplanner est la personne responsable du plan de chargement du navire prenant en compte : les types de marchandises (dangerosité, périssabilité), les destinations et les poids des conteneurs.

## Des technologies à chaque étape du parcours marchandise



### Fonctions support : faciliter le partage d'informations et la sécurité des échanges

Le Smart Port facilite les échanges entre les différentes parties prenantes du port. Les nouvelles technologies, à l'instar de la dématérialisation appliquée aux procédures administratives, peuvent décupler la vitesse de circulation de l'information et donc les prises de décisions. Les solutions Smart permettent également **d'améliorer la sécurité au sein du port**, grâce notamment aux drones ou aux capteurs. Cependant, leur usage généralisé entraîne de **nouveaux risques** liés au numérique. Le Smart Port se doit donc d'y répondre en proposant des solutions

innovantes, notamment **en termes de cybersécurité**.

### Procédures administratives

Dans un contexte où, pour satisfaire le consommateur, les acteurs du transport maritime doivent acheminer le fret de plus en plus rapidement, les démarches administratives apparaissent comme un facteur de prorogations et de variations dans les délais. Une demande forte de simplification des démarches administratives est exprimée par les acteurs du transport maritime et, plus largement, par l'ensemble des parties prenantes du port. Les autorités portuaires prennent aujourd'hui ces sujets à bras le corps

pour proposer des services différenciés visant à satisfaire leurs usagers.

Les Port Community Systems (PCS) se fondent sur l'échange d'informations d'une communauté portuaire regroupant des acteurs privés (armateurs, transitaires, manutentionnaires, agents maritimes, transporteurs etc.) et des acteurs publics (autorité portuaire, douane, services phytosanitaires etc.). Les PCS sont des systèmes d'information portuaires qui ont pour objectif de fluidifier les échanges de marchandises et d'informations entre tous les acteurs de la chaîne logistique. Les Cargo Community Systems (CCS) proposent un périmètre d'application allant au-delà du maritime avec la prise en compte de la multimodalité du transport (maritime, fluvial, routier, ferroviaire).

Les PCS et les CCS développent continuellement, de manière collaborative, des outils permettant d'assurer la traçabilité, la fiabilité, la sécurité et la prédictibilité du parcours marchandise. Le port de Marseille Fos est équipé depuis octobre 2018 d'un CCS à la pointe de l'innovation, le « Ci5 » fourni par la société MGI. Cet outil permet de relier par un même système d'information une quinzaine de métiers couvrant le processus logistique des marchandises à l'import, à l'export ou en transbordement\* d'un navire à l'autre (agents maritimes, transitaires, importateurs et exportateurs, armateurs, opérateurs de terminaux, groupeurs, transports fleuve/fer/route, autorités portuaires, services vétérinaires et phytosanitaires, douanes et gendarmerie). En connectant

tous les acteurs du port et de la chaîne logistique, ce CCS permet au port de Marseille de gagner en efficacité et en compétitivité.

Des collectivités locales à l'Union Européenne, les autorités publiques se saisissent du sujet de la dématérialisation dans le secteur maritime et proposent des outils règlementaires pour la faciliter. A ce titre, une proposition de Règlement a été déposée en mai 2018 à la Commission Européenne, établissant un système de guichet unique maritime à l'échelle de l'Union Européenne (European Maritime Single Window<sup>17</sup>). Ce règlement répond à un besoin d'harmonisation du système de déclaration applicable aux navires. Le guichet unique doit permettre de regrouper toutes les déclarations réalisées par les opérateurs concernés à destination des administrations. Concrètement, toutes les informations (à l'exception des informations douanières) fournies par un navire dans un port, n'ont plus besoin d'être demandées par le prochain port où se dirige ce même navire si les deux ports font partie de l'Union Européenne. L'harmonisation va concerner les formats des données, les interfaces des guichets et les informations présentes dans les guichets.

Pour faciliter la gestion administrative des acteurs de l'économie portuaire, le port de São Paulo (Santos) au Brésil, le plus grand port d'Amérique latine, utilise d'ores et déjà le système « Porto Sem Papel » (« Port sans papier »). La solution automatise la fourniture d'informations nécessaires au séjour des navires dans

\* Le transbordement consiste à décharger des marchandises d'un véhicule et à les recharger dans un autre dans un délai raisonnable.

17- Cf. Annexe Bibliographie.



## La dématérialisation des procédures administratives source de valeur ajoutée

“ Les apports du numérique sont très nombreux et très variés sur les différents processus administratifs d’une organisation. Ils permettent aujourd’hui des gains très significatifs aussi bien dans l’optimisation de la ressource humaine dédiée à ces activités que sur la qualité des données et la transparence rendue possible. L’ajout de l’intelligence artificielle sur ces processus dématérialisés rendra même à terme inutile une grande partie des actions manuelles : le temps d’activité libéré pourra ainsi, par exemple, être redéployé sur le contrôle et l’analyse des marchandises. ”

**BENOIT SERIZAY**

Directeur Wavestone Secteur Public – Expert dématérialisation des échanges

le port et édite un document unique virtuel qui comprend toutes les données échangées entre l’autorité portuaire, les services sanitaires, la police, la douane et le navire. Ce système permet également l’envoi des manifestes de transport de façon dématérialisée.

Le port du Havre a, quant à lui, mis en place un projet pilote de dématérialisation du processus de déclaration de recouvrement des droits de port. Ce projet est réalisé en partenariat avec la compagnie maritime Brittany Ferries et la Direction Régionale des Douanes du Havre. Le guichet électronique du port du Havre « S-WiNG » collecte de manière automatique les informations nécessaires au calcul des droits de port que doit verser la compagnie Brittany Ferries. S-WiNG est connecté au système d’information de Brittany Ferries, ce qui permet de calculer et de transmettre directement le montant de la redevance qui est alors intégrée dans le système

comptable de la compagnie maritime. Un troisième système connecté est celui des Douanes Régionales qui permet de procéder au processus de recouvrement au bénéfice du port. L’objectif affiché à court terme est de dématérialiser les processus administratifs liés à l’échange de marchandises.

Cette dématérialisation des procédures maritimes s’inscrit souvent dans une politique globale de modernisation menée pour l’ensemble de l’administration. C’est par exemple le cas du Maroc. Ainsi, l’Agence Nationale des Ports du Maroc qui est l’établissement public chargé d’assurer la régulation du système portuaire du pays (33 ports) utilise un système d’information commun à l’ensemble de la communauté portuaire « PORTNET ». La plateforme permet la dématérialisation des procédures portuaires, des déclarations des droits de port et de fret ou encore l’échange électronique du manifeste de chargement.

## Sécurité & cybersécurité

En matière de sécurité, les infrastructures portuaires sont soumises à des enjeux importants. Les activités des ports supposent une vigilance forte concernant la sécurisation des acteurs, des biens transportés, des infrastructures et de leur environnement. Ces ports accueillent du public et des travailleurs en nombre important ; leur sécurité doit être assurée. De plus, tout incident qui se produirait contrarierait l'activité économique du port. **On parle de sécurité physique mais aussi de sécurité numérique avec des risques de piratages toujours plus nombreux, au fur et à mesure que le recours aux technologies Smart augmente.**

Le numérique et notamment l'IoT permettent de faciliter cette obligation de sécurité pour le port.

Ainsi, le recours à une flotte de drones aériens constitue un levier pour la surveillance des zones dangereuses ou à risque (sites classés SEVESO), ou encore des zones difficilement accessibles. Le port du Havre développe des drones « en essaim » qui auront pour objectifs de contrôler et de surveiller les espaces sensibles. L'Université du Havre, partenaire de nombreux projets avec le port, a déposé en 2017 un brevet sur une technologie de détection des drones survolant des espaces industriels. L'application de cette technologie répond à certaines problématiques sécuritaires, comme celles liées au terrorisme, pour les infrastructures portuaires.

La sécurité est aussi au cœur des préoccupations du port de Durban en Afrique

du Sud, site pilote d'un projet de développement des Smart Ports à l'échelle nationale. Plusieurs technologies y sont testées et leur application permet de fluidifier le trafic dans le port en assurant la sécurité des acteurs. Des capteurs et des drones sont utilisés pour surveiller les infrastructures et les fonds marins. Les capteurs sont aussi utilisés pour contrôler l'accès au port ou encore connaître le nombre de personnes présentes dans le port en cas d'incident grave et d'évacuation.

Un autre exemple de cette volonté d'utiliser la technologie pour faire du port un lieu plus sûr peut être tiré de l'expérience du Grand Port Maritime de Marseille qui utilise le système d'information « Neptune Port ». Cette solution permet une gestion efficace des escales sur le port et facilite la détection rapide des problèmes en analysant les titres de transport et les identités, aussi bien des croisiéristes que des personnels navigants.

Par ailleurs, le transport de marchandises dangereuses (matières et objets explosibles, gaz, liquides et solides inflammables, matières corrosives, toxiques, infectieuses ou même radioactives, etc.) est une problématique très importante et difficile à gérer. Le risque de pollution en mer est une menace quotidienne à cause d'accidents ou de déversements volontaires. Sur le port également les risques sont forts. Il n'est pas rare que des navires transportant ce genre de matières tombent en panne et doivent être remorqués jusqu'au port en urgence. Ainsi, en 2015, un navire transportant des matières sensibles qui, confrontées à un taux d'hu-

midité trop élevée, entraînent des explosions et des émanations de gaz toxiques, a dû être reconduit jusqu'au port de Brest à la suite d'un incident en mer. Or, le port n'était pas équipé pour décharger la cargaison du navire, la mise en place d'une solution pour faire face à la menace a entraîné une pollution dans le port. Le port de Dunkerque est le seul port du nord de la France à détenir les infrastructures pour débarquer ces produits dangereux.

Si toutes les parties prenantes impliquées dans la gestion de l'accident avaient partagé leurs informations sur la marchandise transportée, sur les infrastructures de déchargement, par exemple grâce à un système d'information, le navire aurait pu être emmené directement au port de Dunkerque qui aurait pu gérer la situation et éviter la pollution marine. L'intelligence artificielle pourra à terme, lors de la déclaration d'une avarie en mer, soumettre un protocole d'acheminement du navire vers

un port proche et équipé, tout en proposant le calcul d'un itinéraire optimal, et alerter automatiquement le port concerné.

La technologie permet également de sécuriser les outils de logistique utilisés sur les ports. Par exemple, FOC Transmissions (société industrielle de fabrication d'usinages et d'engrenages) en partenariat notamment avec le Grand Port Maritime de Marseille, cherche à développer le projet « FOST », une solution de frein de sécurité adaptable à tous les types de treuils et systèmes de levage.

A Dubaï, le port de Jebel Ali dispose d'un système de surveillance à distance des conteneurs réfrigérés. Cette activité de logistique de marchandises réfrigérées est une des spécialités du plan « grand port du Moyen Orient ». Ce système permet aux opérateurs portuaires de réagir rapidement et efficacement en cas d'incident lié à un problème de température.



Dans ce cas, une alarme se déclenche du bureau de contrôle des terminaux et un mécanicien se rend sur place pour le contrôler. L'objectif du port est ainsi d'assurer **un niveau de satisfaction client fort tout en garantissant un niveau important de sécurité des marchandises**. Pour pouvoir surveiller les infrastructures les plus éloignées du port, Thalès a développé un drone naval (Autonomous Underwater & Surface System) capable de collecter des renseignements pour contrer le terrorisme maritime, la guerre des mines ou la surveillance des infrastructures maritimes telles que les plateformes pétrolières off-shore. L'application civile du drone sous-marin intéresse les Smart Ports dans la mesure où, actuellement, le monitoring est assuré par des robots téléopérés coûteux. Le drone naval permet de surveiller les kilomètres d'installations et de transmettre des images aux postes de contrôle à terre de façon autonome et donc beaucoup moins coûteuse.

La cyberattaque du port d'Anvers en 2011 par un cartel de la drogue constitue le premier hacking de grande ampleur d'un port dans le monde. L'intrusion des pirates dans le système de gestion des conteneurs a permis au cartel de détourner de nombreux conteneurs afin d'acheminer de la drogue depuis l'Amérique du Sud vers l'Europe. En 2017, les ports de New York et de Rotterdam ont vu leur fonctionnement perturbé par l'attaque de Maersk (numéro un mondial du transport maritime).

**Les ports subissent au quotidien de nombreuses cyberattaques.** Le Grand Port Maritime de Marseille fait face à 11 000 attaques en moyenne par semaine, selon leur département des systèmes d'information. La transformation digitale du port implique une vigilance accrue concernant la cybersécurité.

**11 000**  
cyberattaques  
par semaine  
au port de  
Marseille,  
provenant  
principalement  
de robots<sup>18</sup>.

Le système d'information « Neptune Port » évoqué précédemment permet au Grand Port Maritime de Marseille de se prémunir des nombreuses cyberattaques qu'il subit au quotidien. Le système est très contraignant et prévoit des barrières de sécurité pour empêcher les intrusions et les risques qui en découlent. Cette protection des données les plus sensibles est permise par l'autonomie du système qui n'utilise pas directement des informations venant de systèmes externes. La gestion de la cybersécurité est un atout différenciant pour l'attractivité d'un port. Néanmoins, les solutions sécuritaires ne doivent pas contraindre les acteurs économiques : l'équilibre est souvent difficile à trouver.

### Maintenance

Les infrastructures portuaires sont soumises à des impératifs de maintenance. En effet, celles-ci peuvent être vieillissantes et confrontées à des aléas naturels accélérant leurs dégradations. Les Smart Ports mettent en place des solu-

18- Cf. Annexe Bibliographie.

tions innovantes pour maintenir leurs installations dans un état optimal. La plupart des infrastructures des ports sont immergées, ce qui rend difficile leur inspection, complexes leurs réparations et fastidieuse l'anticipation des problèmes liés aux dégradations.

Le port d'Anvers se positionne comme un pionnier dans le secteur de la maintenance des infrastructures portuaires avec le lancement de plusieurs projets. Le prototype « Echodrone » est un navire autonome de sondage de la profondeur des eaux du port. **Il utilise la technologie Cloud et l'intelligence artificielle afin d'inspecter les infrastructures maritimes et les fonds marins.** Il s'assure ainsi de la circulation et de la sécurité des navires. Son utilisation permet également de prévoir des travaux d'entretien des fonds par du dragage. L'Echodrone est connecté par le Cloud à tous les systèmes d'information présents dans le port, il s'appuie sur leurs données pour naviguer de manière autonome. La volonté du port d'Anvers est de donner, à terme, la capacité à ce navire d'effec-

tuer des contrôles environnementaux ou d'inspection des parties submergées des quais. Parallèlement à l'utilisation de ce prototype, le port d'Anvers utilise une technologie d'inspection marine « Waterview » : une base de données composée de photographies des infrastructures (murs des quais, ponts, etc.). L'utilisation de cette technologie permet d'inspecter les infrastructures sans avoir à plonger.

**L'internet des objets est également utilisé dans les Smart Ports pour réaliser une maintenance davantage proactive.**

Par exemple, le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire équipe d'ores et déjà un quai de capteurs de suivi de l'évolution de la structure. Les infrastructures portuaires sont souvent composées de béton (digues, terminaux, éoliennes flottantes, etc.). Les infrastructures en béton pâtiennent du vieillissement de cette matière, de sa corrosion ainsi que de l'effet de sa dégradation sur d'autres matériaux. Ces capteurs vont aussi permettre de suivre l'évolution de l'ouvrage et prévenir en cas de dégradation importante.

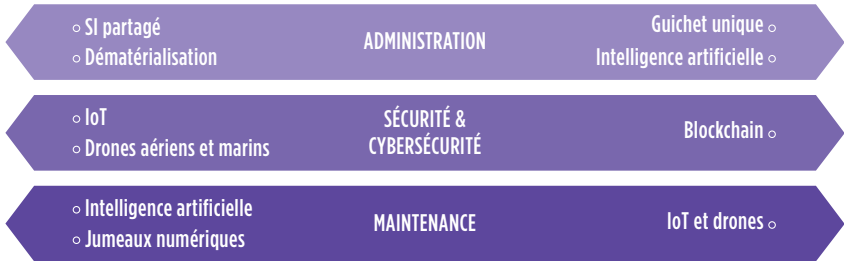
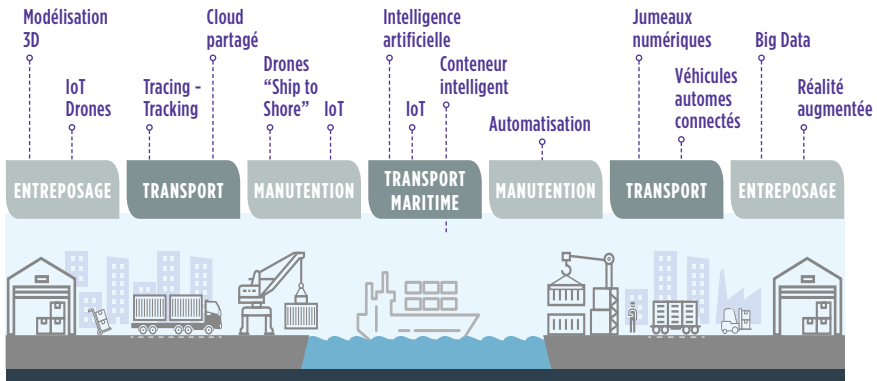
### **Le partage d'informations : clé de la maintenance portuaire**

“ La surveillance et la maintenance des infrastructures portuaires se digitalisent, bien sûr avec l'IOT et les drones, mais également avec la création de jumeaux numériques, qui accélèrent et fluidifient le partage d'informations entre les métiers de la maintenance, l'exploitation et la gestion d'actifs. ”

**BRUNO RANCUREL**

Directeur Wavestone Energy, utilities & transport – Expert Asset Management et Maintenance

## Des technologies pour toutes les activités liées au parcours marchandise



### Open Innovation : ouvrir le port à de nouveaux acteurs

Si les ports ont longtemps formé un écosystème, celui-ci était souvent fermé sur lui-même. **Aujourd'hui, les nouveaux moyens de communication tout comme la promotion d'une économie de la connaissance favorisent les rapprochements entre acteurs portuaires, entreprises éloignées du port et start-ups d'une part et, d'autre part, les écoles, les universités et les chercheurs.** Les Smart Ports mettent

à la disposition des acteurs de l'enseignement supérieur et de l'entreprise, les ressources pour concrétiser les idées en projets applicables au port ou à l'économie de la mer.

### Cluster Smart Port

Depuis de nombreuses années, des clusters maritimes se sont développés partout dans le monde. Actuellement, la plupart des régions ou villes développant des projets de Smart Port tentent de regrouper acteurs publics et privés

dans des clusters spécialisés sur le sujet. L'intérêt de ces initiatives est de favoriser la recherche scientifique pour et par les acteurs économiques en collaboration avec les institutions de recherche.

A Rotterdam, le cluster Smart Port regroupe les autorités du port, la municipalité, l'Université Erasmus, l'Université technologique de Delft, des associations professionnelles (Deltathings) et des instituts indépendants (Deltares). L'objectif affiché de ce cluster est de faire de Rotterdam l'un des leaders en matière de solutions Smart. Pour cela, la communauté travaille sur différents projets tels que **l'automatisation du programme de logistique, sa numérisation ou encore sur le programme « Roadmap futureproof port infrastructure »** (modèles de trafic nautique, quai du futur, etc.).

Favoriser la mise en place d'initiatives Smart dans les ports peut s'inscrire dans des actions économiques plus larges. Le Pôle Mer Méditerranée est un pôle de compétitivité qui contribue au développement de l'économie littorale et maritime du bassin méditerranéen. Parmi ses nombreux membres figure le Grand Port Maritime de Marseille. Ce pôle de compétitivité possède un domaine d'action stratégique « Ports, infrastructures et transports maritimes », qui vise à rendre compétitifs les ports français. Le levier d'action utilisé pour la modernisation portuaire est l'innovation technologique. Le Pôle Mer Méditerranée a un homologue en France, le Pôle Mer Bretagne Atlantique, avec le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire comme partie

prenante qui, lui-aussi, se mobilise sur les sujets liés au port du futur.

## Recherche

La collaboration et le partage de connaissances entre les acteurs privés et publics est primordial pour assurer la pérennité des projets de Smart Ports. Les initiatives d'association du monde de la recherche avec les acteurs portuaires classiques s'inscrivent dans des volontés communes de développement territorial.

Les Smart Ports français se saisissent de ces opportunités à l'image des ports de Marseille ou du Havre.

Le projet « Brain Port Community » est un outil de collaboration entre le milieu académique, les acteurs économiques et les pouvoirs publics. Il est développé par le « French Smart Port in Med », le Smart Port de Marseille-Fos. Ce projet, soutient la recherche et l'innovation grâce à des programmes de recherche précis. L'Université Aix-Marseille est l'acteur principal de ce projet. A ce titre, l'ouverture d'une Chaire « Smart Port » est envisagée pour favoriser le partage des connaissances entre le monde de la recherche et les acteurs économiques.

Le développement du Smart Port City du Havre s'est construit sur la victoire à l'appel à manifestation d'intérêt du Programme des investissements : « Territoire d'innovation de grande ambition » (PIA 3 TIGA), projet porté par un groupe d'acteurs publics et privés. Parmi les acteurs publics à l'origine du projet on retrouve l'Université Le Havre Normandie,

la ComUE « Normandie Université » et l'ENSM (Ecole Nationale Supérieure Maritime). Le projet a été soutenu par les acteurs du monde académique en partenariat avec des acteurs institutionnels (HAROPA - Port du Havre, la CCI, la Région Normandie etc.), et des acteurs économiques. La volonté est d'associer tous ces acteurs pour favoriser l'innovation, l'attractivité et le développement économique du territoire.

A plus grande échelle, le groupement d'intérêt économique mixte HAROPA (regroupant les ports du Havre, Rouen et

Paris) a pour projet de concevoir une halle technologique appelée « Conteneur Lab » (2 500 m<sup>2</sup>) qui ambitionne de faciliter et encourager l'innovation, la conception, la mise en application de projets en lien avec les activités portuaires (logistiques, sécurité, entreposage, intelligence artificielle, etc.). Ce projet s'inscrit plus largement dans le programme du laboratoire de recherche public - privé TRAFIS - LAB porté par HAROPA, la Douane française, l'Université du Havre Normandie, l'Institut Supérieur d'Etudes Logistiques (ISEL) et l'entreprise havraise de logistique portuaire SOGET.

## ZOOM 4

### LE SMART PORT CHALLENGE DU PORT DE MARSEILLE : FAIRE ÉMERGER LES SOLUTIONS INNOVANTES DE DEMAIN

Dans le cadre du French Smart Port in Med lancé par le port de Marseille Fos, les acteurs économiques, portuaires, académiques et institutionnels de la région se sont associés pour mettre en œuvre un programme d'open innovation : le Smart Port Challenge. L'objectif est d'enrichir l'écosystème portuaire, de développer et d'expérimenter des solutions innovantes.

Le 7 février 2019, le port de Marseille Fos a dévoilé les 7 lauréats de son premier Smart Port Challenge lancé en octobre 2018.

● **41 start-ups ont proposé des moyens innovants pour réinventer le port en répondant à l'un des 7 défis proposés :**

- Comment optimiser les opérations de sortie de conteneur d'un terminal par l'utilisation des données disponibles ?
- Comment s'appuyer sur les énergies renouvelables pour le raccordement des navires au réseau électrique ?
- Comment interfacier le système de gestion des tournées d'un transporteur avec le tag RFID présent sur la remorque et son emplacement sur le quai ?
- Comment mieux informer les usagers sur et autour du port ?
- Comment mesurer la capacité de batterie avec un capteur à bas coût ?

- Comment réduire les émissions de gaz à effet de serre du transport de fret ?
- Comment établir une cybercartographie portuaire ?

● **7 lauréats dévoilés le 7 février 2019, un lauréat par défi.**

- NavAlgo
- GreenCityZen
- CAPSIM
- Nauvelis
- Searoutes
- EGERIE
- MktxDatos

● **A la clef pour les lauréats, des prix de 15 000 euros et l'accompagnement de grands groupes :**

- La possibilité de mobiliser les équipes des grands groupes partenaires (Naval Group, EDF, Les Terrasses du port, CMA CGM, La Méridionale, le port de Marseille Fos, Interxion)
- L'accès à des données privilégiées
- Trois mois d'expérimentations dans « Thecamp », un camp dédié à l'innovation

● **Une occasion de promouvoir l'open innovation et d'encourager le dynamisme de l'économie régionale**

- L'organisation d'un Smart Port Day en juin 2019 pour valoriser les solutions innovantes des lauréats



## Entrepreneuriat

L'innovation est au cœur des initiatives Smart des ports. Ses bénéficiaires profitent à tout l'écosystème. Si les universités, les écoles et les chercheurs sont des acteurs de premier ordre dans cette innovation, ils ne sont pas les seuls. Les start-ups sont décisives dans le développement de solutions intelligentes pour les ports. **Les Smart Ports offrent de véritables opportunités pour des start-ups innovantes sur des secteurs comme le transport, la manutention, l'environnement, la sécurité, etc.**

Les ports misent sur la créativité et l'intelligence collective. Pour faciliter l'émulation, ils suivent des politiques de rapprochement entre les différents acteurs. Ainsi, à l'image de l'initiative portée par le Pool (fusion de la French Tech Rennes Saint Malo et de Rennes Atalante), des rencontres sont organisées entre les acteurs des ports et les start-ups. Le Pool a organisé en octobre 2018, un « Market Pitch » dédié aux Smart Ports, où une dizaine d'acteurs portuaires français ont exposé leurs principales problématiques, et en parallèle, une vingtaine de start-ups bretonnes présentaient leurs solutions. Autres solutions innovantes pour rapprocher les start-ups des acteurs portuaires : les incubateurs portuaires. A ce titre, la société CMA - CGM (parmi les leaders mondiaux du transport maritime) a créé « Ze Box » à Marseille. Cet incubateur va accueillir une quinzaine de start-ups du secteur maritime. Ce projet est réa-

lisé en partenariat entre CMA-CGM, la Métropole d'Aix-Marseille et l'Université Aix-Marseille.

En Asie, la MPA (Maritime and Port Authority of Singapore), la NUS (National University of Singapore) et TNB Ventures (plateforme de capital risque et accélérateur de start-ups) ont créé le « PIER71 Smart Port Challenge », en partenariat avec de nombreux acteurs économiques en lien avec le port de Singapour. Ce challenge regroupe des start-ups du monde entier. Il consiste à proposer des solutions innovantes dans les domaines du port, de la livraison ou de la logistique maritime.

**Les technologies sont au cœur des projets sélectionnés (IA, cybersécurité maritime, IoT, technologie portable, technologie immersive, automatisation, etc.) pour répondre à des problèmes majeurs rencontrés par les acteurs portuaires.** Les gagnants reçoivent un financement et sont épaulés par le port dans la suite de leurs travaux. Sur le même modèle, HAROPA coorganise depuis 2017 un hackathon annuel « Hackathon Smart Port Vallée de la Seine », avec l'INSA (Institut National des Sciences Appliquées) de Rouen et Paris Seine Normandie (Réseau des CCI normandes et franciliennes). L'objectif : stimuler la créativité des participants (étudiants, professionnels, demandeurs d'emplois, développeurs, etc.) pour imaginer des solutions innovantes pour le Smart Port Vallée de la Seine.

## ZOOM 5

# SUR UNE CÔTE PACIFIQUE QUI CONCENTRE LA MAJORITÉ DES ÉCHANGES MARITIMES, **SINGAPOUR** PRÉVOIT DE POURSUIVRE SON DÉVELOPPEMENT EN BATISSANT LE PORT INTELLIGENT ASIATIQUE

## Le Smart Port de Singapour

### CONTEXTE

- 2<sup>e</sup> port mondial après Shanghai pour son trafic de conteneurs
- Un port trop étroit qui s'étend sur la mer depuis les années 1990
- Le port de Singapour a reçu le titre de « meilleur port de mer en Asie » pour la 28<sup>e</sup> fois en 2016
- L'économie de Singapour est une économie globalisée, particulièrement dépendante des importations et des exportations.

### UN PORT D'UNE IMPORTANCE VITALE

- 7 % du PIB de l'économie de Singapour<sup>19</sup>
- 150 000 navires et 20 millions de barils de pétrole devraient traverser le Déroit de Malacca en 2020<sup>20</sup>
- 1 conteneur déchargé toutes les secondes<sup>21</sup>

LE PORT DE SINGAPOUR A PRÉSENTÉ LORS DE SON « INTELLIGENT PORT OF THE FUTURE EXHIBITION » DE JANVIER DERNIER LES TECHNOLOGIES QUI VIENDRONT ENRICHIR SON OFFRE. SINGAPOUR APPUIE SON DÉVELOPPEMENT SUR LA ROBOTIQUE ET SUR L'ANALYSE DE DONNÉES...



### ANALYSE DE DONNÉES :

– Smart glasses – Centre de commandement du futur



### ROBOTIQUE :

– Exosquelette – Véhicules automatiques – Bras robots auto-apprenant

### ... SE DÉCOMPOSANT EN UN ENSEMBLE D'INITIATIVES

- IoT
- Réalité augmentée
- Maritime and Port Authority Academy of Singapore
- Incubateur de start-ups
- Machine Learning

## Sélection de solutions développées par le port de Singapour



### TUAS MEGA PORT

C'est Le projet phare du port de Singapour qui ancrera davantage encore la cité-Etat dans l'économie maritime. Lorsque le projet aboutira totalement, en 2040, le nouveau port pourra accueillir 65 millions de conteneurs, soit 25 millions de plus qu'aujourd'hui. Les 8,6 km de quais du nouveau port lui permettra également d'accueillir les plus gros porte-conteneurs de la planète.

Ce projet a été élaboré suivant des principes Smart :

- Organisation d'un challenge Smart pour promouvoir les start-ups et les inclure au projet.
- Possibilité d'accueillir plus de 1 000 grues automatisées sur le port.



### SMART PORT CHALLENGE

Le port de Singapour encadre et finance des « hackathon 2.0 ». Le challenge dure non plus quelques jours mais six mois. Le défi vise à promouvoir les start-ups maritimes et la transformation digitale des métiers en lien avec le port. Le spectre des sujets traités est aussi large et diffus que les solutions apportées par le Smart Port. Les start-ups en lice se développent dans les domaines de la logistique, des nouvelles technologies, de la relation clients ou encore de la sécurité.

## LES SOLUTIONS ÉCOLOGIQUES DU SMART PORT : FAIRE DU PORT UN LIEU PLUS VERT

**50 000**  
décès/an  
en Europe  
dus à la  
pollution  
maritime<sup>22</sup>.

Selon une étude scientifique menée par des chercheurs danois, la pollution maritime serait à l'origine de 50 000 décès par an en Europe (Aarhus University, National Environmental

Research Institute, Department of Atmospheric Environment).

Les nouvelles technologies apparaissent comme une opportunité nouvelle pour les ports qui souhaitent accélérer leur développement tout en préservant l'environnement. Pour utiliser une énergie plus propre, pour réduire les émissions polluantes ou encore pour préserver le patrimoine naturel, les solutions innovantes sont de plus en plus nombreuses. **Ainsi, la performance environnementale apparaît comme un vecteur indispensable pour ancrer les initiatives Smart dans le développement durable du port.**



### Environnement : pour un écosystème portuaire propre

Pour les habitants des villes portuaires, le port est souvent source de nuisances environnementales ou sonores. Si la loi du 20 juin 2016 pour l'économie bleue<sup>23</sup> encourage les ports de France à mettre en place des infrastructures plus écologiques, le Smart Port propose d'aller plus loin, aussi bien sur terre qu'en mer. Pour

ce faire, les initiatives sont multiples : évaluer l'impact du port sur la faune et la flore, proposer de nouvelles formes de mobilité dans le port et faire des déchets une source de richesse nouvelle.

### Réduction des polluants

Les ports et leurs activités ont une responsabilité très importante en ce qui concerne les zones naturelles qui leurs sont proches. Le développement d'une industrie portuaire sur le littoral et d'infrastructures logistiques à l'intérieur des terres font du port le gestionnaire et le pilote de l'aménagement de ces espaces. Conserver la biodiversité et les écosystèmes en mer et sur terre sont des impératifs intégrés aux réflexions des Smart Ports.

Le port de Gdansk en Pologne a développé un partenariat avec Feature Forest, une start-up locale, pour réduire les émissions nocives et la pollution de l'atmosphère. Grâce à des capteurs intelligents, le système créé par Feature Forest est capable d'identifier les composants chimiques dangereux qui polluent l'air et leur source d'émission dans le port. Le système permet de comparer le niveau de contamination aux normes en vigueur, et d'alerter en cas de dépassement du seuil. Cette solution utilisant l'IoT permet également de **prédire les mouvements des composés chimiques dangereux surveillés** (ammoniaque, sulfure d'hydrogène, phosphine, etc.) en fonction de facteurs atmosphériques (température de l'air, pression atmosphérique, humidité, vitesse et la direction du vent, pluie, etc.).

22 et 23- Cf. Annexe Bibliographie.

Dans le même ordre d'idées, le port du Havre en partenariat avec l'Université Le Havre Normandie met en place un système « I-caging » **de biosurveillance des bassins portuaires et de l'estuaire de la Seine grâce à des casiers immergés dotés de capteurs**. À l'échelle supérieure, le groupement HAROPA, dont fait partie le port du Havre, envisage pour la biosurveillance de la Seine d'utiliser les technologies développées par Climate City, les « climate birds ». Avec ces « climate birds », la biosurveillance se fait de façon aérienne. En effet, ces outils sont en réalité des outils de mesure aéroportés (drones, ballons) de données climatiques locales.

Dans le port de Rotterdam, la start-up EConcrete teste ses solutions de **murs de quais écologiques**. Ces murs doivent favoriser la cohabitation entre la faune marine et les activités portuaires. Par exemple, ces murs sont conçus pour servir d'abris pour poissons. Le projet Bioestore conduit par le port de Marseille a également vocation à préserver l'écosystème marin par la création d'habitats, notamment par le biais d'une politique de revêtement des quais. Ce projet s'inscrit dans un programme de gestion des infrastructures pour la réhabilitation écologique du littoral (GIREL). Parmi les autres projets pilotes du port, on peut citer Cystore qui, grâce à la recherche expérimentale, tente de recréer des habitats pour la faune et pour la flore ainsi que des ressources en nourriture. Le projet Ecorecifs a pour but, quant à lui, de concevoir des récifs adjoints aux infrastructures portuaires immergées.

## Gestion des déchets

La formation d'un septième continent entièrement fait de plastique au large du Pacifique a sensibilisé le grand public à l'importance d'une gestion raisonnée des déchets. L'industrie portuaire est une grande productrice de déchets. La convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL) interdit le déversement en mer des ordures et des eaux usées par les navires. Ces déchets doivent être traités par les ports. La gestion des déchets produits par les activités portuaires (industrielles, commerciales, administratives, etc.) est aussi à prendre en compte.

**La gestion vertueuse des nombreux déchets, grâce à des initiatives de collecte et de traitement innovantes, sont des projets clés pour faire des ports des lieux d'intelligence respectueux de l'environnement.**

Dans le port de Tallin en Estonie, pour assurer un traitement efficace des biodéchets des navires, le service gestionnaire de déchets du port propose un système de collecte à bord comprenant des conteneurs de collecte et une **technologie de stockage centralisé et de prétraitement des déchets**. Le système trie à la source, c'est-à-dire sur le navire, pour éviter le déchargement des biodéchets qui seront conduits à la décharge avec les autres déchets. Pour faciliter la gestion des déchets venant des navires qui arrivent au port, le port de Montréal a recours au numérique en développant une plateforme électronique permettant aux navires de gérer à bord leurs déchets.

Ce système contraint les navires à tenir la mesure, la pesée et la catégorisation de leurs ordures : matières recyclables, matières dangereuses, etc.

Les projets de collecte de déchets marins voient également le jour dans de nombreux ports de commerce, de pêche ou de plaisance grâce aux rapproche-

ments entre les ports et des start-ups, proposant de rendre le littoral plus sain et agréable. Ainsi, la start-up française Seabin a créé « **une poubelle des mers** » dévolue à la collecte des déchets flottants et des hydrocarbures. Une autre start-up tricolore, IADYS, a conçu une solution similaire, le « Jellyfishbot »,



**un robot marin autonome capable de rassembler les déchets flottants et les hydrocarbures.** Le port de Rotterdam, quant à lui, a opté pour la mise en place d'un incubateur de start-ups : Port XL. Quatre « Waste Shark » de la start-up RanMarine sont ainsi testés pendant plusieurs mois pour **nettoyer la surface des eaux du port.** Ces robots requins fonctionnent de manière autonome et non polluante.

A Gênes, la municipalité, la chambre de commerce et l'Institut Italien de Technologie (IIT) vont plus loin encore et ont la volonté de faire du port un lieu d'économie circulaire. L'objectif du projet est de **transformer les déchets végétaux en bioplastiques dans le but de limiter la pollution en mer par le plastique.** Ce projet s'inscrit dans un plan plus large visant à économiser, rationaliser la consommation du port et à produire de l'énergie à partir de ressources renouvelables.

Au nord de l'Europe, le Stockholm Royal Seaport a développé un réseau de récupération sous terrain qui aspire et achemine les déchets triés vers une unité de traitement. La chaleur générée par le déplacement des ordures est réinjectée dans le réseau de chauffage des bâtiments de surface du port. A Rotterdam, c'est la chaleur résiduelle provenant de la raffinerie Shell sur le port qui va être transmise à l'agglomération dans son ensemble pour chauffer près de 16 000 ménages<sup>24</sup>. Le port de Rotterdam pilote le projet. Selon l'autorité portuaire, les industries portuaires dégagent beau-

coup d'énergie calorifique, bien souvent perdue. Il est nécessaire de développer des infrastructures pour que ces pertes d'énergie soient réduites au maximum et que la chaleur émise par les industries soit réemployée autant que faire se peut.

### **Lutte contre la pollution sonore**

Le port n'est pas uniquement une source de nuisance pour l'écosystème naturel mais également une source de pollution pour les riverains du port. Cette pollution qu'elle soit olfactive ou sonore est souvent dangereuse pour les citoyens des villes portuaires. Des technologies permettent de mesurer cette pollution et de prendre les décisions adéquates pour en réduire ses effets.

Depuis plusieurs années désormais, les associations de riverains des villes portuaires font entendre leurs voix pour dénoncer les nuisances émises par le port. Pour répondre à ce mécontentement, le port de Nice a déployé en 2017 sur ses quais six capteurs tests pour **mesurer la pollution sonore et la pollution de l'air.** Les données relevées par ces instruments permettent d'avoir un état des lieux précis et en temps réel des nuisances dues aux activités portuaires. Mais le port compte aller plus loin et développe actuellement un outil qui permettra de déterminer avec précision la source exacte de la pollution. Ainsi, le port sera en mesure de connaître l'impact de la moindre de ses activités, notamment des différentes manœuvres employées par un navire pour s'amarrer. Le port pourrait ainsi adapter ses activités à la marge pour

24- Cf. Annexe Bibliographie.

réduire ses nuisances. L'outil permettra, à terme, **d'alerter le port lorsqu'un seuil de pollution est franchi**. Les seuils peuvent être réglementaires, fixés à l'échelle européenne mais également des seuils établis à l'échelle locale ce qui permet au port de se fixer des objectifs ambitieux en termes de lutte contre la pollution et d'ouvrir le dialogue avec les associations de riverains en s'appuyant sur des statistiques précises.

**En effet, l'accroissement de la population dans les zones résidentielles à proximité des ports associé à l'augmentation du commerce maritime est source de tension.** Le projet NEPTUNES (Noise Exploration Program To Understand Noise Emitted by Seagoing ships), mené conjointement par de nombreux ports suédois (Malmo, Göteborg), irlandais (Dublin, Cork) ou encore par les ports de Copenhague ou de Brême vise à lutter contre les nuisances sonores et ainsi répondre aux attentes des riverains. Concrètement, ce projet se décompose en trois thématiques : mieux connaître les sources de nuisances sonores sur le port, mettre en place une méthode efficace pour les mesurer et partager les meilleures pratiques pour les réduire. Si la collaboration entre différents ports est une des caractéristiques des ports intelligents, elle permet également un véritable partage de la connaissance et de l'expérience étant donné qu'il n'existe pas encore de méthode de mesure universelle du bruit.



## Energie : de nouvelles sources pour de nouveaux besoins

Les ports sont d'importantes zones de trafic et d'activités industrielles où se concentre une forte pollution de l'air. Oxyde de soufre et oxyde d'azote forment le cocktail pour multiplier la propagation dans l'air de particules fines et ultra fines. C'est du fuel lourd, utilisé comme carburant par les navires que provient la grande majorité de cette pollution. Les projections scientifiques sont très négatives sur les impacts du transport maritime sur la santé. Une étude menée par une dizaine de chercheurs américains et finlandais conclut que **les carburants utilisés par les navires contribueront à causer 250 000 décès prématurés dans le monde en 2020, et 6,4 millions de cas d'asthme chez des enfants chaque année**<sup>25</sup>.

Néanmoins, le trafic routier dans les ports et à proximité est également une des sources de pollution à ne pas négliger des zones portuaires. Les véhicules de déchargement de marchandises et les industries fonctionnent à plein régime pour permettre au port d'être pleinement en activité. Les nuisances engendrées sont à l'origine de nombreuses plaintes des riverains. Des solutions plus respectueuses de l'environnement commencent à voir le jour.

La moitié  
des émissions de  
dioxyde de soufre  
de villes-ports  
comme Singapour  
ou Los Angeles  
provient des  
navires<sup>25</sup>.

25 et 26- Cf. Annexe Bibliographie.

Que ce soit au large, à quai ou dans le port, les zones industrialo-portuaires sont de grandes consommatrices d'énergies fossiles. Au-delà du fait que le carburant utilisé traditionnellement par les acteurs du transport maritime soit polluant, son usage est également de plus en plus coûteux. Diversifier les sources d'approvisionnement énergétiques est une nécessité pour les ports aujourd'hui. Cette contrainte économique ne peut être dissociée des engagements en faveur de l'environnement que partagent tous les Smart Ports.

### En mer

Au-delà des solutions purement technologiques, les ports et les industriels trouvent des solutions énergétiques alternatives innovantes et originales.

L'une des actions les plus concrètes pour optimiser l'énergie est de procéder au nettoyage des coques des navires de manière régulière. C'est ce que propose la start-up Whalewashing soutenue par le port de Rotterdam. La technologie qu'elle a développée permet le nettoyage de la coque d'un navire quelle que soit sa taille. L'objectif est d'optimiser la pénétration du navire dans l'eau et donc de diminuer son utilisation d'énergie à vitesse identique. Le gain est double dans la mesure où, lorsqu'elle est réalisée de manière traditionnelle, cette tâche de maintenance est très coûteuse en termes d'émission de carbone. Cette technologie utilise notamment des capteurs pour détecter les zones où l'encrassement nécessite une intervention.

Par ailleurs, le gaz naturel liquéfié (GNL) se démocratise peu à peu et apparaît comme une alternative à l'utilisation du fioul source de pollution. Les acteurs de l'industrie maritime sont d'ores et déjà en train d'anticiper l'usage de ce nouveau carburant.

A ce titre, le transporteur CMA CGM a commandé en 2017, neuf porte-conteneurs d'une capacité hors normes (22 000 conteneurs) et fonctionnant au GNL<sup>27</sup>. Les ports doivent donc s'adapter pour recevoir ces navires. C'est le cas sur le port de Rotterdam qui disposent de quais d'approvisionnement en GNL, mais aussi à Hambourg, à Dunkerque ou à Busan (Corée du Sud).

La Norvège a décidé d'aller plus loin et affirme publiquement sa volonté de tourner le dos aux énergies fossiles et **d'encourager le recours à l'hydrogène**. Cette source d'énergie permet de réduire fortement les gaz à effet de serre. A ce titre, un projet de construction d'un porte-conteneur à propulsion électrique grâce à l'hydrogène. L'objectif est de transporter par voie maritime les marchandises de l'usine Yara (premier producteur mondial d'engrais azoté) à Porsgrunn vers les ports de Larvik et de Brevik. Cela permettrait de supprimer les 40 000 trajets de camions annuels nécessaires pour cette activité<sup>28</sup>.

Le géant de l'aéronautique Airbus s'intéresse lui aussi aux technologies Smart et, plus précisément, à celles permettant de réduire la consommation des carburants. Le groupe va ainsi équiper quatre navires

27 et 28- Cf. Annexe Bibliographie.



de sa filiale AirSeas, de « Sea Wing ». C'est un système de voile de 1 000 m<sup>2</sup> qui, attaché au navire, permet à ce dernier d'avancer en réduisant sa consommation de carburant jusqu'à 20 %<sup>29</sup>.

### A quai

Le secteur de l'énergie voit apparaître de nombreuses initiatives entrepreneuriales, ce qui est une aubaine pour les ports. A ce titre, voici quelques exemples de projets innovants respectueux de l'environnement marin et terrestre du port.

Un navire à quai n'est pas un navire à l'arrêt. L'utilisation de l'éclairage ou encore du chauffage nécessite le recours à l'énergie fossile présente dans les réservoirs du navire. « Alternative Maritime Power » est le programme mis en place par le Port de Los Angeles pour **réduire les émissions des navires porte-conteneurs amarrés à ses quais**. Ce programme permet aux navires de se brancher, une fois à quai, à l'alimentation électrique et ainsi d'utiliser les sources d'énergies moins polluantes.

La start-up Arkom va tester sur le port de Rotterdam son prototype de turbine en forme de tulipe « Typli Wind ». Cette éolienne devrait s'intégrer à l'environnement portuaire, notamment en réduisant l'impact sonore de son mécanisme.

### Dans le port

L'énergie consommée sur un port ne concerne pas uniquement les navires. Les zones industrialo-portuaires sont des complexes souvent gigantesques, où de nombreux bâtiments et machines indus-

## Les sources d'approvisionnement énergétiques alternatives : facteur clé de succès du Smart Port

“ Les ports doivent anticiper l'après-pétrole, il ne s'agit pas donc seulement de conscience écologique ou de business à court terme, mais bien de développement durable et de pérennité.

Initialement très tournés vers le pétrole, les ports doivent s'adapter au développement du GNL et de l'hydrogène, moins générateurs de CO<sub>2</sub>. Cela nécessite une adaptation de leur approvisionnement, mais également des navires et des installations à quai.

Les enjeux énergétiques des « Smart Ports » sont différents selon leur taille et leur localisation. Les ports localisés près d'une grande ville comme New York, Singapour ou Hambourg doivent particulièrement réduire et monitorer leur impact environnemental pour minimiser les pollutions, le bruit et le trafic générés par leurs activités pour leurs voisins. Le port de Hambourg a installé des éoliennes et crée lui-même de l'énergie. Les technologies, comme les capteurs/IOT, les plateformes de données peuvent notamment les aider à monitorer le trafic, la pollution et leur production et usages énergétiques. L'éclairage intelligent, (qui ne s'allume que lorsqu'il y a du mouvement) permet également de réduire les consommations énergétiques. ”

### CLEMENTINE PERE

Senior Manager Wavestone – Energy, utilities & transport

29- Cf. Annexe Bibliographie.



rielles, très consommateurs en énergie occupent un espace important. Par ailleurs, le trafic ininterrompu de tous les types de véhicules circulant sur les ports, transforme bien souvent les infrastructures permettant la circulation des uns, en

obstacles pour les autres. Rationaliser et fluidifier la circulation est synonyme pour le port de gain de temps, d'économies mais également d'un impact écologique fortement réduit. Favoriser les déplacements en véhicules propres ou promou-

voir de nouveaux modes de transport apparaissent comme les deux solutions pour répondre à l'enjeu écologique que les nombreux déplacements sur le port entraînent.

Le trafic routier sur les ports est également source d'émission de CO<sub>2</sub> et de polluants atmosphériques. Il existe aujourd'hui des initiatives pour équiper les ports de stations de distribution de carburants propres, tels que le gaz naturel véhicule (GNV) ou le bioGNV. Il s'agit du même gaz que le GNL utilisé pour les navires. Le bioGNV est la version du carburant totalement renouvelable, produite grâce aux déchets alimentaires, agricoles et venant des stations d'épuration, selon une logique d'économie circulaire. Le port de Dunkerque a prévu pour la fin de l'année 2018, de mettre en exploitation une station d'avitaillement de GNV pour le transport routier.

Depuis 2008, les ports de la Baie de San Pedro (Los Angeles et Long Beach) font figure de précurseurs en matière de lutte contre la pollution de l'air. Ils ont en effet choisi des actions politiques aussi fermes que fortes. Le programme « Clean truck program » encadre strictement la circulation des camions notamment des plus anciens modèles. Ainsi, depuis le 1<sup>er</sup> octobre 2018 seulement les camions mis en service à partir de 2014 ont accès aux terminaux maritimes. Naturellement, l'une des conséquences immédiates de ce programme a été l'augmentation de la demande de véhicules à émissions nulles ce qui concourt à la réussite de l'objectif global des ports de la baie de San

Pedro : **construire un modèle de terminal à zéro émission d'ici 2030**. Cette politique ambitieuse en faveur de la qualité de l'air a porté ses fruits : depuis 2008, la pollution de l'air venant des camions du port a été réduite de près de 90 %<sup>30</sup> et les camions les plus anciens y sont tout simplement interdits.

Le port d'Hambourg, quant à lui, met en place un programme de logistique verte pour 2020, sur une zone de quasiment 30 ha sur le port. Cette zone sera dédiée aux développements de projets logistiques écologiques, (exemple : livraisons par véhicules électriques), dans un environnement propice (toits photovoltaïques sur les entrepôts, zones vertes, etc.).

Le port d'Hambourg est déjà à l'étape d'après : à partir de 2019, la ville de Hambourg mènera de nombreuses expérimentations en termes de mobilité. En effet, MAN Truck & Bus et Hamburger Hafen und Logistik AG (entreprise allemande de logistique et de transport exploitant trois terminaux à conteneurs au port de Hambourg), déploieront un projet de recherche et d'essais techniques pour mettre en place les solutions d'automatisation des transports routiers. **Concrètement, le projet « Hamburg Truck Pilot » vise à tester l'usage de camions automatisés et autonomes au sein d'un terminal du port**. L'objectif étant d'augmenter l'efficacité de la manutention, d'améliorer le flux de circulation, mais surtout de réduire l'utilisation de carburant et l'émission de pollution des camions.

30- Cf. Annexe Bibliographie.

## LE PORT DE MARSEILLE SOUHAITE DEVENIR LA RÉFÉRENCE DES SMART PORTS EN MÉDITERRANÉE ET RÉPONDRE AUX ENJEUX COMMERCIAUX ET TOURISTIQUES DE LA MÉTROPOLE AIX-MARSEILLE

### Le Smart Port de Marseille

#### UN PORT D'UNE IMPORTANCE VITALE

- 1,6 million de passagers et 490 escales en 2016, soit près de 150 000 passagers de plus qu'en 2015<sup>31</sup>
- L'objectif affiché est d'atteindre les deux millions de croisiéristes en 2020
- 43 500 emplois directs<sup>32</sup>

#### PROJET LE FRENCH SMART PORT

Le port poursuit l'objectif stratégique de tirer parti de la transition numérique pour affirmer et consolider la vocation portuaire de la métropole Aix-Marseille Provence notamment en matière de performance économique et environnementale du port, de création d'activités et d'emplois, d'interactions du port avec le territoire, de différenciation et d'efficacité digitale

#### LE PROJET ABORDE PARTICULIÈREMENT LE THÈME DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

- Electricité à quai
- Smart Grid
- Smart Port Challenges et programmes de recherche ciblés

### Des solutions développées par le Port de Marseille



#### L'INDEX DE PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES

Index de performances environnementales pour créer une plateforme d'échanges et piloter les actions menées dans ce domaine (avec Air PACA, GPMM, A Lab in the Air).



#### SEAROUTES : LE SERVICE DE SUIVI, DE PLANIFICATION ET D'OPTIMISATION DES ROUTES DE COMMERCE MARITIMES

Grâce au Cloud, à des algorithmes d'apprentissage approfondi et au Machine Learning, Searoutes calcule les routes les moins coûteuses en termes de carburant, à partir des historiques des trajectoires passées. Un tel routing, qui s'adapte en fonction du type de navire ou encore de la période de l'année, participe ainsi à la réduction des émissions de polluants.

Enfin, il est possible de réduire les émissions polluantes en modernisant les infrastructures de transport. C'est le choix assumé par l'autorité portuaire de New York & New Jersey à travers ses programmes de rénovation des ponts de Goethals et de Bayonne. Le premier remplace un pont construit en 1928. Il est conçu pour réduire les embouteillages et

par conséquent la pollution. Le second pont, le pont de Bayonne, a été pensé pour réduire le temps d'inactivité des véhicules qui l'empruntent, notamment par des passages aux péages facilités. **Cette initiative vise à réduire la congestion du trafic de 85 % et de réduire ainsi les émissions automobiles<sup>33</sup>.**

31, 32 et 33- Cf. Annexe Bibliographie.

## LES SOLUTIONS CITOYENNES DU SMART PORT : RETISSER LES LIENS ENTRE LE PORT ET LES CITOYENS DE LA VILLE-PORT

Donner un réel statut de ville portuaire, tel est l'un des trois grands axes de développement des Smart Ports. Cet objectif répond à **la volonté de créer un véritable lien entre le port, la ville et ses citoyens**. Des projets initiés en partenariats entre l'autorité portuaire, les acteurs publics locaux et les instances de représentations citoyennes émergent dans certains ports. Pour créer ce lien ville - port, les projets visent à donner une certaine acceptabilité aux activités portuaires, et cela en impliquant les citoyens dans les projets portuaires, en communiquant, en éduquant également, de sorte que le citoyen intègre le port comme un élément incontournable de l'identité de la ville.



### Identité ville-port : Ouvrir le port à la ville

La seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle a été marquée par une rupture dans la relation entre les ports et les villes sur lesquelles ils se sont développés. **Si le port était originellement au centre, au sens géographique du terme, de la ville, il s'en est éloigné progressivement. Ce début de XXI<sup>e</sup> siècle semble marquer le retour du port comme espace ouvert sur le reste de la ville.** Ces villes portuaires souhaitent apparaître davantage comme des villes-ports, c'est-à-dire remettre leur vocation maritime au centre de leur

identité tout en impliquant les citoyens pour leur permettre de s'approprier une zone industrialo-portuaire, trop souvent terra incognita bien que poumon économique de la ville.

### Expliquer le port avec pédagogie

L'ouverture nouvelle des ports ne se limite pas aux entreprises innovantes ou aux chercheurs, elle cible de plus en plus l'ensemble des citoyens, en particulier le jeune public. D'une part, le port tente de faire connaître davantage ses métiers, d'apparaître comme un espace moderne, en pointe sur la technologie et ainsi susciter de potentielles vocations. D'autre part, il démontre sa volonté de s'ouvrir au reste de la ville, de mettre en avant l'atout qu'il constitue pour celle-ci alors qu'il est aujourd'hui encore, le plus souvent, considéré comme une source de nuisances pour les citoyens des villes portuaires.

Pour ce faire, le port de Los Angeles organise plusieurs programmes éducatifs dans le but de favoriser la compréhension des activités de transport maritime et de logistique portuaire, du commerce international et le rôle du port de Los Angeles sur l'économie locale, nationale et mondiale, de l'environnement et l'écosystème marin, aux élèves et étudiants de Californie. Les projets prennent la forme de visites scolaires, où les groupes visitent un porte-conteneur et voient les étapes de manutention des cargaisons. Le port propose également des activités plus originales qui allient technologie et jeu lorsque les expositions se fondent par exemple sur la réalité virtuelle pour

permettre aux visiteurs de découvrir les différentes étapes d'un chargement de marchandises. Le port d'Auckland, en Nouvelle-Zélande, va plus loin encore puisqu'il a développé un programme d'éducation pour informer et sensibiliser les habitants de la ville aux activités portuaires. Il s'agit d'ouvrir le port au grand public et aux groupes scolaires en collaboration avec le musée maritime de Nouvelle Zélande. Au-delà de cette initiative, le port a établi des partenariats avec deux écoles de quartiers défavorisés de la ville pour les accompagner dans la gouvernance et la gestion et proposer un calendrier d'activités sur le port tout au long de l'année scolaire.

Le Havre poursuit le même objectif de faire connaître son port à la population et a mis en place un Port Center, espace de découverte du port et de ses activités. Les « Port Centers » sont des espaces de communication, d'échanges et d'informations sur les activités portuaires. Le Port Center accueille aussi bien les habitants, les touristes, que les élèves des écoles et collèges alentours. Des visites du port par bateau sont également mises en place par le Port Center. Enfin, la ville du Havre souhaite mettre à disposition des visiteurs des outils permettant une véritable expérience immersive dans le port.

Cette démarche invitant les citoyens à aller à la rencontre du port a été développée dans d'autres ports comme à Houston, au Texas. Dans le cadre de sa politique d'engagement envers la population, le port américain déploie des initiatives pour

entretenir les relations avec les communautés citoyennes voisines du port. Dans cette optique, un effort de sensibilisation est réalisé, en direction du public, au sujet des activités du port et de son impact sur l'économie régionale et nationale. A titre d'exemple, les groupes scolaires et les particuliers peuvent participer à des visites éducatives guidées du chenal portuaire et de ses infrastructures depuis le navire « H/V Sam Houston ».

Le port de Rotterdam mise, quant à lui, sur l'aspect ludique de ses initiatives pour attirer le public de la région, voire du pays. Rotterdam dispose en effet de trois musées dans le périmètre du port, un musée maritime, un musée dédié au remorquage et FutureLand, le musée-parc d'attraction pour découvrir comment se construit un port. Rotterdam est en train d'agrandir son port avec le projet « Massvlatke 2 ». Future Land propose aux visiteurs d'explorer en 3D les chantiers de dragage en mer ou de construction de quais de la future extension mais aussi les grues ou les porte-conteneurs de l'infrastructure existante.

### Embarquer les citoyens

Développer une relation de confiance avec les citoyens est un véritable défi pour les ports. Cela passe par des stratégies de développement durable d'une part et des actions de communication pour accompagner cette stratégie d'autre part.

**Le développement du port ne peut être décorrélé de celui de la ville et de son environnement.** La prise en compte des

intérêts de toutes les parties prenantes est un gage d'engagement du port pour son territoire. Communiquer sur les grands projets du port et sur les activités quotidiennes en lui donnant accès aux informations stratégiques et opérationnelles du port permet d'impliquer le citoyen.

Selon le port de Melbourne, un projet de développement portuaire ne peut se faire sans une étape de communication et de sensibilisation à destination du public. C'est d'ailleurs ce qu'il s'efforce de faire actuellement alors qu'il entre dans une phase d'élaboration de son « plan stratégique de développement 2050 ». Ce plan engage le port de manière structurelle quant au développement de ses activités et leurs répercussions sur son environnement direct. Pour cela, le port de Melbourne mène plusieurs séries de

consultations locales, en plus des consultations avec les industriels. Lors de réunions publiques dans chaque quartier voisin du port, la population est ainsi informée sur la vision stratégique à long terme du port, sensibilisée aux problématiques rencontrées et peut aussi s'exprimer par l'intermédiaire de questionnaires.

La mise en place de cette communication n'est pas seulement réservée aux projets de grande ampleur. Elle couvre également les activités du port au quotidien dans un souci de pédagogie et de transparence, mais surtout d'implication du citoyen. Les ports australiens sont très en avance sur les questions de relations port-communauté. Les groupes de liaison communautaire sont courants en Australie (Newcastle, Hay Point, Hedland...) : ils consistent en des réunions ou forums réguliers qui permettent au port de com-



muniquer sur les opérations portuaires et aux futurs projets. Le port de Sydney va plus loin dans sa relation avec les citoyens en leur proposant un service de notifications communautaire qui permet d'informer les abonnés en temps réel des situations d'urgence, et même de l'état du trafic portuaire.

Les activités des ports sont souvent perçues par la population comme opaques. Apporter de la transparence dans les activités, au-delà de la simple communication, permet de développer la confiance avec la communauté et d'améliorer les relations avec les citoyens. La plateforme « *Amministrazione trasparente* » permet aux citoyens de consulter toutes les informations relatives à l'organisation et aux activités de l'Autorité portuaire des ports de la Mer de Ligurie (Savona, Gênes, La Spezia, Carrara). Ces données sont en libre accès et leur lecture ne nécessite pas d'identification.

**L'engagement sociétal est également un levier pour embarquer les citoyens dans la vie du port et le rendre acceptable par la population.** Les programmes de parrainage communautaire sont des initiatives répondant à cet objectif d'engagement sociétal. Le port de Newcastle (Australie) soutient financièrement des projets locaux portant sur l'éducation, l'environnement, la santé et le bien-être de la communauté. Le port de Gladstone en Australie porte une attention particulière aux populations locales, en particulier avec les aborigènes en leur proposant des initiatives visant à développer l'éducation ou à protéger l'environnement.



### **Démocratie participative : Faire du citoyen une partie prenante active des projets portuaires**

Attirer la communauté vers le port est une des clés pour assurer une véritable stratégie ville-port intelligente, où le port ne serait plus perçu comme un simple nœud économique, mais comme lieu de vie. Dès lors, créer un lien fort et vivant entre le port et la communauté se traduit notamment par son ouverture et par l'appropriation du port en tant que lieu de vie quotidien pour la population. Ouvrir l'espace portuaire aux habitants, mais aussi au tourisme, en déployant des projets durables d'urbanisme et d'implantation d'infrastructures de culture et de loisirs.

Pour aller plus loin dans les démarches permettant de retisser le lien entre le port et les citoyens, la prise en considération des opinions et des demandes des citoyens est une piste de plus en plus exploitée. **Les nouvelles technologies de l'information et de la communication permettent aujourd'hui d'inclure les citoyens comme parties prenantes, forces de propositions, au sein des débats et des décisions pour les projets liés aux ports.**

### **Consultation et concertation citoyenne**

Permettre aux citoyens de s'impliquer dans la vie du port est également possible à travers le soutien à des projets dans une logique de collaboration gagnants-gagnants.



La ville d'Amsterdam, en collaboration avec le port, propose un portail internet où des particuliers, associations ou entreprises peuvent déposer des projets en rapport avec le développement du port. L'autorité portuaire peut retenir des projets présentés et les soutenir. Les projets sont présentés au public qui peut donner son avis, poser des questions et interagir avec les porteurs du projet. Parmi les initiatives qui ont émergé grâce à cette plateforme, on peut citer le projet « The great bubble barrier », une barrière de bulles qui empêche les déchets de franchir les limites du port pour ne pas polluer la mer.

L'intégration port-ville peut également se dessiner si les ports décident de consulter les instances représentatives locales, telles que les municipalités et autres collectivités locales. Les ports de Valence, Gantia et Sagunto ont créé chacun un comité représentatif ville-port, qui étudie et anticipe les effets de projets portuaires qui pourraient impacter les administrés des municipalités. Par ailleurs, c'est le maire qui préside le comité. Les projets abordés concernent les problèmes d'accès aux ports ou les projets d'extension. C'est un outil efficace de prévention et de résolution des conflits entre la ville et le port et parfois leurs intérêts divergents.

Si consulter les citoyens est une première étape pour recueillir leurs avis et opinions, la concertation est une étape qui engage la communauté plus fortement. La concertation implique la construction commune d'un projet, au-delà du

simple avis, avec les différentes parties prenantes.

Des solutions se développent pour répondre à ces besoins d'implications des habitants dans la vie du port. Des services mobiles de signalement de problèmes pour améliorer la qualité du service peuvent être utilisées. On peut également citer les politiques d'Open Government qui peuvent être appliquées à la gestion portuaire en proposant aux citoyens de participer aux conceptions, aux définitions et aux mises en œuvre des objectifs stratégiques du port et potentiellement en leur proposant d'évaluer les actions du port, tout cela grâce aux principes d'Open Data et dans une logique de co-construction. Par exemple, grâce à ce genre de politique, les citoyens peuvent proposer des initiatives répondant à des besoins que le port n'aurait pas pu déceler seul, principalement en service public comme la densification et la modernisation des transports en commun.

Les ports chiliens donnent une importance stratégique au développement de leurs relations avec leur ville. Chaque port dispose de son propre Conseil ville-port, dans une logique d'intégration du port à la ville grâce à la concertation citoyenne. Le port de San Antonio a, par exemple, lors de l'élaboration du plan d'aménagement urbain de la ville, impliqué la communauté locale (population et administrations locales) par l'intermédiaire d'une consultation de grande envergure, pour définir les zones à accorder au port pour son expansion.

La communication entre l'autorité portuaire et les citoyens peut également prendre une forme physique avec la création de lieu ou de temps d'échanges. A Barcelone par exemple, un « centre de communication » va être aménagé dans un des bâtiments du port. Il servira de lieu d'échanges et de débats pour les habitants de Barcelone avec l'autorité portuaire. Les temps d'échanges ont, eux, vocation à être temporaires et ciblés sur un public particulier, à l'image des manifestations culturelles ou sportives. Le port se positionne alors également comme un acteur incontournable de la cohésion sociale de la ville.

### **Ouvrir le port à la population locale et aux touristes**

La réappropriation du port par les citoyens des villes-ports se fait aussi de manière physique. **Les ports souhaitent redevenir des lieux de vie et de promenade aussi bien pour les habitants que pour les touristes.**

Le port Vell, à Barcelone, apparaît aujourd'hui comme le pionnier de cette réappropriation de l'espace portuaire. Depuis 1995, date de son inauguration, les activités culturelles et les loisirs côtoient l'activité économique du port. 16 millions de visiteurs flânent à travers les 55,6 hectares mis à leur disposition. Pour suivre l'exemple barcelonais, les projets d'aménagement du territoire portuaires se multiplient dans les villes portuaires. « Réinventer la Seine » mené par HAROPA et les communes de la vallée de la Seine a été lancé en 2016

pour encourager les initiatives d'aménagement. Cet appel à projets concerne près de 35 sites susceptibles d'accueillir des projets et des usages innovants afin de faire de la Seine un lieu attractif pour les habitants des communes traversées par le fleuve ainsi que pour les touristes. Ainsi, pour le Havre il s'agit par exemple de redonner une seconde vie aux anciens bassins exploités par le port en proposant des logements ainsi que des espaces de détente (restaurant, bars, épicerie fine, etc.) dont l'architecture, en rapport avec l'eau, s'accorde avec l'histoire et la géographie du lieu.

L'aménagement du port « Puerto de Gran Escala » à San Antonio a été pensé en intégrant des considérations des citoyens et leur perception de la ville. Le projet d'aménagement lie des enjeux logistiques propres au développement de tout grand port à des enjeux touristiques. Ainsi, une promenade face à la mer parsemée de divers commerces d'artisanat devrait sortir de terre. De la même manière, une zone naturelle sera mise en place pour développer les activités touristiques de la ville. Les terminaux de croisières, l'accueil des touristes font parties intégrantes du port de commerce intelligent. Les applications numériques peuvent faciliter la découverte de la ville par les croisiéristes au cours de leur séjour ou de leur escale.

Si les initiatives Smart s'adressent aux citoyens, c'est-à-dire aux habitants de la ville-port, le Smart Port a également vocation à améliorer sa relation avec ses usagers grâce notamment au déploiement d'outils numériques de communication. Le



parcours de l'utilisateur, qu'il soit croisiériste, promeneur ou professionnel du port, peut en effet être enrichi par des panneaux d'informations, des applications mobiles ou encore des objets intelligents installés sur les quais. On peut imaginer par exemple que le promeneur ait des renseignements sur tous les bâtiments du port (activités, histoire, horaires d'ouverture, etc.), sur les bateaux à quai, leur provenance, leur destination, leur durée d'amarage, ou bien encore que le croisiériste puisse avoir accès à un itinéraire touristique proposé sur son mobile, en fonction de son temps, de ses goûts, de ses modes de transport privilégiés, etc. La récolte de données est un condition nécessaire à la réussite de ces projets. Par exemple, les boutiques, restaurants et cafés autour du

port doivent fournir les informations les concernant (horaires, prestations, emplacement, etc.) pour qu'ils puissent être proposés aux touristes de passage. Les services de mobilités urbaines doivent, eux-aussi, être intégrés à ces outils d'information. Que ce soient les stations de taxis ou les emplacements de transport en commun, ils doivent être géolocalisables et doivent informer l'utilisateur sur les voitures disponibles, le nombre de passagers ou d'animaux qui peuvent potentiellement être pris en charge, les modes de paiement acceptés, etc. Le partage et la gouvernance de ces données devront alors être clairement établis entre toutes les parties-prenantes.

Le développement de la relation usagers est un atout pour les ports et pour

la ville, certaines pratiques innovantes le favorisent. L'ouverture sur la ville permise grâce à l'accueil touristique donne aux ports du crédit vis-à-vis de la population et des commerçants. Cependant, si les commerçants tirent profit sans difficulté de l'afflux touristique permis grâce aux bateaux de croisières, les citoyens, eux n'y sont pas toujours favorables. Tourisme de masse est synonyme dans certains territoires de nuisances pour les populations. Des initiatives Smart dans les ports peuvent proposer aux citoyens de donner leur avis sur les choix en termes de tourisme des ports.

Dans le cadre du projet de Smart Port du Havre, la construction d'une interface port-ville est un des objectifs principaux. Ainsi, le projet « Smart Croisière » a l'ambition de créer un nouveau terminal de croisière moderne et innovant, qui proposera des services connectés aux croisiéristes tout au long de leur séjour au Havre. Ces services seront mis à disposition des compagnies de croisières et leurs équipages.

Les nouvelles technologies Smart peuvent concourir à l'apaisement des relations parfois tendues entre population locale et touristes. Le problème des navires de croisière dans la lagune de Venise est mondialement connu. La population de la ville est partagée, entre une partie des Vénitiens qui vivent du tourisme et ceux qui ne supportent plus de vivre dans un espace saturé où il devient même difficile de circuler. Des problèmes environnementaux s'ajoutent à la circulation de ces énormes navires dans la lagune. Depuis

2017, l'Etat italien a interdit aux bateaux de croisières de s'approcher du centre historique. Néanmoins à Venise, d'importantes tensions existent encore entre le port et les habitants. Pour répondre à ces problèmes, le port de Venise souhaite développer de meilleures relations basées sur la confiance et la communication avec les vénitiens. L'ouverture du port à la ville est une des clés, avec l'ouverture d'un musée de la culture maritime portuaire, la réduction du réseau de chemins de fer dans le port pour redonner plus d'espaces aux Vénitiens ou bien l'organisation de manifestations dans la ville (foires, sports nautiques, courses, etc.).

Enfin, les Smart Ports facilitent les échanges avec les acteurs de l'économie locale. Ces derniers peuvent profiter de ces mêmes outils numériques pour répondre simplement et rapidement à des appels d'offre, les diffuser si leurs activités sont en lien avec le port, ou encore partager les offres d'emplois à pourvoir par le port ou ses partenaires. Cette politique de transparence permet d'une part au Smart Port d'afficher son image de port dynamique, et d'autre part d'élargir son réseau économique.

Pour faire émerger ce type d'initiatives, le port de Marseille organise un défi dans le cadre du « Smart Port Challenge » à plusieurs start-ups (cf. Zoom 4 : Le Smart Port Challenge du Port de Marseille). Il leur est proposé de répondre aux problématiques de déficit d'informations transmises aux usagers sur et en dehors du port grâce à des solutions numériques innovantes.

## QUÉBEC SOUHAITE FAIRE DU CITOYEN UN ACTEUR ESSENTIEL DE L'ÉCOSYSTÈME VILLE/PORT

### Le Smart Port citoyen de Québec

#### PROJET SMART PORT : LA COMMUNAUTÉ AU CŒUR DES PROJETS

L'APQ\* est un des exemples les plus poussés de mise en avant de l'aspect citoyen dans les différents projets de Smart Port dans le monde.

Le port de Québec a aujourd'hui trois principaux projets d'urbanisation ou de développement industriel-portuaire :

- Le projet Beauport 2020 :  
« Projet de terminal de conteneurs en eau profonde »
- Bassin Louise :  
« Une vision d'avenir pour la création d'un quartier portuaire »
- Promenade portuaire du Foulon :  
« Un geste fort de cohabitation urbaine »

QUEL QUE SOIT LE PROJET, LE PORT DE QUÉBEC EMPLOIE DES DÉMARCHES SIMILAIRES LIANT DES ASPECTS CITOYENS ET ENVIRONNEMENTAUX :



#### CITOYEN :

Chaque projet doit être porté par la communauté, grâce à des consultations citoyennes :

- Questionnaires
- Création de lignes téléphoniques et d'adresses mail pour des questions, commentaires, suggestions
- Mise à disposition des études liées aux projets
- Projet préliminaire soumis à l'appréciation des citoyens



#### AMÉNAGEMENT URBAIN :

La cohabitation urbaine est une idée maîtresse des projets d'aménagement des zones industrielles et portuaires du Port de Québec :

- Intégration des activités du port dans la trame urbaine
- Relation harmonieuse entre la ville et son port

### Sélection de solutions développées par le port de Québec



#### BEAUPORT 2020

Projet phare du port de Québec, il s'agit d'un projet d'aménagement de nouvelles infrastructures. Les investissements concernent notamment le prolongement de la ligne de quai, l'aménagement d'un terrain d'arrière quai et le raccordement aux réseaux de transport.

Ce projet a été élaboré suivant des principes Smart :

- Une démarche rigoureuse avec plus de 35 études environnementales menées.
- Le respect des principes de développement durable, notamment sur les aspects environnementaux avec la soumission du projet à l'Agence canadienne d'évaluation environnementale.
- Participation citoyenne avec une ligne téléphonique et une adresse mail à disposition pour des questions, commentaires etc.



#### COMITÉ DE COHABITATION PORT-COMMUNAUTÉ

Le Port de Québec a créé un partenariat avec les citoyens de la ville en établissant le « Comité de cohabitation port-communauté ». C'est un outil de communication entre l'administration portuaire et les citoyens.

Ce comité poursuit trois grands objectifs :

- Rôle de relais de communication entre le port et les acteurs de la communauté qui sont concernés par ses activités.
- Améliorer les méthodes de réalisation des projets du port avec un souci de maximisation de l'acceptabilité sociale.
- Permettre de recevoir, traiter et prendre en compte les suggestions, remarques, questions venant des citoyens sur les projets.

\* Administration Portuaire de Québec.

# ÉLABORATION ET MISE EN ŒUVRE D'UNE STRATÉGIE SMART PORT : RÉPARTITION DES RÔLES ET DES RESPONSABILITÉS DANS UN ÉCOSYSTÈME INTÉGRÉ ET PRIORISATION DES CHANTIERS À MENER

---



## LE SMART PORT : DES GAINS POUR TOUTES LES PARTIES PRENANTES

Chaque port déployant une démarche smart port visa a minima à :

- / **augmenter la compétitivité** et l'attractivité commerciale du port ;
- / **diminuer les nuisances** liées au port ;
- / **retisser les liens** entre ville et port.

Pour atteindre ces objectifs les ports mobilisent les nombreuses technologies à leur disposition et en adaptent le recours au regard des usages qui sont les leurs.

Les apports d'une démarche Smart Port irriguent l'ensemble de l'écosystème d'acteurs **dans une logique « gagnant-gagnant »**. Le schéma page suivante résume les flux répondant à cette dynamique entre les acteurs de l'écosystème du port.

En revanche, si **les initiatives Smart commencent à s'imposer comme levier de différenciation** comme nous l'avons vu tout au long de cette étude, nous avons également noté que leur impact était décuplé lorsqu'elles s'inscrivent dans une stratégie globale de territoire établie et encouragée par le port.

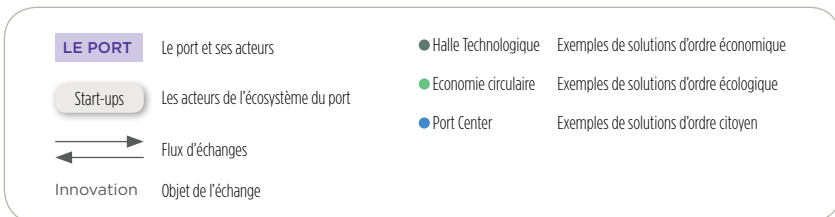
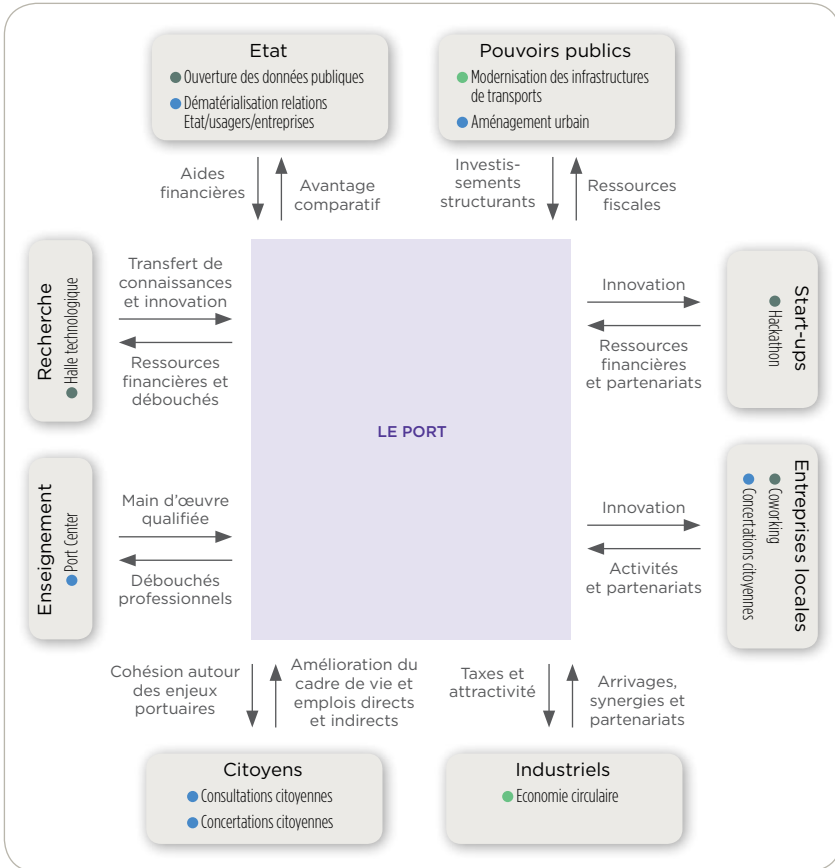
Ainsi pour transformer les initiatives isolées en stratégie Smart, pour fédérer les énergies et profiter des effets d'échelle, **les autorités portuaires doivent s'atteler au cadrage et au développement d'une feuille de route pour structurer les fondations du Smart Port.**

## UNE FEUILLE DE ROUTE POUR FAIRE DU PORT UN ESPACE D'INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET D'INTELLIGENCE COLLECTIVE

Pour **fédérer les différents acteurs**, l'autorité portuaire doit faire figure de force motrice dans le déclenchement d'une stratégie Smart puis **s'ériger comme animateur de la démarche auprès de l'ensemble des parties prenantes de l'écosystème**. La feuille de route conduisant une démarche Smart Port et permettant sa pérennité doit se structurer autour de plusieurs prérequis, parmi lesquels :

- / **Identifier des cas d'usage concrets** pour déterminer les apports d'une stratégie Smart pour chacun des membres de l'écosystème et structurer ainsi la communauté portuaire autour d'un projet commun ;
- / **Partager les données** permettant la construction de nouveaux services répondant à ces cas d'usage ;
- / **Protéger et fiabiliser les données partagées ;**
- / **Evaluer les impacts** pour le port et l'environnement d'un point de vue économique (économie de la région, création de richesse, taux de chômage, ressources fiscales supplémentaires, etc.), social (satisfaction citoyenne, etc.) et environnemental (pollution, etc.) ;

## Stratégie Smart Port – une logique gagnant-gagnant pour chaque acteur de l'écosystème





- / **Organiser l'ouverture du port** aux organismes de recherche et de formation et au tissu économique local. Dès lors, la définition d'une gouvernance claire et représentative est primordiale. L'objectif est d'établir une stratégie et des axes de développement du projet.
- / **Etablir une veille** technologique, juridique-financière, réglementaire sur les stratégies et pratiques Smart.

La mise en place d'une stratégie Smart incombe particulièrement à l'autorité portuaire. Celle-ci se doit d'agir comme véritable chef d'orchestre pour mettre en œuvre cette nouvelle politique.

## DE NOUVEAUX RÔLES POUR L'AUTORITÉ PORTUAIRE

Dès lors, **l'autorité portuaire doit investir de nouvelles fonctions et être à la fois chef de file du déploiement de la stratégie et incubateur de nouvelles initiatives coordonnées en facilitant le passage à l'échelle.**

En second lieu, **le recours aux technologies et à l'usage de données implique de disposer de capacités d'ingénierie permettant de mettre en place une plateforme dédiée** afin d'une part, de partager les informations économiques et écologiques recueillies grâce à l'IOT mis en place dans le cadre du Smart Port, et d'autre part, pour permettre l'échange et la valorisation de données issues de l'extérieur.

L'utilisation des Port Community Systems (PCS) et des Cargo Community Systems (CCS) marque une première étape dans le partage de la donnée que les stratégies

Smart viennent renforcer. La protection de ces données et **la mise en place d'une politique de cybersécurité optimale en est le corollaire indispensable et doit être pilotée par l'autorité portuaire.**

## DEUX AXES DE DÉVELOPPEMENT POUR PROMOUVOIR UNE STRATÉGIE SMART : L'AUTOMATISATION ET LA GESTION DE L'ÉNERGIE

**Facteur clé de succès de la compétitivité du port, la performance opérationnelle peut être améliorée tout au long du parcours marchandise grâce à l'automatisation.** Cette automatisation peut concerner aussi bien les infrastructures de déchargement que les moyens de stockage de la marchandise.

**Une stratégie Smart orientée vers une meilleure gestion énergétique permet elle aussi l'obtention d'économies financières et une meilleure valorisation des externalités environnementales pour tous les acteurs de l'écosystème portuaire.**

A ce titre, la promotion d'une stratégie Smart dans le secteur de l'énergie peut être un moyen efficace d'amener les différents acteurs du port à collaborer sur une thématique transverse avant d'en apprécier les bénéfices.

**La mise en place d'une stratégie Smart Port est une double opportunité pour l'autorité portuaire lui permettant d'incarner de nouveaux rôles (catalyseur d'initiatives, coordinateur territorial et économique...) et de profiter rapidement des retombées économiques, environnementales et d'attractivité entraînant de ce fait l'écosystème portuaire.**

# ANNEXES



Tableau synthétique des solutions adoptées par les différents ports mentionnés dans l'étude

Ports		Solutions		
		Economiques	Ecologiques	Citoyennes
Afrique australe	Durban	■		
	Port Elizabeth	■		
Afrique du Nord	Ports du Maroc	■		
Asie Pacifique	Shanghai	■		
	Singapour	■		
	Busan		■	
	Hong Kong	■		
	Newcastle			■
	Gladstone			■
	Auckland			■
	Melbourne			■
	Sydney			■
Amérique du Nord	Houston			■
	New York		■	
	Los Angeles	■	■	■
	Montréal		■	
	Québec			■
Amérique du Sud	São Paulo	■		
	San Antonio			■
Europe façade Atlantique	Saint-Nazaire	■		
Europe du Nord	Copenhague		■	
	Malmö		■	
	Göteborg		■	
	Gdansk		■	
	Helsinki	■		
	Tallinn		■	
	Stockholm		■	
	Dublin		■	
	Cork		■	
	Narvik	■		
Méditerranée	Marseille	■	■	■
	Valence			■
	Gênes		■	■
	Barcelone			■
	Nice		■	
	Venise			■
Moyen Orient	Dubai	■		
Northern Range	Rotterdam	■	■	■
	Anvers	■		
	Hambourg	■	■	
	Amsterdam			■
	Brême		■	
	Le Havre	■	■	■
	Dunkerque		■	

## BIBLIOGRAPHIE

1. Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement. Etude sur les transports maritimes. [En ligne], 2017.  
[https://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/rmt2017\\_fr.pdf](https://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/rmt2017_fr.pdf)
2. Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement. Etude sur les transports maritimes. [En ligne], 2017.  
[https://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/rmt2017\\_fr.pdf](https://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/rmt2017_fr.pdf)
3. Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement. Etude sur les transports maritimes. [En ligne], 2017.  
[https://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/rmt2017\\_fr.pdf](https://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/rmt2017_fr.pdf)
4. Transport et logistique de France. Chiffres clés du transport. [En ligne].  
<https://www.e-tlf.com/dossiers-tlf/chiffres-cles/>
5. ARTE, Le commerce maritime mondial : infographies. [En ligne], 2016.  
<https://info.arte.tv/fr/le-commerce-maritime-mondial-infographies>
6. Les conseillers du commerce extérieur de la France et le Cluster maritime français. L'économie maritime, enjeu pour commerce extérieur de la France. [En ligne], 09/2017.  
<http://observatoire-portuaire.fr/telechargement/l-economie-maritime-enjeu-pour-le-commerce-exterieur-Echelle-Nationale-ilovepdf-compressed.pdf>
7. MERK O., "The Port-City Interface" In GEERLINGS H. and al. (2018), Ports and Networks : Strategies, Operations and Perspectives, New York, Routledge, 384 p.
8. UNCTAD Stat. Flotte marchande par pavillons d'immatriculation et par types de navires, annuel, 1980-2018. [En ligne].  
<https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx>
9. PIALOT, D. La Tribune. Climat : le transport maritime international face à ses responsabilités. [En ligne], 05/04/2018.  
<https://www.latribune.fr/entreprises-finance/services/transport-logistique/climat-le-transport-maritime-international-face-a-ses-responsabilites-774183.html>
10. BRITZ, C. *Mer et Marine. Bilan 2017 de Port d'Hambourg* [En ligne], 14/02/2018.  
<https://www.meretmarine.com/fr/content/bilan-2017-du-port-de-hambourg>
11. HAROPA Ports. HAROPA - Port du Havre conforte son leadership national. [En ligne], 08/01/2019.  
<http://www.haropaports.com/fr/havre/en-chiffres>

12. Hafen-Hamburg. The Port of Hamburg - Facts and Figures [En ligne], 2006.  
<https://www.hafen-hamburg.de/en/press/media/brochure/facts-and-figures-flyer---37891>
13. HOUËDE, P. La Tribune. Le port de Hambourg, vitrine allemande de la « smart city » [En ligne], 15/02/2015.  
<https://www.latribune.fr/regions/smart-cities/20150213tribb0180d6f9/le-port-de-hambourg-vitrine-allemande-de-la-smart-city.html>
14. La Banque Mondiale, Trafic de conteneurs dans les ports [En ligne], 2016.  
<https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/IS.SHP.GOOD.TU?locations=SG>
15. Safety 4 sea, Shore-to-ship drone delivery service to be set up at Singapore [En ligne], 06/06/2018.  
<https://safety4sea.com/shore-to-ship-drone-delivery-service-to-be-set-up-at-singapore/>
16. France Stratégie. Rapport : les enjeux des blockchains. [En ligne], juin 2018.  
<https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-rapport-blockchain-21-juin-2018.pdf>
17. Commission Européenne. Proposition de règlement du Parlement Européen et du Conseil établissant un système de guichet unique maritime européen et abrogeant la directive 2010/65/UE. [En ligne], 17/05/2018.  
[http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2019-0006\\_FR.html](http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2019-0006_FR.html)
18. BARLA, JC. Alliancy. Cybersécurité – Le Port de Marseille laisse place au commerce. [En ligne], 13/10/2017. <https://www.alliancy.fr/a-laffiche/securite/2017/10/13/cybersecurite-le-port-de-marseille-laisse-place-au-commerce>
19. MPA Singapore. Sustaining a Future - Ready Maritime Singapore - Sustainability - Integrated Report 2017. [En ligne], 2017.  
<https://www.mpa.gov.sg/web/wcm/connect/www/673cebf2-5d1e-49f5-9e87-6f07af8f0813/MPA+IR+%26+FR.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=673cebf2-5d1e-49f5-9e87-6f07af8f0813>
20. FAU, N. (2013). Les enjeux économiques et géostratégiques du détroit de Malacca. Géoeconomie, 67(4), 123-140.
21. La Banque Mondiale, Trafic de conteneurs dans les ports [En ligne], 2016.  
<https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/IS.SHP.GOOD.TU?locations=SG>
22. BRANDT, J. and al. : Assessment of Health-Cost Externalities of Air Pollution at the National Level using the EVA Model System, CEEH Scientific Report No 3,

Centre for Energy, Environment and Health Report series, Mars 2011, pp. 98.  
[http://www.ceeh.dk/CEEH\\_Reports/Report\\_3/CEEH\\_Scientific\\_Report3.pdf](http://www.ceeh.dk/CEEH_Reports/Report_3/CEEH_Scientific_Report3.pdf)

**23.** DE SAINT DENIS, S. and FIX, M. (2018). « Economie bleue : la croissance durable bleue une opportunité nationale ? » Wavestone Insights Secteur Public et Institutions Internationales [En ligne]. <https://www.wavestone.com/fr/insight/economie-bleue-la-croissance-durable-bleue-une-opportunite-nationale/>

**24.** Port of Rotterdam. Residual heat from Shell keeps 16,000 households warm. [En ligne], 26/09/2018.  
<https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/residual-heat-from-shell-keeps-16000-households-warm>

**25.** GEERLINGS H. and VELLINGA T., “Sustainability” In GEERLINGS H. and al. (2018), Ports and Networks : Strategies, Operations and Perspectives, New York, Routledge, 384 p.

**26.** CORBETT and all. Nature Communications. Cleaner fuels for ships provide public health benefits with climate tradeoffs. [En ligne], 06/02/2018.  
<https://www.nature.com/articles/s41467-017-02774-9.pdf>

**27.** Le Marin. CMA CGM choisit le GNL pour ses futurs porte-conteneurs géants. [En ligne], 07/11/2017.  
<https://www.lemarin.fr/secteurs-activites/shipping/29844-cma-cgm-choisit-le-gnl-pour-ses-futurs-porte-conteneurs-geants>

**28.** GOUDET, JL. Futura Planet. Le premier porte-conteneur électrique et autonome va être construit. [En ligne], 20/05/2017.  
<https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/environnement-premier-porte-conteneur-electrique-autonome-va-etre-construit-67296/>

**29.** GUIMARD, E. Les Echos. Airseas veut révolutionner la marine marchande avec ses cerf-volants géants [En ligne], 08/01/2019.  
<https://www.lesechos.fr/pme-regions/actualite-pme/0600475972120-airseas-veut-revolutionner-la-marine-marchande-avec-ses-cerf-volants-geants-2234611.php>

**30.** San Pedro Bay Ports. Clean Air Action Plan 2017 FINAL. [En ligne], 11/2017. <http://www.cleanairactionplan.org/documents/final-2017-clean-air-action-plan-update.pdf/>

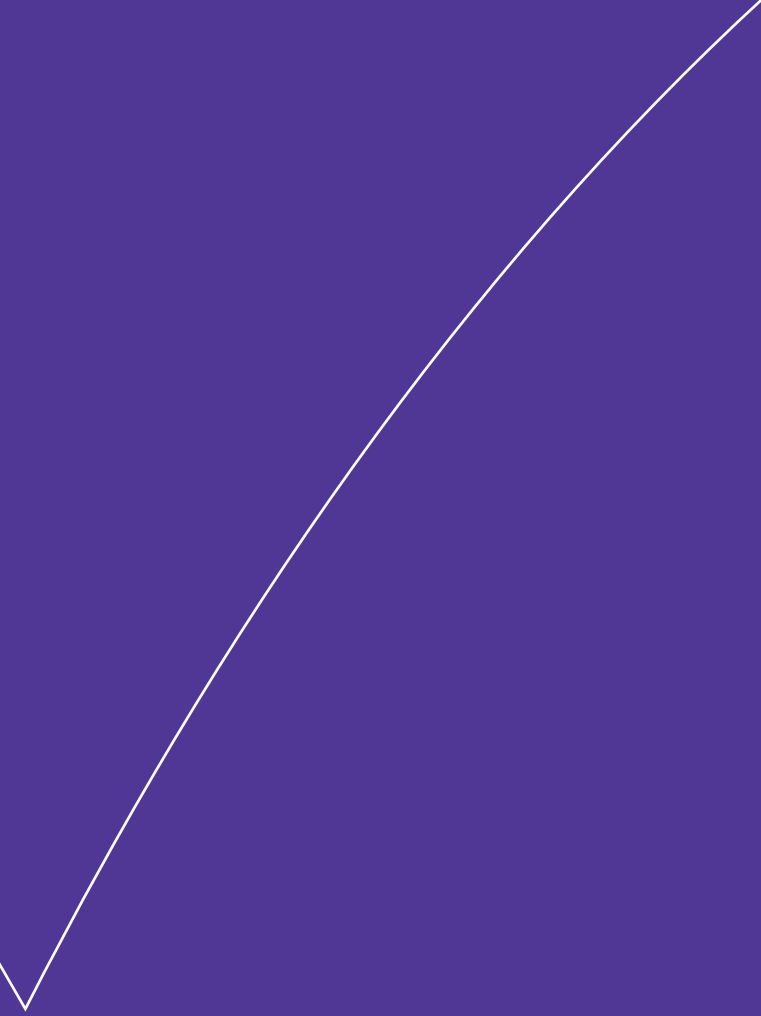
**31.** Marseille observatoire local du tourisme. Chiffres-clés 2016. [En ligne], 2016. <http://clubm.marseille.fr/wp-content/uploads/2017/09/Exe-int-brochure-A5-chiffres-cle%CC%81-BD-2016.pdf>

**32.** Port de Marseille Fos - Grand Port Maritime de Marseille. Le port de Marseille Fos, une alternative aux ports du nord de l'Europe. [En ligne], 2016.

[http://www.marseille-port.fr/fr/Content/Documents/2016/PRESSE/GPMM\\_infos\\_cle\\_2016.pdf](http://www.marseille-port.fr/fr/Content/Documents/2016/PRESSE/GPMM_infos_cle_2016.pdf)

**33.** San Pedro Bay Ports. Clean Air Action Plan 2017 FINAL. [En ligne], 11/2017.

<http://www.cleanairactionplan.org/documents/final-2017-clean-air-action-plan-update.pdf/>



**WAVESTONE**

[www.wavestone.com](http://www.wavestone.com)