

Projet Interreg

Italie-France Maritime 2018

EASYLOG

Composante T.1.2

**Reconnaissance des modèles, outils et expériences de DW, ICT, BI applicables dans les processus du
domaine du projet**

Output T1.2.1

**Document analysant les modèles, outils et expériences de DW, ICT et BI applicables aux processus du
domaine du projet.**

Juin 2019

Sommaire

Remarques préliminaires	3
1. Les principales technologies émergentes dans le contexte de la logistique et du transport	3
1.1 La Blockchain	5
1.2 Internet of Things (IoT).....	6
1.3 Utilisation combinée de la technologie Blockchain et IoT.....	6
1.4 I Big Data.....	7
1.5 Les drones	8
1.6 La réalité augmentée.....	8
1.7 Le système de positionnement par satellite Galileo	8
1.8 Le Physical Internet.....	9
2 Modèles, outils et solutions technologiques appliqués dans le domaine des terminaux maritimes	10
2.1 La blockchain.....	10
2.2 L'IoT- Internet of Things.....	13
2.3 L'automatisation dans les terminaux à conteneurs.....	14
2.4 Les Big Data	16
2.5 Les Drones.....	18
2.6 Les Smart Ports.....	19
3 Les innovations technologiques appliquées dans les terminaux RO-RO ces dernières années	19
3.1 Gate Automation	19
3.2 Enregistrement du poids et mise à jour des données de booking	22
3.3 Détection du gabarit des moyens à embarquer.	23
3.4 Position en temps réel des semi-remorques (tugmasters) avec GPS.....	23
3.5 Wifi	23
3.6 Exemple de Gate Automation au Terminal San Giorgio, Gênes.....	24
Appendice 1 – Terminologie	27

Remarques préliminaires

Les technologies considérées comme présentant un intérêt pour les domaines d'intérêt du projet sont décrites ci-dessous. Ce qui a été développé au cours du projet EasyLog peut tenir compte de l'évolution de l'offre technologique et, par conséquent, la plate-forme TIC intégrée envisagée (T1.4.2) sera, dans la mesure du possible, ouverte aux évolutions permettant l'utilisation des technologies décrites ci-dessous.

1. Les principales technologies émergentes dans le contexte de la logistique et du transport

Gartner, société de conseil, de recherche et d'analyse dans le domaine des technologies de l'information, a développé un modèle, appelé *Hype Cycle* (littéralement "cycle d'exagération") pour représenter graphiquement la maturité, l'adoption et l'application des technologies spécifiques. Ce modèle est divisé en 5 phases fondamentales du cycle de vie d'une technologie (Figure 1) :

1. Technology Trigger: une nouvelle technologie potentiellement perturbatrice est proposée. L'élaboration de la première *Proof of concept* et l'attention des médias génèrent une visibilité considérable. Souvent, il n'y a toujours pas de produits utilisables et il n'y a pas de preuve de la validité commerciale de la technologie.
2. Peak of Inflated Expectations: La visibilité initiale donne lieu à une série de premières réussites souvent accompagnées de plusieurs cas d'échec d'application.

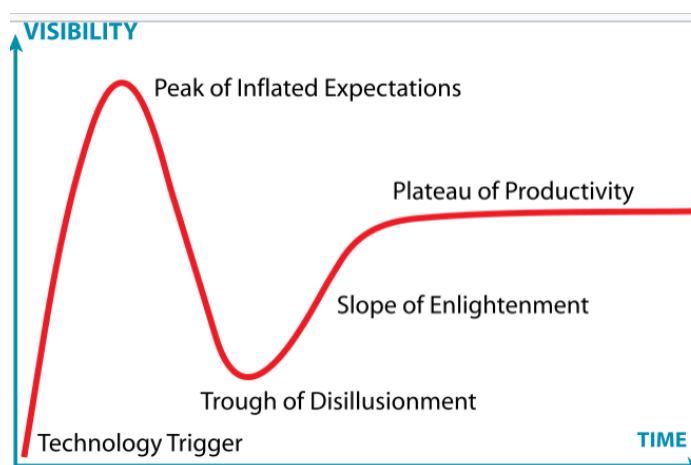


Fig.1 – L' "Hype Cycle" sviluppato da Gartner

3. Trough of Disillusionment: L'intérêt pour la technologie diminue lorsque l'expérimentation et la mise en œuvre ne produisent pas les résultats escomptés. Les producteurs de technologie sont en crise ou font

faillite. Les investissements ne se poursuivent que pour les entreprises qui ont survécu grâce à l'amélioration des technologies de produits afin de satisfaire les premiers utilisateurs (*early adopter*).

4. Slope of Enlightenment: La technologie commence à se répandre et les entreprises sont de plus en plus conscientes des avantages qu'elle peut leur apporter de différentes façons. Les développeurs de technologies créent des produits de deuxième et de troisième génération. De plus en plus d'entreprises financent des projets pilotes, tandis que les entreprises conservatrices restent prudentes.
5. Plateau of Productivity: l'applicabilité et la pertinence de la technologie sur le marché de masse produisent des rendements économiques importants.

La figure 2 montre le cycle Hype de Gartner pour 2017 avec les différentes technologies et stratégies qui devraient arriver à maturité dans les cinq prochaines années et qui devraient donc être prises en compte par les grandes entreprises de la supply chain.

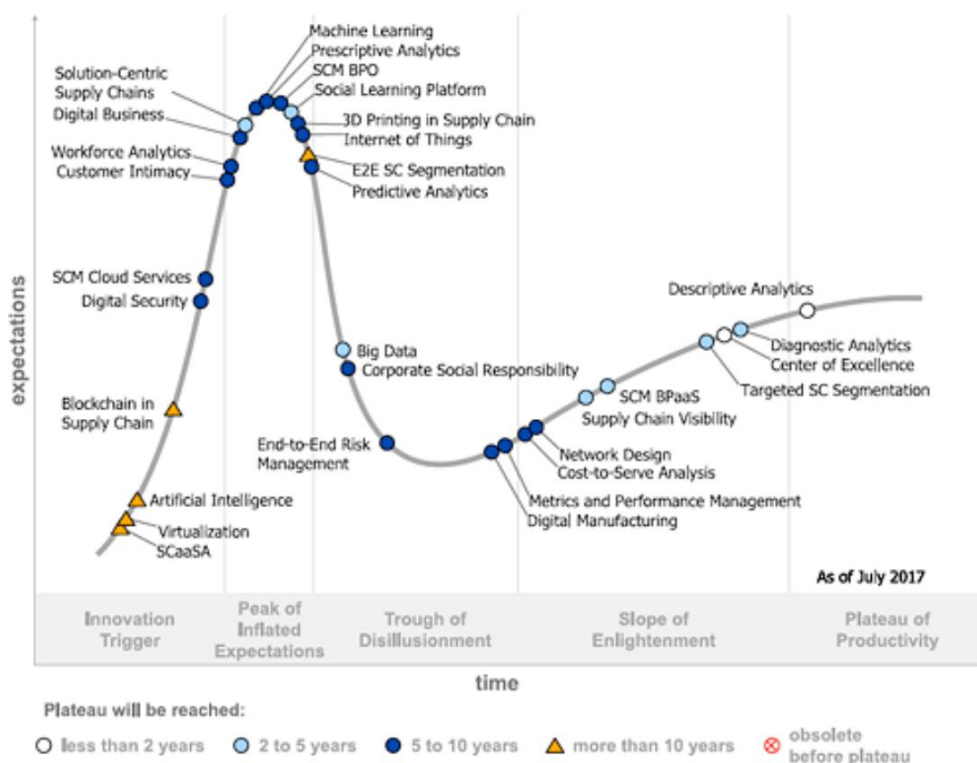


Fig.2 – Hype Cycle for Supply Chain Strategy, 2017

Source: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-09-11-gartner-hype-cycle-reveals-the-digitalization-of-the-supply-chain>

Les technologies énumérées ci-dessous sont considérées comme faisant partie de la section de la courbe appelée Slope of Enlightenment et devraient donc être considérées pour le développement futur des solutions mises en œuvre pendant le projet en tenant compte du domaine d'intérêt du projet.

1.1 La Blockchain

La blockchain est un système de stockage partagé des transactions entre tous les sujets d'un réseau, agissant comme un registre crypté d'informations. Ce système utilise un mécanisme de consentement qui garantit que la transaction est valide avant d'être enregistrée. Un sujet doit valider une transaction en fournissant le même hash que les autres sujets du réseau. L'hash est un code spécifique et unique qui décrit un message contenant des informations. Les informations validées sont enregistrées dans un bloc ; un bloc peut être comparé à un conteneur : tout le monde peut le voir de l'extérieur, mais seuls ceux qui en ont la permission - c'est-à-dire une clé privée - peuvent accéder à son contenu. Par la suite, chaque bloc supplémentaire est lié chronologiquement au bloc précédent, ce qui rend (presque) impossible la modification des données déjà enregistrées. La blockchain peut être conçue pour être publique ou privée. Dans un réseau privé, il existe une autorité qui fixe les règles et délivre les autorisations. La figure 3 montre le fonctionnement de la blockchain.

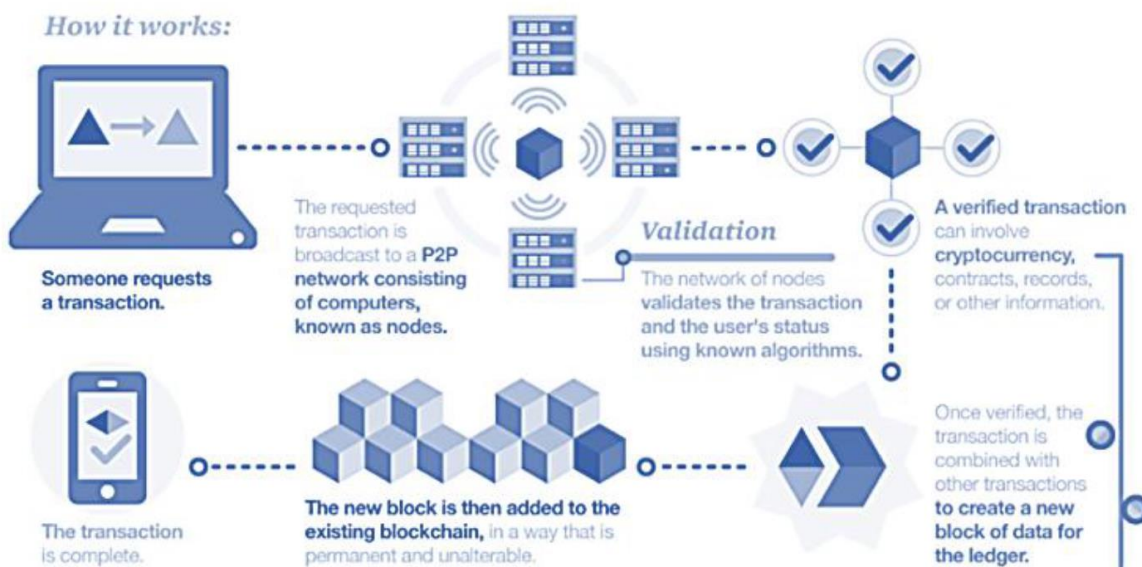


Fig.3 Le fonctionnement de la Blockchain

Source: *Making sense of Bitcoin, cryptocurrency, and Blockchain, 2017. Disponible sur:*

<http://www.pwc.com/us/en/financial-services/fintech/bitcoin-blockchain-cryptocurrency.html>

Grâce à sa capacité de base de données distribuée peer-2-peer, la technologie *Blockchain* peut ajouter de la valeur à la *supply chain* en termes de fiabilité, d'expansion du réseau, de visibilité et plus encore. Cette technologie permet un accès facile aux données et, en même temps, une sécurité garantie.

1.2 Internet of Things (IoT)

L'*Internet of Things* (IoT) peut être défini comme un réseau de dispositifs physiques (équipements industriels, véhicules, appareils électroménagers, etc.) reliés par des logiciels, des capteurs, des actionneurs et une connectivité réseau qui permettent à ces objets d'échanger des données. Chaque dispositif est identifié de façon unique. L'IoT utilise l'identification par radiofréquence (RFID) pour permettre aux dispositifs de communiquer entre eux, par exemple en transmettant des données d'identification des marchandises (telles que l'emplacement, la température, la pression locale ou l'humidité) ou des données de manipulation.

Les experts estiment que l'IoT couvrira environ 30 milliards d'articles d'ici 2020 et qu'il apportera des avantages significatifs aux opérateurs logistiques, à leurs clients et aux consommateurs finals. Ces avantages s'étendent à l'ensemble de la chaîne de valeur logistique, y compris l'entreposage, le transport de marchandises et la livraison au dernier kilomètre.

La visibilité de l'ensemble de ces informations en temps réel permet aux prestataires de services logistiques (transitaires, 3PL - Third Party Logistics Providers et 4PL - Forth Party Logistics Providers) d'améliorer leurs performances et donc leur rentabilité. Un rapport IDC et SAP prévoit que l'IoT entraînera une augmentation de 15 % de la productivité des livraisons et des performances de la *supply chain*.

1.3 Utilisation combinée de la technologie Blockchain et IoT

L'intégration de la *blockchain* l'IoT peut permettre aux dispositifs IoT de fournir des données aux transactions de la *blockchain*.

Cela garantirait un accès continu et en temps réel aux données partagées dans la *blockchain*, ce qui rendrait la *supply chain* plus efficace qu'une *supply chain* traditionnelle.

L'industrie automobile est l'une des industries leader dans l'adoption de solutions IoT basées sur *blockchain*. Ces solutions sont utilisées pour fournir des informations en temps réel et pour exécuter des transactions entre les principaux partenaires commerciaux : constructeurs, sociétés de financement automobile, assureurs, prestataires de services, régulateurs et clients. Toyota a commencé à utiliser la *blockchain* pour suivre les milliers de pièces qui transitent par différents pays, usines et fournisseurs pour fabriquer une seule voiture.

1.4 I Big Data

Le terme "Big Data" a été défini en 2001 par Doug Laney de la société de recherche et de conseil en informatique Gartner, le reliant à trois Vs : variété, vitesse et volume. La variété fait référence au large éventail de méthodes disponibles pour collecter les données, la vitesse fait référence au taux de changement et à la vitesse à laquelle les données sont liées, tandis que le volume fait référence au nombre de fois que Big Data est mentionné en ligne et dans les médias sociaux. Selon un article publié par Adrian Bridgwater dans Forbes, les résultats qui peuvent être obtenus grâce aux applications Big Data peuvent dépendre de la façon dont les modèles de données sont identifiés et utilisés pour identifier ce qui a une réelle valeur pour une entreprise. Harvard Magazine soutient que Big Data pourrait mener à une révolution dans les méthodes statistiques et informatiques utilisées, avec de nouvelles façons de relier les ensembles de données.

L'analyse des Big Data peut être divisée en 4 catégories différentes :

- 1 Analyse descriptive, un ensemble d'outils conçus pour décrire la situation actuelle et passée des processus d'affaires. Ces outils vous permettent de visualiser synthétiquement et graphiquement les performances de l'entreprise ;
- 2 Predictive Analytics, des outils avancés qui analysent les données pour répondre à des questions sur ce qui pourrait se produire à l'avenir. Pour ce faire, des techniques mathématiques telles que la régression, la prédiction, les modèles prédictifs, etc. sont utilisées ;
- 3 L'analyse prescriptive, c'est-à-dire les applications avancées des données volumineuses qui, avec l'analyse des données, sont capables de proposer des solutions décisionnelles opérationnelles/stratégiques basées sur les analyses réalisées ;
- 4 Analyse automatisée, capable de mettre en œuvre en toute autonomie l'action proposée sur la base des résultats de l'analyse effectuée.

Certaines entreprises ont utilisé Big Data pour se faire une idée de la performance de la Supply chain. Au fur et à mesure que les volumes de données augmentaient, l'analyse s'est orientée non seulement vers la recherche de l'inefficacité, mais aussi vers l'avenir, afin de prévoir le comportement des clients et les évolutions du marché.

Des exemples de résultats possibles à travers l'analyse de Big Data sont la prévision de l'évolution du marché et la personnalisation des prix en fonction des profils des clients.

1.5 Les drones

L'utilisation de drones - c'est-à-dire d'appareils volants caractérisés par l'absence du pilote à bord - pour livrer rapidement des colis dans les zones urbaines ou éloignées sera l'un des services innovants fournis par les prestataires logistiques. Les drones devraient accélérer la durée de la *supply chain* et réduire considérablement les coûts de transport. Ce qui pourrait entraver l'utilisation des drones et ce sur quoi il faudra travailler dans un avenir proche, ce sont les aspects juridiques et d'assurance, la sécurité, les limitations de poids et la taille de la charge transportable.

1.6 La réalité augmentée

Une autre technologie prometteuse introduite ces dernières années et en constante évolution concerne la réalité augmentée, c'est-à-dire l'enrichissement de la perception sensorielle humaine. Les appareils utilisés pour la réalité augmentée intègrent l'environnement perçu avec les données et les informations. Par exemple, dans un terminal à conteneurs, où des lunettes de réalité augmentée pourraient permettre aux opérateurs du chantier de visualiser des informations sur les conteneurs, des notifications d'événements se produisant en temps réel, des icônes relatives aux points d'intérêt du terminal, etc. en superposant ces données sur l'environnement réel entourant l'opérateur lui-même au lieu de le forcer à regarder un support visuel comme un palmtop. Cela permettra d'améliorer l'efficacité et la productivité des opérations de manutention, de gérer plus rapidement les perturbations imprévues qui peuvent survenir, de recevoir des informations critiques sur les marchandises manutentionnées.

1.7 Le système de positionnement par satellite Galileo

Galileo est un système de navigation par satellite qui a été créé en tant que système de navigation européen autonome et interopérable avec d'autres systèmes de navigation existants dans le monde. Récemment mis au point, le projet devrait être achevé d'ici à 2020 avec une couverture mondiale assurée par 30 satellites. Galileo jouera un rôle important dans le domaine des infrastructures critiques et des transports.

Dans le secteur automobile, par exemple, toutes les voitures vendues en Europe pourront recevoir des signaux de Galileo, ce qui permettra de déterminer leur position. Dans le secteur ferroviaire, de nouvelles applications sont basées sur le galileo pour le contrôle des trains, la surveillance de la vitesse et le contrôle du trafic ferroviaire.

1.8 Le Physical Internet

Le *Physical Internet (PI)* est un système logistique ouvert basé sur l'interconnectivité physique, numérique et opérationnelle. Le système est basé sur l'utilisation de conteneurs de dimensions modulaires et intelligentes standardisées (donc capables de communiquer via l'IdT) qui peuvent être facilement transportés par tous les moyens de transport (avions, camions, péniches, drones, etc.). De dimensions modulaires, du petit colis au grand conteneur maritime, les conteneurs PI se déplacent à travers des réseaux de transport multimodaux où des conteneurs de différentes origines et tailles se rassemblent dans des nœuds de transit pour optimiser la charge sur les segments suivants. Les structures logistiques ouvertes telles que les centres de transit ouverts pour semi-remorques, les plates-formes de transbordement ouvertes et les entrepôts ouverts font partie des réseaux interconnectés, ce qui conduit à la définition d'un réseau logistique mondial.

2 Modèles, outils et solutions technologiques appliqués dans le domaine des terminaux maritimes

La communauté portuaire mondiale s'oriente progressivement vers l'utilisation des technologies innovantes mentionnées dans le chapitre précédent. Par exemple, le concept clé de SMART-PORT LOGISTICS (SPL), développé par le port allemand de Hambourg, comprend un système de gestion du trafic basé sur la technologie de l'information et la transmission en temps réel d'informations sur la situation du port et son infrastructure, ainsi qu'un réseau à la demande utilisant un cloud public central.

Ce qui suit explore les principales technologies actuelles mises en œuvre dans les ports et terminaux, principalement les ports et terminaux conteneurisés, dans le monde entier.

2.1 La blockchain

Des applications prometteuses de la *blockchain* existent déjà dans la logistique portuaire et de nombreuses autres applications et modèles commerciaux apparaîtront avec le développement progressif de la technologie. Avant de décider d'investir dans la *blockchain*, il est important d'analyser où et comment elle apporterait une valeur ajoutée. Par exemple, si une entreprise ne souhaite partager des données qu'entre collègues, une base de données normale s'adapte également à ses besoins.

Au niveau de l'exemple, il est indiqué comment la *blockchain* pourrait modifier les flux d'informations et les interactions dans le port de Rotterdam.

Actuellement, lorsqu'un transporteur entre dans le port de Rotterdam, la documentation des marchandises est généralement gérée par l'agent de transport et envoyée au Port Community System (PCS). Le PCS permet la distribution d'informations entre les parties du réseau pour faciliter le déplacement du conteneur tout au long du processus. Cependant, certaines phases du processus peuvent ne pas voir automatiquement les sujets connectés et tous les sujets impliqués dans les processus ne sont pas inclus dans le réseau (par exemple, les compagnies d'assurance et les banques) (Figure 4).

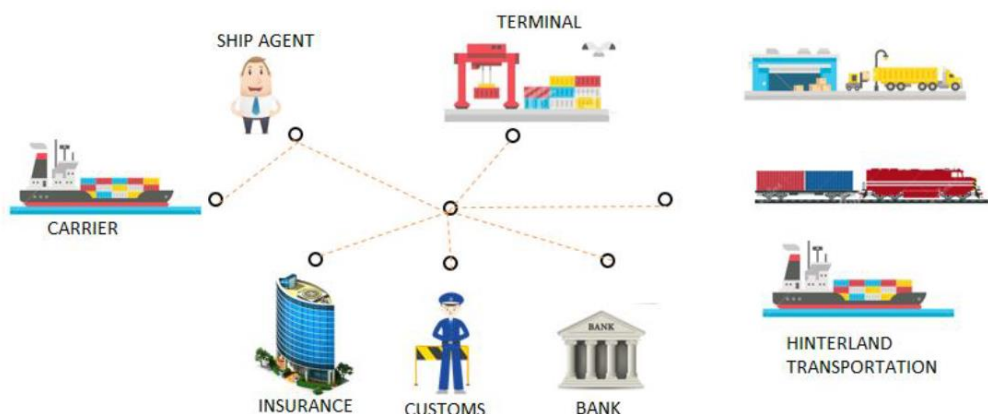


Fig. 4 - Flux d'information actuel dans le processus d'importation

Source: Marissa Oude Weernink, Willem van den Engh, Mattia Francisconi, Frida Thorborg, 2017 “The Blockchain Potential for Port Logistics”, TU Delft, Erasmus, Smart Port

La mise en œuvre d'une plate-forme *blockchain* peut faciliter l'échange d'informations entre les parties impliquées dans le processus, en stockant les informations relatives aux marchandises dans le grand livre dit *blockchain*. Au lieu d'échanger de la documentation, les parties impliquées dans le processus se voient accorder l'autorisation d'accéder au bloc de la *blockchain* dans lequel les informations sont stockées. Cela conduit à la création d'informations uniques et partagées, accessibles en temps réel et avec des coûts de transaction moins élevés. Le processus peut être encore accéléré en incluant des parties extérieures au processus, telles que les banques et les compagnies d'assurance (Figure 5).

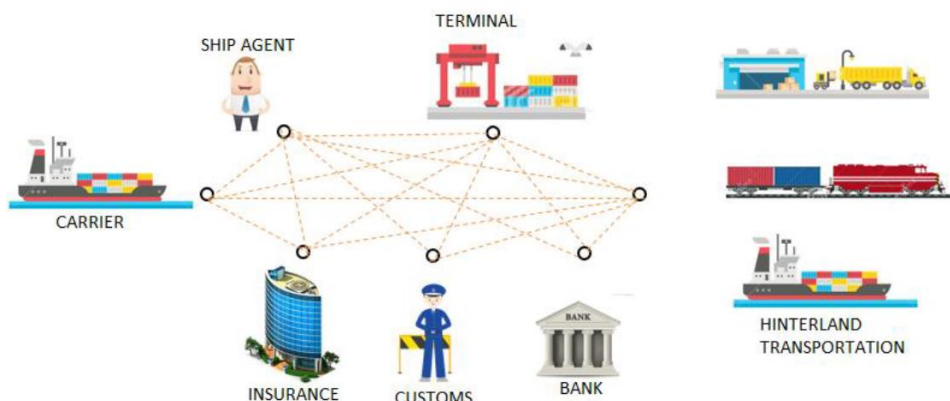


Fig. 5 - Flux d'information Blockchain dans le processus d'importation

Source: Marissa Oude Weernink, Willem van den Engh, Mattia Francisconi, Frida Thorborg, 2017 “The Blockchain Potential for Port Logistics”, TU Delft, Erasmus, Smart Port

Des améliorations supplémentaires seraient obtenues en utilisant des dispositifs Internet des objets (IoT) sur les équipements de manutention et les conteneurs, qui pourraient ainsi être considérés comme des nœuds de la *blockchain*. Par exemple, les capteurs installés sur les conteneurs peuvent surveiller le statut des marchandises en fournissant des informations à la compagnie d'assurance. De plus, grâce aux appareils IoT et à la *blockchain*, il est possible d'activer les contrats intelligents (smart contracts), qui permettent par exemple des transactions économiques entre les parties en fonction de l'évolution de la logistique des conteneurs enregistrés dans la *blockchain* (Figure 6).

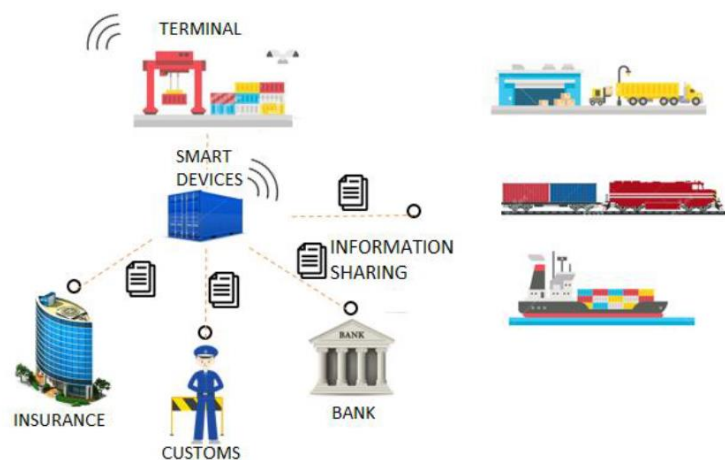


Fig. 6 - Processus d'importation avec IoT, smart contracts et blockchain.

Source: Marissa Oude Weernink, Willem van den Engh, Mattia Francisconi, Frida Thorborg, 2017 "The Blockchain Potential for Port Logistics", TU Delft, Erasmus, Smart Port

Certaines des applications actuelles du marché de la blockchain sont décrites ci-dessous (Figure 7):

- a) **Wave.** Financée par Barclays Accelerator, cette application blockchain vise à éliminer le connaissance.
- b) **Skuchain.** Développé en collaboration avec un consortium de banques internationales, Skuchain a pour objectif d'éliminer le recours aux lettres de crédit (LC). Cette application est donc destinée aux acheteurs, aux vendeurs, aux prestataires de services logistiques, aux banques, aux douanes et aux tiers.
- c) **Provenance.** Cette solution de *supply chain* fournit une sorte de "passeport" numérique pour les produits physiques qui garantit le produit en empêchant la vente de produits volés ou contrefaits.
- d) **TallysticksII** s'agit d'une application de comptabilité distribuée qui simplifie et rend plus efficace la facturation, le financement et la titrisation de factures.

- e) **Fluent** Cette application *blockchain* permet des systèmes de facturation et de paiement rapides, économiques, simples et sécurisés pour la *supply chain* mondiale. Le groupe cible est constitué de banques, d'institutions financières et de sociétés opérant dans le monde entier.
- f) **Chain Of Things**. Une application qui, par l'intermédiaire de l'IoT, permet le suivi et l'enregistrement sur *blockchain* de données sur les marchandises.
- g) **Hyperledger**. C'est une plate-forme *blockchain* développée par IBM pour faciliter les transactions commerciales et donc avec des applications potentielles dans la *supply chain*.
- h) **SolasVGM**. application Blockchain qui crée un écosystème de collaboration entre tous les sujets terrestres, les chargeurs, les conducteurs, les lignes de terminaux et de navigation et leur permet d'accéder à la masse brute vérifiée de la charge (VGM- Verified Gross Mass).
- i) **TU Delft Blockchain Lab**. TU Delft développe une plate-forme qui devrait faciliter la gestion de l'évolutivité et de la rapidité des transactions *blockchain*.

Certaines des applications de marché susmentionnées visent donc à éliminer complètement les procédures logistiques actuelles, telles que le connaissement et la lettre de crédit, plutôt que de les remplacer simplement dans une version numérisée.

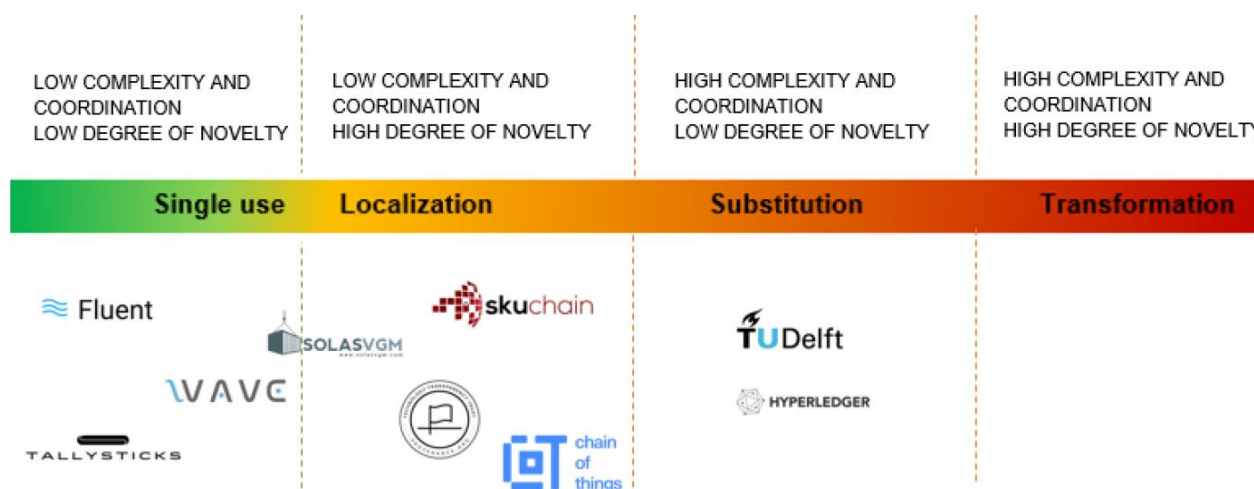


Fig.7 –Quelques applications du marché de la blockchain.

Source: Marissa Oude Weernink, Willem van den Engh, Mattia Francisconi, Frida Thorborg, 2017 “The Blockchain Potential for Port Logistics”, TU Delft, Erasmus, Smart Port

2.2 L’IoT- Internet of Things

Dans les terminaux portuaires (ainsi que dans les nœuds intermodaux internes), les points stratégiques sont les accès (route et rail) et les zones d'embarquement/débarquement. Aux accès, les technologies RFID peuvent être utilisées pour enregistrer les mouvements d'entrée/sortie des unités transportées. Ils sont également intégrés dans des systèmes automatiques de détection de poids et de contrôle automatique/électronique/numérique de la liste de chargement pendant les opérations de chargement.

Dans le cas du transport ferroviaire, l'utilisation de dispositifs RFID permet d'accélérer les opérations de chargement des trains, réduisant ainsi le nombre d'erreurs liées aux associations wagon-conteneur. Il vous permet également de connaître rapidement et facilement l'emplacement exact des wagons et/ou des marchandises chargées grâce à l'utilisation d'ordinateurs de poche ou portails RFID situés dans les gares et aux points stratégiques du parcours. Ainsi, chaque unité transportée est identifiée et sa position connue.

Alternativement, la technologie Bluetooth (Bluetooth Low Energy Tags - BLE, capteurs) peut être utilisée pour la détection et la localisation. Un tag Bluetooth, faisant partie des technologies dites Beacon, peut être personnalisé avec des fonctionnalités supplémentaires (par exemple pour détecter l'humidité, la pression, la température du détecteur). Ceci est intéressant pour les transitaires et les 3PL, en particulier pour des chaînes d'approvisionnement et des catégories de produits particulières.

Une prochaine étape dans l'évolution de l'utilisation des beacon est le réseau *mesh* où le signal passe d'un appareil à un autre. Cela signifie qu'il n'est pas nécessaire de se connecter directement à tous les appareils de la chaîne, puisque le signal est transmis de l'un à l'autre. Cette solution serait adaptée aux espaces limités, tels que les trains, les navires et les terminaux intermodaux.

2.3 L'automatisation dans les terminaux à conteneurs

Au cours des 23 années qui se sont écoulées depuis l'ouverture de la première usine automatisée (ECT Delta, Rotterdam, 1993), environ 35 terminaux à conteneurs automatisés ont été lancés dans le monde. En particulier, depuis 2012, plus de 15 nouveaux terminaux automatisés de différents niveaux d'automatisation ont été lancés dans le monde entier.

Le principal moteur de l'introduction de l'automatisation est de réduire le coût par conteneur géré (coût par mouvement) dans le terminal. L'amélioration de la fiabilité, de la prévisibilité et de la sécurité des opérations, ainsi que la réduction de l'impact environnemental, sont d'autres facteurs clés.

Les aspects d'automatisation les plus intéressants pour le projet EasyLog sont liés au système d'automatisation des portails, qui doit être équipé d'une série de sous-systèmes pour la gestion de l'ensemble de la procédure de

transit : identification, acquisition des données, mise en correspondance avec les informations détenues par l'opérateur du terminal (par intégration avec les systèmes TOS), validation des accès.

Les systèmes vidéo pour l'acquisition et le traitement d'images utilisant la technologie OCR sont actuellement la solution la plus populaire, grâce à leurs coûts compétitifs et leur haut niveau de précision.

Le panorama des procédures d'identification des personnes est plus complexe, car les solutions adoptées peuvent être très différentes les unes des autres. En général, les utilisateurs enregistrés dans le système d'exploitation TOS-Terminal Operating System (par exemple, les conducteurs de camions) doivent présenter un badge d'identification et parfois taper un code PIN sur un clavier spécial à la barrière.

Le niveau d'efficacité de ces sous-systèmes dépend de nombreux éléments : l'utilisation excessive de documents papier ou l'intervention humaine entraîne inévitablement une prolongation du délai nécessaire pour achever le régime de transit.

Une solution valable pour l'identification des personnes est représentée par le développement d'applications mobiles pour la gestion des titres dématérialisés, par exemple au format QR. Le conducteur d'un camion n'a qu'à placer son smartphone sur un lecteur spécial au portail pour démarrer automatiquement la procédure de contrôle : le système vérifie en temps réel la validité du titre affiché et active ou désactive le transit, sans intervention du personnel.

La technologie RFID permet également d'optimiser les procédures d'identification et peut être utile pour améliorer l'efficacité à l'intérieur des aires de stockage. Par exemple, une fois la procédure d'enregistrement terminée, une étiquette RFID peut être appliquée au camion entrant, dont l'affichage indique la position à l'intérieur du terminal où la charge peut être déchargée ou retirée. En utilisant le réseau de lecteurs RFID installés à l'intérieur du terminal, il est possible de tracer l'itinéraire de chaque camion, avec des avantages considérables en termes de réduction du temps requis pour la manutention des marchandises et des risques associés aux collisions ou aux accidents.

Avec l'introduction de l'obligation de peser les conteneurs à charger (établie par la norme internationale SOLAS), de nombreux terminaux portuaires se sont équipés de sous-systèmes spéciaux. Certains systèmes (comme le système Sesamo-Gate de la société Aitek SpA (<https://www.aitek.it/automazione-varchi-sesamo-gate/>)) permettent d'acquérir en temps réel le poids mesuré des conteneurs, en associant automatiquement ces données à la documentation relative au transit.

2.4 Les Big Data

Les Big sont encore un terme relativement nouveau dans le domaine de la logistique portuaire et des terminaux, mais selon une analyse menée par Forbes (2015) les 87% des entreprises de ce domaine pensent que les Big Data vont redéfinir le panorama concurrentiel dans les trois prochaines années, avec bien les 89% qui pensent que les entreprises qui ne les utiliseront pas activement risquent de perdre des quotas de marché.

Alors que l'industrie maritime mondiale devient de plus en plus complexe, une variété d'acteurs échange des informations en temps réel tous les jours, y compris les expéditeurs, les sociétés de logistique, les opérateurs ferroviaires et fluviaux, les entreprises de camionnage et les fournisseurs de capteurs pour pipelines, grues, quais et routes. Par conséquent, ils ont adopté des solutions plus intelligentes pour augmenter leur productivité et être plus efficaces. Par exemple, CMA CGM, opérateur de troisième plus grande compagnie de navigation au monde, utilise la technologie Traxens pour équiper ses porte-conteneurs. Les conteneurs intelligents communiquent désormais leurs informations de position via des antennes. Cette technologie transforme les conteneurs en objets intelligents connectés, permettant aux partenaires du transport multimodal de se préparer à l'arrivée des conteneurs au port.

L'acquisition de données, grâce à des technologies bien établies, n'est plus un problème : le défi posé par Big Data concerne plutôt la gestion et l'exploitation de grandes quantités de données pour générer des informations utiles capables de soutenir les processus décisionnels et de créer de la valeur. Une bonne analyse basée sur Big Data pourrait aider à identifier les goulets d'étranglement dans les opérations et ainsi augmenter la productivité du terminal.

Si elle est appliquée dans un terminal, le développement global de la grande plate-forme de big data peut être configuré en quatre étapes, comme le montre la Figure 9.

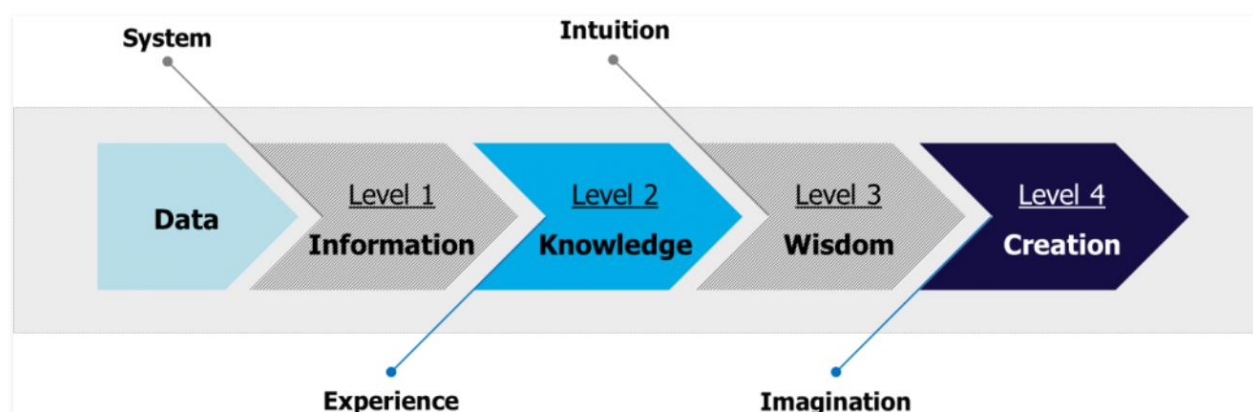


Fig. 9 – Les grandes étapes des Big Data dans l'industrie des terminaux

Source: <http://blog.cyberlogitec.com/four-stages-of-big-data-exploitation-in-container-terminals/>

Phase 1 (Collecte des données) : Données + Système = Information

Tout événement ou situation qui se produit pendant l'exploitation d'un terminal est une source de données. Cette information est obtenue en trois étapes : premièrement, en appliquant des dispositifs capables de détecter des quantités d'intérêt, deuxièmement, en ayant un environnement capable de transmettre les données mesurées, et troisièmement, en utilisant un système capable de stocker et de gérer les données transmises.

Phase 2 (Signification de l'information) : Information + Expérience = Connaissance

Une fois que l'information acquise et sauvegardée à l'étape 1 a été identifiée, elle peut être traitée plus avant à l'aide des connaissances acquises par expérience. L'information est ensuite convertie en connaissance.

Phase 3 (Intégration des connaissances): Connaissance + Intuition = Sagesse

L'objectif est d'analyser les connaissances accumulées au cours des phases 1 et 2. Les informations générées par le système peuvent ensuite aider à prendre des décisions éclairées.

Phase 4 (prédiction basée sur la sagesse): sagesse + imagination = création

A ce stade, des prévisions et des simulations sont faites pour l'avenir, à partir de la situation actuelle. Pour ce faire, on procède à une analyse de la sagesse accumulée au cours de la phase 3. De cette façon, une opération "créative" peut être obtenue en prédisant des situations opérationnelles imprévues par simulation.

Par exemple, en simulant l'exploitation d'un terminal portuaire avant l'arrivée d'un porte-conteneurs, il est possible de prédire le nombre de grues et de semi-remorque à affecter aux activités, les opérateurs à affecter à l'aire de stockage et le degré de criticité de la congestion à l'entrée prévue pour les véhicules.

Un autre exemple est le port de Rotterdam qui, grâce à la collaboration avec The Weather Company d'IBM, peut accéder et partager des données météorologiques précises. À l'aide de capteurs IoT, l'intelligence augmentée et de données météorologiques intelligentes, le port fournit des mises à jour précises sur les conditions maritimes et météorologiques afin de permettre aux compagnies maritimes de prévoir les meilleures conditions et le meilleur moment pour entrer au port.

Il est fondamental de partager les données qui permettraient aux ports de recueillir, de combiner et d'analyser les nombreuses sources d'information pertinentes avant l'arrivée de la cargaison, par voie terrestre ou maritime. L'un des enjeux majeurs est de centraliser et de gérer l'ensemble des informations produites par les nombreux

opérateurs maritimes. Ces initiatives s'appuieront de plus en plus sur des plates-formes de partage de données et des solutions d'interface de programmation d'applications API (*Application Programming Interface*) pour relier les données provenant de différentes sources, notamment des compagnies maritimes et des opérateurs logistiques.

2.5 Les Drones

Les drones, mini-avions automatisés, ont commencé à voler en 2016 et sa technologie est en constante évolution. Cependant, l'utilisation des drones dans la logistique portuaire est encore limitée. Le premier cas au monde est très récent et est dû au géant maritime Apm Terminals, qui a officiellement introduit les contrôles aériens en 2018 : trois drones survolent les aires des deux centres logistiques que le groupe contrôle au Chili, à San Antonio et Santiago, afin d'accroître la sécurité des opérations et vérifier que les opérations de chargement et déchargement des conteneurs sont réalisées conformément à la législation. Les véhicules sont conduits à distance par des agents de sécurité, assis à un poste de contrôle, et survolent des couloirs aériens précis pour éviter toute collision (et deviennent paradoxalement la cause de ce que, avec leur introduction, l'entreprise vise à éliminer : le risque d'accidents dans les zones stockage). Le drone ne se contente pas de regarder, il a aussi une voix : avec deux grands haut-parleurs installés dans la mini nacelle, les techniciens de sécurité qui pilotent l'avion, peuvent guider vocalement les travailleurs et signaler les cas d'inconduite pouvant causer des accidents.

Pour l'introduction des drones, l'entreprise a étudié les exemples positifs provenant du secteur minier et les a appliqués aux terminaux. Au cours des deux années d'essais, tous les mouvements susceptibles de compromettre la sécurité ont été enregistrés, tels que le fonctionnement des grues et le comportement des conducteurs de camions lorsqu'ils quittent la cabine. Des inspections ont également été effectuées dans les angles morts, tels que les toits de conteneurs, qui ne sont normalement pas visibles par les opérateurs au sol. Les drones les plus avancés sont également équipés de caméras spéciales qui permettent à la vision nocturne de fonctionner toute la journée. Apm Terminals, en plus de la sécurité, a également obtenu des résultats en matière d'efficacité et est prêt à étendre rapidement cette initiative à d'autres terminaux.

Cependant, un aspect à étudier attentivement concerne l'augmentation possible des contraintes auxquelles les travailleurs portuaires pourraient être soumis pour un contrôle constant par des drones, déterminant dans ce cas un effet contraire à celui pour lequel les drones sont introduits.

2.6 Les Smart Ports

Le concept de "Smart Port" est relativement nouveau. Sous le terme Smart Port, vous pouvez trouver différentes solutions caractérisées par l'utilisation de certaines des technologies mentionnées précédemment.

Un nombre croissant de projets "Smart Port" sont mis en œuvre et sont en cours de réalisation. L'IoT est souvent un élément essentiel de la solution globale.

Par exemple, le port de Barcelone a favorisé la diffusion de solutions technologiques pour créer des services transparents et efficaces offrant de la valeur aux clients, en promouvant l'engagement du port en faveur de la protection de l'environnement et en fournissant des espaces et des services de qualité au public.

Le projet Smart Port à Hambourg a pour but de faciliter la gestion des volumes croissants malgré le trafic limité par le fait qu'il est situé en centre-ville.

D'autres exemples intéressants de projets Smart Port concernent le port de Santos au Brésil, le port de Valence en Espagne et le port de Southampton au Royaume-Uni.

Le port de Tallinn et le port d'Anvers explorent également l'utilisation de la blockchain dans une vue intelligente du port. Le port de Rotterdam en particulier a mis au point une blockchain pour l'incubateur de logistique portuaire appelée "Blocklab".

3 Les innovations technologiques appliquées dans les terminaux RO-RO ces dernières années

Ces dernières années, l'innovation technologique touche tous les secteurs du secteur maritime et donc aussi les terminaux qui exploitent le trafic Ro-Ro. La liste de ceux qui présentent le plus grand intérêt pratique pour le domaine du projet EasyLog est donnée ci-dessous.

3.1 Gate Automation

La Gate Automation est une solution technologique conçue pour les opérateurs de terminaux et comprend des composants matériels et logiciels configurables et modulaires. Grâce à ce système innovant, il est possible d'obtenir les avantages suivants :

- Réduction de la durée des procédures de contrôle/inspection à la barrière ;
- Amélioration de la sécurité et de l'exactitude des données acquises en éliminant les erreurs résultant de la saisie manuelle des données ;

- Accélérer les activités à la barrière grâce à l'intégration avec les systèmes de terminaux internes et à la gestion automatisée des flux d'informations vers les systèmes externes ;

La Gate Automation se compose de plusieurs composants :

- Détection des plaques d'immatriculation des tracteurs à l'aide de caméras à technologie OCR (reconnaissance optique de caractères).
- Détection des remorques et conteneurs par OCR, pour enregistrer les informations relatives à la plaque d'immatriculation de la remorque, au conteneur et à tout dommage constaté. Dans ce cas également, les informations sont collectées par les caméras et envoyées au système de gestion du portail qui, en croisant les données avec le système d'exploitation du terminal, Terminal Operating System, permet de vérifier si les marchandises peuvent effectivement entrer ou sortir du portail.
- Collecte des données relatives au conducteur (nom, prénom, etc.), contenues dans le badge fourni par le conducteur lui-même. De cette façon, toutes les informations relatives à la remorque et au conducteur sont numérisées rapidement et sans temps d'arrêt.

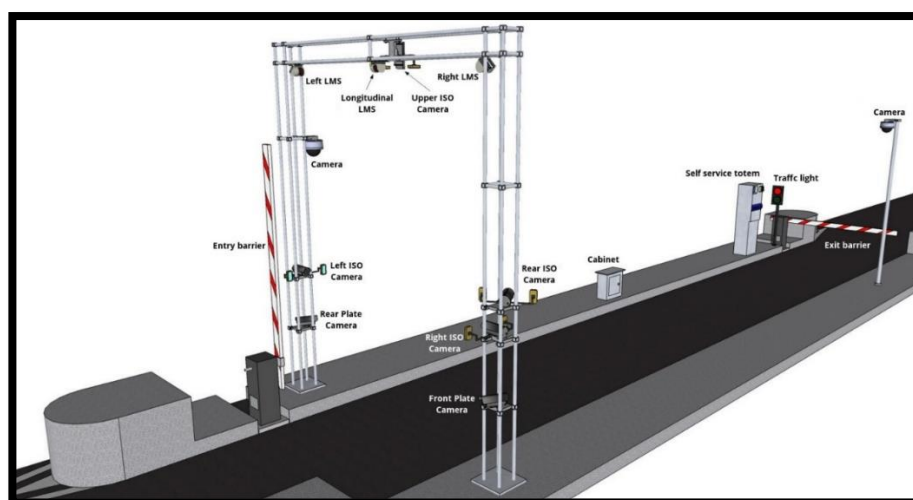


Fig.10 –Schéma d'automatisation d'un Gate

Source: Élaboré par l'auteur



Fig.11 – Passage d'un trailer dans un gate automatisé

Source: Élaboré par l'auteur

- Détection de remorque avec IOT (RFID passive)

Les étiquettes RFID/e-seal (scellés électroniques) apposées sur les conteneurs ou les moyens de transport peuvent être utilisées pour lire automatiquement les informations relatives aux scellés et les étiquettes RFID. Cela réduit le temps pris par les camions pour se garer aux points d'accès et aux gate, et rend le processus plus efficace.

Les scellés peuvent être lus soit à l'aide de lecteurs RFID portatifs, soit à l'aide de lecteurs fixes "gate

Il existe deux types de scellés RFID :

- Joints actifs: équipés de leur propre batterie, avec une portée variable en fonction de la technologie, il est possible de les lire à plus grande distance que les passifs.
- Joints passifs: ils ne possèdent pas leur propre batterie et sont lus à des distances plus courtes.

Dans le terminal Ro-Ro, le scellé est une solution technologique importante car, grâce à son utilisation, il est possible de créer un système qui n'autorise le passage d'une barrière que par les conteneurs qui ont le scellé dans une certaine liste et qui est correctement fermée.



Fig.12 – Scellés RFID actifs et passifs

Source: Site Leghorn group

Lorsqu'un camion arrive à l'entrée du terminal Ro-Ro, les antennes RFID lisent le code contenu dans l'étiquette RFID appliquée sur les remorques. La lecture permet de pré-enregistrer numériquement les données relatives à la plaque de remorque dans le système de gestion du portail sans avoir à les saisir manuellement.



Fig.13 – Gate doté de système RFID

Source: Élaboré par l'auteur

3.2 Enregistrement du poids et mise à jour des données de booking

Le chauffeur qui conduit le véhicule à peser se présente à la porte avec les documents nécessaires à l'enregistrement. Le chauffeur conduit le véhicule dans la partie du yard où se trouve la bascule, où un opérateur supervise les opérations de pesage : ce dernier, à l'aide d'un palmtop ou un palmtop avec lecteur de codes à barres - QR code ou autre système similaire, transmet le code d'identification du

véhicule au système. C'est ainsi que commence l'activité de pesage : le véhicule est pesé, les données relatives au poids du véhicule, y compris le code de pesage légal, sont envoyées au système et ce dernier associe les données reçues du système de pesage avec le code d'identification unique du véhicule et enfin enregistre et met à jour les données de réservation.

3.3 Détection du gabarit des moyens à embarquer.

Il est possible d'insérer un système laser pour détecter certaines données relatives au conteneur / remorque, telles que la hauteur, la largeur et la profondeur. Ce système laser détecte la taille de la charge et l'associe à la plaque. Par exemple, le système Sesamo-Gate de la société Aitek SpA (<https://www.aitek.it/automazione-varchi-sesamo-gate/>) permet d'automatiser les procédures de mesure des dimensions des véhicules devant être chargés à bord des navires RO-RO. Les véhicules passent par un portail sur lequel trois lasers sont installés pour le balayage dynamique des surfaces: le système détecte le mouvement du véhicule et génère un ensemble de points tridimensionnels, tandis qu'un algorithme analyse les points détectés pour calculer les dimensions globales avec une précision de 99%. Les tailles de véhicules sont envoyées en temps réel aux applications qui calculent les tarifs ro-ro.

3.4 Position en temps réel des semi-remorques (tugmasters) avec GPS

Grâce à la technologie GPS appliquée aux engins de manutention présents dans les ports (reach stacker - tugmaster), il est possible de suivre la position exacte au niveau des aires de stockages afin d'optimiser les mouvements.

3.5 Wifi

Le WiFi est une technologie de réseau local sans fil (WLAN) qui utilise des périphériques basés sur les normes IEEE 802.11. Les appareils pouvant utiliser le Wi-Fi comprennent les ordinateurs personnels, les smartphones et tablettes, les appareils photo numériques, les lecteurs audio numériques et les imprimantes modernes: ils peuvent se connecter à Internet via un réseau local sans fil et un point d'accès sans fil (point d'accès). Cette technologie utilisée à l'intérieur du terminal Ro-Ro permet la connexion à Internet à partir des appareils mobiles, à l'exclusion des tags, des ordinateurs de poche, des véhicules et, en général, de tout ce qui est connecté à un réseau.

3.6 Exemple de Gate Automation au Terminal San Giorgio, Gênes

L'utilisation de la technologie OCR dans la Gate Automation vise à automatiser la détection d'informations qui, autrement, devraient être saisies manuellement dans le système et prendraient donc plus longtemps.

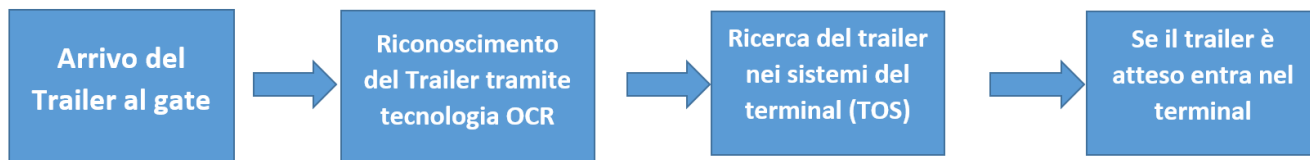


Fig.14 – Processus d'arrivée d'un trailer al Gate OCR

Source: Élaboré par l'auteur

La reconnaissance de la plaque de la remorque à la barrière peut se faire au moyen d'un système de caméras qui identifient la plaque et l'envoient au système : ce mécanisme pourrait toutefois générer des problèmes critiques si la plaque n'est pas complètement lisible, est masquée et que la caméra a des difficultés à la détecter. Pour résoudre ce problème, la technologie RFID a été introduite dans le Terminal : ainsi, une étiquette RFID est apposée sur la remorque, à l'intérieur de laquelle est contenu le code de plaque d'immatriculation. L'étiquette est lue par une antenne RFID qui permet à la remorque d'être reconnue et d'entrer dans le terminal : par rapport à la première solution, l'application de l'étiquette RFID est plus performante et assure une meilleure sécurité.



Fig.15 – Gate Automation

Source: Élaboré par l'auteur

Références bibliographiques

- [1] "Container terminal Automation", a PEMA information paper, <https://www.pema.org/wp-content/uploads/downloads/2016/06/PEMA-IP12-Container-Terminal-Automation.pdf>, (2016)
- [2] "Embracing automation", Port Planning, Design and Construction https://library.e.abb.com/public/d04ec3382781434daacfe582ca827a76/Embracing%20automation_final.pdf, (2014)
- [3] AI PORT INITIATIVES - POSSIBLE MODERNIZATION OF PORT OPERATION AND MANAGEMENT THROUGH CUTTING EDGE ICTs, Kenji Ono, Masayuki Tanemura and Yasuhiro Akakura
- [4] Leonardo Morelli, Thèse de fin d'études sur "La rationalisation des flux de marchandises et d'informations dans un terminal à conteneurs", Alma Mater Studiorum, Université de Bologne Ecole d'Ingénierie et d'Architecture Siège de Forlì Master of Mechanical Engineering. Année académique 2013-2014.
- [5] "Port Logistics: solutions d'automatisation pour une manutention sûre, fiable et efficace des marchandises et des conteneurs tout en réduisant l'impact environnemental ", http://www.leroy-somer.com/documentation_pdf/5261_it.pdf, Nidec (2017).
- [6] Marissa Oude Weernink, Willem van den Engh, Mattia Francisconi, Frida Thorborg, "The *Blockchain* Potential for Port Logistics", TU Delft, Erasmus, Smart Port, (2017)
- [7] Keum-Shik Hong, Quang Hieu Ngo, "Port Automation: Modeling and Control of Container Cranes", International Conference on Instrumentation, Control and Automation, ICA 2009, October 20-22, 2009, Bandung, Indonesia.
- [8] Ketki KULKARNI, Khiem Trong TRAN, Hai WANG, Hoong Chuin LAU, "Efficient gate system operations for a multi-purpose port using simulation optimization", Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference.
- [9] Saverio Romeo, Christina Patsioura, "The IoT Vision for Smart Ports and logistics", Shaping the IoT future, Beecham Research (2017).
- [10] Mladen Jardas, Čedomir Dundović, Marko Gulić, Katarina Ivanić , "The Role of Internet of Things on the Development of Ports as a Holder in the *Supply chain*", file:///C:/Users/claud/Downloads/05_Jardas_et_al.pdf (2018)
- [11] Rafi Ahmad Khan, Dr. S.M. K. Quadri, "Business Intelligence: An Integrated Approach", Business Intelligence Journal, Vol.5 No.164, (2012)

- [12] “White Paper Future Tech IOT and Milos”, Circle spa, (2018).
- [13] <https://www.portstrategy.com/news101/port-operations/port-performance/buying-into-bi>
- [14] <http://www.themeditelegraph.com/it/green-and-tech/technology/2018/09/05/droni-parlanti-per-controllare-lavoro-PLjum4bzt7jFeQNCQVtJLN/index.html>
- [15] <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-09-11-gartner-hype-cycle-reveals-the-digitalization-of-the-supply-chain>
- [16] http://www.ship2shore.it/it/shipping/il-futuro-dello-shipping-tra-navi-drone-e-finanza-internazionale_65672.htm
- [17] https://www.porttechnology.org/news/the_rise_of_big_data_in_ports_and_terminals
- [18] <https://www.opendatasoft.com/2018/05/16/the-rise-of-big-data-in-ports-and-terminals-how-the-shipping-industry-is-transforming-port-technology/>
- [19] <http://blog.cyberlogitec.com/four-stages-of-big-data-exploitation-in-container-terminals/>

Appendice 1 – Terminologie

AGV	Abbreviation for automated guided vehicle, a robotic vehicle for horizontal transport of containers between quay and yard
ASC	Abbreviation for automated stacking crane, a driverless gantry crane (either rail mounted or rubber tyred) for container yard handling operations
AShC	Abbreviation for automated shuttle carrier, a driverless 1-over-1 straddle carrier (ShC) for horizontal transport of containers between yard and quay
AutoSC	Abbreviation for automated straddle carrier, a driverless straddle carrier (SC) for transporting and stacking containers in terminals
ARMG	Abbreviation for automated rail mounted gantry crane (RMG)
ARTG	Abbreviation for automated rubber tyred gantry crane (RTG)
CARMG	Abbreviation for side-loading cantilever automated stacking crane, an ARMG designed for operation in stacking blocks laid out parallel to the quay
DGPS	Abbreviation for differential global positioning system, a technology for automated identification and tracking
ITV	Abbreviation for internal transport vehicle, a generic term denoting vehicles used for container transport within terminals
OCR	Abbreviation for optical character recognition, a technology for automated identification and tracking
OHBC	Abbreviation for overhead bridge crane
PDS	Abbreviation for position detection system, a system for automatically detecting container and crane location in the yard stacks
QC	Abbreviation for quay crane, also known as ship-to-shore crane, a type of crane for moving containers between ships and terminal berths
RFID	Abbreviation for radio frequency identification, a technology for automated identification and tracking
RTLS	Abbreviation for real time locating system, a solution for determining RFID tag location by triangulation
RMG	Abbreviation for rail mounted gantry crane, a type of container yard handling crane
RTG	Abbreviation for rubber tyred gantry crane, a type of container yard handling crane
ShC	Abbreviation for shuttle carrier, a 1-over-1 straddle carrier designed for horizontal transport of containers between yard and quay
SC	Abbreviation for straddle carrier, a type of equipment for transporting and stacking containers in terminals
TOS	Abbreviation for terminal operating system, specialist software used to plan and manage container terminal operations