

## 20 ans d'apports des technologies aux industries maritimes

---

*Le transport maritime et les ports ont toujours évolué puisque les progrès techniques et technologiques sont inhérents à toutes les activités humaines. La modernisation navale semblait néanmoins ralentie à la fin du XX<sup>e</sup> siècle, avant que plusieurs éléments fassent évoluer les choses. La digitalisation modifie comme ailleurs bien des choses. Les obligations réglementaires, du respect de l'environnement et la hausse du prix des carburants sont les éléments qui pèsent maintenant sur les acteurs et obligent à l'innovation. D'une autre manière, la recherche de la productivité et de la compétitivité dans un contexte de concurrence et de marché dégradé oblige à l'innovation. Dans ce contexte, l'apport de la digitalisation se traduit depuis deux décennies par des changements sur les navires comme dans les ports, modifiant autant le management des outils, le travail des hommes, les processus logistiques et la commercialisation.*

### Le shipping à l'échelle du numérique

La chaîne logistique physique s'appuie sur une chaîne d'information documentaire entre les différents contractants. La simplification documentaire, en partie liée au contrôle régalién douanier, a construit les premiers systèmes d'information au travers de la **dématérialisation** en réseau. Les professionnels portuaires vont mettre en place des systèmes d'information (SI) permettant de simplifier leur travail notamment pour la conteneurisation (mais pas que) avec des processus normalisés et harmonisés par les autorités nationales, européennes et internationales<sup>1</sup>. Sous le nom de **Cargo community système** (CCS) sont reliés les intervenants de différents acteurs de la chaîne logistique & portuaire autour des flux d'information liés à la marchandise. Ces acteurs sont les professionnels (transitaires, agents, armateurs, manutentionnaires, groupeurs, transporteurs terrestres) et les administrations publiques (douanes, autorités portuaires, services vétérinaires et phytosanitaires). Au-delà de la fluidité du système, les CCS répondent aux besoins de sécurité et de traçabilité de la marchandise. Certains à l'image d'AP+

<sup>1</sup> Respect des standards de l'Organisation mondiale des douanes (OMD) et des Nations Unies (UN/CEFACT). Directive européenne e-Maritime facilite les échanges d'information avec tous les SI.

font l'objet d'un développement collaboratif performant et régulièrement amélioré. Il devient un outil dynamique de la communauté portuaire. Par ailleurs, les ports ont pu développer un concept élargi baptisé **Port community system** étendant à d'autres acteurs les échanges d'information intelligents et sécurisés liés à l'escale du navire. Le développement des guichets uniques, sous l'égide d'une directive européenne de 2010 (sigle windows, e-maritime), vise ainsi à consolider l'ensemble des documents réglementaires liés aux navires, aux marchandises (liaison avec le CCS), aux navigants, aux passagers. La coopération entre acteurs publics et privés, afin d'améliorer la compétitivité et l'efficacité, passe maintenant par les outils que sont les CCS et les PCS.

Le passage portuaire sous le signe de la digitalisation a été l'occasion de développer les processus de **tracing & tracking** (tracer et suivre). Ainsi, les acteurs concernés par la chaîne logistique du conteneur ont pu (enfin) suivre la mobilité des boîtes à leurs différents passages identifiés et de plus en plus finement au fur et à mesure des technologies de l'information. Les armateurs ont offert par la suite une version globale du tracing & tracking permettant de suivre un conteneur à l'échelle de la planète. Ces suivis opérationnels vont être accentués avec le conteneur intelligent (ex : Traxens) en permanence géolocalisé et qui communique des informations utiles, ciblées et en temps réel: avancement progressif du transport et état des marchandises (température, humidité, gaz, chocs). Ainsi, la marchandise connectée entre dans le champ énorme de "l'internet des objets" (objets connectés).

Les processus digitaux ont été naturellement mis au service de la **sécurisation** de la chaîne logistique des conteneurs lorsqu'elle est devenue une obligation après le 11 septembre 2001. Des exigences de sûreté ont été imposées par le gouvernement américain avec des règles de pré-contrôle dématérialisé (CSI, C-TPAT, 24H rule). Dans la foulée, l'Organisation mondiale des douanes a adopté des normes déclinées par les Etats et l'UE (OEA) qui ont pour objectif la simplification et la réduction des contrôles.

La digitalisation s'applique notamment aux contrats commerciaux. Le Connaissance électronique est encore

en phase d'élaboration. Les **market places** peuvent faciliter les processus de cotation, de réservation jusqu'à la vente directe. L' "uberisation" du transport maritime est souvent agitée, mais à l'évidence le e-commerce va modifier le fonctionnement des affaires. Celles de la marchandise, mais aussi celles du marché de l'affrètement. Comme en témoigne la récente alliance entre le numéro un du transport de conteneurs Maersk et le géant chinois du e-commerce Alibaba avec la mise en place d'un service de réservation en ligne des conteneurs, sans intermédiaire. Pour le moment ce service n'est accessible qu'aux exportateurs chinois. Non sans un certain enthousiasme, l'industrie maritime parle désormais digitalisation, e-business, internet des objets, big data... Tout cela demande des processus adaptés pour répondre aux enjeux d'immédiateté, de souplesse, de réactivité et de maîtrise de la numérisation taille XXL.

### Des navires sous contrôle

Avec le transpondeur, le navire est devenu un objet traçable avec l'apport des technologies satellitaires. Mis en place dans les années quatre-vingt-dix et généralisé par une annexe SOLAS, l'**Automatic Identification System (AIS)** permet d'identifier les navires au-delà des radars. Installés sur des bouées, dans les ports, sur les côtes et les passages étroits (canaux, détroit), les systèmes d'identification ont permis la mise en place des VTS (Vessel Traffic Services). La sécurité maritime a beaucoup gagné de cette réalité instantanée de la navigation. Avec le VTMS (Vessel Traffic Management and Information services), il est devenu un outil de programmation des escales des navires en liaison avec la capitainerie, les agents maritimes, les services portuaires (remorqueurs, lamanes, pilotes, avitailleurs). Au-delà, la cartographie électronique (ECDIS, Electronic Chart Display and Information System) qui regroupe sur un écran les informations de la carte papier, des écrans radar, de l'AIS, des instruments passerelles contribue à améliorer la sécurité de la navigation, tout en prenant garde de bien former les marins à ce nouvel outil<sup>2</sup>. De même, que le développement des simulateurs a amélioré la formation initiale et continue.

Non seulement le navire est suivi physiquement grâce aux technologies, mais il l'est aussi dans les bases de données toujours au service de la **sécurité maritime**. À l'exemple de la base Equasis (European Quality Shipping Information System Fonction) pour les navires de commerce. Ces bases permettent de connaître un navire, son historique et ses déficiences relevées par le Port

State Control. Celui à l'échelle européenne peut s'appuyer sur le logiciel Thétis (directive 2009/16/CE).

Le navire est en permanence géolocalisé, ce qui permet de mieux suivre sa navigation dans son environnement maritime et météorologique dans un contexte de progrès constants. Le navire connaît son environnement et son armateur de même. Le service commercial de l'armateur est en contact permanent avec le navire, permettant ainsi de mieux le superviser, (vitesse commerciale, respect des escales...), et d'optimiser son itinéraire selon les conditions. Le **routing** est au service de l'efficacité de la navigation avec l'utilisation dynamique de la météo et des courants océaniques.

Le tracing du navire n'est qu'un apport des technologies de l'information. La digitalisation de bien des machines et appareils de bord, ce sont des centaines d'informations qui sont produites et utilisables par le bord, mais aussi par l'armateur. Traditionnellement et pour des raisons techniques évidentes, le bord est laissé indépendant de la gestion de la navigation. Le **monitoring** repose sur l'évaluation en temps réel des systèmes physiques par des capteurs et senseurs transmettant des informations. Il est un outil de performance et l'optimisation pour le bord du navire, mais aussi pour des acteurs à terre. Ce rôle s'incarne maintenant dans le **fleet center** mis en place par quelques armateurs (notamment à Marseille CMA CGM) pour avoir un centre opérationnel surveillant les conditions maritimes et pouvant conseiller les navires. Ils peuvent désormais vérifier le fonctionnement des navires (usage de la motorisation, vitesse, consommation). La propulsion devient elle aussi monitorée (une activité facilitée par les moteurs électroniques) pour optimiser encore plus le fonctionnement du navire. Le fleet center offre une interface entre les bords et les différentes sections du management de l'armement pour des échanges de données et d'information (du simple conseil à l'ordre impératif). Ainsi, le "smart ship" est aussi un navire co-managé à distance pour son usage et sa maintenance. Ce "co-management" entre un armateur à distance et un capitaine de navire *in situ* est parfois difficile. Le capitaine est le représentant des intérêts privés du propriétaire-armateur (gestion commerciale), il est aussi le responsable de l'expédition maritime (gestion nautique). Les intérêts économiques doivent-ils primer sur l'enjeu de la sécurité maritime? L'introduction de ces nouvelles technologies modifie la perception du métier de capitaine et le soumet à une pression et un suivi plus forts de la part de la compagnie.

L'étape suivante est très futuriste avec le navire autonome. Depuis quelques temps est apparue l'idée d'un navire dépourvu d'équipage qui serait piloté à distance depuis un centre de contrôle disposant de toutes les

<sup>2</sup> Le système ECDIS est installé par paire sur un navire avec une alimentation distincte afin que si l'un tombe en panne, l'autre puisse pallier cette défaillance.

informations produites par le navire. Le concept est discutable, mais en est à l'évidence qu'à ses balbutiements. L'objectif est de supprimer tout humain du navire pour en faire un outil de transport autonome et contrôlé à distance. Tout cela est donc très prospectif pour ne pas dire hypothétique. Le "robotship"<sup>3</sup> évoluera toujours dans un environnement naturel dynamique (mer, vent, autres engins flottants), un défi de taille XXL qui demandera bien des technologies performantes. Naturellement, se posent les questions en termes de responsabilités, d'assurance et de l'acceptabilité sociale.

### Les ports vers l'automatisation

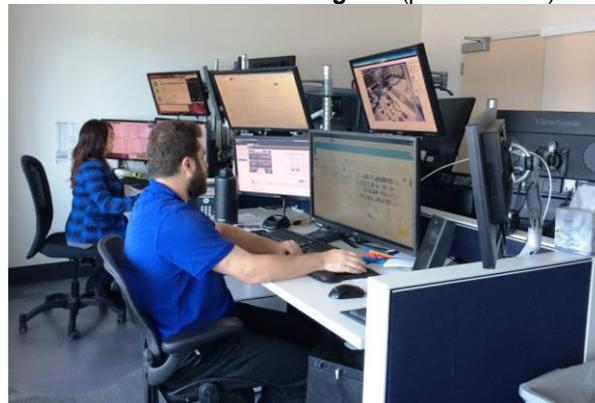
La digitalisation permet une plus grande efficacité de toutes les activités. Les logiciels organisent les plans de chargement des navires (ship planning) où s'accumulent les contraintes. Il en va de même pour le fonctionnement des terminaux. Les engins, les conteneurs et les logiciels peuvent échanger entre eux pour construire progressivement le "smart terminal"<sup>4</sup>. Le champ peut être ouvert à l'échelle des acheminements terrestres, car dans de nombreux ports il faut manager des flux de camions et notamment les arrivées dans les terminaux dans les créneaux définis. Des applications mobiles se développent pour faciliter la fluidité des pré et post acheminements (ex : Easygate à TGO montoir).

Le **terminal à conteneurs automatisé** est une réalité depuis une dizaine d'années et le mouvement s'intensifie. Initiée en Europe, à Rotterdam (1993) et Hambourg (2002), l'automatisation est un processus qui gagne du terrain depuis quelques temps. Dans ces terminaux, la gestion des parcs à conteneurs (stockage, mise à disposition) se fait avec des équipements totalement automatisés. Les mouvements entre l'entreposage des conteneurs et les portiques de quai se font par des véhicules automatisés (AGV, straddle carrier). Reste l'ultime étape avec l'automatisation du portique de quai avec le navire, qui est en phase de test à Rotterdam.

Avec l'automatisation du terminal, on peut imaginer un fonctionnement totalement autonome gérant les mouvements, les positionnements, les mises à disposition. Le "smart terminal" devenant sur plusieurs hectares ce qui se fait dans certains entrepôts logistiques. Le futur serait alors un terminal disposant d'une intelligence artificielle de

management total, un système capable de s'adapter aussi aux distorsions propres au fonctionnement parfois changeant des navires et des flux de conteneurs grâce à des connexions interactives.

### Centre de contrôle du terminal automatisé de TraPac de Los Angeles (photo isemar)



### L'apport des progrès techniques

La grande modernisation maritime et portuaire depuis 20 ans est bien le gigantisme des navires marchands et à passagers, des terminaux et de leur équipement. Il y a quarante ans, l'usage des turbines avait permis de traduire les besoins de puissance et de vitesse des navires, mais aux dépens d'une consommation de soutes élevée. Dans les années 80, l'apport du moteur diesel quatre temps semi-rapide utilisant du fioul lourd a réduit la consommation des navires. À la fin des années 2000, les contraintes environnementales et le coût de l'énergie ont encore changé les choses. À partir de 2010, les compagnies, pour économiser les soutes soumises à un baril au prix très élevé, ont adopté la navigation à vitesse réduite (**slow steaming**). Néanmoins, celle-ci n'est efficace qu'avec l'adoption d'un moteur lent deux-temps<sup>5</sup>. Cette vitesse commerciale ralentit les processus logistiques, mais réduit de manière sensible la consommation et permet d'afficher des niveaux d'émission de gaz à effet de serre réduits<sup>6</sup>.

La protection de l'environnement et la lutte contre le réchauffement climatique sont devenues des enjeux sociétaux à l'échelle globale et de plus en plus encadrés juridiquement par des normes contraignantes. Cette réglementation maritime internationale pousse vers un comportement plus vertueux des armateurs et booste le

<sup>3</sup> Parmi ces visions, retenons celle en 2016 de Rolls Royce de "robotship" contrôlé à distance par deux navigants virtuels depuis une salle disposant d'une pièce holographique reproduisant la passerelle du navire avec tous ses équipements et les éléments de visibilité intérieurs et extérieurs.

<sup>4</sup> Sur les terminaux, les moyens technologiques ne manquent pas (GPS, RFID, tag, wifi, capteurs, smart phones). Le quai intelligent est lui doté de capteurs mesurant les contraintes physiques et phénomènes chimiques (pour étudier le phénomène de corrosion).

<sup>5</sup> L'adoption de la navigation lente implique des bulbes d'étraves raccourcis alors que les hélices sont aussi des sujets de changement. Au delà c'est le design qui est sans doute en cours de changement, le navire du XXIe va forcément évoluer.

<sup>6</sup> Moniteur pour les émissions de gaz carbonique. L'UE impose le décompte précis des émissions de CO<sup>2</sup> (*Monitoring Reporting Verification*) à compter de janvier 2018 pour tous les navires de plus de 500 UMS faisant escale dans un port de l'UE. Avec un certificat en décembre 2019.

secteur de la R&D verte. L'industrie maritime suit bon gré mal gré ce phénomène avec l'apport des technologies. L'élimination des oxydes de soufre (SOx) du fioul lourd passe par des carburants réduits en soufre (fioul, gasoil) ou la pose d'épurateur (scrubber) sur les échappements. Le recours à des énergies alternatives est une autre option. L'usage de l'énergie vélique demande encore des progrès et l'hydrogène encore plus, le recours au **GNL** comme combustible marin (via une génératrice électrique fournissant la propulsion) devient une réalité. L'électricité pour les petits navires est une option et l'hybride apparaît sur des ferries.

De petit bac au départ aux futurs grands porte-conteneurs et paquebots, le carburant GNL va gagner une partie de la flotte mondiale. Naturellement, le soutage pose question (navire, camion, recharge) et sera un sujet de changement dans les ports. De même, la fourniture de l'énergie électrique devient un autre impératif afin de fournir un courant de quai permettant l'arrêt des moteurs (**cold ironing**) et de leur pollution atmosphérique. Un quasi impératif pour les navires à passagers aux escales souvent proches des centres urbains.

### Quelques réflexions

Si on doit conceptualiser le recours à l'automatisation portuaire et maritime, on comprend ce qui est en jeu. Le principe est que la productivité des outils provient de leur bon management et de leur adaptation constante (économies d'échelle, modernisation technique et technologique). L'innovation a servi l'efficacité du transport maritime en apportant productivité, compétitivité et rentabilité. Néanmoins, aujourd'hui le concept serait plutôt l'efficacité, c'est-à-dire l'optimisation des moyens pour un maximum de résultats. Les coûts de l'énergie, mais aussi du travail poussent l'innovation afin de compresser les coûts tout en conservant la meilleure productivité. De même, le respect de l'environnement a un coût et oblige aussi à des progrès.

Les progrès visent donc à l'efficacité des outils maritimes et portuaires, moins de consommation, moins de distorsions opérationnelles, moins de nuisances. Le recours à l'automatisation a pour objet la "productivité stable" c'est-à-dire de s'assurer qu'il n'y ait pas de rupture dans les schémas de production qu'il s'agisse des respects des escales, des cadencements, des positionnements, de l'intégration dans la chaîne... Si on ajoute les besoins de flexibilité et la quête de fiabilité, on comprend mieux comment l'automatisation répond à ces demandes.

Naturellement, de nombreuses questions se posent avec la "déshumanisation" : les faisabilités techniques, la sécurité, les responsabilités, l'acceptabilité sociétale. La

rupture technologique du "robotship" bousculerait le socle juridique actuel, que ce soit la Convention de Montego Bay, la Convention STCW (Standards of Training, Certification and Watchkeeping), la Convention RIPAM (Règlement international pour prévenir les abordages en mer), la Convention SOLAS (Safety Of Life at Sea) ou encore le Code ISM (International Safety Management). De nouvelles normes internationales devront être prises relatives à la formation des opérateurs de drones (aptitude à la veille à la passerelle, aux communications, à la gestion des machines...). La veille visuelle et auditive prescrite par la Convention RIPAM ainsi que les règles de priorités seront difficiles à assurer dans la pratique.

L'exigence d'engins de sauvetage de la SOLAS ne sera d'aucune utilité, en raison de l'absence d'équipage. Toutes les exigences réglementaires se focaliseront sur le centre névralgique et ultra-sensible du poste de commande à terre et des opérateurs de conduite. L'industrie du transport et les modèles de travail devront s'adapter. Le volet responsabilité et assurantiel avec notamment le risque cyber reste à inventer. L'OMI devra se saisir de ce sujet tôt ou tard. Dès lors, des règles nationales pourront être édictées. Les normes de sécurité, de sûreté du navire, de sa cargaison et de l'environnement ainsi que l'impact social seront au cœur des débats.

La dématérialisation et la digitalisation peuvent interroger sur cette fuite en avant vers un monde envahi par la numérisation de bien des tâches et fonctions. Reste aussi la pertinence économique. L'intensité du capital investi (capex) sera-t-il amorti par la réduction des coûts opérationnels (opex)? Le premier risque de tout cela est peut-être le surinvestissement. La plus grosse industrie de service mondial est de toute façon entrée dans le système moderne hyper-connecté qu'il s'agisse du e-shipping ou du smart appliqué aux outils.

Dans un autre domaine, la cybersécurité ne manque pas de rappeler la variété des agressions que peut subir n'importe quel système d'échange de données. La digitalisation est une vraie valeur ajoutée pour la chaîne de transport, la gestion des espaces et des engins portuaires, des navires et de leurs équipements, mais les risques sont grands. Cette digitalisation est vulnérable à la piraterie informatique (extorsions, vols, nuisances). La question de la vulnérabilité des systèmes interroge les autorités comme l'industrie, car toute perturbation se traduirait par des dégâts financiers conséquents. Le progrès du digital a un prix en tout cas.

Camille VALERO et Paul TOURET