

Robomobilité et logistique

Les contours d'un nouveau process

Décembre 2017



Document V0

IAU île-de-France

15, rue Falguière 75740 Paris cedex 15
Tél. : + 33 (1) 77 49 77 49 - Fax : + 33 (1) 77 49 76 02
<http://www.iau-idf.fr>

Directeur général : Fouad Awada
Département Mobilité et transports : Dany Nguyen-Luong, directeur
Étude réalisée par Cédric Cariou & Corinne Ropital
Avec la collaboration de Philippe Delcourt pour Urba 2000
Maquette réalisée par Cédric Cariou
N° d'ordonnancement : 10.16.34

Crédit photo de couverture : pas de photo à ce stade

En cas de citation du document, merci d'en mentionner la source : Cédric Cariou, Corinne Ropital/ Robomobilité et logistique : les contours d'un nouveau process / IAU îdF pour la Predim / 2017

Remerciements : nos remerciements s'adressent à Philippe Delcourt (Urba 2000) qui a apporté les éléments bibliographiques du volet portuaire, et aux acteurs institutionnels et économiques qui ont accepté de partager leur expérience du sujet contribuant ainsi à enrichir ce rapport : François Combes (Ifsttar), Frédéric Delaval (Groupe La Poste), Philippe Gache (LUTB), Jean-Michel Guarneri (Aslog) et Olivier Maurel (Novalog).

Ce rapport est rédigé par l'IAU îdF dans le cadre de sa mission d'assistance à la mise en œuvre de la Plateforme de Recherche et d'Expérimentation pour le Développement de l'Innovation dans la Mobilité (PREDIM).

La PREDIM a été créée en 2000 par la Mission des Transports Intelligents du Ministère de la Transition énergétique et de l'Economie Solidaire.

Pour en savoir plus sur la Predim : www.predim.org

Sommaire

SOMMAIRE	1
PREAMBULE	2
PARTIE 1 : REVUE DE SOLUTIONS, VERSION 2017	4
1. LES APPLICATIONS A LA SOURCE : LES MINES, UNIVERS CONTROLES.....	4
2. TRANSFORMATION : DES APPLICATIONS A L'ORIGINE DES MODELES D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN	8
3. PORT MARITIME : DES APPLICATIONS POUR L'ACTIVITE CONTENEURISEE	11
4. LES SOLUTIONS ROUTIERES LONGUE DISTANCE/INTERURBAINES, UN LONG CHEMIN A PARCOURIR	16
5. MEGA PLATEFORME/AGENCE.....	22
6. DERNIER(S) KILOMETRE(S) : LE MAILLON DE TOUS LES DEFIS	28
7. LE(S) DERNIER(S) METRE(S) : « SIMPLIFIER » LA LIVRAISON URBAINE	35
8. LES AIDES A LA CONDUITE OU <i>ADAS</i>	39
PARTIE 2 : UN SECTEUR DYNAMIQUE, DES SOLUTIONS NOMBREUSES. DES PERSPECTIVES POUR DEMAIN ?	40
1. UNE CHAINE LOGISTIQUE AUTOMATISEE, ON A TOUS A Y GAGNER	40
2. DEMAIN, LES CONDITIONS POUR DEPLOYER LA SUPPLY CHAIN AUTONOME.....	46
3. ANTICIPER, INVESTIR, INDUSTRIALISER : DES ETAPES A FRANCHIR	50
CONCLUSION : LE PAYSAGE, DEMAIN	53
1. BONNES IDEES ET ... FAUSSES BONNES IDEES	53
2. DEMAIN, UNE VILLE (RE)CONSTRUITE EN INTEGRANT L'EVOLUTION DES MOBILITES ET DE LA SOCIETE : UTOPIE OU REALITE ?	55
3. QUOI, COMMENT, COMBIEN, OU, ... QUAND	58

Préambule

La course après le temps, la recherche d'une productivité optimale, la compétitivité ont entraîné ces dernières années une recrudescence de solutions d'automatisation de la *supply chain*. Cette « logistique 4.0 » touche de nombreux champs d'activités :

- constructeurs de véhicules utilitaires et de solutions de manutention,
- utilisateurs qui regroupent logisticiens, transporteurs, distributeurs, gestionnaires d'interfaces multimodales, industriels,
- recherche publique et privée, départements R&D des plus grandes firmes, startups,
- acteurs publics, territoires qui soutiennent et accueillent ces innovations,
- ...

Concepts, expérimentations, développements... les applications grandeur nature sont cependant contrastées. Les effets de communication mettent en avant des solutions parfois embryonnaires quand d'autres solutions fonctionnent en toute discrétion. Les solutions sont nombreuses et revêtent plusieurs formes.

Définir le champ couvert par la robomobilité est nécessaire, car selon que l'on parle de solutions automatisées, autonomes et/ou connectées la forme de robomobilité diffère.

La première dimension couvre les solutions connectées qui reçoivent et envoient de nombreuses informations, sans bénéficier systématiquement d'un automatisme quelconque. Elles échangent des informations avec l'infrastructure, avec d'autres véhicules, avec les satellites etc...

La deuxième dimension intègre la question de l'automatisation. Une solution automatisée effectue un processus bien défini (par exemple conduire ou emballer un colis) sans aide extérieure. C'est ce que l'on entend aujourd'hui par « camion autonome » entre dans cette catégorie car il correspond en réalité à des camions automatisés, ou semi-automatisés.

L'autonomie « réelle » est la dernière dimension. Il est alors question de solutions capables, sans aucune aide extérieure, de contrôler tous les processus nécessaires pour accomplir une tâche précise et de décider de la stratégie à mettre en œuvre pour l'exécuter. Ces solutions sont diamétralement opposées aux solutions « contrôlées », c'est-à-dire aux solutions qui nécessitent d'être instruites sur la marche à suivre à chaque étape.

Par définition, beaucoup de solutions sont aujourd'hui automatisées et contrôlées centralement et non autonomes.

Ainsi, la robomobilité logistique s'applique à l'ensemble des maillons de la *supply chain*. Pour rappel, la logistique met tout en œuvre pour acheminer le bon produit, au bon moment, au bon endroit, et au moindre coût. Pour cela, la *supply chain* (ou chaîne logistique) intègre non seulement les flux physiques, mais aussi les flux d'information et flux financiers intra et inter entreprises.

Les solutions autonomes, ou semi-autonomes font partie du processus. Elles sont là pour répondre aux évolutions économiques et sociétales. L'accélération provoquée par les technologies de la data et du numérique influent fortement les modèles logistiques. Elle génère des innovations indoor, outdoor, crée de nouvelles solutions jusqu'aux derniers (ou premiers) mètres urbains.

Dans un contexte de personnalisation du produit et de la livraison, comment les solutions autonomes entrent en jeu ? Quelles seront les solutions de demain, quelles peuvent être les nouvelles concurrences entre modes de transport terrestres, quels peuvent être les effets système de bout en bout, qu'il s'agisse de flux routier longue distance, interurbains ou de flux de proximité, quels peuvent être les impacts économique, social et organisationnel ? La robomobilité logistique va-t-elle changer profondément les codes ? Les questions sont nombreuses...

Objectif de l'étude

L'étude a pour but d'alimenter l'atelier prospectif Mobilité 3.0 en imaginant comment la chaîne logistique est touchée par cette étape d'évolution. Nous essaierons donc de dégager les solutions qui s'inscrivent dans la réflexion de l'atelier prospectif, en couvrant la gamme d'alternatives robomobiles qui correspondent aux mouvements de marchandises habituellement réalisés par l'Humain:

- Celles assurées par le transport routier, du premier au dernier (kilo)mètre, depuis les véhicules utilitaires (VUL et gros porteurs) jusqu'aux drones
- Celles liées à la manutention des produits/colis dans les interfaces logistiques, à savoir les entrepôts, ou la manutention des UTI dans les interfaces portuaires.

Méthodologie

Les sujets suivants sont traités tout au long de ce rapport et en formeront le fil d'Ariane :

- Quels types d'acteurs/quels acteurs investissent le champ de l'automatisation sur la base des 3 phases de recherche, de développement, d'usage
- Pourquoi cette stratégie est mise en place? Quels sont les objectifs ?
- La solution robomobile en elle-même : quel est son fonctionnement, son état d'avancement (idée, concept, expérimentation, déploiement industriel), et son degré d'autonomie/d'automatisation
- Quelles sont les suites (arrêt, déploiement, modification) et à quel horizon ?
- Que change la robomobilité ? Que pourrait-elle changer à l'avenir ?

L'objectif est de commencer par présenter une revue de l'existant, qui est utilisé aujourd'hui et/ou en phase de développement. Pour « donner à voir », des exemples sont présentés, notamment des focus sur des solutions en œuvre en France ou à l'étranger, sur chaque maillon de la *supply chain*.

Ensuite, il s'agit de se projeter afin de voir quels seront les solutions et leurs impacts potentiels, sur la base des questions suivantes :

- Demain, quel maillon de la chaîne sera concerné ?
- Quelles sont les solutions robomobiles imaginables dans une société tournée vers ces technologies ?
- Quelle sera la place de l'Humain dans cette organisation ?
- Va-t-on vers une intégration croissante et sans frontière des entreprises de transport ? Celles d'aujourd'hui seront-elles celles de demain?
- Ces nouvelles solutions vont-elles modifier la spatialisation des équipements (nouveau modèle organisationnel basé sur un développement de méga hubs logistiques continentaux et une suppression d'interfaces intermédiaires...) et des flux associés (généralisation de ponts routiers continentaux)?

Le but est d'observer l'avancée des innovations en France, et ailleurs sous l'angle des développeurs de solutions, des applications associées, de la recherche. Dans cette optique, la méthodologie repose sur une analyse bibliographique et 5 entretiens réalisés avec (par ordre alphabétique) : François Combes pour l'Ifsttar, Olivier Maurel pour La Poste, Frédéric Delaval pour LUTB, Philippe Gache pour LUTB, Jean-Michel Guarneri pour l'Aslog et Novalog.

Partie 1 : revue de solutions, version 2017

1. Les applications à la source : les mines, univers contrôlés

La production ou l'extraction de ressources demandent des moyens logistiques importants. Il s'agit d'extraire ou de produire les ressources, puis de les transporter vers leur lieu d'expédition de la manière la plus efficace possible. C'est pourquoi, dans un tel environnement, les solutions robomobiles représentent des innovations marquantes : en termes de productivité et de coûts dans un premier temps, et, dans un second temps, en termes de sécurité pour les employés. Car il s'agit bien souvent d'environnements à hauts risques.

Type de solutions et degré de maturité

Dans ce contexte, on voit apparaître des solutions plus ou moins automatisées, à des stades de maturité variable:

- Systèmes de forage automatique : tout automatisé, solutions à l'état de déploiement industriel;
- Système de transport des ressources automatiques dans l'enceinte du site : tout automatisé. En fonction de l'environnement dans lequel évolue la solution : entre l'expérimentation et le déploiement industriel;
- Système ferroviaire pour acheminer les produits de la mine au port : tout automatisé et à l'état expérimental;
- Systèmes de drones pour la gestion des stocks et pour l'aide à la maintenance des ouvrages : opérés manuellement, à l'état de déploiement industriel.

Dans la plupart des cas, il s'agit de solutions entièrement automatisées, et gérées à distance par des opérateurs. Il ne s'agit plus d'avoir le contrôle de chaque véhicule en temps réel, mais de monitorer une flotte de plusieurs engins.



© RIO TINTO

À gauche, les foreuses automatiques de RioTinto.

À droite, les drones d'inspection de RedBird, spécialisé dans le survol des carrières



© REDBIRD

Exemples

Nous présentons ici les exemples miniers de Rio Tinto et de Volvo. Dans le cas de Rio Tinto, il s'agit des premières mines à ciel ouvert à avoir accueilli des camions 100% automatisés et à les avoir intégrés

pleinement dans la chaîne logistique et industrielle. Pour Volvo, l'expérimentation prend place dans la mine Boliden de Kristineberg, à 1 300 mètres sous terre, dans laquelle le groupe teste des camions automatisés.

L'expérimentation de Rio Tinto sur ses mines de Pilbara (Australie)

Ce système a été déployé grâce à la volonté combinée de deux acteurs majeurs :

- Rio Tinto : exploitant et propriétaire minier – Expérimentation puis usage. Il avait la volonté d'appliquer les innovations technologiques directement sur site pour voir quels bénéfices ils pourraient en tirer en tant que early adopters
- Komatsu (développeur) en tant que constructeur d'engins de chantier équipés de technologies d'automatisation – Développement.

Cette expérimentation s'inscrivait dans le projet : **Mine of the Future**¹, projet propre à l'entreprise Rio Tinto. Ce projet financé à hauteur de 7,2 milliards de dollars² vise à explorer les innovations permettant à l'entreprise d'améliorer sa rentabilité en utilisant des solutions automatisées sur ses sites. Parmi ses projets on peut citer l'automatisation du système de forage, celle du système de transport sur site, ainsi qu'un projet pour le système ferroviaire (*AutoHaul*® train + chargement/déchargement) pour acheminer la production jusqu'aux ports de Pilbara. Rio Tinto et Komatsu ont signé en 2011, après des tests en 2009 et 2010 sur les mines de Rio Tinto à Pilbara, un MoU (*mémorandum of understanding*). Ce MoU impliquait la production et le déploiement de 150 « systèmes de transport autonomes » (autonomous haulage systems ou AHS).

Aujourd'hui, les mines de Pilbara en comptent 71. Plusieurs flottes de véhicules ont été placées sur des mines du réseau de Rio Tinto à Pilbara : Yandicoogina, Hope Downs 4 et Nammuldi. Ces flottes de véhicules intègrent chacune en moyenne 25 véhicules de plus de 500 tonnes. D'ici 2019, la flotte autonome dépassera le cap des 50% à l'horizon 2019, avec l'acquisition de nouveaux véhicules autonome et le retrofit.

Enfin, dans le cadre de son projet *Mine of the Future*, Rio Tinto a mis en place un système de gestion centralisé, qui permet de contrôler les 3 flottes, le forage, ainsi que l'acheminement par train : le tout depuis Perth... situé à 1 500 km des mines.

Aujourd'hui, ce système a dépassé le stade de l'expérimentation. Les véhicules sont en exploitation depuis 2012 après avoir été testés pendant trois ans. Cette adoption très en avance par rapport aux autres technologies du même type (camions, VUL, voitures, navettes etc...), s'explique avant toute chose par la disposition même des mines. Il s'agit là d'environnements très contrôlés du fait de la dangerosité des sites et de leur activité. Le fait de circuler dans un environnement contrôlé et à la dynamique lente constitue un des socles qui rend possible la mise en place de ces véhicules dans l'état actuel de la technologie.

Les gains mis en avant par ces acteurs ont porté sur :

- La sécurité, avec notamment une réduction de l'exposition aux risques des employés,
- La productivité. En 8 ans, les véhicules ont démontré, sur le site de Rio Tinto, des performances **supérieures de 14%**³ en moyenne par véhicule, comparé à un véhicule conduit manuellement.
- La réduction des coûts. En ce qui concerne l'activité de transport et les opérations de chargement /déchargement les gains diminuent **jusqu'à 13%** par rapport au coût initial de ces opérations.
- Pilbara, carrière de minerai de fer

¹ <http://www.riotinto.com/australia/pilbara/mine-of-the-future-9603.aspx>

² <http://www.thepostalhub.com/podcasts/episode-65-autonomous-vehicles-and-the-transport-sector>

³ http://www.riotinto.com/ourcommitment/spotlight-18130_18328.aspx



DR

Sans chauffeur, il est monitoré à distance. Les véhicules transportent les minerais depuis le site de leur extraction, vers leur site de prise en charge.

© Christian Sprogøe Photography

L'expérimentation de Volvo, dans la mine de Boliden, Kristineberg (Suède)

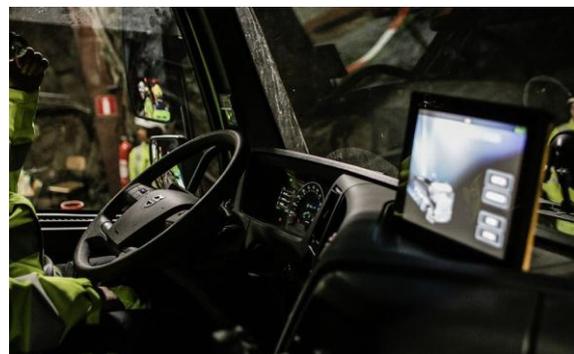
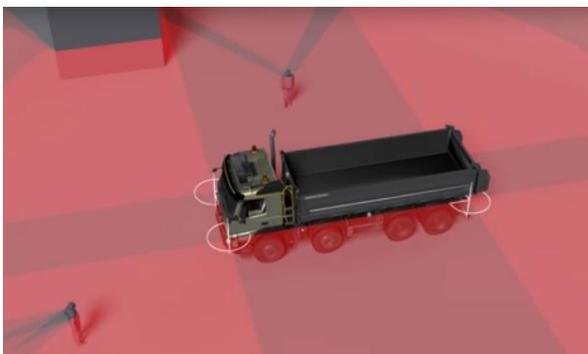
Lancée officiellement en opération régulière en octobre 2017, cette expérimentation recoupe la volonté du **groupe Volvo** de développer de nouvelles solutions avec celle du **groupe Boliden** de fournir un terrain d'expérimentation à ce type de véhicule qui pourrait améliorer son exploitation. Qui plus est le groupe Volvo développe des solutions sur tous les fronts : voitures autonomes, *platooning*, camions... Il est question d'un programme de recherche assez important dans lequel s'est lancé le constructeur suédois.

Durant 18 mois, l'expérimentation prendra place dans la mine souterraine de Kristineberg, à 1 300 mètres de profondeur. Le caractère souterrain de l'environnement est important puisque les véhicules automatisés sont normalement guidés par des systèmes GPS... dont le signal ne traverse pas les couches de substrat. Le véhicule évolue donc dans la mine grâce à une cartographie précise et à des systèmes de capteurs lasers et radars. Et à chaque nouveau passage, ces mêmes systèmes sont utilisés pour améliorer l'itinéraire emprunté par l'engin. Il peut alors se déplacer dans un environnement sombre, sans caméra de stéréovision.

L'objectif de cette expérimentation est avant tout de collecter des données pour pouvoir améliorer la technologie. En ce qui concerne l'exploitant de la mine, il s'agit aussi de mesurer l'impact potentiel sur la productivité de l'exploitation : réduction des temps de chargement/déchargement grâce à un flux de véhicules plus constant. En effet, il n'est plus nécessaire d'attendre la ventilation des galeries après une explosion contrôlée etc...

Cette expérimentation souligne l'intérêt des solutions robomobiles dans des environnements intégrant une part importante d'actions de conduite répétitives, tels que les ports, les mines, les usines et tous autres grands sites en environnements clos et contrôlés.

Le champ de vision du camion tel que communiqué par Volvo



© Volvo Trucks



Impacts et questionnements sur la technologie

+	?
<ul style="list-style-type: none"> • Réduit l'exposition au danger des employés sur site • Assure des gains de productivité et permet de lisser le processus de production • Réduction des coûts de certains processus (chargement/déchargement, transport...) • Des solutions qui demandent moins, voire, aucune main d'œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> • Les véhicules ne fonctionnent qu'en environnement clos et contrôlé • Le coût encore très important des véhicules (jusqu'à 700 000€⁴) et du système

⁴ <https://www.ausimmbulletin.com/app/uploads/2017/02/Capture-5.jpg>

2. Transformation : des applications à l'origine des modèles d'aujourd'hui et de demain

La transformation correspond ici à toute activité industrielle nécessitant un assemblage de produits bruts ou semi-finis. Pour raccrocher cette notion à la robomobilité et son automatisation, l'industrie automobile est un bon exemple, tout comme les filières qui manipulent des produits lourds (coils, bogies), volumineux (rames de train), fragiles (bobines de papier), à forte valeur ajoutée (aéronautique) ou non (déchets, recyclage). Les solutions s'appliquent lors du transfert des produits sur la ligne de montage.

Dans l'industrie de transformation, l'automatisation ou semi-automatisation n'est pas quelque chose de nouveau. Pour les produits lourds, le mouvement s'est fait naturellement, notamment pour « compenser » les limites de la force humaine, gagner en fiabilité et en sécurité. Quant aux nouvelles solutions qui robotisent un peu plus certains composants du process de production ils répondent à au moins 2 objectifs : faire face à la raréfaction de la main d'œuvre, répondre de manière agile et rapide aux nouvelles conditions du marché mondial qui se traduit par la production de produits de plus en plus individualisés en un temps record. L'industrie automobile passe ainsi d'un *push market* à un *pull market*, dicté par le consommateur.

Type de solutions et degré de maturité

Les solutions toutes déployées de manière industrielle sont les ponts process et les chariots autoguidés de manutention. Elles peuvent être exploitées 24h/24, avec une cadence de manutention pouvant être élevée. Elles évitent les détériorations potentielles des produits et permettent de gagner en espace de circulation. Par exemple, le fabricant français Demag évoque un gain de 30% de surface de stockage par rapport à une solution de manutention manuelle.

Les ponts process pour les charges lourdes

Ils sont employés pour alimenter des lignes de presse, des machines-outils ou encore des centres d'usinage. Les ponts process peuvent porter des charges élevées, qui correspondent à l'industrie lourde. Leur degré de précision évite d'endommager le produit. Ils s'adaptent aux environnements contraints par la nature sensible des produits (variations hygrométriques impactant le papier par exemple). La capacité des ponts peut dépasser 100 tonnes. Dans l'industrie du papier, les applications touchent les machines à papier, la mise en stock, les coupeuses de bobines.

Les conditions d'exploitation des sites de traitement déchets et de recyclage, les installations de préparation de combustibles de substitution, les centrales thermiques ainsi que dans l'industrie du ciment fonctionnent dans des environnements aux conditions de travail particulièrement difficiles (froid, chaud, poussière, bruit,...). Ce sont des univers adaptés à la mise en place de solutions autonomes.

Pont process pour l'industrie du papier ou pour l'industrie aéronautique



© DEMAG



Les chariots autoguidés AGV : application dans l'industrie agroalimentaire

Ils peuvent transporter jusqu'à 1 200 kg. Des dispositifs permettent une circulation sécurisée (scan avec lecture laser à 180 °, signal sonore et lumineux, ...) non seulement pour les produits, mais aussi pour les équipes et pour le site industriel. Leur fiabilité et leur régularité sont aussi des moyens d'augmenter la productivité. Les sites qui vendent ces solutions mettent en avant un retour sur investissement rapide de par la réduction des coûts logistiques du process industriel.

Les chariots autoguidés sont utilisés dans de nombreux domaines, parmi lesquels celui de l'industrie agroalimentaire. Ils assurent la manutention de produits palettisés ou non, alimentaires et de conditionnements et couvrent toute le process de fabrication depuis l'entrée des produits dans l'usine jusqu'à leur expéditions. Cette solution est adaptée aux environnements difficiles, comme par exemple les chambres froides.

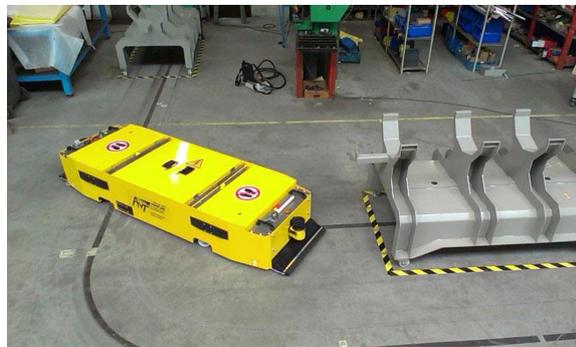
Les informations relatives aux produits (telles que la date d'expiration) influent directement sur l'organisation du stockage par les chariots. Elles permettent aussi de garantir la traçabilité des produits, un enjeu fort pour le domaine alimentaire. Le logiciel de planification de transport intelligent associé au chariot organise la circulation des produits selon le process de production.

Exemples AGV



© EGEMIN-AUTOMATION

Les capteurs de navigation sont multiples, allant du guidage par laser, aimant, filoguidage, à la caméra. A gauche, une application dans l'industrie agroalimentaire.



© AVT

L'industrie automobile, en quête d'une usine version 3.0, 4.0

La robotique a commencé à intégrer l'industrie automobile à la fin des années 1970 pour les postes de soudures, le montage et la peinture. Aujourd'hui une usine Peugeot à Mulhouse compte par exemple 500 robots dans l'atelier ferrage. En avance dans l'utilisation et la généralisation de la CAO, l'internet des objets apparaît comme une nouvelle étape de l'évolution industrielle automobile. Indépendamment des véhicules autonomes, c'est la chaîne de fabrication qui se modifie pour faire face à la concurrence et aux évolutions de la société. L'industrie automobile vise une production de plus en plus personnalisée. Les modèles passent du push marketing au pull marketing pour répondre au désir du consommateur, avec une réponse ultra rapide.

« Nous sommes dans une industrie qui est extrêmement compétitive (...) nous sommes à l'affût de toute initiative, toute solution qui puisse modifier la manière dont nous fabriquons nos voitures. (...) Aujourd'hui nous assistons à des ruptures technologiques qui peuvent changer considérablement la manière dont nous fabriquons nos voitures et nous opérons nos usines. » Yann Vincent, PSA Peugeot Citroën

Les convoyeurs à plateaux AGV amènent les pièces sur la chaîne de montage. Des robots collaboratifs font leur apparition. Ils sont moins « performants » que leurs ascendants, et sont aussi plus simples à implémenter. Par exemple, le système de protection est limité comparativement aux robots industriels classiques (pas de cage de protection). Ils se programment « tout seul » par mimétisme des mouvements de leurs coéquipiers humains. Améliorer la productivité et la flexibilité font partie du paradigme. La robotisation dépasse les applications qui touchaient la chaîne de production. Le transfert de produits tout au long de la chaîne commence à entrer dans les usines. Ils en sortent aussi puisque certaines solutions amènent les véhicules assemblés sur les parkings de stockage des usines... Toutes ces solutions autonomes amènent les constructeurs à imaginer les usines de demain.

La nouvelle ligne de production de Mulhouse



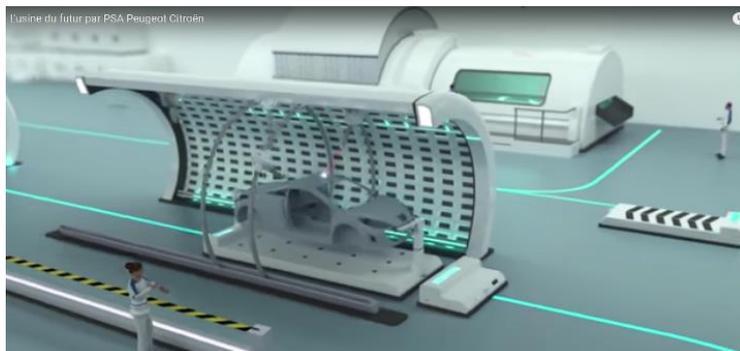
© L'Alsace

Le robot, un co-équipier à part entière, ici chez Ford



© Ford

L'usine du futur selon PSA : le concept serait opérationnel en 2030



SOURCE : [HTTPS://YOUTU.BE/Wf2GMY-BOL4](https://youtu.be/Wf2GMY-BOL4)

3. Port maritime : des applications pour l'activité conteneurisée

Le port maritime, en sa qualité de *gateway*, implique de nombreux mouvements de marchandises : réception, émission, stockage, mouvements de marchandises internes au site portuaire, etc. En 2016, 700 millions de conteneurs ont été manutentionnés dans les ports et ce sera probablement 1 milliard de conteneurs en 2020. Les derniers porte-conteneurs peuvent transporter jusqu'à 20 150 EVP... bien qu'un tel navire ne soit pas entièrement déchargé dans un seul port, rester le moins longtemps à quai est est fondamental pour limiter les raisons de coûts de passage portuaire et d'immobilisation. L'efficacité d'un port se traduit entre autre par la capacité à charger et décharger rapidement un navire.

Dans ce contexte, les solutions robomobiles représentent des opportunités d'automatiser et de lisser des processus de manutention et de mouvement de la marchandise. En automatisant certains processus critiques, l'objectif visé est d'améliorer la productivité et de réduire la pénibilité du travail des manutentionnaires, tels que les dockers.

Type de solutions et degré de maturité

- Solutions de manutention et de gestion de la marchandise
 - Grues de déchargement automatisées : partiellement automatisées, contrôle à distance, reconnaissance automatique du container. Entre l'état expérimental et l'état de déploiement industriel ;
 - Portiques de gerbage automatisés : tout automatique, le système est géré par l'intermédiaire d'un logiciel de planning des opérations. Ces solutions sont à l'état de déploiement industriel ;
 - Portiques de manutention de camion, de train etc... automatisés : tout automatique, le système est géré par l'intermédiaire d'un logiciel centralisé de planning des opérations. Ces solutions sont à l'état de déploiement industriel ;
 - Drones d'inspection : opérés manuellement. À l'état de déploiement industriel ;
 - Drones d'inventorisation : tout autonome, ces drones sont monitorés à distance. Entre l'état conceptuel et expérimental.
- Solutions de déplacement de la marchandise sur site
 - Chariots porte-conteneurs filaires (VGA⁵) : tout automatique, le système est géré par l'intermédiaire d'un logiciel de *planning* des opérations. Ces solutions sont à l'état de déploiement industriel.

La majorité de ces solutions sont actuellement déployées sur de nombreux ports mondiaux : Chine, Etats-Unis, Pays-Bas, Angleterre. Sila rapidité des opérations est importante, le suivi de la marchandise l'est d'autant plus. Il est donc essentiel de coordonner avec précision l'ensemble des processus qui sont automatisés. Ainsi, tout le système est géré de manière centrale à l'aide d'un logiciel de *planning* qui permet aux grues de décharger les bons conteneurs, aux VGA de les apporter au bon endroit, aux portiques de gerbage de les stocker à la bonne place... le tout dans un timing prédéfini.

Exemples

Les trois terminaux les plus automatisés se situent à Rotterdam et à Qingdao, en Chine. Le terminal de Qingdao est le tout premier terminal entièrement automatisé d'Asie. A Rotterdam, les terminaux World Gateway (RWG) et APM Terminal Maasvlakte II ont été pionniers dans ce domaine, et sont les plus automatisés du monde. Qingdao « relativement » récent totalise 500 millions de tonnes⁶, Rotterdam, premier port européen et très longtemps premier du monde, totalise 466 millions de tonnes en 2015.

⁵ Véhicule à guidage automatique filaire : la position, la direction et la vitesse du véhicule sont transmis et contrôlé par un câblage intégré au tarmac.

⁶ <http://aapa.files.cms-plus.com/Statistics/WORLD%20PORT%20RANKINGS%202015.xlsx>



L'exemple du port entièrement automatisé de Qingdao

Dans le cadre de l'initiative « *One Belt One Road* »⁷, le Secrétaire Général de la République Populaire de Chine a lancé de nombreux projets d'infrastructures, dont le port de *Qingdao New Qianwan*. Bien que les ports chinois figurent déjà parmi les plus actifs du monde, l'objectif était de créer une infrastructure aussi peu chère qu'efficace quant à son rendement. L'État chinois a soutenu le projet de l'autorité portuaire de Qingdao pour construire en trois ans, un port entièrement automatisé pouvant charger et décharger automatiquement tout type de porte-conteneurs.

Inauguré en mai 2017, le port intègre 660 mètres de quai, 7 grues STS⁸ contrôlées à distance, 38 portiques et 38 VGA, tous automatisés au maximum pour couvrir l'ensemble du processus de chargement/déchargement pour une capacité annuelle totale d'1,5 millions d'EVP. La majorité des processus sont automatisés : chargement/déchargement des navires, jusqu'au chargement/déchargement des camions, stockage des conteneurs. Il s'agit là de la première étape visant à mesurer l'intérêt et l'impact d'un terminal de ce type pour le port. Deux autres étapes sont prévues pour ajouter 6 quais et les équipements associés.

Pour faire fonctionner l'ensemble de ces solutions, le port de Qingdao repose sur trois systèmes :

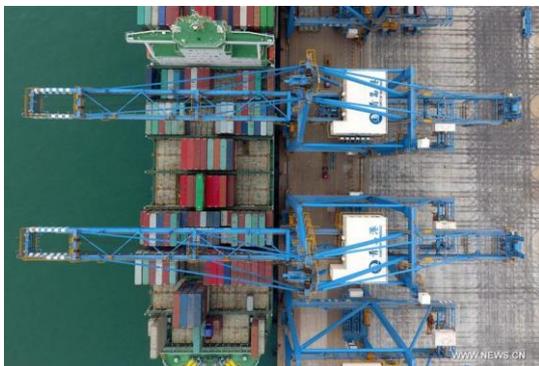
- Un système de perception de l'information en temps réel. Il permet de récupérer d'alimenter les autres systèmes, en temps réel, avec les informations récupérées sur le terrain.
- Un système de contrôle des opérations. Il gère simultanément l'ensemble des engins.
- Un système de planification des opérations qui permet d'optimiser les opérations en temps réel, en se basant sur les informations perçues et envoyées par le système de perception de l'information.

Les grues, en partie automatisées (sur certains aspects du processus), déchargent le navire. Ensuite, le conteneur est déposé sur un VGA (véhicule à guidage automatique), qui s'est automatiquement positionné sous la grue. Ce dernier prend le chemin de la zone de stockage où il se positionne automatiquement dans une zone tampon. Puis un portique viendra automatiquement se saisir du conteneur pour aller l'entreposer. Le VGA repart vers le quai après avoir été chargé, ou bien vers la zone de déchargement des camions pour recevoir un autre conteneur.

Surnommé le « port fantôme » par les habitants, l'intérêt de ce terminal réside dans l'utilisation de solutions entièrement automatiques. Même la nuit, il tourne au maximum de son potentiel, sans qu'aucun docker ne soit impliqué. Les dirigeants du port illustraient le succès de l'opération en expliquant avoir réduit de 70% le coût de la main d'œuvre, passée d'une soixantaine de personnes nécessaires pour décharger un navire avant l'automatisation, à 9 personnes⁹, tout en améliorant l'efficacité sur chaque composant du *process*. En effet, le port fonctionnerait à une cadence de 30 conteneurs par heure et par grue, soit 1 890 conteneurs en 9 heures en moyenne. En réduisant ainsi le besoin en main d'œuvre, la nature de celle-ci a aussi évolué puisqu'elle est tournée vers des ingénieurs et des informaticiens pour entretenir et faire fonctionner le système et non plus des manutentionnaires.

Toutefois, il est important de rappeler qu'il s'agit là d'un port de conteneurs uniquement... et avec, qui plus est, un très grand volume. L'automatisation ne saurait être aussi rentable sur tous les ports.

Le terminal automatisé de Qingdao



7 Il s'agit d'une stratégie de développement nationale qui vise à étendre la coopération entre les pays d'Eurasie, principalement les pays des routes de la soie (maritimes et terrestres).

8 STS : Ship to Shore ; grues de déchargement

9 https://news.cgtn.com/news/3d637a4e31677a4d/share_p.html

Les terminaux automatisés d'APMT et RWG sur Maasvlakte II, à Rotterdam

Depuis 2015, deux terminaux à containers de Maasvlakte II utilisent des solutions robomobiles.

Filiale de la société *Maersk*, la société *APM Terminals* a lancé la construction de son terminal en 2012, pour achever la première phase en avril 2015. 500 millions d'euros ont été injectés dans la construction de ce terminal automatisé. Lors de son inauguration, le terminal compte 1 000 mètres de quai, 8 grues *STS* contrôlées à distance et partiellement automatisées, 54 portiques et 62 *VGA*. Là aussi, la majorité du processus est automatisé et ne nécessite pas d'intervention humaine pour traiter un total annoncé à 2,7 millions *EVP*. Toutefois, l'Humain est toujours nécessaire pour monitorer, voire manier les grues de déchargement depuis la salle de contrôle par exemple.

Quant au terminal *RWG*, le terrain est acquis en 2007 à la suite d'un contrat avec le port de Rotterdam. La construction débutera la même année pour s'achever en septembre 2015 après un investissement de 700 millions d'euros. Avec 1 150 mètres de quai principal, et 550 mètres de quai pour les petits navires et les navires de ravitaillement, le terminal *RWG* est équipé au total de 11 grues de déchargement, semi-automatisées et pilotées à distance, une flotte de 59 *VGA*, 50 portiques de gerbage automatisés. Lors de la construction, il était prévu que le terminal puisse traiter jusqu'à 2,3 millions d'*EVP*. Bien que le terminal soit fortement automatisé, il emploie 200 personnes¹⁰.

Chacun de ces terminaux fonctionne ainsi de manière automatisée sur la majorité de ses processus¹¹, sur le même principe que celui de *Qingdao*. Pour l'un, comme pour l'autre, les opérateurs avaient pour objectif final de renforcer et de lier plus efficacement chaque étape du processus portuaire.

« Ce que nous recherchons, c'est un terminal à conteneurs plus intégré, englobant l'ensemble des systèmes de contrôle et l'ensemble des fonctions de l'équipement, plutôt que des terminaux à conteneurs à l'activité très fragmentée qui existent aujourd'hui¹² ». Alex Duca, responsable de l'automatisation et de l'aménagement portuaire chez *Maersk*.

Ainsi, l'automatisation des terminaux à conteneurs est considéré comme un moyen de lisser le processus de déchargement et de stockage pour permettre de meilleurs rendements sur le global. Toutefois, les premiers résultats n'ont pas été aussi concluants que prévus, notamment dans le cas du terminal *RWG* : en 2015, le terminal enregistre des pertes de l'ordre de 35,2 millions d'euros¹³, notamment en raison de l'automatisation elle-même qui n'arrivait pas à traiter assez rapidement le flux de navires entrants, obligeant les derniers à se rediriger vers d'autres terminaux. Est mis en cause ici le temps nécessaire au calibrage et à l'adaptation des systèmes informatiques.

Le terminal APMT sur Maasvlakte II

¹⁰ <https://www.rwg.nl/en/our-terminal/facts>

¹¹ Vidéo d'illustration du processus sur le terminal d'APMT : <https://www.youtube.com/watch?v=tEk2v4RyFh4>

¹² Traduit de l'anglais. Phrase originale : « What we want is a more integrated container terminal encompassing control systems and equipment functions, instead of today's fragmented activity container terminal »

source : <http://www.apmterminals.com/en/news/press-releases/2017/news/apmt-looks-to-integrate-terminal-operations-for-gains-in-safety-and-productivity>

¹³ <http://vetron.org/rwg-leed-vorig-jaar-zwaar-verlies/>



DR



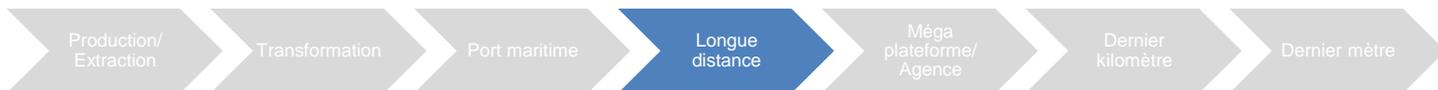
Les grues ne sont pas entièrement automatisées, et nécessitent des personnes pour les piloter à distance et pour les monitorer. Le même procédé est utilisé sur le port de Qingdao

Impacts et questionnements sur la technologie

+	?
<ul style="list-style-type: none"> • Réduit l'exposition au danger des employés sur site (les conducteurs de cavaliers et les grutiers par exemple) • Solutions qui fonctionnent en système : permettent, ensemble, de solidariser les différents processus portuaires, de lisser les processus et de les rendre plus efficace • Représentent un gain potentiel pour les transporteurs : déchargement plus rapide = moins de temps passé à quai • Solutions « tout électrique », réduisant les émissions de polluants • Des solutions qui demandent moins, voire, aucune main d'œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne fonctionne qu'en environnement clos et contrôlé (VGA, portiques évoluant sur un quadrillage précis etc...) • Le coût d'investissement pour des terminaux de ce type : 500 millions € pour APMT ; 700 millions € pour RWG) • Des retours sur investissement qui restent incertains faute de recul suffisant pour mesurer le gain économique

De plus, il ne faut pas oublier qu'il s'agit de ports à conteneurs : ils impliquent des standards grâce à la boîte conteneurisée ISO des volumes conséquents dans les ports qui automatisent. Aussi, la question se pose de savoir si l'automatisation de la manutention portuaire est possible pour d'autres marchandises, « en vrac » et pour d'autres volumes, pour des questions de rentabilité.

« Il est possible d'automatiser massivement, à grande échelle, mais cela sous-entend que l'on ait des trafics qui se prêtent à cette automatisation » Olivier Maurel, Novalog



4. Les solutions routières longue distance/interurbaines, un long chemin à parcourir

Largement mise en avant par les constructeurs automobiles, la technologie des véhicules « autonomes » a réussi à séduire de nombreux acteurs économiques. Le domaine du transport de marchandises n'y a pas échappé et on voit naître diverses applications au fret routier : camions automatisés, semi-automatisés, convoi de camions (ou *platooning*), ... Ces solutions présentent de nombreux avantages comme celui de réduire la pénibilité du travail du chauffeur, ou encore de diminuer les coûts de carburant, tout en réduisant l'impact environnemental du transport. Quant à préparer l'avenir de ces solutions, l'expérimentation tient une place prépondérante car elle permet d'affiner leur aspect technique et de mesurer, dans une moindre mesure, l'impact potentiel de ces solutions.

Type de solutions et degré de maturité actuel

- Camions automatisés : Conduite entièrement automatisée. En fonction de l'environnement dans lequel évolue la solution : entre l'expérimentation (environnement ouvert) et le déploiement industriel (sites fermés et contrôlés).
- Camions semi-automatisés : Partiellement automatisés. Ce type de véhicule est équipé de systèmes d'automatisation de la conduite dans certaines situations bien précises : par exemple, en environnement autoroutier. À l'état expérimental.
- Convois de camions : Partiellement automatisés. Le premier camion est conduit par une personne, les camions suiveurs sont « accrochés » au camion de tête.
- Unités de bord de route (*shield truck*) automatisés : Entièrement automatisés. À l'état expérimental.

Nomenclature des différents degrés d'autonomisation des véhicules routiers

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
0	No Automation	the full-time performance by the human driver of all aspects of the dynamic driving task, even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the driving mode-specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver perform all remaining aspects of the dynamic driving task	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the driving mode-specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/ deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver perform all remaining aspects of the dynamic driving task	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
3	Conditional Automation	the driving mode-specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver perform all remaining aspects of the dynamic driving task	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task, even if a human driver does not respond appropriately to a request to intervene	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task under all roadway and environmental conditions that can be managed by a human driver	System	System	System	All driving modes

© 2014 SAE International

Exemples

Actuellement, l'intégration de ce type de technologie dans l'industrie du transport ne se fait qu'au moyen d'expérimentations courtes, menées pour mesurer la viabilité et l'intérêt de cette technologie par les différents acteurs économiques. Mais ces expérimentations sont riches en enseignements et révélatrices de points d'intérêts autant que de points de vigilance.

Pour illustrer les différentes solutions robomobiles du transport routier, il est intéressant de se pencher sur les expérimentations *Uber Advanced Technology Group (UATG)*, *European Truck Platooning Challenge (ETPC)*, ainsi qu'*Embark*. Elles révèlent les difficultés auxquelles sont confrontées ces solutions robomobiles routières, car le plus souvent l'infrastructure représente elle-même un environnement complexe, dynamique et difficile à apprivoiser à l'aide d'algorithmes. Mais elles amènent aussi des pistes quant aux gains potentiels que pourraient représenter des innovations comme celles-ci pour le secteur du fret routier.

Pas simple d'intégrer tous les paramètres ...



© Colcanopa.com

L'European Truck Platooning Challenge : tester les convois de camions à l'échelle interétatique

Prenant place en avril 2016, cette expérimentation est issue d'une impulsion européenne. Tout d'abord, l'initiative a été portée par 3 acteurs et impulsée en grande partie par les Pays-Bas qui présidaient alors l'Union Européenne :

- Le Ministère de l'Infrastructure et de l'Environnement hollandais
- L'autorité routière hollandaise : le RDW
- Et la Conférence Européenne des Directeurs des Routes (CEDR)

Ce trio a contribué à la mise en place d'une expérimentation à grande échelle. Il était alors question d'impliquer des conglomerats d'acteurs européens venant du domaine public et privé (acteurs industriels). Ce sont donc plusieurs associations qui ont pris part au *Platooning Challenge* :

- L'EReg, qui est l'association européenne relative à l'immatriculation et à la régulation des permis de conduire
- L'ACEA, qui est l'association européenne des constructeurs automobiles
- Le CLEPA, qui est l'association des fournisseurs automobiles
- L'IRU, qui est l'organisation mondiale du transport routier
- Et enfin, l'ESC, qui est l'association européenne des transporteurs

Cette expérimentation a fait appel à 6 constructeurs, amenés à prouver l'efficacité de leurs systèmes en situation réelle d'utilisation : DAF Trucks, Daimler Trucks, IVECO, MAN Trucks & Bus, Scania et le groupe Volvo. Chaque constructeur a fourni ses propres véhicules qui étaient tous assistés par des conducteurs

affiliés aux marques (un conducteur dans chaque camion de tête et deux conducteurs dans chaque camion suiveur).

Il s'agissait de convois de camions semi-automatisés (*platooning*) qui impliquait une combinaison de technologies. Dans un premier temps, une communication *vehicle to vehicle* (V2V) permettant de relier virtuellement tous les camions entre eux. Le premier fixe la vitesse, la route etc... Et lorsque celui-ci freine, ou accélère, les camions qui le suivent répliquent la manœuvre à l'identique. Ensuite, il était nécessaire d'implémenter sur ces véhicules une assistance à la conduite avancée. Ainsi, les conducteurs des « camions suiveurs » n'avaient plus à toucher les pédales d'accélération ou de freinage. Ils conservaient en revanche le contrôle de la direction latérale. Il ne s'agit donc pas de camions à la conduite entièrement automatisée, mais de *road trains*, dans lesquels les camions suiveurs seraient à terme, totalement automatisés et permettraient de transporter plus de marchandises à des coûts plus faibles.

Les objectifs étaient multiples. Il y avait dans un premier temps une volonté affichée d'observer, de mieux comprendre et de trouver des solutions aux problèmes que pourraient poser d'éventuelles barrières réglementaires quant à l'échange transfrontalier de marchandises via des véhicules automatisés, ou partiellement automatisés. Néanmoins la mise en expérimentation de plusieurs convois simultanément et, par nature, très différents, permettait de voir s'y dessiner des éléments de réponse techniques variés : quels en seraient les avantages ? Quelles limites techniques rencontre-t-on actuellement ? Quelles réactions : des chauffeurs, mais aussi des autres usagers de la route ? Comment se comporte le véhicule ? Des risques techniques ont ainsi été identifiés¹⁵ :

- Des écueils en termes de sécurité lors de l'expérimentation, notamment dus aux dérogations extrêmement strictes imposés par les législateurs. Par exemple, un trop grand différentiel de vitesse entre les véhicules de l'expérimentation et les autres. Ou encore la notion de convoi que le conducteur du premier véhicule doit bien prendre en compte : le convoi forme un tout et implique alors de le conduire comme tel.
- L'efficacité du convoi est nettement diminuée dans des conditions de trafic complexes. C'est notamment le cas lorsque de nombreux véhicules s'insèrent entre les camions, obligeant les conducteurs à « couper la liaison » et à reprendre le contrôle manuel.

Cette expérimentation a aussi mis en exergue 3 avantages¹⁴ :

- Une sécurité renforcée en réduisant les risques d'accident liés aux poids lourds
- Le débit routier pourrait être amélioré par ce type de solutions. Les camions ne seraient plus insérés sur l'ensemble des voies, mais circuleraient ensemble en fluidifiant le trafic de manière générale.
- Ainsi que des réductions de coûts de main d'œuvre et de carburant.

Pour conforter ces propos, Daimler annonçait que l'interconnexion sans fil des camions permettait de réduire la distance de sécurité à 15 mètres (contre 50 mètres en temps normal) et que le convoi de trois poids lourds pouvait ainsi économiser 10 % de carburant et donc d'émission de CO₂ pour un parcours reliant Stuttgart à Rotterdam.



Convoi du constructeur DAF lors de l'European Truck Platooning Challenge



DR

15 <https://www.eutruckplatooning.com/Support/Booklet+Lessons+Learnt/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=529927>



© EUROPEAN TRUCK PLATOONING CHALLENGE

L'expérimentation intègre 6 parcours de durées et de longueurs très variables. Chacun de ces parcours est mené par un des constructeurs prenant part au Challenge. Ayant tous pour destination le terminal de Maasvlakte, les parcours partaient alors de : Munich (DE) pour MAN, Stuttgart (DE) pour Daimler, Bruxelles (BE) pour IVECO, Westerlo (BE) pour DAF, Göteborg (SW) pour Volvo, et de Södertälje (SW) pour Scania

L'expérimentation d'Uber Advanced Technology, coup d'éclat médiatique pourtant porteur d'enseignements

Cette expérimentation était en grand partie un coup médiatique, destiné à mettre en avant la technologie qui équipe le véhicule et les deux entreprises qui en sont à l'origine : **Anheuser-Busch** (qui ont pris contact et donné l'impulsion pour lancer cette expérimentation) et **UATG**. Toutefois, cette expérimentation délivre des informations intéressantes sur la technologie, son fonctionnement et sur la forme qu'elle pourrait prendre au sein du processus de livraison.

L'expérimentation a eu lieu le 25 octobre 2016 après une préparation en amont de 3 mois (cadre réglementaire, tests préalables, préparation etc...). L'expérimentation portait une (seule) livraison de 2 000 caisses de marchandise depuis Fort Collins (usine de production d'Anheuser-Busch) vers Colorado Springs (site du *retail*). Le trajet, d'une durée moyenne de 2h, fait 200 km et se fait pour une très grande majorité sur l'autoroute (*Interstate 25*). C'est pour cette dernière raison qu'il a été choisi parmi d'autres.

L'expérimentation se basait sur l'exploitation du concept de conduite semi-automatisée. C'est-à-dire que la conduite du camion n'est pas entièrement automatisée. Cela nécessitait la présence du conducteur pour deux raisons :

- La première était que le conducteur devait assurer son rôle pour les premiers et les derniers kilomètres du véhicule. C'est-à-dire qu'il amenait le véhicule sur l'autoroute depuis l'usine de production, puis une fois l'autoroute quittée il guidait le véhicule vers son point de livraison final. Le mode automatique n'était activable que sur les portions autoroutières. De plus, il effectuait aussi le travail complémentaire à la conduite : il attestait la bonne livraison de la marchandise, remplissait les papiers relatifs à la livraison etc...
- La seconde renvoyait à des obligations réglementaires de sécurité.

Le test ne portait donc pas sur un véhicule qui automatise totalement le processus de livraison. Mais bien d'un véhicule qui automatise uniquement la conduite sur l'autoroute (à l'instar du camion Tesla et du système Autopilot II® annoncé publiquement en novembre 2017 par le constructeur).

L'objectif principal était surtout de bien comprendre la manière dont ce type de véhicule serait intégré à terme dans le processus de livraison et comment la technologie serait à même de l'influer. En second plan, il était aussi question de communiquer sur l'importance du rôle que garde le chauffeur dans le processus. Le véhicule n'était pas totalement automatisé, mais bien semi-automatisé puisque le mode automatique n'était activé que sur l'autoroute. Le conducteur avait alors la charge de guider le camion vers l'autoroute, puis vers le point de livraison une fois sorti de l'autoroute. Ron Lior¹⁶ ne parle plus de conducteur, mais de « copilote ». Elle a donc joué le rôle d'une introduction : de la technologie à tous ses utilisateurs potentiels.

Les résultats ont été accueillis avec beaucoup d'enthousiasme par Anheuser-Busch : le conducteur présent à bord du véhicule n'a pas eu à reprendre le contrôle du véhicule, circulant durant toute la durée du processus au milieu de la circulation normale de l'*Interstate 25*. Anheuser-Busch a publiquement annoncé qu'au regard des résultats de cette expérimentation, ils seraient en mesure d'effectuer d'énormes économies annuelles, de l'ordre de 40 à 50 millions de dollars, juste aux États-Unis¹⁵. De plus, cette technologie pourrait permettre de modifier l'utilisation de la route, en permettant de faire rouler plus de camions de nuit et moins de jour, réduisant la congestion et améliorant la capacité de livraison des entreprises.

Cette expérimentation est alors intéressante car elle a permis :

- de mettre en lumière l'intérêt et la maturité de la technologie semi-automatisée. Pour les entreprises, mais aussi pour les pouvoirs publics (AO et législateurs).
- surtout de surligner l'appétence des entreprises de fret routier pour ce type de technologie.

¹⁶ Dans une interview accordée à Bloomberg : <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-10-25/uber-self-driving-truck-packed-with-budweiser-makes-first-delivery-in-colorado>

Le pari d'Embark : exploiter le potentiel imminent des camions semi-automatisés

Bien que très médiatique aussi, l'expérimentation de la start-up *Embark* est très intéressante car elle utilise un angle d'approche différent des deux autres exemples précédents, tout en exploitant une technologie similaire. La solution d'*Embark* ne propose pas un système de bout en bout. La start-up propose des véhicules semi-automatisés qui n'effectueront le trajet que sur l'autoroute. Pour cette expérimentation, Embark s'est donc associée à deux partenaires :

- *Frigidaire*, qui fournit la marchandise à transporter, à savoir des réfrigérateurs « intelligents ».
- Ainsi que l'entreprise *Ryder System*, qui apporte quant à elle, des véhicules de transport routier conventionnels ainsi que les chauffeurs pour les manier.

C'est là que cette expérimentation devient particulièrement intéressante. Le premier trajet a été effectué en octobre 2017 entre la ville d'El Paso, au Texas, jusqu'à la ville de Palm Springs en Californie, pour un trajet total de 1 040 kilomètres environ (650 miles).

Tout l'intérêt de cette expérimentation réside dans la manière dont *Embark* aborde l'utilisation de cette technologie. Ici, le processus est découpé en 5 étapes :

- Dans un premier temps, le chargement est récupéré directement à l'usine de production de *Frigidaire* à El Paso par un poids-lourd conventionnel, piloté par un conducteur. Le chargement est ainsi acheminé à travers la ville vers un « point de relais » à l'entrée de l'*Interstate 10*.
- Une fois arrivé, le conducteur décroche la remorque et la relie au véhicule d'*Embark* qui se trouve déjà sur place. Une fois la remorque reliée, la machine est alors programmée pour s'engager sur l'autoroute.
- Sur l'autoroute le système pilote tout seul et parcourt l'autoroute automatiquement. Durant l'expérimentation, une personne est présente à bord sur toute la durée du trajet et reprend les commandes en cas de problème, aux péages etc...
- Arrivé à destination, la machine s'engage pour sortir de l'autoroute et rejoindre automatiquement un autre « point de relais », où elle déposera le chargement pour repartir en sens inverse.
- Le chargement peut ainsi être récupéré par un conducteur qui l'amènera, à travers la ville, vers sa destination finale.

Bien que cette méthode pose des questions notamment en ce qui concerne l'infrastructure et l'organisation de tels flux, on voit se dessiner un modèle intermédiaire dans lequel le conducteur a encore la part-belle. Toute la réflexion autour de ce modèle se base sur le vieillissement généralisé de la population de chauffeur routier aux États-Unis et notamment sur la longue distance, et sur les trajets qui sont de moins en moins acceptés (découchage par exemple). Il peut être intéressant de remplacer progressivement ces trajets par des solutions automatisées et de créer des emplois de chauffeur sur des distances plus courtes.

Camion semi-automatisé d'Embark s'insérant dans le trafic



© Embark



Bien que le camion à conduite entièrement automatisée soit développé par beaucoup d'acteurs, comme Tesla, Google, ou encore par FAW Jiefang constructeur de poids-lourds chinois, aucune expérimentation de véhicules de ce type n'a été menée en condition réelle de fonctionnement sur route ouverte. Notre analyse ne portera donc que sur les solutions existantes, actuellement testées et que nous avons pu illustrer précédemment.

Impacts et questionnements sur la technologie

+	?
<ul style="list-style-type: none"> • Gain de productivité potentiellement élevé (notamment pour le platooning) • Participerait activement à réduire l'accidentologie liée aux poids lourds • Que ce soit le platooning ou les camions semi-automatisés, tous deux affichent des gains en termes de consommation de carburant (vitesse lissée, conduite plus souple...) • Réduit alors les émissions de polluants et les coûts associés (carburant) • Un besoin différent en termes de main d'oeuvre 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne fonctionnent pour le moment qu'en environnement contrôlé (ici l'autoroute). Donc des solutions peu flexibles et appuyées sur un besoin d'infrastructures important • Pose de véritables questions sur l'avenir des emplois de conducteurs de poids-lourd • Un business model qui a du mal à se mettre en place et qui cherche des points d'ancrage solides • Une réglementation encore très restrictive sur route ouverte

5. Méga plateforme/agence

La robomobilité logistique ne s'arrête pas aux portes des entrepôts de stockage et des plateformes de tri de la marchandise et des colis. Bien au contraire, les solutions robomobiles que l'on retrouve DANS ces environnements sont nombreuses, et ont un impact de premier ordre sur l'efficacité de l'ensemble de la *supply chain*.

Les différentes solutions robomobiles « indoor » ne sont pas nécessairement récentes et témoignent d'une volonté d'améliorer l'efficacité de la chaîne logistique en utilisant l'innovation.

« Pour prendre un exemple, la première usine qui a été automatisée en France, c'est l'usine Hartmann à Liepvre, [dans les années 1970] » Olivier Maurel, Novalog

L'entrepôt est un vecteur d'optimisation économique et d'accélération du flux. Les nouvelles technologies viennent modifier l'organisation interne des plateformes. Cette évolution semble monter en puissance. Elle est « facilitée » par la présence de nombreuses alternatives reposant sur l'internet des objets, qu'il s'agisse des unités de conditionnement (colis, cartons, bacs, palettes, conteneurs, ...) dont le contenu est déjà codé. Et, le développement de logiciels conçus pour la logistique fait naître des solutions robotisées à l'intelligence artificielle croissante. Comme dans l'industrie, ils peuvent apprendre de leurs coéquipiers humains pour aider ces derniers dans leurs tâches.

Type de solutions et degré de maturité actuel

Il existe 3 types de solutions à savoir : celles qui amènent les produits aux préparateurs, celles qui assurent la préparation de commandes, celles qui assurent le tri et ou le stockage des produits.

- Trier et/ou stocker les produits: les transtockeurs entièrement automatisés, permettent de déplacer et de stocker palettes, cartons dans des racks de grande hauteur. L'automatisation du système fonctionne à l'aide de *navettes* qui se saisissent des cartons, les rangent et les sortent automatiquement des cellules. Les solutions existent de manière industrielle. On peut citer Mecalux, System Logistic, TGW Logistics ou Bo concept.

« Ici, chaque mètre de convoyeur a son intelligence incorporée (c'est-à-dire qu'il a sa fonction). Chaque brique du convoyeur se reconnaît dans le système informatique. Une fois que tous sont connectés, l'informatique prend le relais » Jean-Michel Guarneri, Aslog

- Les convoyeurs automatisés et modulaires trient les colis. Ce modèle en est au début de la phase de déploiement industriel. Dans cette solution, on trouve également de manière marginale les robots de tri de colis automatisés, comme ceux du réseau STO Express en Chine. Ces mini-robots exécutent le tri des colis à la place de l'opérateur, en l'absence de convoyeurs. Le préparateur scanne toujours le colis et le dépose sur un robot automatiquement positionné à bonne hauteur, qui va acheminer le colis au bon endroit. Cette solution ne peut qu'être considérée comme une solution à l'état expérimental.

Robots de tri de colis, chez STO Express en Chine



DR

Plug-and-carry belt, convoyeur modulaire intelligent (Boa Concept)



© Boa Concept

- Solutions « *Goods to man* » (la marchandise vient à l'homme) : Tout automatisé. Ces systèmes permettent à l'opérateur de limiter ses déplacements dans la mesure où ce sont les produits qui sont amenés à l'opérateur. Les solutions sont multiples, certaines sont à l'état expérimental, d'autres sont déployées de manière industrielle. On peut citer les véhicules à guidage automatique (VGA) filaire, cellulaire, ou autonome. Ils fonctionnent sur le même principe qu'illustré dans les cas des terminaux à conteneurs et dans l'industrie de transformation. Ils transportent la marchandise dans l'entrepôt, adaptant automatiquement leur vitesse, direction et position. Pour les filaires et cellulaires, le déplacement est exécuté grâce à un fil intégré dans le sol, ou par la transmission des instructions via des cellules réparties dans l'entrepôt. Ils fonctionnent sans avoir besoin d'équiper l'infrastructure. Ottomators fait partie des acteurs qui déploient ces systèmes.
- Préparation de commande assistée ou automatisée (*Pick and Pack, Pick and Place, kitting*): Tout automatisé. Robots servant à l'aide au picking (assistent l'opérateur pendant le picking), ou bien bras robotisés effectuant le picking et l'emballage de manière automatisée. Ces solutions sont plutôt d'ordre expérimental. On peut citer Amazon Robotics, Zhejiang Libiao, Fetch Robotics.
- Plus globalement les *cobots* ou robots collaboratifs aident les préparateurs.
- Drone d'inventorisation : Tout autonome. Ces drones volent selon des schémas bien déterminés et permettent ainsi d'entretenir et de contrôler les stocks en continu. Entre l'état conceptuel et l'état expérimental. Eyeseer fait partie des solutions testées en France.

Exemple de VGA dans un entrepôt entièrement automatisé



© InVia Robotics

Drone inventeur Eyeseer chez Hardis Group



© Hardis Group

Test dans une plateforme FM logistics en 2016



DR

Décathlon teste Scallog : l'étagère vient au préparateur

- Scallog est une startup francilienne créée en 2013. Elle emploie 20 personnes.
- Le site Décathlon de Lompret opérationnel depuis 2016, s'étend sur 30 000 m², emploie 180 personnes en CDI et le double durant les pics d'activités. Le site gère 35 000 références, 8 000 à 10 000 commandes par jour avec des pics à 30 000 avant Noël. Les robots Scallog déplacent et rangent eux-mêmes des étagères. Ils sont dotés de capteurs qui suivent un marquage au sol. La CAO commande la flotte et s'interface avec le WMS de la plateforme. Cette solution offre 4 avantages : réduire le temps de préparation (divisé par 3 ou 4), les trajets des opérateurs (95% de moins), les charges lourdes (jusqu'à 150 kg auparavant), l'occupation de l'espace (- 20 à 30% de surface au sol).

L'entrepôt Décathlon de Lompret (59)



LP/V. de Kerautem



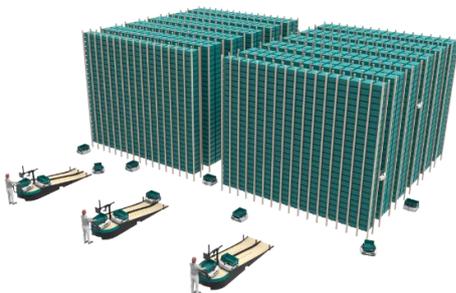
Scallog

Cdiscount implante la solution Skypod 3D sur sa plateforme bordelaise

- Exotec Solutions est une startup lilloise, créée en 2015, de 15 collaborateurs (2016).
- La plateforme Cdiscount de Cestas a ouvert ses portes en 2014. Elle développe 100 000 m² et emploie 450 collaborateurs, voire 1 000 lors des pics d'activités. 45 000 colis par jour et jusqu'à 125 000 (chiffres 2014). Elle vient d'implanter 7 robots Exo, et le système associé.

Skypod est construit autour d'un système global et collaboratif qui permet de préparer les commandes. La CAO intervient dans le système. L'ordinateur pilote la flotte de robots et transmet les ordres de commandes aux préparateurs. Les robots travaillent en équipe (jusqu'à 400 unités) au milieu des racks de 10 mètres de haut dans lesquels ils grimpent pour récupérer le bac contenant la référence souhaitée. Dans cette configuration, les opérateurs suppriment théoriquement leur trajet à pied, qui pouvait atteindre 15 km par jour. Le « picking » passe à 400 manipulations de produits par heure, contre 50 à 100 manuellement. Le système peut traiter 10 000 à 500 000 références.

La solution Skypod globale développée par Exotec



http://www.exotecsolutions.com/videos/SKYP0D_422LR4.mp4

"Ces e-marchands enregistrent de fortes croissances et recherchent des systèmes qui vont leur permettre de rester agiles" (...). "Plus petites et plus agiles, équipées de plus de software, nos machines peuvent faire beaucoup plus de choses" [que les systèmes mécaniques traditionnels]. (...)" Une fois qu'on a posé les racks, le système peut être opérationnel dans la demi-journée". Romain Moulin (Exotec).

Le transtockeur tridirectionnel TGW Logistics déployé chez Sarenza à Réau

TGW a été choisi pour apporter la solution de transtockeur tridimensionnel du nouvel entrepôt de Sarenza, en Île-de-France. Le site, presté par XPO, gère 2.6 millions de pièces en stock sur de 19 500 m² emploie 120 salariés. La plateforme est divisée en trois zones : un espace réception et deux zones destinées à l'expédition où les paquets sont identifiés et cartographiés. La solution Shuttles Stingray mise en place ici est destinée comme entrepôt à faible charge automatisé. Les 23 mâts géants qui la composent circulent entre les racks, prennent et enlèvent les cartons positionnés dans les cellules des racks au fur et à mesure de leur arrivée en entrepôt. Le projet global a nécessité un investissement de 25 millions d'euros.

Le shuttle stingray circule à 36 km/h entre les racks



TGW Logistics



XPO Logistics

Robot collaboratif Sawyer qui ouvre les boîtes

Cette solution est opérationnelle depuis l'été 2017. Elle associe 2 acteurs à savoir :

- GT Logistics situé à Nogent-le-Phaye (28), spécialisé dans la logistique cosmétique et la préparation de biens de consommation de parfums et cosmétiques est l'utilisateur.
- HumaRobotics, startup bordelaise qui distribue le cobot Sawyer développé aux États-Unis par Rethink Robotics qui se résume à un bras articulé.

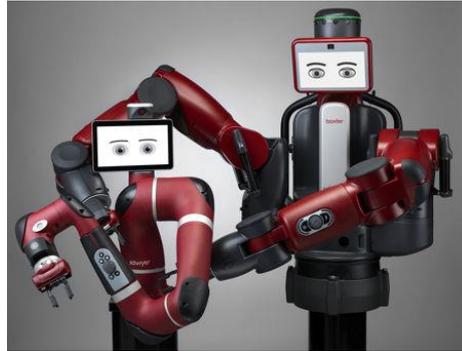
« C'est tout d'abord un robot très adaptable, qui peut être déplacé facilement dans l'entrepôt. Il n'a besoin que d'une prise de courant standard (...) C'est un robot qui répond au défi de la variabilité qui touche aujourd'hui les entreprises ». Jérôme Laplace, HumaRobotics in Voxlog

Dans cette application, le cobot, positionné en début de chaîne, a pour mission d'ouvrir les boîtes pour le préparateur et de déposer le couvercle, après remplissage. Le bras articulé s'adapte au rythme de son binôme humain. Il a une portée de 1,26 mètre, peut déplacer des charges de 4 kg, se programme par démonstration et à l'aide du support web. Il a une vision intégrée (détection de présence pièces, reconnaissance de formes, repositionnement dynamique du robot), une force *sensing* grâce aux capteurs d'effort sur chaque articulation. Il a pour objectif de réduire les tâches répétitives qui sont à la source de TMS.

La solution Sawyer commercialisée en France par HumaRobotics



© Voxlog



DR

Le cobot EffiBOT, chariot qui suit son partenaire lors du picking en entrepôt

- EffiBOT est développé par Effidence, une startup française datant de 2009,
- Les tests se sont déroulés dans des entrepôts DHL situés à Unna (Allemagne).

Le chariot peut charger 300 kg. Il dispose d'une autonomie allant de 6 à 8 heures. Il peut circuler dans des pentes de 30%. En 2016, le test a reposé sur 2 chariots. Le premier suivait l'opérateur qui le remplissait au fur en prélevant les références correspondant à la commande. Une fois celle-ci achevée, le chariot se dirigeait vers la zone de déchargement. Le 2ème robot venait alors le remplacer pour exécuter une autre commande. Depuis, DHL a acquis 5 cobots, et d'autres étaient à venir en 2017, en Allemagne.

Effibot à Unna



© Effi bot

Ce système supprime les déplacements de l'opérateur vers la zone de déchargement, et lui évite d'avoir à pousser ou tirer le chariot. EffiBOT est équipé du système de navigation EffiNAV, qui s'appuie sur des multi-capteurs qui analysent l'environnement et génère des ordres de navigation. Comme cette solution est entièrement intégrée, aucune installation préalable n'est requise. Cette solution permettant de passer du picking unitaire au picking mutli-commandes.

Impacts et questionnements sur la technologie

+	?
<ul style="list-style-type: none"> • Gain de productivité • Rapidité d'exécution • Pénibilité du travail (parcours, charge, TMS) • Réduction des coûts de processus • Des solutions « light » et flexibles qui limitent les coûts d'investissement • Adaptable à de nombreuses gammes de 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût d'investissement des solutions « industrielles » • Quid des emplois ? • Les solutions « unpacking » à développer • Environnement sonore ?



<p>marchandises et hétérogènes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Moins d'espace au sol : densité de stockage (en hauteur), manutention directe de la réception à la zone de stockage (plus besoin de grande zone tampon intermédiaire) • Solutions informatiques et de commande synchronisées avec le WMS l'existant • Mutation rapide des solutions déjà industrialisées • Un marché en développement, work in progress 	
---	--

6. Dernier(s) kilomètre(s) : le maillon de tous les défis

Le dernier kilomètre représente un maillon problématique de la chaîne de transport de marchandises. Il s'agit de livrer un grand nombre de marchandises, très différentes, rapidement, et proposer un service qui fera gagner des parts de marché aux distributeurs tels que les pureplayers. Le monde logistique doit donc être flexible, rapide et limiter les coûts d'exploitation. Plusieurs innovations portent sur ce segment stratégique. Elles visent à faciliter et à optimiser les tournées, mais surtout, à baisser le coût du maillon transport connu pour être le plus élevé de la chaîne transport.

Type de solutions et degré de maturité

- **VUL de livraison automatisé** : Tout automatisé, autonome. Ces véhicules permettraient, à terme, d'effectuer les tournées de livraison de manière autonome. Le véhicule est chargé en entrepôt, puis assigné à une tournée. Une fois arrivé chez le client, il le prévient par SMS que ce dernier peut venir chercher la marchandise. Puis il repart et continue sa tournée. Cette solution, bien que très intéressante, et notamment pour les *pureplayers*, pose encore la question de l'interface avec le client et de savoir comment résoudre le déchargement de la marchandise pour garder le même service qu'aujourd'hui (livraison directement au domicile). Cette solution en est au stade expérimental.
- **Drone de livraison automatisé** : Tout automatisé. Petits robots de livraison volants, les drones sont chargés là aussi directement au point de vente ou au point de stockage et expédiés vers le client. Tout l'intérêt de ce système repose sur le fait qu'ils peuvent s'affranchir de l'infrastructure routière et rejoindre directement les points de livraison qui leur sont assignés. Aujourd'hui, ces solutions sont pressenties pour être utilisées dans le cas de livraison en zone difficilement accessible par les moyens conventionnels (montagnes, zones très peu denses etc...), ou dans le cadre de livraison urgente (médicale par exemple). Cette solution est au stade expérimental.
- **Robot de livraison automatisé** : Tout automatisé. Ces robots sont développés par l'entreprise *TeleRetail* et visent la livraison de quantités réduites de marchandise par de petits véhicules mobiles automatisés. Ces véhicules peuvent parcourir jusqu'à 80 km.
- **Solution hybride associant un VUL standard et un drone** : Le VUL est conduit par un chauffeur manuellement, le drone est entièrement automatisé. Avec ces solutions, il est question non plus d'automatiser entièrement la tournée du livreur, mais bien de l'optimiser. Ces véhicules agissent comme des « ruches mobiles ». Une fois que le livreur a atteint une zone où il doit effectuer plusieurs livraisons, il libère alors les drones qui vont livrer une partie de la marchandise, pendant qu'il livre lui-même un colis. De cette façon, le livreur est plus efficace et chaque arrêt est optimisé. Cette solution est entre l'état de conceptuel et de l'expérimentation.

VUL hybride, embarquant un drone



© Mercedes-Benz

Robot de livraison Teleretail en Suisse



© Teleretail

Exemples

Le dernier kilomètre est particulièrement propice aux innovations. De nombreux acteurs ont donc investi le terrain et cherchent à développer des solutions robomobiles efficaces. Parmi ces solutions, l'expérimentation d'Ocado et d'Oxbotica illustrent bien l'intégration de véhicules utilitaires légers automatisés dans la supply chain. Pour illustrer les différentes solutions de drones et les différents objectifs que ces solutions cherchent à remplir, les expérimentations de Matternet, de DHL et de JD.com sont particulièrement intéressantes.

L'expérimentation d'Ocado à Londres : le VUL automatisé pour livrer au domicile

L'expérimentation rassemble **Oxbotica**, qui fournit les véhicules équipés pour fonctionner automatiquement, **Ocado**, chaîne de super-marchés en ligne et les acteurs du projet **GATEway**, projet de recherche et d'expérimentation global sur les véhicules autonomes et automatisés. Située dans le quartier de Greenwich, dans le sud-est Londonien, elle prend la forme d'un service de livraison du dernier kilomètre entièrement automatisé. Le véhicule, un petit utilitaire *UtilityCity* de la marque *Garia Utility*, a donc été équipé d'un kit d'automatisation fabriqué par Oxbotica pour lui permettre de naviguer sans l'assistance d'un conducteur. De plus, il a été renforcé avec une « baie » contenant 8 casiers, dans lesquels sont placées les commandes des clients. Le *CargoPod* (nom donné au véhicule) peut alors emporter pour 128kg de marchandises par voyage et sa batterie a une autonomie de 45 km environ.

Pour le test, et malgré les capacités techniques du véhicule (40 km/h en moyenne), la vitesse maximum était de 8 km/h, et son rayon d'action était cantonné aux rues du Royal Arsenal de Woolwich, dans le Borough de Greenwich. Cet état de fait renvoie directement au zonage du projet GATEway. Greenwich a été justement choisi comme un territoire d'essai pour multiplier les expérimentations de véhicules autonomes et automatisés et les technologies qui y sont associées. L'intérêt de Greenwich est qu'il intègre à la fois des zones piétonnes et des zones de rencontre avec d'autres véhicules.

Deux opérateurs étaient obligatoirement présents à bord des navettes, pour assurer la sécurité des autres usagers de la route et pour reprendre le contrôle du véhicule lorsque la situation l'exigeait. Cette partie était assurée par un employé d'Oxbotica. Il s'agissait aussi de veiller au bon déroulement des livraisons, notamment pour confirmer la remise de la marchandise à la bonne personne. Cette partie était assurée par un employé d'Ocado. En termes de livraison, le modèle CargoPod diffère légèrement de celui initialement proposé par Ocado. D'ordinaire, la firme propose un service de livraison à la porte du client, voire directement à l'intérieur de l'habitation. Le système oblige ici le client à récupérer lui-même les marchandises au véhicule.

Du fait de l'éclectisme des acteurs regroupés autour du projet GATEway, les objectifs de l'expérimentation de ce projet de recherche sont multiples. Dans un premier temps, il est question de mesurer et d'étudier la réponse des gens face à la technologie, ainsi que la perception qu'ils en ont. L'objectif est donc de pouvoir mesurer les différents degrés d'acceptabilité face à des véhicules de livraison, et aux usages qu'ils pourraient entraîner. Ensuite, Oxbotica cherche elle aussi à mieux comprendre les réactions et l'acceptabilité des usagers. Mais surtout, l'objectif est de démontrer l'intérêt de l'application de la technologie à la livraison du dernier kilomètre, ainsi que la capacité du véhicule à fonctionner dans un environnement résidentiel, au milieu des gens. Enfin Ocado avait pour objectif de mesurer, pour leur activité, l'intérêt commercial de déployer des flottes de véhicules sans conducteurs effectuant les livraisons du dernier kilomètre.

Véhicule de livraison testé à Londres dans le cadre de l'expérimentation d'Ocado



DR

L'expérimentation de Matternet : les drones pour livrer en situation urgente

L'expérimentation prend place dans le canton du Tessin au sud de la Suisse. Elle est menée par La Poste Suisse qui, pour les besoins de l'expérimentation, s'est associée à Matternet.

Matternet est une compagnie fondée en 2011, organisée autour de la logistique et des nouvelles solutions de livraison. Ils ont été financés à hauteur de 13M de dollars en 4 rounds, par 13 investisseurs, dont Daimler. Ils se sont spécialisés notamment dans les drones de livraison et dans la mise en place de station d'accueil pour ces drones. L'investissement de Daimler fait écho à un projet commun : Vans & Drones, qui, comme pour le RoboVan en collaboration avec Starship, cherche à intégrer les drones dans le modèle de livraison classique par VUL.

L'expérimentation a nécessité les autorisations de l'OFAC (Office Fédéral de l'Aviation Civile) qui a autorisé en Mars 2017 le survol de zones densément peuplées bien identifiées par les drones dans le cadre de l'expérimentation. Elle a aussi nécessité les autorisations des principaux utilisateurs des drones : l'EOC (Ente Ospedaliero Cantonale) Hospital Group.

Le projet était de mettre en place une liaison pérenne entre deux hôpitaux du canton du Tessin: l'Ospedale Italiano et l'Ospedale Civico. L'expérimentation utilise les drones de Matternet, qui transportent 2 kg au maximum, et se déplacent à 70 km/h. Ils peuvent parcourir une distance de 20 km au total par charge. Les drones sont entièrement automatisés. De plus Matternet installe aussi des stations permettant de guider le drone lors de la phase finale (atterrissage), et de jouer le rôle de « centre de tri ». Lorsque le drone se « docke » sur la station, le colis est libéré et la batterie du drone est échangée, pour que celle déjà entamée puisse être mise en charge. Ainsi, les drones sont potentiellement toujours à capacité de batterie maximale. Le « réseau » de drones sera limité, pour l'instant, à 1 voire 2 drones.

L'objectif est de pouvoir proposer à ces deux hôpitaux des solutions permettant de transporter les échantillons médicaux plus rapidement. Actuellement, les échantillons sont transportés par des véhicules de type ambulances ou camionnettes par la voie terrestre. Parfois, les hôpitaux ont recours à des taxis pour pouvoir transporter rapidement et à la demande les échantillons. Il est donc question de mettre en place une liaison plus efficace et permettant de passer les échantillons d'un hôpital à l'autre en moins de 30 minutes. Ce sont, fin 2017, près d'une centaine de vols d'essais qui ont été effectués.

Cette expérimentation souligne une utilisation intéressante de ces solutions : non pas comme moyen de livraison de masse, mais plutôt comme un moyen de livrer des produits particuliers (médicaux dans ce cas), dans des conditions particulières (urgence).

Livraison médicale passant au-dessus de la ville de Lugano, Suisse



© La Poste Suisse



© Matternet



L'expérimentation de DHL : le Paketkopter pour atteindre les zones difficiles d'accès

L'opération s'est, jusqu'à aujourd'hui, divisée en trois phases de développement, lors desquelles le véhicule utilisé a évolué.

- Durant la phase 1.0 (4^{ème} trimestre 2013), l'expérimentation portait sur un quadricoptère opéré manuellement. Durant cette phase, le drone a été mis en situation de livraison au-dessus du Rhin, dans la ville de Bonn. Il s'agissait de livrer un paquet d'un point A à un point B. Le drone pouvait transporter un chargement de 1,2 kg maximum, et volait à une vitesse 43 km/h en moyenne. En revanche, le fait que le drone était opéré manuellement a drastiquement réduit la distance qu'il pouvait atteindre à un rayon d'1 km. Il était alors question d'un projet scientifique visant à mieux appréhender le fonctionnement primaire du drone (mécanismes, impact des éléments externes, conditions de fonctionnement, portée, autonomie etc...) et de surtout de mesurer l'intérêt de ce type de véhicule pour la livraison de colis. et les conditions nécessaires.
- La phase 2.0 (4^{ème} trimestre 2014) était déjà beaucoup plus mature du point de vue de la livraison, et du cas d'usage. En effet, il était question de mettre en place, sur la durée de l'expérimentation, des livraisons régulières entre deux points : depuis Norddeich, jusqu'à l'île de Juist en mer du Nord. Lors de ces livraisons les drones étaient entièrement automatisés, mais monitorés avec précaution depuis la côte (Norddeich) pour pouvoir en reprendre le contrôle à tout moment. Le drone utilisé était le même qu'à Bonn, mais avec une automatisation du processus adapté à un rayon d'action plus important, soit 12 km. Ainsi, plusieurs fois par jour durant 3 mois, le drone effectuait des vols de tests entre ces deux points. Il n'était toutefois pas question de placer le drone en situation de moyen de livraison commercial, mais plus d'un laboratoire d'observations. Durant cette seconde phase, l'objectif était de pouvoir mettre cette technologie en pratique dans un cas d'usage accessible (notamment vis-à-vis des autorités compétentes en matière d'utilisation d'aéronefs). C'est pourquoi cette expérimentation a été placée sur ce territoire. L'île de Juist est un territoire assez éloigné de la côte, qui bénéficierait en plein d'un tel service de livraison. De plus le trajet du drone se fait pour la plus grande partie au-dessus de la mer, ce qui a grandement facilité la délivrance des autorisations de voler.
- Enfin, la phase 3.0 (1^{er} trimestre 2016) a introduit un véhicule revisité. L'opération se situait en territoire montagneux. Le test a pris place entre les villes de Reit im Winkl (dans la vallée) et Winklmoosalm (à environ 500 m d'altitude), distantes de 8,3 km. Le nouveau véhicule introduit par DHL peut transporter des colis jusqu'à 2 kg et voler à 70 km/h de manière autonome (en étant monitoré à partir du sol, avec reprise de contrôle manuel au cas-où). De plus, accompagnant le véhicule, DHL a introduit un élément nouveau, à savoir la *parcelstation* (ou *paketstation*). Il s'agit d'une station permettant non seulement de recevoir et stocker les colis, mais aussi et surtout de servir de dock d'amarrage au drone. Le véhicule se pose sur le toit de la station, et il est chargé (en colis) et rechargé (en énergie) par ce biais. Avec cette troisième phase DHL voulait tester l'implémentation de ce véhicule au sein de la chaîne logistique de livraison plus complète : depuis l'entrepôt vers une *paketstation* en altitude. Ainsi, l'objectif était de démontrer l'intérêt des drones pour délivrer les zones éloignées ou inaccessibles, ainsi que de tester le fonctionnement du drone intégré à un système complet et intégré dans la chaîne logistique.



© DHL

À gauche, le quadricoptère utilisé dans les phases 1.0 et 2.0 des expérimentations de DHL. À droite, le Paketkopter et sa Paketstation, utilisés lors de la phase 3.0



Pour la phase 3.0, DHL a communiqué le chiffre de 130 paquets livrés en 3 mois. Mais il est toutefois important de bien remettre les choses dans leur contexte. L'expérimentation DHL prenant tout son sens ici, car elle permettait, depuis la vallée, de livrer en quelques minutes un village en altitude, dans des conditions souvent défavorables. Hors, ici, lors de la première démonstration de l'engin en Janvier 2016, le drone n'a pas été en mesure de décoller. Cette expérimentation illustre les difficultés d'application qui existent encore actuellement.

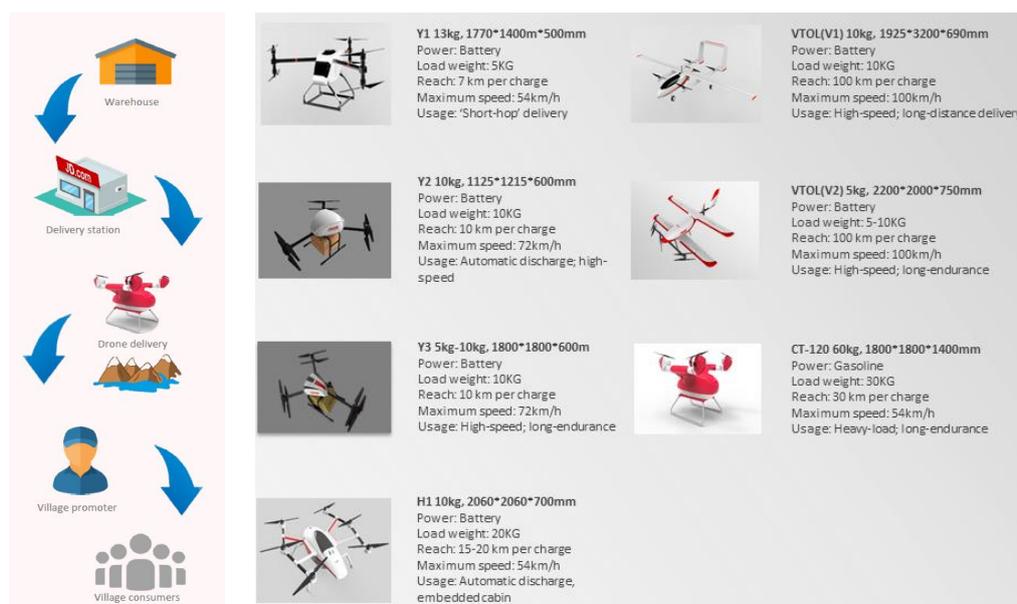
Une gamme de drones parée pour affronter tous les cas de figure : le pari de JD.com

En Chine, la problématique du dernier kilomètre peut prendre une toute autre dimension du fait de la superficie du territoire, la taille de la population rurale (600 millions de personnes¹⁷) et des conditions d'accessibilité à ses territoires. Le drone peut être une solution de choix pour élargir le périmètre couvert par les acteurs économiques du pays.

Jingdong (JD.com) deuxième e-commerçant du pays, a vu dans les drones un moyen très efficace pour atteindre les recoins les plus reculés de Chine et les endroits les plus difficiles d'accès. De plus, l'entreprise a annoncé directement qu'elle ne voyait pas les drones comme des « livreurs », mais bien comme un moyen de relier de manière plus efficace et efficiente les entrepôts (pour les gros colis) ou les hubs centralisateurs (pour les plus petits colis dans les petites localités). Le hub centralisateur est géré par un employé de la firme pour réceptionner et livrer les colis depuis une zone spécifiée (située dans le village) vers les personnes de ladite localité. Il est question ici de « *village promoters* ».

Les tests de drones de JD.com ont commencé en novembre 2016, à l'occasion du Singles Day (11/11/2016). JD.com proposait des livraisons par drones dans les zones rurales de 4 provinces, Pékin, Guizhou, Jiangsu, et du Sichuan, en utilisant alors leur réseau de « *village promoters* ». Aujourd'hui, les réseaux de drones ont été implantés à basse altitude, rendant possible des livraisons plus régulières. Pour arriver à ce résultat, JD.com a dû négocier des espaces de circulation très stricts avec les autorités chinoises de l'aviation. Ce sont donc, actuellement, une soixantaine de liaisons qui « fonctionnent de manière régulière » (selon un communiqué de JD.com) dans ces quatre provinces. L'intérêt dans le business model que cherche à mettre en place durablement JD.com se situe bien entendu dans la forme des livraisons, mais aussi dans la flotte de drones qu'ils mettent en place. Ainsi, JD.com utilise différents types de drones en fonction du chargement à livrer (voir figure ci-dessous). Ils ont annoncé vouloir mettre en place des drones capables de transporter des chargements d'1 tonne d'ici 3 à 4 ans.

Schéma de principe et déclinaison de drones de JD.com



© Jingdong

¹⁷ En 2016, ce sont 43% de chinois qui vivent en zone rurale (source : banque mondiale). La Chine compte sur la même période 1,4 milliard d'habitants (source : banque mondiale). Ce sont donc 600 millions de chinois qui habitent en zone rurale.

Impacts et questionnements sur la technologie

Les solutions du dernier kilomètre prennent donc des formes qui peuvent être très similaires dans leur conception, mais être mise en place de manière parfois fondamentalement différente par les différents acteurs économiques concernés.

+	?
<p>DRONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capables de fonctionner à un très haut niveau d'automatisation plus facilement que les véhicules terrestres. • Desservir des zones difficilement accessibles autrement : zones qui demandent beaucoup de moyens et/ou coûtent très cher à desservir. • Livrer plus rapidement. C'est l'exemple du test d'Amazon. 	<p>DRONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Environnement aérien à risque (faune aérienne, lignes hautes tensions, etc.), • Acceptabilité : exemple de la livraison urbaine qui est très éclatée en ville... Quelle sera l'acceptabilité avec plusieurs dizaines de drones en vol ? • Les drones ne peuvent transporter que de petits voire de très petits colis (aujourd'hui entre 2 et 5kg pour le maximum) • Autonomie réduit leur aire de livraison. • Dépendants de l'infrastructure. Nécessite des stations de livraison... Ou bien d'avoir un espace assez grand pour que le drone puisse s'y poser (grand jardin, grande place, parc...)
<p>VUL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organisation centralisée des tournées de livraison : peut participer à réduire les erreurs et à fluidifier le processus. • À terme l'objectif est mettre en place des VUL sans chauffeur. Il est donc question de pouvoir s'orienter vers des livraisons toute la journée, mais aussi en soirée, sans restrictions sociales par exemple. • Coût d'exploitation réduit ? (moins de main d'œuvre) 	<p>VUL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ne sauraient être opérationnels sans l'aide de l'Humain : • A ce jour, il n'existe pas d'interface efficace et entièrement automatisée pour permettre de livrer directement chez le client. • Navigation : le système n'est pas encore fiable à 100% et ne fonctionne que sur des espaces précisément cartographiés et délimités (transformer l'espace ouvert en espace fermé en quelques sortes). • L'absence d'interface entre le véhicule et le domicile du client oblige donc le client à se déplacer pour récupérer sa marchandise : ce qui revient à réduire la qualité du service. • Nécessite, à terme, de gros besoins en infrastructures, notamment des espace de stockage au plus proche des zones de livraison pour être efficace.



7. Le(s) dernier(s) mètre(s) : « simplifier » la livraison urbaine

L'optimisation des derniers mètres est le cœur du métier de chauffeur-livreur. Très souvent les trajets à effectuer sur les tournées peuvent être optimisés par le GPS ou d'autres outils fournis au chauffeur. Toutefois, les situations de livraison sont multiples et peuvent s'avérer complexes. Le chauffeur-livreur dispose de la capacité à s'adapter et à réagir en fonction de ces situations pour gagner du temps. Si la problématique du « dernier kilomètre » impose des réflexions en termes d'organisation des tournées, la problématique du « dernier mètre » en représente un rouage. Le panel de solutions qui portent sur ce dernier maillon reste limité. En revanche, elles sont portées par un très grand nombre d'acteurs, nouveaux ou anciens. Cela laisse supposer que ces solutions représentent un certain intérêt.

Type de solutions et degré de maturité actuel

- Robot de livraison autonome : Tout autonome. Ces petits robots sur roues se présentent sous différentes formes et visent à permettre la livraison de petits colis ou de petites quantités de marchandises sur de courtes distances. Ils sont ainsi programmés pour évoluer dans un secteur précis. Le robot est alors chargé à l'entrepôt ou bien directement chez l'expéditeur (restaurant, boutique...), et il est ensuite chargé d'acheminer la marchandise jusqu'au domicile du client. Une fois sur place il envoie un SMS, sur le même modèle que le VUL automatisé, pour que le client vienne chercher sa marchandise devant chez lui, ou bien en bas de son immeuble. À l'état expérimental.
- Solutions hybrides – VUL manuel + robots de livraison automatisés : Le VUL est piloté manuellement, le robot est tout automatisé. Ces véhicules agissent comme des « ruches mobiles ». Une fois que le livreur a atteint une zone où il doit effectuer plusieurs livraisons, il libère alors les robots qui vont livrer une partie de la marchandise, pendant qu'il livre lui-même un colis. De cette façon, le livreur est plus efficace et chaque arrêt est optimisé. Entre l'état conceptuel et l'expérimentation.

Domino's Robotic Unit, ou DRU



© Domino's Pizza Enterprises

À gauche, le robot livreur mis au point par Domino's Pizza. Le concept et la base du robot leur sont venus d'un robot d'entraînement militaire (Marathon Targets). À droite, un robot livreur qui peut transporter jusqu'à 100kg.

Robot de livraison de la firme japonaise ZMP



© ZMP

Van de livraison hybride de Mercedes-Benz (VUL), en association avec Starship (robots)



© Mercedes-Benz



Exemples

Parmi les solutions mises en avant sur les derniers mètres (ou sur le dernier kilomètre), on voit apparaître de très nombreuses start-up, mettant sur la marché autant de versions de robots de livraison. Pour les illustrer, et illustrer les différentes méthodes d'intégration de ces solutions, nous prendrons ici les exemples de Starship et de JD.com qui concernent la livraison de courses alimentaires et de colis.

Les robots de Starship : la livraison de plats et de courses à domicile réinventée

L'expérimentation a pris place dans le Borough de Greenwich à Londres (*NB* : territoire d'expérimentation du projet GATEway). Depuis le 1^{er} décembre 2016, les restaurants faisant partie du réseau Just Eat se sont vus proposer d'utiliser les services de livreurs robotisés. Just Eat est une société de commande de nourriture en ligne. Elle permet de centraliser un ensemble de restaurateurs proposant un service de livraison. Ainsi, pour cette expérimentation, Just Eat a intégré le robot livreur dans le système, permettant alors aux restaurateurs de son réseau de choisir de livrer à l'aide du petit véhicule, plutôt qu'avec ses livreurs. Les robots sont équipés de 6 roues, et peuvent se déplacer à une vitesse moyenne de 6 km/h (16 km/h normalement). La vitesse a été volontairement bridée pour l'expérimentation, notamment compte tenu de l'environnement de circulation du robot. D'une capacité d'emport de 10 kg, il lui est aussi possible de monter et de descendre les trottoirs. Son périmètre d'action s'étend sur un rayon de 4 à 6 km.

Les robots sont stationnés à un point central du Borough et sont ainsi « appelés » par les restaurateurs désireux d'utiliser le robot pour effectuer une livraison lors de la prise de la commande. Ainsi, durant le temps de préparation du plat, le robot effectue le trajet jusqu'au restaurant où il sera chargé. Et poursuivra son chemin jusqu'au domicile du client. Le client pourra ensuite déverrouiller le conteneur au moyen d'un code à entrer sur l'application Starship qu'il aura pu préalablement installer à la suite d'instructions reçues par SMS.

L'expérimentation a été menée sur le même type de territoire que l'expérimentation d'Ocado : il s'agit d'un territoire mixte, intégrant des composantes piétonnes, automobiles etc...

Il est toutefois nécessaire de préciser que, bien que le robot soit conçu pour être autonome (à terme, il est question pour un opérateur humain de superviser à distance une centaine de petits robots), les véhicules restent pilotés à distance par un opérateur situé en Estonie. Ils ont la capacité de naviguer de manière autonome, mais lorsqu'un obstacle survient, ils demandent à l'opérateur de reprendre le contrôle. De plus, une personne est, pour l'instant, obligatoirement présente dans le sillage des appareils pour surveiller qu'ils ne soient pas vandalisés ou bien qu'ils ne blessent personne. Ici, l'idée de Starship ne serait pas de vendre des flottes de robots, mais de commercialiser les services de l'entreprise en louant les flottes, mais aussi en commercialisant le service de gestion de flotte qu'il y a derrière.

Cette expérimentation n'est pas la seule à avoir été mise en place par la « jeune pousse » d'Ati Heinla puisque d'autres ont été menées partout en Europe, en Allemagne, aux Pays-Bas etc... ainsi qu'aux États-Unis.



Robot de livraison mis au point par Starship, circulant dans les rues londoniennes du Borough de Greenwich.



L'objectif est donc d'impliquer un grand nombre d'acteurs correspondant à plusieurs types d'activité commerciale : livraison de nourriture, livraison de courses etc... pour observer les retombées et communiquer sur ce type de solutions. Dans un second temps, ces expérimentations visent à mesurer l'accueil qui est fait à cette technologie auprès des professionnels, qu'il s'agisse des restaurateurs, des compagnies de livraison de nourriture, ou encore des chaînes de supermarchés. Dans ce contexte particulier, il s'agit de mesurer (et de démontrer) l'intérêt de ces véhicules en comparaison aux livreurs « conventionnels », ainsi qu'auprès des clients de ces livraisons. Enfin, pour l'ensemble des acteurs l'objectif est surtout de voir comment la coopération se met en place et comment cette technologie peut s'insérer dans un environnement réel.

L'expérimentation est toujours en cours. L'appétence des professionnels impliqués dans le test semble plutôt bonne puisque sur une année, avec une flotte d'une douzaine de véhicules, ce sont en tout plus de 1 000 livraisons qui ont été effectuées avec succès, tout en prenant en considération les conditions d'expérimentation. Les différents acteurs ont exprimé leur intérêt pour cette technologie, aussi bien avant, qu'après les expérimentations.

L'expérimentation de JD.com : la livraison de colis par robot

Ici l'expérimentation a pris place le 18 juin 2017, dernière journée des soldes du site. Elle a permis de tester les petits véhicules électriques mis au point par JD.com. Ils sont équipés de quatre roues, et peuvent contenir jusqu'à 5 colis. Ils peuvent se déplacer à une vitesse d'environ 15 km/h au maximum. En une charge, le véhicule est alors capable de parcourir un maximum de 20 kilomètres. Il peut descendre et monter les trottoirs. Le robot peut être chargé dans les entrepôts de la marque, ou par un *retailer* pour ensuite entamer sa mission de livraison. Lorsqu'il arrive à destination, il prévient le client à l'aide d'un message contenant un QR code permettant de déverrouiller le casier pour récupérer la marchandise. Ces petits engins embarquent aussi une technologie de reconnaissance faciale offrant la possibilité au client de déverrouiller l'accès à son contenu par ce biais.

L'expérimentation a été menée sur des campus universitaires, c'est-à-dire dans des endroits fermés et uniquement accessibles aux piétons, avec un flux régulier mais d'importance moyenne. Cet environnement permet non seulement de desservir des clients enclins à utiliser les services de livraison, mais aussi de tester le robot dans un environnement piéton. Pour l'expérimentation, plusieurs campus ont été choisis: Tsinghua University à Pékin, Renmin people's University à Pékin, Zhejiang University à Hangzhou, Chang'an University à Xi'an.

Les objectifs annoncés par la marque étaient clairs : mesurer les économies possibles en utilisant ces véhicules et leur impact sur la productivité. À l'origine (lors des premières expérimentations en 2016), chaque véhicule coûtait l'équivalent de 74 500€ (88 000\$) à la production. Aujourd'hui, le coût est évalué entre 6 700€ (7 900\$) et 8 200€ (9 600\$).

Les robots de livraison de JD.com



DR



Impacts et questionnements sur la technologie

+	?
<ul style="list-style-type: none"> • Le dernier kilomètre est un des maillons les plus problématiques et les plus chers de la chaîne. En réduisant le nombre de livreurs sur ce maillon, le coût s'en retrouverait réduit, en particulier pour la LAD. • Le robot peut travailler 24h sur 24, 7 jours sur 7, sans interruption • Combiné à d'autres solutions (VUL piloté par un livreur par exemple), les « armées » de robots optimisent les tournées de livraison au départ du véhicule. En un arrêt, le VUL effectue plus de livraison en un temps réduit. • Ces solutions autonomes déterminent elles-mêmes leur itinéraire grâce à leur intelligence artificielle sans personne pour s'orienter dans la ville... 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessitent encore l'assistance de l'Humain pour fonctionner. • Ces robots sont cantonnés à des périmètres cartographiés au centimètre près (cartographie haute définition).

8. Les aides à la conduite ou ADAS¹⁸

Pour clore cette revue de solutions, il est nécessaire de rappeler l'important rôle des systèmes d'aide à la conduite. Certains de ces systèmes sont anciens, comme le régulateur de vitesse par exemple, inventé en 1945 et commercialisé pour la première fois en 1958 par Chrysler.

Les ADAS sont essentiels car ils représentent différentes briques et différents pans de l'automatisation que l'on retrouve sur certaines des solutions présentées ici. Ils permettent, chacun à leur manière d'automatiser un ou plusieurs composants parmi les différents processus inhérents à la conduite.

Ils ont, été progressivement intégrés aux solutions conventionnelles de la *supply chain*, et notamment sur les différents véhicules : depuis le régulateur de vitesse, jusqu'au système d'aide au stationnement, en passant par la boîte de vitesse automatique etc... Toutes ces solutions représentent des solutions partiellement automatisées qui, déjà aujourd'hui, sont intégrées dans la *supply chain*.

Quelques exemples de systèmes d'aide à la conduite utilisés en transport et en logistique

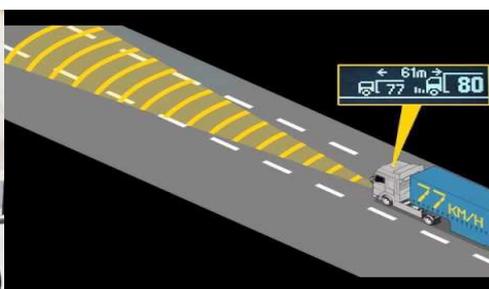
- ABS : Il s'agit là d'un système d'aide à la conduite très répandu depuis les années 90. Il permet, lors de freinages d'urgence, de ne pas bloquer entièrement les roues, permettant au conducteur de garder le contrôle de son véhicule.
- Boîte de vitesse automatique : Sur les véhicules équipés de ce type de système d'aide à la conduite, le conducteur n'a plus besoin de passer les rapports. Cette action est automatisée.
- Régulateur de vitesse actif (ou *Adaptive Cruise Control*): Cet ADAS fonctionne comme un régulateur de vitesse conventionnel, excepté que le véhicule peut ajuster la vitesse tout en conservant le seuil maximal fixé. Le système utilise des radars placés notamment à l'avant du véhicule pour adapter la vitesse du véhicule. Ainsi, s'il détecte un ralentissement, il réduira sa vitesse pour conserver la distance de sécurité.
- Assistance électrique (vélo) : Le vélo à assistance électrique est là aussi un bon exemple d'aide à la conduite. Il permet de réduire considérablement l'effort fourni par le cycliste en alimentant électriquement le mécanisme.
- Assistance au stationnement : Apparue en 2010, ce système permet de faciliter le stationnement. Il s'agit ici d'automatiser la direction de la voiture durant le stationnement, laissant le contrôle de l'accélération et du frein à l'utilisateur.
- Système de détection de collision et de freinage automatique : Fonctionnant uniquement en ville aujourd'hui, ce type de système permet de détecter les piétons grâce à des systèmes de vision par ordinateur (que l'on retrouve sur les véhicules autonomes et automatisés). Le système détecte le piéton et, si le conducteur ne réagit pas, cela active le freinage d'urgence.

Vélo de livraison à assistance électrique



© La Petite Reine

Adaptive Cruise Control



DR
Implanté notamment sur les camions Volvo début 2015

¹⁸ Assisted Driver Assistance System

Partie 2 : Un secteur dynamique, des solutions nombreuses. Des perspectives pour demain ?

À l'aune de ce panorama de solutions, le phénomène d'automatisation, d'autonomisation paraît s'amplifier à l'aune d'un marché allant du concept à la solution industrielle.

« Tous les secteurs qui brassent des dizaines de milliers de références et qui livrent différentes typologies de clients font le grand saut de la robotisation » Jean-Michel Guarneri, ASLOG

Depuis les drones, jusqu'aux poids lourds, en passant par les transstockeurs en entrepôts ... il semblerait que ces solutions puissent devenir A TERME les standards sur leur maillon de la chaîne logistique. Il est question de hausse de la productivité, de réduction des coûts, d'impacts positifs sur l'environnement, etc. Toutefois ces solutions posent autant de questions qu'elles ne laissent entrevoir d'avantages. Par exemple, entre 2015 et aujourd'hui, les industriels prévoyaient l'arrivée sur le marché de véhicules autonomes entre 2020 et 2025, la « saturation » du marché était prévue pour 2060... La réalité est bien plus complexe.

« C'est une question qui reste vraiment difficile. Pour être honnête : nous n'avons pas de vision précise entre 2020, 2022, 2030 » Philippe Gache, LUTB

Dans cette partie, il est question de se projeter dans un futur où la chaîne logistique serait robomobile, et ce avec prudence, cra très incertain. L'exercice prospectif est nécessaire pour avoir une vision de la manière dont ces différentes solutions pourraient impacter l'univers logistique, et plus généralement la société de demain.

1. Une chaîne logistique automatisée, on a tous à y gagner

Une fois l'euphorie technologique et l'effet de communication passés, il s'agit d'aboutir à un modèle industrialisée qui puisse se développer à grande échelle. En effet, ces solutions présentent les avantages propres à la mise en place d'outils hautement automatisés : de meilleurs rendements, moins de main d'œuvre etc... Cela renvoie directement à tout un panel d'avantages à même d'améliorer les conditions générales d'exercice de l'activité logistique et/ou de transport.

Des solutions sources de croissance, de productivité et de réduction de coûts

Lorsque l'on évoque la robomobilité dans l'activité logistique, cela fait rapidement écho, à un potentiel gain de productivité. Il devient possible d'imaginer les produits ou les colis acheminés à grande vitesse vers la zone de préparation de commande où un bras robotisé se charge de tout préparer, rendant le paquet prêt à l'envoi en quelques minutes par exemple.

« Là où un préparateur de commandes « dans le monde ancien » réalisait jusqu'à 120 picks à l'heure, on peut facilement traiter plus de 600 picks à l'heure avec l'assistance de solutions goods to man » « Avec l'assistance de solutions goods to man, [...] il est possible de générer des flux de productivité augmentés. Et si l'on peut aller jusqu'au bout, la préparation de commandes peut être également robotisée » Jean-Michel Guarneri, Aslog

De plus, en réduisant les coûts, il devient possible de produire plus pour le même prix... voire plus pour moins cher. L'avancée technologique et la volonté d'automatiser vont dans ce sens.

« [...] si [la robomobilité logistique] se développe, c'est parce qu'il y a des gisements en termes de diminution des coûts » François Combes, Ifsttar

Aujourd'hui, des débuts de solutions, et notamment des systèmes ADAS déjà déployés ont montré leur efficacité. Par exemple, le vélo à assistance électrique ou le véhicule électrique ont permis à des acteurs comme La Poste d'améliorer les rendements de leurs tournées, puisque le VAE couvre des distances plus longues et garde la flexibilité du vélo.

Des outils robomobiles complémentaires pour des opérateurs plus efficaces

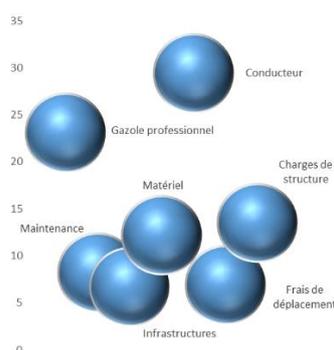
Dans ce but, les acteurs économiques voient les solutions robomobiles comme un bon moyen d'améliorer leur activité. Cette amélioration pourrait alors s'exprimer de plusieurs façons. Dans un premier temps, il est question de solutions robomobiles mixtes, qui permettent non pas d'automatiser en totalité le processus logistique, mais d'automatiser les processus productifs, certains de leurs composants, voire certaines tâches, permettant ainsi de lisser l'ensemble. C'est l'objectif des solutions *goods to man*, ou encore des camions semi-autonomes. Dans cette configuration, l'Homme reste indispensable, et la réduction des coûts ne proviendrait non pas de l'économie faite sur le coût de l'Humain, mais bien de sa capacité à produire plus efficacement. Il s'agit d'un chemin accessible à court ou moyen terme.

« Il s'agit de rendre l'Humain plus productif, [...] lui permettre de faire plus d'actions, dans la même durée de temps. Ainsi, chaque opération coûte moins cher » F. Combes

Améliorer la productivité tout en supprimant le coût salarial

L'autre cas de figure serait la mise en place de solutions totalement automatisées. La réduction des coûts se ferait directement sur l'économie de main d'œuvre. En imaginant les solutions robomobiles comme moins chères que l'Humain, il devient aisé d'imaginer comment la réduction de la masse salariale permettrait de diminuer les coûts associés : directs (salaire etc.), comme indirects (temps de travail limité, congés etc...). On peut prendre l'exemple du coût des chauffeurs dans le transport longue distance qui représente jusqu'à 30% du coût du transport en France (source : comité national routier). J Woodrooffe évoque une économie de 40 à 60% sur la facture grâce aux économies de salaire, de rallongement des distances possible, de coût de stockage [Movinon2017].

Longue distance 40T : répartition des charges en 2017 (% ; indices CNR)



Source : CNR © IAU îdF

Dans la même logique, en retirant de l'équation le facteur humain, il devient possible de faire fonctionner les machines 24h sur 24, 365 jours par an... pour peu que la maintenance suive la cadence. Il devient possible de produire sans interruption et à des coûts relativement plus faibles. De plus, en conservant l'exemple du camion 100% autonome, il est possible d'imaginer des véhicules dénués de cabine de conduite, et donc, pouvant transporter plus de marchandises. Ainsi, il deviendrait possible de produire à des cadences plus élevées et plus efficacement.

Un transport plus vert... mais surtout des gains substantiels sur le carburant

Avec l'arrivée de ces nouveaux véhicules, il existe aussi une volonté de mettre en place des moyens de transport de marchandise plus propres. L'utilisation de modèles électriques, ou de convois de camions, moins consommateurs de carburant soutient cette logique. Toutefois, il s'agit ici moins d'un atout de réduction de l'impact écologique des transporteurs que d'un moyen supplémentaire de réduire les coûts et d'améliorer la rentabilité des voyages. En effet, pour le transport longue distance par exemple, les intérêts de productivité rejoignent directement les intérêts écologiques. Réduire la consommation de carburant permet de servir les deux propos : selon le comité national routier, le gazole professionnel représente 23% du coût du transport longue distance. Ainsi, en impactant ce poste, il est possible d'impacter fortement la rentabilité et la productivité de l'activité.

Le *platooning* serait un bon moyen d'optimiser la consommation de carburant à l'avenir. Selon John Woodroffe, la consommation de carburant est réduite de 5% pour le premier véhicule et de 10 à 15% pour ceux qui le suivent.

« [Le platooning] permet de réaliser des gains en termes de consommation. (...) Ces gains dépendent surtout de la distance qui sépare les deux véhicules » P. Gache

Repenser les services offerts : les solutions robomobiles à l'origine de nouvelles formes de livraison

Pour beaucoup d'acteurs, les solutions robomobiles représenteraient un moyen de proposer de nouveaux types de services. C'est par exemple le cas d'Amazon ou de DHL qui cherchent, grâce aux drones, à proposer des livraisons express ou en zones difficiles d'accès. Ou bien encore, il s'agit de l'exemple de *Just Eat* ou d'*Eat24* qui, par le biais de robots de livraison cherchent à trouver un moyen de livrer plus efficacement leurs produits. Le contexte semble propice dans la mesure où les modèles de livraison urbaine s'orientent de plus en plus vers des systèmes de livraison express (livraison en 1h d'Amazon), et de plus en plus personnalisés (modèle AmazonFlex, UberEats, Deliveroo).

L'arrivée de véhicules capables de fonctionner sans assistance humaine ouvre le champ des possibles, et des idées font ou refont surface dans ce contexte d'innovation particulier. En imaginant une chaîne logistique robomobile de bout en bout, il devient possible d'imaginer la mise en place de nouveaux modèles de livraison, en rupture avec les modèles conventionnels actuels.

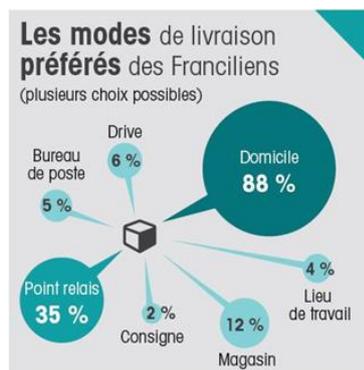
Inscrite dans cette logique, l'arrivée de solutions robomobiles électriques et silencieuses pourrait rendre viable la livraison de nuit par exemple, la circulation de nuit en dehors du temps de travail (des chauffeurs, des sites de destination).

« Aujourd'hui, ce qui empêche de livrer la nuit, en grande partie, hormis le bruit, c'est le fait qu'il n'y a personne dans les magasins [...] pour réceptionner la marchandise » P. Gache

En réduisant la nécessité de la présence humaine sur certains processus, ou sur certains composants du processus (par exemple la conduite et le déchargement de la marchandise), les organisations actuelles de la chaîne logistique seraient remaniées. On peut imaginer par exemple que les livraisons les plus lourdes ne se feraient plus que la nuit. De même, les services express pourraient utiliser le créneau nocturne comme plage horaire possible en admettant que des moyens cobotiques, à l'interface des différents systèmes soient mis en place.

Dans le même ordre d'idée, avec la force actuelle du e-commerce on voit se développer un nouveau paradigme. Il est question pour le client de faire le moins d'efforts possibles pour disposer du produit qu'il souhaite. Auparavant, le client effectuait lui-même le dernier kilomètre en se rendant au magasin. Aujourd'hui, il lui est possible de s'affranchir de cette partie du processus en ayant effectué ses achats en ligne. Pour certains acteurs, les solutions robomobiles permettraient d'aller encore plus loin dans les services de livraison à domicile, en permettant par exemple au client de s'affranchir de toute implication dans le processus.

Les pratiques de livraison des Franciliens



Source : © IAU ÎdF, Chiffres Clés 2016 – FEVAD

Cette tendance se vérifie en observant les chiffres : En Île-de-France, 9 internautes sur 10 achètent sur internet et 88% préfèrent être livrés à leur domicile. Sur la France entière, ce sont 36,6 millions de français qui achètent sur internet (soit 82,7% des internautes), dont 85% préfèrent être livrés à leur domicile. En 2016, ce sont 460 millions de colis qui ont été livrés

« Selon moi il s'agit là du système logistique ultime : un maximum de flexibilité, que le client n'ait pas à anticiper, et qu'il n'ait pas d'effort à faire pour disposer du produit qu'il souhaite » F. Combes

C'est par exemple le cas d'Ocado qui livre directement au sein du domicile et qui teste actuellement des solutions robomobiles dans le cadre du projet GATEway¹⁹. L'objectif serait donc de pousser ce type de modèle jusqu'au bout en s'appuyant sur des solutions robomobiles.

Des solutions plus rapides, plus flexibles et réactives

La course à la réduction des délais de livraison insuffle, là aussi, des idées inspirées par ces solutions. Ainsi, la livraison en 1h d'Amazon ne couvre aujourd'hui que quelques grandes métropoles mondiales. Mais avec l'arrivée de solutions robomobiles de plus en plus flexibles et de moins en moins chères, il serait possible de généraliser ce type de livraison.

« Peut-être que la livraison [en 1h] coûtant très cher ne sera offerte que dans les grandes métropoles françaises/ Mais si demain il est possible de proposer le même service pour un coût de 60% inférieur, il pourra être proposé en petite couronne, en grande couronne, ou dans des villes plus petites. [...] Il ne s'agit pas que de réduire les coûts, mais bien d'attaquer un nouveau marché » F. Combes

Les acteurs voient alors dans ces nouvelles solutions des moyens d'améliorer leurs services et de proposer une logistique et un transport plus agile, pour des coûts fortement réduits. Amazon exprime aussi cette volonté au travers de ses projets de livraison par drones : lors de sa première livraison en décembre 2016, le drone avait livré sa cargaison en 13 minutes depuis la commande jusqu'à la livraison. L'objectif de ces solutions serait donc de voir ce type de performance se généraliser, et de permettre de livrer de plus en plus rapidement sur de plus en plus de territoires.

Le hub de Relais Colis, à Combs-la-Ville



DR

Le hub de Relais Colis trie 21 000 colis/h contre 3 000 sur le hub précédent. « Pour tenir les 24h, les colis peuvent arriver dans le hub jusque 22 heures, contre 18h auparavant ». JS Léridon, Relais Colis. Cette accélération permet des commandes jusqu'au soir pour une livraison en point relais dès le lendemain.

Lors du salon du Bourget de juin 2017, CDiscount a annoncé développer la livraison par drone en centre-ville de produits allant jusqu'à 5kg. C'est le projet Pelican (Projet d'Etude de Livraison de Colis Aérien en Nouvelle Aquitaine)

Le drone pour Cdiscount



© Cdiscount

¹⁹ Greenwich Automated Transport Environment project

De nouveaux outils pour faciliter les process et réduire la pénibilité au travail

En France, 20% des salariés sont exposés de manière plus ou moins importante à des facteurs de pénibilité, défini par l'article L4121-3-1 du code du travail. La filière logistique concentre le plus de risques. En 2014, Altaïr Conseil estimait que 88% des salariés travaillant sur les plateformes logistiques de la distribution étaient concernés par la pénibilité au travail, de même que 76% des individus du transport de marchandises²⁰. Entre 2009 et 2012, elle avait été classée par la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés comme secteur prioritaire dans la lutte contre les TMS.

9 des 10 facteurs de risque d'exposition à la pénibilité retenus par l'Etat : les métiers logistiques concernés

		Métiers et postes de travail les plus exposés dans les entrepôts
TMS (Troubles Musculo Squelettiques)	Manutention manuelle de charges	Préparateurs de commande, agents d'emballage, manutentionnaires
	Postures pénibles	Déchargement de conteneurs de marchandises en vrac, préparateur de commande, filmage manuel
	Travail répétitif	Préparateurs de commande, caristes
	Vibrations	Conduites de chariot élévateurs, de transpalettes électriques
Environnement de travail	Bruit	Postes exposés au fonctionnement des ventilateurs etc. Tout poste subissant les contraintes spécifiques des locaux
	Températures extrêmes	Travail en milieu froid, travail en entrepôt non tempéré lors de fortes chaleurs
	Risques chimiques	
Rythme de travail	Travail en équipes successives alternantes	Postes en entrepôts fonctionnant par exemple en 3*8, 2*8 ou 2*12
	Travail de nuit (21h-6h)	Postes en entrepôts fonctionnant de nuit pour la grande distribution et le commerce de proximité

Source : Guide d'aide à l'évaluation de la pénibilité en logistique – groupe de travail plan régional santé travail 2010-2014 – Rhône Alpes

Le secteur du transport et de la logistique, fortement consommateur de main d'œuvre, implique alors un grand nombre de processus de manipulations influant la pénibilité du travail. Les réflexions sur les TMS et sur la pénibilité y prennent une importance centrale et oblige les différents acteurs à chercher des solutions permettant de lutter contre.

« Pour les chauffeurs livreurs qui répètent [le geste du passage de vitesse] quotidiennement (1 800 rapports de vitesse par jour dans une tournée), des années durant, c'est une source d'usure et de TMS (troubles musculo squelettiques – genou hanche bras) ». Frédéric Delaval (groupe La Poste)

Dans ce contexte, l'automatisation représente un moyen clair de palier à la pénibilité du travail : soit en rendant les tâches moins lourdes pour l'opérateur (goods to man par exemple), soit en automatisant complètement les tâches les plus dangereuses et les plus pénibles.

« Les enjeux et les réflexions autour des TMS font que les solutions de robotisation sont là aussi pour réduire la pénibilité du travail. Il s'agit d'un driver significatif dans les décisions d'automatisation » (J-M. Guarneri)

La législation en vigueur en France est un facteur d'incitation à l'automatisation. En 2014, la loi sur la pénibilité du travail a été revue pour fixer des seuils de pénibilité maximaux. Pour rester au-dessous de ces seuils, beaucoup d'acteurs s'orientent vers l'automatisation de certaines tâches sur la *supply chain*, et notamment dans les entrepôts. Aujourd'hui, la floraison de prototypes de type robots suiveurs, convoyeurs, solutions *goods to man* etc... et l'appétence des acteurs face à ces solutions font écho à cela et évoque un renforcement de cette tendance.

20 <http://transport.sia-partners.com/les-enjeux-de-la-penibilite-au-travail-dans-le-secteur-de-la-logistique>

Manipuler, se déplacer



© JP Muller/ AFP



© Gaël Kerbaol/INRS²¹

A droite : En 2014, sur la plateforme logistique d'Auchan basée à Émerainville, un opérateur parcourait en moyenne 11,8km et traitait 1 000 colis par jour

Des véhicules intelligents et des axes intelligents pour réguler plus efficacement le trafic

Dans le cas spécifique des véhicules autonomes, il s'agit de solutions qui offrent de nouvelles perspectives en termes de régulation du trafic et de gestion de la circulation. Une meilleure régulation du trafic permettrait alors de réduire les effets de congestion présents dans les espaces urbains les plus denses. Cela représente un véritable enjeu quant à l'organisation des flux et la gestion des infrastructures. De nombreux chercheurs estiment tout d'abord que l'arrivée de véhicules autonomes sur nos routes permettrait d'améliorer le flux routier en régulant et en lissant les vitesses pratiquées. Les équipes de B. Piccoli, B. Seibold, J. Sprinkle, and D. Work²³ vont même jusqu'à affirmer que le contrôle intelligent de la vitesse des véhicules autonomes permettrait de considérablement réduire les effets de congestion sur routes. Ils expliquent qu'avant même la démocratisation généralisée du véhicule autonome, le contrôle de la vitesse sur un parc de véhicule autonome de l'ordre de moins de 5% du total du parc motorisé permettrait de marquer une nette amélioration sur la congestion.

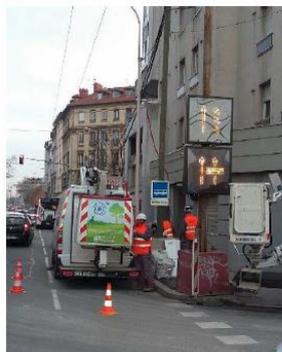
Cette logique se retrouve dans la vision de certains acteurs qui imaginent l'adéquation d'infrastructures intelligentes aux solutions robomobiles renforçant cette idée de fluidification du trafic et de réduction globale de la congestion. Autre atout, celui de pouvoir ré-allouer dynamiquement les voies de façon de façon beaucoup plus avancée que les expérimentations très ponctuelles existantes. Il est possible d'imaginer que les voies de bus seraient utilisées par les véhicules utilitaires entre deux passages par exemple. De ce fait, la route serait utilisée au meilleur de son potentiel sur l'ensemble de la journée.

La réallocation dynamique de voie permettrait une meilleure utilisation de l'espace disponible [en corrélation avec le véhicule autonome] (P.G.)

2 exemples : Barcelone, et Lyon



DR



À Barcelone, les voies à usages multiples (multi-use lane), permettent de réallouer les voies en fonction des besoins sur des créneaux spécifiques.

A Lyon, un test de couloir de bus intermittent dynamique

²¹ Les entrepôts logistiques : la conception se nourrit de l'expérience

²³ D. B. Work et alii, Dissipation of stop-and-go waves via control of autonomous vehicles : Field experiments, Cornell Library University, arXiv.org, 2017, 18pp

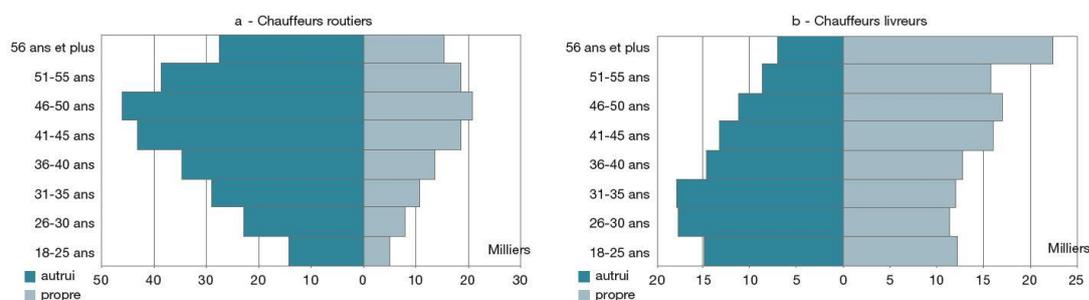
Ainsi, les véhicules autonomes pourraient permettre une gestion plus avancée de la circulation à l'échelle macro. Il est question de pouvoir coordonner les flux de manière à optimiser la circulation sur des autoroutes entières par exemple.

Faire face à la réduction du nombre de chauffeurs

En Europe comme aux États-Unis, l'industrie du transport de marchandises fait face à une baisse du nombre global de chauffeurs pour une offre qui reste la même. Il s'agit d'un secteur globalement vieillissant, où les remplacements se font difficilement aujourd'hui.

Le graphique rend bien compte de cet état de fait. Il permet de visualiser un secteur vieillissant, notamment en ce qui concerne la longue distance et les chauffeurs-livreurs pour compte propre. Ainsi, 31%²⁴ des chauffeurs routiers sont âgés de plus de 50 ans dans le transport en compte propre et 23% sont âgés de plus de 50 ans dans le transport pour compte d'autrui. Dans ce contexte, les solutions robomobiles, et plus précisément les camions autonomes auraient un rôle de contrepois face à cette tendance. Aux États-Unis, comme en France, la pénurie touche particulièrement le domaine de la longue distance, les trajets étant particulièrement complexes à faire accepter aux chauffeurs.

Age moyen des chauffeurs pour compte propre et pour compte d'autrui (DataLab essentiel n°56 –



Source : Insee ; DADS 2013 semi-définitif

2. Demain, les conditions pour deployer la supply chain autonome

Si aujourd'hui le tour d'horizon montre que les solutions sont à l'état de test, la généralisation du modèle semi ou totalement autonome soulève de nombreuses questions.

Lever les verrous présents en environnement ouvert

Dans un entrepôt, une mine, une usine, c'est le gestionnaire du site qui décide de l'automatisation, et en prend la responsabilité car il s'agit d'un espace « privé ». Pour le transport de marchandises, l'environnement est différent car ouvert, partagé, et géré par des collectivités le plus souvent. Déjà sans solutions autonomes, l'environnement de déplacement est complexe. Les mouvements de fret se mêlent aux flux de voitures, de piétons, ... à l'architecture urbaine et des réseaux routiers. Chaque composant de la ville constitue un obstacle potentiel que le coursier maîtrise par sa conduite. C'est cet univers extérieur qui conditionne le déploiement des solutions autonomes parce qu'il faut maîtriser tous les aléas possibles, les mixités d'usage qui expliquent que les fonctions urbaines, de circulation soient régulées par des codes, des normes et des règlements.

« La concrétisation relève plus de la capacité d'un véhicule autonome à évoluer dans des univers régis par des systèmes de supervisions multiples et sous des autorités de

²⁴ Les chauffeurs routiers du transport de marchandises pour compte propre

circulations diverses (par exemple sur la voie publique) que par des contraintes techniques » (O.M.).

La sécurité des biens et des personnes

La sécurité est un vrai défi pour les solutions autonomes. Indépendamment des règles dictées par la puissance publique, les normes privées entrent en jeu. La question juridique et de transfert de responsabilité a été citée lors des entretiens.

« Une chaîne de transport de fret implique que, du chargeur au destinataire, tous les documents aient bien été remplis pour le transfert de responsabilité etc... Il faudrait que la solution autonome soit capable d'exécuter cette tâche » F.C.

Cette question des normes et des réglementations fait dire aux acteurs rencontrés que le drone ne pourra pas se développer de manière industrielle. Ils pourront voler dans un environnement ouvert mais contrôlé par la création d'autoroutes de circulation pour drones volants et ce « *dans des zones qui seront bien identifiées, de plateformes à plateformes, puisqu'il faut une piste d'atterrissage* » (F. Delaval). Quant aux véhicules roulant autonomes – du robot livreur au poids lourds – le code de la route n'intègre pas ces nouveaux outils. Grosso modo les robots livreurs ne peuvent pas circuler sur les trottoirs, ni sur les routes. Des Etats américains et des villes américaines ont autorisé la circulation de robots livreurs sur les trottoirs en tant que dispositif de livraison personnel. D'autres l'ont interdit. Dans les pays signataires de la convention de Vienne sur la circulation routière datant de 1968, tel que la France, un véhicule autonome ne peut circuler s'il n'y a pas un contrôle humain. Cette convention est en cours de révision par l'UNECE.

Dans le tout autonome, la notion de responsabilité est complexe. « *Puisque le bien va circuler tout seul quelles seront les responsabilités s'il disparaît ?* (JMG) La responsabilité sera toujours endossée par une personne humaine, mais laquelle ? Les acteurs des assurances travaillent sur la question.

Tweensheel : le robot suiveur



DR

Tout autonome : qui paiera en cas d'accident ?



FRESCO NEWS/Mark Beach

En 2015, 55 % des Européens se disaient intéressés par l'utilisation d'une voiture autonome (Observatoire Cetelem). La période transitoire durant laquelle véhicules autonomes et standards cohabiteront pose la question des responsabilités. S'agira-t-il du constructeur du véhicule, de l'équipementier, des développeurs de logiciels, les assureurs, la collectivité gestionnaire de la voirie et des ITS associés, les assureurs, le propriétaire, ... ?

« Pour les véhicules semi-autonomes, c'est le conducteur qui est responsable, sauf quand le véhicule va se garer tout seul, auquel cas c'est l'équipementier qui sera mis en cause, jugent les experts d'Exane BNP Paribas. Cependant, on peut imaginer un fonds d'assurance abondé par l'ensemble de la profession afin de financer les compensations en cas d'accident. »

Source Le Monde.fr, 24.03.2016

Les textes relatifs à la circulation des véhicules

La convention de Vienne fait bouger les lignes



États signataires de la convention de Vienne sur la circulation routière. ■ Signé et ratifié ■ Signé mais non ratifié ■ Seulement signé ■ Opposé ■ Non signé
© wikipédia

La convention de Vienne régle la circulation routière depuis 1968. En 2016, l'Unesco a annoncé sa révision afin d'intégrer les systèmes de conduite automatisée qui « seront explicitement autorisés sur les routes, à condition qu'ils soient conformes aux règlements des Nations unies [ONU] sur les véhicules, ou qu'ils puissent être contrôlés voire désactivés par le conducteur ».

La réglementation de l'ONU sur les véhicules dressera la liste des systèmes autorisés, « notamment ceux qui, dans certaines circonstances, pourront prendre la main sur le véhicule, sous le contrôle permanent du conducteur, comme les systèmes veillant au maintien de la trajectoire (pour empêcher un changement de voie accidentel), les fonctions d'assistance au stationnement ainsi que la fonction autopilote sur autoroute (le véhicule se déplaçant de manière automatisée à haute vitesse sur ces axes) ».

En savoir plus sur http://www.lemonde.fr/economie/article/2016/03/24/la-reglementation-internationale-autorise-desormais-la-voiture-autonome_4889485_3234.html#oQCJaXqMMsfA3dkc.99

Circulation sur les trottoirs, quelle réglementation ? Le robot livreur un piéton droïde ?

Selon l'article R412-34 du code de la route (modifié par le décret n°2010-1390 du 12 novembre 2010), les trottoirs sont réservés aux piétons et aux seuls enfants de moins de 8 ans qui circulent à vélo, au pas. Les piétons incluent les personnes qui conduisent une voiture d'enfant, de malade ou d'infirme, ou tout autre véhicule de petite dimension sans moteur, les personnes qui conduisent à la main un cycle ou un cyclomoteur, les infirmes qui se déplacent dans une chaise roulante.

Les véhicules de petite dimension dotés d'un moteur électrique (trottinettes, gyropodes, ...) sont interdits de circulation dans la rue, sur la chaussée. Le code de la route ne dit rien quant à leur circulation sur trottoir. Mais un avis de la commission européenne les exclut des véhicules à moteur s'ils ne dépassent pas 6km/h (article 1 de la directive européenne 2002/24/CE du 18 mars 2002). Conséquence : on peut « par défaut » les classer dans les véhicules de petite dimension sans moteur et les faire circuler sur trottoir. Cela n'empêche pas de le leur interdire comme à Barcelone...

Source : <https://www.humanite.fr/circulation-sur-les-trottoirs-du-pieton-aux-hoverboards-quelle-reglementation-643651>

Poids, nombre de roues : ce que dit le code de la route un casse-tête réglementaire

Si le robot de livraison n'est pas intégré expressément (le terme « robot de livraison ou véhicule autonome, ... n'apparaît pas en tant que tel), il pourrait être classé dans :

La catégorie N ou L6e (article R.311-1 du Code de la route) qui vise tout véhicule à moteur à quatre roues dont le poids à vide n'excède pas 425 kilogrammes, la vitesse maximale est comprise entre 6 km/h et 45 km/h.

En France, les robots de livraison pourraient être assimilés à des « véhicules à roues » si on se réfère à l'accord de New York du 16 octobre 1995 en lien avec la sécurité routière, la protection de l'environnement et l'économie d'énergie. Mais, les robots de livraison ne sont pas assimilés à des véhicules à roues homologués, selon l'auteur.

Ainsi, faute de réglementation spécifique sur les robots de livraison et d'homologation, les robots de livraison dont la vitesse n'excède pas 6 km/heure ne sont pas assimilables en l'état de notre réglementation à des piétons.

Seuls les dispositifs de déplacement personnel (trottinettes électroniques non homologuées, ...) sont intégrés dans la réglementation portant sur les piétons.

<https://www.alain-bensoussan.com/avocats/robot-de-livraison-reglementation/2017/06/30/>

Aux Etats-Unis : oui et non

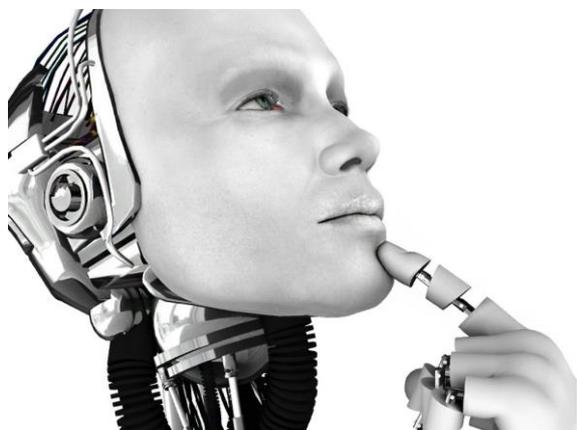


A Washington - Joe Flood/Flickr

L'Etat de Virginie, a adopté une loi (entrée en vigueur le 1er juillet 2017 ([Electric personal delivery devices](#)) pour permettre aux dispositifs de livraison personnelle d'opérer sur tout le territoire de l'Etat du Commonwealth. Les robots de livraison sont qualifiés de « dispositifs électriques de livraison personnelle ». Ils peuvent circuler « sur les trottoirs et les chemins d'utilisation partagés et sur les routes sur les passages pour piétons dans le Commonwealth, sauf interdiction contraire d'une localité ». Par contre ils ne sont pas considérés comme des véhicules. **“Electric personal delivery devices. Allows for the operation of electric personal delivery devices on the sidewalks and shared-use paths and across roadways on crosswalks in the Commonwealth unless otherwise prohibited by a locality. The bill directs that such devices shall not be considered vehicles and are exempt from the motor carrier provisions of Title 46.2 (Motor Vehicles). This bill is identical to SB 1207. »** L'Idaho et la Floride ont suivi ce chemin. Washington, Redwood City favorisent les expérimentations de robots-livreurs sur leur espace urbain quand d'autres prévoient de les interdire sur les trottoirs, comme San Francisco, pour risque d'accident important.

Source : <https://www.alain-bensoussan.com/avocats/robot-de-livraison-reglementation/2017/06/30/>

En 2017, L'homo sapiens reste une valeur sûre ...



« L'état de la science du véhicule autonome ne permet pas de mettre un véhicule sur la route sans chauffeur, ou sans quelqu'un pour le monitorer, en toute confiance » (P.G.)

DR

« Il paraît difficile de voir disparaître définitivement l'opérateur, ne serait-ce que pour la livraison urbaine ». L'humain garde sa place, en particulier sur les premiers et les derniers mètres, les derniers « pas ». L'efficacité du coursier reste inégalée pour s'adapter aux contraintes des flux et de livraison. Un chauffeur ne fait pas que conduire son véhicule. Il prend des décisions.

« Le livreur est multitâche. Il entre dans le magasin, pose les colis, prend la signature et repart... le tout en quelques secondes. Là où il fait une livraison, en s'adaptant au contexte, le robot devra faire peut-être 2, 3, 4 fois la même livraison... L'exemple est volontairement caricatural, mais c'est cette flexibilité qui permet au coursier de faire 100 livraisons dans la journée » (F.C.).

L'intelligence humaine permet d'évoluer dans un univers où les obstacles sont multiples. L'intelligence artificielle doit être configurée en intégrant tous ces paramètres. Que fera le robot livreur pour gérer les échecs de livraison ?

« Il est question de machines qui doivent se déplacer sur des trottoirs avec plein de monde, et doivent monter des escaliers... En réalité il reste à prouver qu'elles seraient capables de faire ce que fait aujourd'hui un livreur » (F.C.).

Et, quand la performance est assurée par l'être humain de surcroît moins coûteux que la machine, l'intérêt pour l'automatisation est moindre à court terme. La performance globale du système pourrait diminuer...

« Pour que le robot remplace l'humain, il faudra qu'il soit RÉELLEMENT moins cher pour compenser la diminution de performance. Il est difficile de savoir si elles coûteront à l'avenir moins cher qu'un Humain ». (F.C.)

L'acceptabilité sociale : Un coursier humain ou un coursier robot ?



DR



© Boston Dynamics

La question est différente pour l'autonomisation des entrepôts car les gains de productivité sont déjà réels et nets, grâce aux solutions *goods to man*. Mais, indépendamment des compétences qui sont amenés à évoluer, la question de la disparition d'emplois remplacés par des robots est récurrente. Les chiffres sont très variables. Pour reprendre le rapport alarmant du FIT, de l'OCDE sur les transports qui explique que sur 3 millions d'emplois il n'en restera plus que 900.000 dans 10 ans » (P.G.). Cette estimation est critiquable mais sensibilise certains publics. C'est la question de l'acceptabilité sociale pour ces technologies qui entrent en jeu. L'acceptabilité doit aussi venir des communautés de professionnels en présence. Par ailleurs, pour de nombreux opérateurs de transport, le coursier livreur représente la société. Il est le moyen de garder un contact avec le client.

... qui nécessite d'être formé, reformé

Abstraction faite de cette supériorité de l'humain sur la machine, la question de l'impact sur l'emploi, les métiers et de fait la question des formations, est essentielle.

« Le débat de l'automatisation existe depuis longtemps et pourtant il n'a pas fondamentalement changé l'équilibre économique malgré les vagues d'automatisation successives » (F.C.).

L'automatisation, l'autonomisation, intelligence artificielle, systèmes apprenants ont, à court et moyen terme, besoin de l'intelligence humaine. Des compétences sont amenées à se renforcer, d'autres à évoluer, ou à disparaître. Pour les acteurs économiques, ces changements doivent être anticipés, en réinventant les formations existantes, ou en renforçant leur volet technologique. Autonomisation, intelligence artificielle, droit, assurance, urbanisme, mécanique, sécurité, architectes *supply chain*, capables d'identifier les besoins en termes d'architecture à différentes échelles (locales, régionales, nationales, internationales), mise en place de *process*, ... Tout ce qui est impacté par la robomobilité nécessite d'être pris en compte en formations initiale et continue pour les personnes qui se destinent à travailler dans la sphère privée ou dans la sphère publique (au sein des collectivités par exemple). Plusieurs filières et degrés de compétences sont concernés. Cette action rejoint des enjeux d'ordre économique, social et sociétal.

« L'autonomisation logistique nécessite de travailler sur les ressources humaines existantes, les écoles pour appréhender ces nouveaux concepts, ces nouvelles technologies. » (...) Il sera nécessaire d'avoir des spécialistes de ces technologies pour pouvoir les maintenir, les faire évoluer et les monitorer. Enfin, tous ces systèmes devront être protégés contre les attaques digitales » JM. G.

3. Anticiper, investir, industrialiser : des étapes à franchir

« Promouvoir le développement de ces technologies sur le territoire participe à construire un écosystème favorable à cette technologie ». FC

En passer par les tests

Pour l'instant, des solutions autonomes - au sens strict - en environnement ouvert sont à l'état de prototype. Le modèle n'est pas viable techniquement et économiquement. Mais cette étape est

indispensable pour tester en conditions quasi réelles en environnement ouvert ou fermés et contrôlés, pour éprouver, améliorer les solutions, et pour donner à voir aux acteurs publics, aux usagers.

« La filière de l'intelligence artificielle a besoin d'un « terrain de jeu » pour pouvoir se développer » (F.C.).

Et le fait de tester sur des territoires en France est un moyen pour ces entreprises - startups ou grands acteurs - de se positionner sur un marché qui sera nécessairement international.

« Il faut favoriser l'expérimentation rapidement, de manière à apprendre et à ce que la France soit bien positionnée en termes de champions sur le sujet » (P.G.)

Identifier le marché

En 2017, il est difficile d'avoir un positionnement industriel sur les VA dans la mesure où nous en sommes aux balbutiements. Le déploiement dépend des utilisateurs, mais l'investissement est tel que cela peut ralentir les vocations.

« La concrétisation des solutions autonomes dépend de la valeur ajoutée qu'elle apporte aux clients (chargeurs, prestataires logistiques et transporteurs) à savoir un gain de coût et/ou une amélioration de la performance de la chaîne logistique. Sans cela ces solutions ne se concrétiseront pas ». (F.C.)

Un écosystème industrialisé à construire

Un industriel qui développe un outil a besoin que les filières de production, de maintenance, de distribution, de recyclage soient structurées et pérennes. Les solutions en milieu ouvert n'en sont pas à ce stade. Le background est finalement récent et les freins, nombreux, couvrent des domaines très variés. Plus globalement, c'est la constitution ou la reconstitution de l'outil industriel en France, associé à tous les composants pour les solutions robomobiles – incluant les véhicules et leurs composants, les infrastructures et équipements connectés (feux de circulation, ...).

« La robomobilité passerait d'abord par la reconstitution d'un outil industriel. Cela fait écho au plan robotique ou au plan NFI » (O.M.)

Pour les solutions déjà déployées dans les entrepôts, des entreprises sont déjà présentes. Pour autant, les plus avant-gardistes risquent de ne pas pouvoir répondre aux demandes qui progresseraient en masse, car les solutions ne sont pas encore produites de manière industrialisée, à grande échelle.

Accompagner ce pan de l'industrie

Dans certains pays, une taxe sur les robots a déjà été instaurée. Dans la mesure où une filière industrielle peut se déployer, cette fiscalisation serait un frein, alors que le marché de production est amené à se développer au niveau mondial. Un parallèle avec la révolution industrielle a été fait par des acteurs interrogés.

La question des *business model* pour savoir quel maillon se développera en premier lieu

L'une des premières barrières à laquelle les véhicules autonomes font face, c'est l'absence de *business model aujourd'hui*. Cela sera aussi un déterminant dans le déploiement des solutions. Pour certains, les solutions autonomes seront amenées à se développer plutôt sur le dernier kilomètre parce qu'il s'agit du maillon transport le plus coûteux pour des raisons de contraintes liées à la densité urbaine. Pour rappel, le dernier kilomètre représente 1% de la distance parcourue mais 25% du coût de la chaîne logistique (Cerema 2015). « Le TCO2 intervient dans la balance » F.D. Pour d'autres, c'est la longue distance qui gagnera la course, dans la mesure où l'environnement de circulation est moins contraint que celui de la ville.

« Nous pensons que le platooning sur les autoroutes et les véhicules en environnement minier sont les espaces dans lesquels les débouchés seront les plus rapides » P.G.

Enfin, certains disent que l'autonomisation commencera par le transport de particuliers, d'autres par le fret...avoir une idée précise est prématuré. Mais, pour ceux qui supposent que le fret sera le premier à franchir le cap, c'est parce que le milieu de l'entreprise est clairement dictée par la question économique et de rentabilité. Et, le positionnement des individus quant à l'achat d'une voiture autonome est plus difficile à modéliser. La réduction des coûts, la consommation de carburant est un des facteurs déclencheurs d'achat, d'usage des solutions autonomes. Il n'empêche que l'offre doit être compatible avec la chaîne de distribution et de valeur. On voit aujourd'hui que les véhicules de fret électriques ont une autonomie qui nécessite d'être améliorée (distance, stop & go, emport) et qu'ils sont beaucoup plus chers que les véhicules thermiques. Aussi, la notion de flexibilité est essentielle en transport de marchandise. La sous-traitance en place permet de gérer les pics et les chutes d'activité. Or, si la sous-traitance disparaît demain au profit d'une gestion de la flotte et des flux en propre, les opérateurs qui seront propriétaires de leur véhicule, chers, immobilisés lors des creux d'activité poseraient des questions de coûts. « *Les propriétaires des véhicules seront beaucoup plus exposés aux risques de sur ou sous-activité* » FC.

« L'investissement en véhicules autonomes sera réalisé pour les donneurs d'ordres les plus stables... quand les autres opérateurs continueront de faire appel à des sous-traitants qui conduisant leurs propres véhicules ... » (F.C.).

La question de l'investissement est liée aussi aux volumes traités. Cette problématique vaut pour toutes les filières, le milieu portuaire également.

« Dans le portuaire il est possible d'automatiser massivement, à grande échelle, mais cela sous-entend que l'on ait des trafics qui se prêtent à cette automatisation » (O.M.)

Anticiper ce qui n'est pas prévisible.... Surtout pas d'obsolescence programmée !

Un investissement de robotisation, s'avère très coûteux. Du projet à la mise en exploitation il peut se passer 2 ans, voire un peu plus.

« Les choses évoluent tellement vite... aujourd'hui nous faisons face à une évolution exponentielle (...). La véritable motivation est la capacité à s'adapter à un futur proche qu'on est incapable de prévoir. » JMG

Une étude peut s'élever à 1 million d'€, le système à 25 millions d'€, ... Et, durant cette période, le monde change ... très vite, alors que l'investissement doit pouvoir durer 10 ans. Le système choisi doit pouvoir être souple, reconfigurable pour répondre aux évolutions des besoins. Il faut le prévoir lors de la conception du projet pour qu'il ne soit pas obsolète au bout de 3 ans. Cela se traduit par la possibilité de changer des « bouts » de systèmes, de fonctions.

Conclusion : le paysage, demain

Les acteurs rencontrés s'accordent à dire que le phénomène d'autonomisation n'est pas un effet de mode et que ce sujet est amené à se développer parce qu'il est source de diminution de coût. De plus, « *il faut rester lucide : la robotisation va reconfigurer la société de manière assez forte* » (P.G.). Elle va participer aux évolutions engagées, qui sont poussées par le numérique. « *L'autonomisation ira de pair avec l'uberisation, ce qui permettra d'optimiser le flux* » JMG.

Les solutions vont se multiplier, certaines seront semi-autonomes, d'autres entièrement autonomes. Pour certains, ce sont les solutions outdoor 100% autonomes qui apporteront le plus de valeur ajoutée.

« Les solutions mixtes (semi-autonomes) en transport disposent d'un enjeu très faible comparé aux solutions tout autonome » (F.C.)

Il est difficile pour les acteurs de se positionner par rapport aux solutions à l'état de concept, ou d'idée. Des maillons de la supply chain ne sont pas couverts aujourd'hui et les progrès relatifs à l'univers urbain restent encore nombreux.

« Quand un robot saura s'adapter à toutes les configurations de livraison de toutes les cages d'escalier, de toutes les maisons particulières, etc. ... il y a encore beaucoup de progrès à faire ». (F. Delaval)

Ainsi, en 2017, la seule idée d'une chaîne autonome de bout en bout relève de la science-fiction.

1. Bonnes idées et ... fausses bonnes idées

Le drone, nouvelle version ?

Aujourd'hui le robot volant principalement utilisé comme caméra, malgré de nombreuses expérimentations essayant de montrer son potentiel de transporteur. Demain, il ne peut être une solution massive en France qui remplacerait le système de fret routier actuel pour de multiples raisons : le territoire métropolitain est particulièrement bien maillé en route et les conditions climatiques extrêmes sont assez rares. L'acceptabilité et la sûreté entrent en ligne de compte. « *Nous ne croyons pas au micro-drone. Déjà les Etats Unis interdisent la circulation des micro-drones et installent même des batteries anti-drones* » (F. Delaval) Le fait que ce robot volant transporte moins de 5 kilos limite son intérêt pour les flux urbains, pour un usage régulier, sur la base d'un modèle industriel. Simplement sur la filière colis B2C, rappelons que le milliard de colis sera atteint en 2020 en France selon Xerfi, colis qui peuvent atteindre 30 kg... Pour des opérateurs de transport, abstraction faite des contraintes réglementaires et techniques, un drone de plus grande capacité serait plus intéressant, mais s'apparenterait davantage à un hélicoptère, avec des besoins de carburants différents et élevés, allant à l'encontre des enjeux de qualité d'air.

« Les drones, dans un usage industriel, seront intéressants s'ils transportent des charges lourdes de 100 à 150 kg » (F. Delaval)

Des véhicules au design différent pour des fonctions différentes

L'idée d'un VA électrique, faisant office de consigne mobile – ou de relais mobile- fait son chemin. Le client final serait amené à faire les derniers mètres par lui-même en allant retirer sa commande dans le véhicule garé à proximité de son adresse. Côté design, l'absence de chauffeur permettrait de supprimer la cabine et ainsi d'augmenter la capacité de chargement pour une emprise au sol identique ou inférieure.

« Sans l'Humain, peut-être que le véhicule aura un visage différent d'aujourd'hui et qu'il pourra transporter plus de marchandises (...) Si le poste de conduite n'est plus nécessaire, il est possible d'imaginer des camionnettes plus petites et donc un ratio charge utile/poids du véhicule meilleur qu'aujourd'hui » F.C.

L'intérêt pour les liaisons interurbaines sera de pouvoir répartir les coûts du véhicule et d'absence de chauffeur. Il faudra pouvoir distinguer dans les solutions autonomes, ce qui relève des coûts fixes de développement des coûts d'utilisation. Paradoxalement, le fait d'augmenter la capacité des véhicules en réduisant leur taille multiplierait leur nombre, augmenterait l'occupation de la voirie, de la congestion entre VA.... La question se pose donc de savoir s'il ne faudrait pas garder la taille des véhicules classiques.

« Si tous les [robots de livraison] ont des taux de remplissage de 100% mais qu'ils sont 20 fois plus nombreux cela n'a pas grand intérêt. Le taux de remplissage ne fait pas tout » (F.C.)

Le fait de supprimer l'espace de conduite est un des critères qui offre des perspectives à condition que TOUS les flux soient autonomisés. Certains acteurs ont mis l'accent sur le fait que la cohabitation des solutions autonomes et non autonomes ne serait pas viable. Pour le chauffeur, cela se traduirait par d'autres fonctions assurées dans le véhicule ou sur les lieux de rupture du chargement du véhicules.

Un robot suiveur au service du compte propre, du compte d'autrui et des particuliers

Le version du robot suiveur pourrait être amenée à évoluer pour être utilisé aussi par le grand public, ou les professionnels qui transportent des charges lourdes mais peu volumineuses. Reste à savoir quel serait le coût d'un tel équipement, notamment pour le grand public, comparativement au trolley Un robot caddy

Le robot suiveur : de multiples opportunités



DR

Remplacer le caddy ou suivre le livreur



DR

Des entrepôts usines, agiles, autonomes ou semi-autonomes

Pour les acteurs interrogés, les solutions technologiques dans l'univers de l'entrepôt sont matures et fonctionnelles. La question reste de savoir quel sera le degré d'automatisation de ces outils. Il est très probable qu'une majorité des entrepôts implémenteront des « bouts » de solutions autonomes, qui permettront de traiter la diversité des flux liée à l'omnicanalité croissante des entrepôts. Elles sont amenées à être complétées à l'aide de sous-ensembles, hyper-réactifs, en fonction des demandes.

« Clairement l'internet des objets fait que l'on peut de plus en plus fabriquer des entrepôts avec des sous-ensembles qui eux-mêmes seront activés selon les demandes » (JM. G.).

A ce jour il est prématuré d'imaginer que tous les entrepôts déploieront des solutions autonomes. Les produits les plus lourds, volumineux qui à la base sont difficiles à manutentionner « à la chaîne » sont peut-être à part, pour un temps. « Dans ce secteur, sur une vision à 20 ans, les robots autonomes pourront représenter un apport considérable » (JM. G.)²⁵

²⁵ <https://8e-etage.fr/2017/05/26/chine-a-la-campagne-bientot-des-drones-pour-livrer-des-charges-lourdes/>

Les entrepôts automatisés de grande hauteur (supérieurs à 20 mètres) ne sont pas un standard aujourd'hui, en France. Dans certains pays, ils peuvent atteindre une hauteur de 32 mètres, ce qui génère un gain supplémentaire par rapport à ce que l'on peut trouver en France. Pour certains acteurs de l'immobilier, l'automatisation ne sera pas forcément le facteur déclencheur de cette verticalisation. Le coût et la rareté du foncier pourraient être plus déterminants. Par ailleurs, pour certains, il s'agira de bâtiments de plusieurs niveaux qui ne seront pas nécessairement automatisés de manière significative.

Une maison connectée pour une livraison autonome dans son frigo ...

« Si l'on s'autorise à rêver un peu, la chaîne logistique de demain pourrait prendre la forme d'une livraison directement dans le foyer » (FC). C'est chose faite, pour un effet marketing probablement. Depuis septembre 2017, Walmart teste dans la Silicon Valley un service qui permet au coursier de rentrer dans le domicile du particulier « technophile », même absent, pour remplir son réfrigérateur. Cette expérimentation repose sur l'installation d'une serrure connectée à l'entrée du domicile. Si ce test est aujourd'hui assuré à l'aide de coursier humain, c'est l'aboutissement de la livraison à son ultime destination... c'est ce jusqu'aboutisme qui augmenterait un peu plus la qualité de service car « finalement, la logistique tient à cela : la qualité de service, c'est-à-dire comment ce que vous achetez est mis à votre disposition ... » FC. Tous les efforts de la supply chain se résument en un mot : l'instantané. « On commande et le produit est là » FC.

Walmart livre les commandes *online* « directement » dans le réfrigérateur



DR



DR

2. Demain, une ville (re)construite en intégrant l'évolution des mobilités et de la société : utopie ou réalité ?

« Ce qui prendra du temps c'est vraiment la multiplicité et la complexité des cas de figures qui peuvent se présenter. À moins que l'on soit justement dans un environnement contrôlé » (P.G.)

La route rendue aux piétons



DR

La route, axe où tous les flux et les modes se mélangent

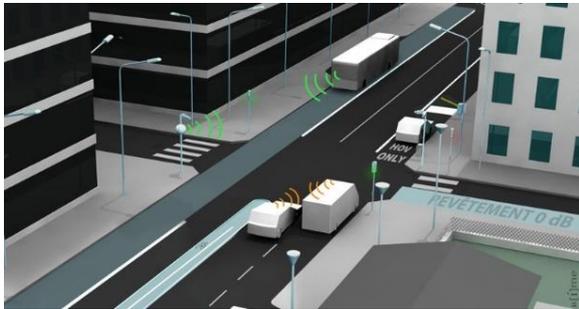


LP/Philippe Baverel

Repenser l'architecture urbaine, jusqu'à l'intérieur des habitats ... les villes ont une histoire. Elles se sont construites au fur et à mesure, en s'adaptant aux contraintes pour reconstruire la ville sur la ville. La logistique qui est dominée par la route depuis les années 70 a dû « faire avec » l'architecture urbaine. Aussi, dans le monde idéal des opérateurs de transport, il faudrait presque raser la ville et la reconstruire pour qu'elle soit à l'image de leurs besoins, et des besoins économiques de la ville... si cette idée est volontairement « brutale », elle montre déjà que l'infrastructure lourde n'est pas adaptée ou que les besoins sur le plan logistique ne sont pas intégrés dans la planification, même aujourd'hui, après 50 ans d'une ère routière. Ce qui pose la question de la prise en compte de la question des solutions autonomes dans les politiques des territoires, sur le plan financier et spatial. A un horizon lointain, ces acteurs qui imaginaient une mobilité 100% autonomes, tant pour les particuliers que pour les marchandises faisaient abstraction des équipements de l'infrastructure. « *Si tout est autonome, il n'y a plus besoin de feux de circulation* ». Cette suppression est nécessaire pour optimiser le fonctionnement des VA. L'infrastructure doit être adaptée, d'autant plus s'il est question de véhicules entièrement autonomes. Cela implique toutefois de développer les solutions connectées de véhicule à véhicule, de véhicule à infrastructures,

« On peut imaginer les effets des voitures et des camions sur les carrefours qui se croisent à la bonne vitesse : c'est-à-dire qu'aucun véhicule ne s'arrête aux carrefours. L'infrastructure sera là pour coordonner les flux (P.G.)

Transpolis



Carrefour intelligent (c) Transpolis
« Il s'agit d'une « fausse ville » de 800 ou 900 m de diamètre, reconfigurable et contrôlée [dont] le but était aussi de pouvoir tester [les véhicules autonomes] dans un contexte intermodal (passages piétons, autres véhicules, arrêts de bus, quais de transfert de marchandises etc...) » P.G.

Les aires de livraison intelligentes permettraient déjà, selon les opérateurs, d'améliorer leur usage dans l'éco-système de livraison urbain existant « standard ». Le développement des livraisons autonomes s'appuiera sur ces « ALI ».

« En ce qui concerne la livraison de marchandises, si l'on ne fait pas d'aires de livraison intelligentes, où, lorsque le véhicule est en tournée, il est sûr d'arriver sur une aire de livraison libre et que l'on ne coordonne pas ça au niveau de toutes les aires et de toutes les livraisons, le système en pâtira (P.G.).

Pour certains, les impacts sur le process logistique sera plus en lien avec les changements de consommation et les besoins associés que les technologies pures. La spatialisation entre en jeu. Elle pourrait évoluer, avec un double effet : d'un côté, un éloignement des grands espaces rendu possible par les routes de la soie nouvelle version avec les convois de VA longue distance, et, de l'autre une multiplication des solutions urbaines, parce que les modèles tendent à réduire le délai du click to possession à quelques heures (voire beaucoup moins). L'enjeu de la robomobilité logistique dépasse les solutions technologiques et est un nouveau paramètre à intégrer dans la question foncière.

Selon moi, si le coût du transport se réduit, les entrepôts s'éloigneront de plus en plus, [...]. Et pour que les robots livreurs fonctionnent il sera peut-être nécessaire de prévoir des entrepôts dans la ville (F.C.).

Dans ce schéma probable, les VA ajoutent de la complexité car il faut « *trouver le bon foncier au bon endroit pour pouvoir tirer parti des véhicules autonomes* » (P.G.). Quant à la circulation des VA, se fera-t-elle sur des voies dédiées ou partagés ? Dissocier les flux serait idéal, en souterrain, par exemple.

« Ce qui est intéressant sur la démarche de Doha (Qatar), c'est qu'il y a une vision de la logistique en souterrain. La réallocation dynamique de voie permettrait faisant une

meilleure utilisation de l'espace disponible en corrélation avec le véhicule autonome (P.G.)

Mais, dans l'urbanisme existant contraint en France métropolitaine il paraît assez difficile d'imaginer de telles solutions. En outre le développement de corridor pour les solutions de platooning, avec des voies spécifiques sur les principaux corridors logistiques a été cité comme possible.

Corridors de transport et dynamiques territoriales, en Europe



Le réseau routier de la France est constitué de plus d'un million de km : 11 600 pour les autoroutes, 9 600 pour les nationales, 380 000 pour les départementales et près de 690 000 pour les routes communales (chiffres clés des transports - édition 2017 – Soes)

Quoi qu'il en soit, si l'on regarde les représentations futuristes de la ville autonome, rares sont les images qui intègrent le fret et la logistique, si ce n'est les drones...

Côté indoor, la mécanisation, l'automatisation, la robotisation des entrepôts font bouger les lignes. La verticalisation associée pose la question de la réglementation des PLU, PLUi qui aujourd'hui repose souvent sur des hauteurs d'entrepôts limitées à 15 mètres. Les PLU limitent la hauteur des bâtiments à 20-25 mètres. En France, le coût du foncier reste abordable par rapport à celui du Japon où les entrepôts en hauteur sont une nécessité. Mais l'intégration de solutions automatisées, et autonomes, présente l'avantage de consommer moins d'espace au sol (un gain qui peut atteindre 3 à 4) et d'augmenter la productivité au m². aujourd'hui, outre la limite réglementaire, c'est le niveau d'investissement dans la technologie qui peut freiner les initiatives.

La ville de demain, selon Avoid Obvious Architect : les drones sont parmi nous ...et l'essentiel ?



Avoid Obvious Architects

3. Quoi, comment, combien, où, ... quand

« La question n'est pas « est-ce que », mais plutôt « quand ». S'il est si difficile de visualiser clairement l'arrivée des VA sur le marché, c'est parce qu'il est nécessaire de prendre en compte de nombreux facteurs : un modèle économique encore instable, une inquiétude latente quant à l'impact social et sociétal de telles solutions, ou encore la question de la transition entre les véhicules « tout manuel » et les véhicules « tout automatique », ...

De nombreuses questions sans réponse aujourd'hui

The technology ²⁶	The impact	The uncertainties
Physical Internet (based on the IoT)	<ul style="list-style-type: none"> Improved supply chain transparency, safety and efficiency Improved environmental sustainability (more efficient resource planning) 	<ul style="list-style-type: none"> Social expectations around data privacy and security may change Regulation around data security and privacy may increase or be enforced more stringently The sector's willingness and ability to invest in collaboration Whether international bodies will drive standardisation
IT standards	<ul style="list-style-type: none"> Enabling collaboration horizontally More efficiency and transparency 	<ul style="list-style-type: none"> Companies' willingness to adopt is uncertain due to data security concerns
Data analytics	<ul style="list-style-type: none"> Improvements in customer experience and operational efficiency in operations Greater inventory visibility and management Improved 'predictive maintenance' 	<ul style="list-style-type: none"> Rate of development of data processing capacity is unclear Question marks around data security Social expectations around data privacy and security may change Regulation of data security and privacy may increase or be enforced more stringently
Cloud	<ul style="list-style-type: none"> Enabling new platform-based business models and increasing efficiency 	<ul style="list-style-type: none"> Development of costs unclear (once a certain scale is reached physical data centres still tend to be cheaper) Uncertainties around data security
Blockchain	<ul style="list-style-type: none"> Enhanced supply chain security (reduction of fraud) Reduction in bottlenecks (certification by 3rd parties) Reduction of errors (no more paper-based documentation) Increased efficiency 	<ul style="list-style-type: none"> Rate of adoption uncertain Unclear whether one or two dominant solutions will emerge or multiple competing solutions
Robotics & automation	<ul style="list-style-type: none"> Reduction in human workforce and increased efficiency in delivery and warehousing (including sorting and distribution centres) Lower costs 	<ul style="list-style-type: none"> Speed of technology development unclear
Autonomous vehicles	<ul style="list-style-type: none"> Reduction in human workforce Increased efficiency in delivery processes 	<ul style="list-style-type: none"> Regulatory environments not currently in place in most countries Liability issues not yet clear Ethical questions remain especially in relation to emergency situations
UAVs / Drones	<ul style="list-style-type: none"> Increased cost efficiency (use cases: inventory, surveillance, delivery) Workforce reduction 	<ul style="list-style-type: none"> Regulation in most countries not sufficient for commercial use in public areas like delivery Safety and privacy concerns may hamper market acceptance
3-d printing	<ul style="list-style-type: none"> Lower transportation demand Transported goods would mostly be raw materials 	<ul style="list-style-type: none"> Speed, scale, and scope of uptake by customer industries still unclear

Source : PWC 2016

On observe alors une ambivalence entre atout et limite ou plutôt entre atouts et questionnements. Cet état de fait est d'autant plus vrai dans le secteur du fret et de la logistique, qui est aujourd'hui une des rares filières encore fortement consommatrice de main d'œuvre. Les acteurs divergent quant à l'orientation à prendre : certains prônent une mixité entre l'Humain et l'autonome, d'autres imaginent une solution tout autonome « cobotisée ». Mais cette totale autonomie ne peut concerner qu'un maillon de la supply chain. On est loin du concept autonome de bout en bout de la production, extraction à la consommation... parce qu'il manque notamment des interfaces et que des solutions restent à inventer. Quant au combien, on peut supposer que le potentiel est conséquent, mais il est difficile de se projeter. Pour autant, on voit déjà que la logistique est le premier secteur à investir dans les solutions robotiques (autonomes ou non) même si le nombre d'unités est faible (46% sur 41 060 unités dans le monde selon Symop, +56% de commandes de système de manutention automatisés en France au 1er semestre 2017 selon Cisma).

Enfin, rappelons que la France compte actuellement plus de 4 000 entrepôts de plus de 5 000 m², ainsi que 7,7 millions de véhicules utilitaires et 60 000 entreprises de transport et logistique²⁶.

²⁶ Y compris micro-entreprises