



© DR



E-commerce : vers l'automatisation du transport de marchandises en ville ?

Heleen Buldeo Rai, Université Gustave Eiffel, chaire Logistics City (à gauche) et Sabrina Touami, Université Gustave Eiffel, chaire Logistics City et Institut pour la ville en mouvement/VEDECOM

Partout dans le monde, les magasins en ligne sont devenus une alternative importante à la rue commerçante physique. La France n'échappe pas à la tendance, le pays étant même le deuxième marché d'Europe après le Royaume-Uni¹, juste devant l'Allemagne. Face au défi posé par le dernier kilomètre dans ce contexte de multiplication des livraisons, et en période de crise sanitaire, l'automatisation des véhicules de transport fait partie des solutions envisagées.

Aujourd'hui, 92 % de la population française utilise l'internet et trois quarts des internautes l'emploient pour effectuer des achats. Ce faisant, les Français dépensent en moyenne 2 428 euros par an en ligne. La pandémie mondiale liée au coronavirus a entraîné une expansion considérable de ce type de transactions, y compris en France. Non seulement les adeptes ont accru leurs achats sur internet mais des novices du e-commerce s'y sont également mis. Même si la situation de déconfinement a permis de reprendre le chemin des magasins, il est raisonnable de penser que les habitudes d'achat des Français ont changé de façon structurelle. L'e-commerce et les livraisons directes aux particuliers qui lui sont liées exercent une pression énorme sur la chaîne d'approvisionnement, du fait de la nature de cette activité faite de très nombreuses et très petites commandes.

Des livraisons toujours plus rapides rendent difficiles le plein emploi des véhicules et les tournées optimisées

Le dernier kilomètre de la chaîne d'approvisionnement, traditionnellement décrit comme le transport entre le dernier centre de distribution et la destination finale, est un véritable défi en raison de son coût et de certains de ses impacts sur l'environnement. Tandis que le transport de marchandises ne représente que 6 % des trajets et 8 % des distances parcourues par la route en région parisienne, il est à l'origine de 36 % du total des nuisances causées par les émissions polluantes du trafic routier. C'est le résultat combiné du fait que les véhicules légers et lourds émettent plus que les voitures particulières et que le trafic de marchandises est plus concentré dans le centre-ville que le trafic de passagers, affectant ainsi plus de population (Coulombel et al., 2018). Mais les mesures qui peuvent rendre le processus de livraison du e-commerce plus économique ou plus écologique ne peuvent, du point de vue des opérateurs (e-commerçants et leurs logisticiens) affecter la qualité de l'expérience et la satisfaction du consommateur. Des expérimentations menées en Belgique (Buldeo Rai et al., 2019), aux Pays-Bas (Nguyen et al., 2019), en Chine, en Bolivie et au Brésil (Janjevic et al., 2019) ont montré que même si le coût est le plus décisif lorsque les consommateurs choisissent

une option de livraison (c'est-à-dire livraison gratuite), la rapidité de la livraison est également un facteur de choix de plus en plus important. Aujourd'hui, beaucoup d'entre nous sont habitués à recevoir leur commande le lendemain. La livraison en quelques heures ou même la « livraison instantanée » sont de plus en plus courantes. Ces livraisons se développent particulièrement dans les zones urbaines et pour des catégories spécifiques telles que l'alimentation et les produits pharmaceutiques. « *Toutes conditions égales par ailleurs, le détaillant le plus rapide est susceptible de l'emporter à long terme* », explique Jonathan Reeve (2016) dans son livre *Retail's last mile : why online shopping will exceed our wildest predictions*.

Des moyens autonomes d'une grande diversité

Des livraisons toujours plus rapides rendent difficiles le plein emploi des véhicules et les tournées optimisées, ce qui pèse sur les coûts et augmente les embouteillages, le bruit et la pollution atmosphérique. La flexibilité qui permet des livraisons ultra-rapides est également en conflit avec une organisation efficace du personnel de livraison. C'est pourquoi l'une des solutions aujourd'hui mises en avant pour gérer les défis du dernier kilomètre est celle des moyens autonomes. Dans le contexte de crise sanitaire, où les contacts personnels entre le livreur et le destinataire doivent être réduits au minimum par des gestes barrières, l'utilisation de véhicules autonomes a parfois été présentée comme une solution à moyen et long termes, au moins partielle. Ces moyens autonomes sont d'une très grande diversité : camions et camionnettes traditionnels mais rendus autonomes, sur le modèle des voitures autonomes ; mais aussi robots de livraison et drones. Dans tous les cas, l'automatisation « élimine » le besoin de conducteurs humains (tout en renforçant le besoin d'humains à de nombreux autres niveaux).

Les attentes à l'égard des véhicules autonomes pour le dernier kilomètre augmentent depuis des années, parfois de façon déraisonnable. Un rapport du cabinet de conseil McKinsey publié en 2016 postulait que les véhicules autonomes livreraient « *près de 100 % des colis aux consommateurs d'ici 2025* ». De même, des chercheurs de Fraunhofer ont prédit en 2016 que les robots autonomes pourront effectuer 400 millions de livraisons en Allemagne d'ici 2030. En 2020, ces prévisions audacieuses semblent trop optimistes, mais elles s'expliquent



© Zipline

Drone Zipline, leader du transport de médicaments, sur sa base de lancement.

par les avantages théoriques des véhicules autonomes. Ceux-ci sont efficaces : ils permettent un meilleur chargement des véhicules, un routage flexible et une disponibilité 24/7. Ils sont durables, car ils nécessitent moins de véhicules pour le même nombre d'opérations de livraison et permettent une électrification à grande échelle. Et ils sont sécurisés et permettent d'éviter les obstacles en surveillant toutes les conditions contextuelles de manière autonome et continue. Malgré les inquiétudes sur des expériences de tests qui ont mal tourné, les véhicules autonomes peuvent réduire ou éliminer l'erreur humaine qui est à l'origine de 90 % des accidents de véhicules et donc ont globalement un impact positif sur la sécurité routière.

Les drones préconisés pour les zones rurales

Les véhicules autonomes peuvent également réduire, théoriquement, les coûts des livraisons du e-commerce. Des simulations récentes de *Aurambout et al.* (2019) ; *Jennings & Figliozzi* (2020) ainsi qu'une étude de *McKinsey* (2018) semblent en effet le démontrer. Bien que les coûts actuels de la technologie autonome soient élevés, le cabinet de conseil estime que l'utilisation de véhicules autonomes peut réduire les coûts de livraison dans les villes d'environ 10 % à 40 %. Une réduction importante qui est principalement attribuée aux coûts de personnel. A mesure que le coût salarial augmente, la technologie devient relativement plus abordable, ce qui accélère la transition vers l'automatisation.

Plusieurs start-up ont identifié les multiples problèmes liés aux livraisons du dernier kilomètre et ont investi dans ce domaine. De ce fait, l'automatisation a connu une évolution considérable. Aujourd'hui, ces types d'innovation migrent hors des entrepôts et ils occupent le ciel, les rues et les trottoirs des quartiers de villes. Certains sont toujours en phase de test,

tandis que d'autres sont déjà commercialisés et exploités afin d'acheminer les livraisons du dernier kilomètre. Différents types de véhicules avec des niveaux d'automatisation et infrastructures différentes peuvent être utilisés : des véhicules aériens autonomes ou des « drones », des robots semi-autonomes ou autonomes sur trottoir, des robots encore plus grands sur route et enfin des camions ou camionnettes autonomes. Chacun de ces types de véhicules circule dans des zones différentes selon la densité et les différentes réglementations.

Les attentes à l'égard des véhicules autonomes pour le dernier kilomètre augmentent depuis des années, parfois de façon déraisonnable

La majorité des tests sur les drones ont été effectués en zone rurale, ils sont identifiés comme une option de livraison sérieuse pour les bassins de moins de 50 000 habitants (*Joeress et al.*, 2016). Ce mode est moins contraint en termes de mouvements que les autres véhicules, ce qui permet d'effectuer des livraisons dans des zones en manque d'infrastructures, dans des zones inaccessibles ou dans des pays peu développés. Grâce à leur rapidité ils sont souvent utilisés pour la livraison de fournitures médicales. La société Américaine Zipline se concentre sur la création de dispositifs médicaux et a intégré l'utilisation de drones dans des pays d'Afrique tels que le Ghana, le Rwanda et la Tanzanie, ce qui en fait l'une des sociétés les plus importantes au monde pour le transport de médicaments et de produits sanguins (*Keller Rinaudo*, 2017). La Poste suisse transporte des échantillons de laboratoire par drone vers les hôpitaux de Zürich, Bern, Lugano grâce à un drone conçu par Matternet. En pleine crise sanitaire ils ont été une solution rapide pour transporter les tests vers les hôpitaux.

En dehors du secteur médical, les drones gagnent également en importance. Le géant du e-commerce Amazon a lancé son programme « *Prime Air Drone Delivery* » : pour des distances allant jusqu'à 25 km et 30 minutes, et pour des colis de moins de 2,27 kg (*Forbes*, 2019). De nombreuses sociétés internationales ont développé et testé des utilisations dans le monde réel, comme Alphabet (la société mère de Google), JD.com (un très grand e-commerçant chinois), Flytrex associée à AHA un grand e-commerçant islandais qui opère à Reykjavik, et des entreprises de livraison de colis comme Fedex, UPS et DHL.

L'utilisation de véhicules autonomes pourrait réduire les coûts de livraison dans les villes de 10 % à 40 %

Bien que les drones puissent fournir des avantages distincts, ils se heurtent aux limitations réglementaires et aux restrictions de vol, ce qui rend difficile leur utilisation (*Jeong et al.*, 2019). Contrairement aux drones, les robots autonomes de livraison sont moins exposés aux limites de réglementation. Ces derniers peuvent être semi-autonomes : ces « robots suiveurs » accompagnent le personnel de livraison, le soutiennent dans ses fonctions et augmentent la productivité en réduisant le temps nécessaire pour conduire et gérer les véhicules. La start-up française Effidence a développé ce concept et travaille avec le groupe La Poste. Nommé Hectar, ce robot accompagnant le livreur a une capacité jusqu'à 150 kg (*Effidence*, 2017). TwinsWheel, fabricant français de robots de livraison propose trois modèles de ce type de robots « *follow me* ». Un robot qui porte jusqu'à 50 kg de produits est testé avec la chaîne de supermarchés Franprix, un autre qui permet de livrer jusqu'à 150 kg et permet d'accompagner un technicien est testé avec Enedis. Enfin, un robot plus gros, qui mesure un mètre cube et porte 300 kg, permet d'accompagner un livreur de colis ou de courses alimentaires (*Digital SITL*, 2020).

Des robots sur les campus

Les robots entièrement autonomes fonctionnent sans accompagnateur. Un premier type circule dans des zones denses piétonnes, où il partage les trottoirs avec les autres usagers pour les livraisons de repas prêts, d'alimentation et de colis. Ces robots roulent généralement sur quatre à six roues (et parfois même sur « jambes », qui permettent de prendre les escaliers comme le robot bipède Digit conçu par Agility Robotics). Les robots autonomes « de trottoir » se caractérisent par leur petite taille et une capacité à charger jusqu'à 50 kg. Ils sont relativement légers et lents car la vitesse et le poids brut sont limités par les réglementations dans de nombreuses villes et États. Sur le trottoir, ils rencontrent beaucoup d'obstacles potentiels (piétons en premier lieu) dont le comportement mobile est plus aléatoire que sur la route, et sont programmés pour s'arrêter dès la rencontre d'un obstacle.

L'Amérique du Nord abrite de nombreuses sociétés de fabrication de robots de livraison. Contrairement aux drones, une infrastructure routière sophistiquée et adéquate et une conception appropriée (largeur suffisante de trottoirs) sont nécessaires. Les campus universitaires américains sont l'endroit le plus propice pour leur déploiement, pour la facilité de circulation mais aussi car les étudiants acceptent davantage ce type de livraison. Des start-up ont élu les campus comme domaine d'action privilégié : Starship Technologies a inauguré la plus grande flotte de robots de livraison au monde à l'université George Mason en Virginie (*Starship Technologies*, 2019) ; Kiwi a vu le jour sur le campus universitaire de Berkeley (*Coldewey*, 2019). Ces robots

sont également déployés en dehors de l'environnement universitaire : durant la crise sanitaire, plusieurs start-up ont mis en action leurs innovations afin d'assurer la continuité des services logistiques. Les robots Starship acheminaient les courses alimentaires et les repas aux habitants de la ville de Washington. Au Royaume-Uni, huit différents magasins à Milton Keynes offrent ce mode de livraison grâce à une armée de 80 robots. Ces petits robots étaient une alternative pour les personnes les plus vulnérables, qui n'osaient pas ou ne pouvaient pas se déplacer dans les magasins alimentaires (*Shirbon*, 2020).

L'intégration de ces petits robots dans la chaîne de livraison urbaine nécessite l'installation de mini-hubs en ville pouvant servir de point de départ. Comme l'espace urbain coûte cher, des solutions de « hubs mobiles » ont été proposées (*Boysen et al.*, 2018). Par exemple, un camion de livraison autonome peut être utilisé comme plate-forme qui rassemble ces robots et les déploie dans un point X pour terminer les derniers kilomètres de livraison, par la suite ils retournent au vaisseau mère à un point de rendez-vous plus loin. Cette combinaison de modes augmente le taux de livraison en les rapprochant de leur destination finale et en les rechargeant rapidement. Un exemple de cette combinaison est le fourgon autonome de Mercedes-Benz qui déploie des robots Starship (*Leitner*, 2017).



© Pony.ai

Un taxi autonome de la start-up chinoise Pony.ai en pleine livraison.

Forte capacité de charge pour les robots sur route

Un autre type de robots autonomes : les robots sur route. Ils sont plus grands que les précédents et ont une capacité de charge et une vitesse plus élevées. Pour cette raison, ils partagent la route avec les autres véhicules conventionnels. Leur capacité de charge permet de faire plusieurs livraisons dans une même tournée, contrairement aux petits robots. La start-up Nuro est l'une des rares compagnies à être autorisées à tester ses robots sur les routes californiennes. Associés à plusieurs grands distributeurs (Walmart, Kroger), les robots R2 de Nuro ont accompagné l'État de Californie pendant la crise sanitaire, en effectuant des livraisons sans contact de fournitures médicales et de produits alimentaires aux sites qui ont été transformés pour accueillir les malades à Sacramento et San Mateo (*Ferguson*, 2020). La start-up ne faisait aucun gain mais acquerrait de l'expérience et des données sur les opérations de livraison, pendant une période « idéale » de routes largement vides. Des taxis autonomes ont également été mis à contribution pour livrer en période de confinement : un exemple en est la start-up chinoise Pony.ai qui a utilisé sa flotte de dix taxis autonomes au service de la logistique, en partenariat avec le e-commerçant Yumibay à Irvine en Californie.

En dehors du milieu urbain, l'automatisation fait également l'actualité avec des fourgons et camions autonomes ou semi-autonomes et électriques. Les camionnettes autonomes répondent à une demande toujours croissante, en partie due

Les drones sont moins contraints en termes de mouvements que les autres véhicules, ce qui permet d'effectuer des livraisons dans des zones en manque d'infrastructures

au e-commerce et sans doute renforcée par la crise actuelle (mais il est encore trop tôt pour le confirmer). Les camions

semi-autonomes parcourent dorénavant des milliers de kilomètres dans le transport de marchandises de longue distance, sans assistance humaine (mais avec un chauffeur à proximité). Les grandes entreprises de la logistique voient de l'avenir dans ces types de camions et cherchent à les intégrer au marché. Les géants de l'industrie investissent beaucoup chaque année dans la recherche dans ce domaine, les attentes en matière d'automatisation des véhicules restent fortes. ■



© Nuro

Voiture autonome Nuro dans le trafic californien.

Bibliographie

- Aurambout, J.-P., Gkoumas, K., & Ciuffo, B. (2019). «Last mile delivery by drones: an estimation of viable market potential and access to citizens across European cities». *European Transport Research Review*, 11(30). <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0368-2>
- Boysen, N., Schwerdfeger, S., & Weidinger, F. (2018). «Scheduling last-mile deliveries with truck-based autonomous robots». *European Journal of Operational Research*, 0. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.058>
- Buldeo Rai, H., Verlinde, S., & Macharis, C. (2019). «The "next day, free delivery" myth unravelled: Possibilities for sustainable last mile transport in an omnichannel environment». *International Journal of Retail & Distribution Management*, 47(1), 39–54. <https://doi.org/10.1108/09574090910954864>
- Coldewey, D. (2019, April 25). «Kiwi's food delivery bots are rolling out to 12 more colleges». Techcrunch.
- Coulombel, N., Dablan, L., Gardrat, M., & Koning, M. (2018). «The environmental social cost of urban road freight : Evidence from the Paris region ». *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 514–532. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.06.002>
- Digital SITL. (2020, June 2). «La livraison du dernier kilomètre au cœur des débats». Star Service Blog.
- Effidence. (2017). EffiBOT. <https://www.effidence.com/effibot>
- Ferguson, D. (2020, April 22). «Helping the Heroes during Covid-19». Medium.
- Forbes. (2019, June 11). «Les nouveaux drones Amazon commenceront les livraisons d'ici «quelques mois»». Forbes France.
- Fraunhofer. (2016). ZF-ZUKUNFTSTUDIE 2016 Die letzte Meile. www.zf-zukunftsstudie.de
- Janjevic, M., Winkenbach, M., Da Silva, A., & Barreto, L. (2019). «Investigating customer preferences relevant to e-commerce last-mile delivery service design attributes ». In E. Taniguchi & R. G. Thompson (Eds.), *The 11th International Conference on City Logistics* (pp. 634–642).
- Jennings, D., & Figliozzi, M. A. (2020). «A Study of Road Autonomous Delivery Robots and Their Potential Impacts on Freight Efficiency and Travel». *Transportation Research Record*. https://pdxscholar.library.pdx.edu/cengin_fac/549
- Jeong, H. Y., Song, B. D., & Lee, S. (2019). «Truck-drone hybrid delivery routing: Payload-energy dependency and No-Fly zones». *International Journal of Production Economics*, 214, 220–233. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.010>
- Joerss, M., Schröder, J., Neuhaus, F., Klink, C., & Mann, F. (2016). Parcel delivery - The future of last mile (Issue September).
- Keller Rinaudo. (2017, December 18). How we're using drones to deliver blood and save lives. TED. https://www.youtube.com/watch?v=73rUjrow5pl&feature=emb_title
- Leitner, U. (2017, January 13). Mercedes-Benz Vans invests in Starship Technologies, the world's leading manufacturer of delivery robots. Daimler. <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko.xhtml?oid=15274799>
- Levinson, D. (2017, June 29). On the Differences between Autonomous, Automated, Self-Driving, and Driverless Cars. Transportist. <https://transportist.org/2017/06/29/on-the-differences-between-autonomous-automated-self-driving-and-driverless-cars/>
- Nguyen, D. H., de Leeuw, S., Dullaert, W., & Foubert, B. P. J. (2019). What Is the Right Delivery Option for You? Consumer Preferences for Delivery Attributes in Online Retailing. *Journal of Business Logistics*, jbl.12210. <https://doi.org/10.1111/jbl.12210>
- Reeve, J. (2016). Retail's last mile : why online shopping will exceed our wildest predictions. Jonathan Reeve Consulting.
- Retailx. (2020). France 2020 Ecommerce Country Report.
- Schröder, J., Heid, B., Neuhaus, F., Kässer, M., Klink, C., & Tatomir, S. (2018). Fast forwarding last-mile delivery – implications for the ecosystem.
- Shirbon, E. (2020, April 29). How is technology being used to help the coronavirus pandemic? | World Economic Forum. Weforum. <https://www.weforum.org/agenda/2020/04/robots-united-kingdom-uk-coronavirus-covid19-ai/>
- Society of Automotive Engineers. (2018, December 11). SAE International Releases Updated Visual Chart for Its "Levels of Driving Automation" Standard for Self-Driving Vehicles.
- Starship Technologies. (2019, January 22). World's Largest Fleet of Delivery Robots on a University Campus Launched by Starship Technologies and Sodexo. Starship. https://www.starship.xyz/press_releases/worlds-largest-fleet-of-delivery-robots-on-a-university-campus-launched-by-starship-technologies-and-sodexo/

¹Rapport sur le e-commerce du B2C (*Business to Consumer*), Retailx, 2020.