

Le tour du monde en autobus électriques

par Pierre Langlois, Ph. D., 24 février 2017

Où en sommes nous avec les autobus électriques sur la planète, en Amérique, en Asie et en Europe? Quels sont les principaux joueurs, les volumes de ventes et les différentes technologies utilisées? Je crois qu'il est temps de faire le point car, comme vous allez le constater ça bouge vite, particulièrement en Chine. Mais les autres pays n'ont pas le choix de suivre, sinon leurs fabricants d'autobus risquent de se voir ravir le marché par l'empire du milieu.

La Chine

La Chine est aux prises avec des problèmes de pollution atmosphérique extrêmes et ils n'ont pas le choix de décarboner leurs énergies et leurs transports. Les Chinois sont déjà les [plus gros producteurs mondiaux de panneaux solaires](#) depuis 2015. La compagnie chinoise [BYD est celle qui a produit le plus de véhicules électriques](#) dans le monde en 2015, devant Tesla, GM et Nissan. Et pour ce qui est des autobus électriques, toujours en 2015, la Chine avait fabriqué 98 % des autobus électriques sur la planète, ce qui lui confère pratiquement un monopole. Et en 2016, [les fabricants d'autobus chinois ont produit 115 700 autobus électriques](#) de toutes catégories (majoritairement des minibus), soit environ 20 % de tous les autobus produits dans ce pays en 2016. Et ce pourcentage monte constamment. Inutile de dire qu'ils sont de très loin les leaders mondiaux.

Pour faire réaliser l'ampleur de l'industrie des autobus en Chine, prenons le plus gros fabricant, Yutong. Leur site principal de production couvre plus de 1 km², et ils produisent 210 autobus par jour, soit la production annuelle de Novabus en 5 jours! Et ça, c'est sans compter les dizaines d'autres fabricants chinois. Voici une illustration de l'usine principale de [Yutong](#) tirée de leur site Internet. C'est ahurissant!

En ce qui concerne les autobus électriques chinois, c'est [BYD](#) qui est le plus proactif dans le monde. Ils ont déjà construit une usine en Californie et au Brésil, et font l'assemblage des autobus électriques au Royaume-Uni en partenariat avec la [compagnie anglaise ADL](#). Pour compléter leur



implantation sur le continent européen, BYD s'apprête à ouvrir une [usine d'assemblage en Hongrie](#), au début 2017.

Leurs autobus K6 (7 m), K7 (8 m), K8 (10,5 m), K9 (12 m), K 10 (10 m, deux étages) et K 11 (18 m, articulé) de même que leurs autocars C6 (7 m), C8 (10,5 m), C9 (12 m) et C10 (14 m) ont une grosse batterie qu'on recharge au garage la nuit, de type Li-ion au phosphate de fer, de 324 kWh de capacité pour leur bus K9 de 12 m ou 591 kWh (bus de 18 m). En principe, en été, on peut s'attendre à 250 km d'autonomie. Mais en hivers, par grand froid (<-20°C), on pourrait être limités à 160 km et possiblement 150 km.

En avril 2016, la compagnie fêtait la fabrication de son [10 000 ième autobus électrique](#), et mentionnait qu'elle avait des autobus et taxis électriques dans 200 villes et 48 pays. Plus récemment, en février 2017, [BYD annonçait](#) qu'elle a été le plus gros vendeur d'autobus électrique plus long que 10 mètres en 2016. Un gros avantage que possède BYD c'est qu'ils fabriquent eux-mêmes leurs batteries. En fait, initialement c'était une grosse compagnie de batteries Li-ion qui ont décidé d'enrober leurs batteries avec des véhicules.

Yutong, de son côté, courtise la France et a déjà noué [une alliance](#) avec la société alsacienne Dietrich Carebus Group (DCG) pour construire des bus électriques sur le territoire français. Dans l'entente, DCG va utiliser des batteries Li-ion françaises pouvant donner une autonomie de 200 km à 250 km (aucune précision sur la chimie de batterie ni la capacité). Ces autobus vont donc se recharger au garage la nuit.

Un troisième fabricant chinois d'autobus électriques digne de mention est [Hengtong Bus](#). Ces derniers fabriquent des autobus de 12 m électriques à recharge rapide, utilisant des batteries au titanate de lithium de 77 kWh qui donnent une autonomie de 40 km à 50 km et se recharge en moins de 10 minutes à des chargeurs de 400 kW. Hengtong Bus utilise les batteries de la compagnie chinoise Microvast qui détient des parts dans Hengtong Bus. Voici une petite [vidéo YouTube](#) de promotion montrant bien la technologie utilisée.

La compagnie fabrique également des autobus hybrides rechargeables de 12 m avec une batterie de 22 kWh (titanate de lithium) et des chargeurs rapides.

Après ce bref survol, mentionnons que les fabricants d'autobus chinois peuvent recevoir jusqu'à 75 000 \$ par autobus en subventions, ce qui a stimulé



beaucoup l'industrie. Malheureusement, l'appât du gain a conduit à [un scandale en 2016](#) lorsqu'il a été établi que plusieurs compagnies ont déclaré plus d'autobus électriques produits que la réalité.

Le Japon

La compagnie [Mitsubishi Fuso](#), issue initialement de Mitsubishi Heavy Industries (MHI) et acquise par Daimler en 2003, a une bonne réputation comme fabricant d'autobus au Japon. Elle a conduit quelques projets pilotes d'autobus électriques ([au Japon](#), [au Brésil](#)) il y a quelques années, mais ne semble pas prendre une part active dans le domaine présentement.

Par ailleurs, la compagnie Toshiba produit les [batteries Li-ion SCiB](#) au titanate de lithium qui permettent une recharge très rapide d'un véhicule et une longue durée de vie (20 000 cycles de recharge rapide) tout en étant très sécuritaires. Ils ont réalisé un [prototype de midibus électrique à recharge rapide](#) utilisant leurs batteries.

Curieusement, il ne semble pas y avoir d'autobus électriques commerciaux en vue au Japon pour le moment.

Les États-Unis et le Canada

Le fabricant d'autobus électriques qui semble le plus en avance en Amérique du Nord est présentement [Proterra](#), qui a une usine en Californie et une autre en Caroline du Sud. Leur dernière génération d'autobus électrique, le Catalyst (42,5 pieds), est offerte en 3 versions :

- FC - recharge rapide sur rue, avec batterie de 79 à 105 kWh,
- XR - recharge lente au garage, avec batteries de 220 à 330 kWh,
- E2 - recharge lente au garage, avec batterie de 440 à 660 kWh.

Pour la recharge rapide, ils utilisent les [batteries au titanate de lithium de Toshiba](#). Le chargeur rapide fonctionne jusqu'à 500 kW, donnant une autonomie de 50 km en moins de 8 minutes. Pour le E2 avec la plus grosse batterie, l'autonomie est de 560 km selon Proterra. Mais, disons que dans la vraie vie on devrait plutôt être autour de 460 km, ce qui est quand même impressionnant. Toutefois, bien sûr, cet avantage a son prix, qui doit défoncer allégrement le million \$, sans compter le poids accru sur les essieux qui devrait restreindre le nombre de passager pour ne pas dépasser les limites imposées par les ministères du transport.

Enfin, les autobus Proterra se distinguent de la compétition par leur coque en laminé de fibre de verre et balsa imprégné de résine, ce qui permet de réduire le poids de l'autobus de 3 à 4 tonnes ([émission de Jay Leno](#)) en plus d'être résistant à la corrosion et d'agir comme isolant thermique. La réduction de poids lui donne l'avantage de mettre plus de batteries pour un nombre de passagers donné.

Mais, attention, un compétiteur chinois très sérieux, BYD, construit déjà depuis 2014 des autobus électriques en Californie, et vient d'annoncer qu'il allait [tripler la capacité](#) de production d'ici 2018, pour atteindre environ 1000 autobus par année. Ils seront certainement très agressifs sur les prix et ont l'avantage d'avoir un [autobus articulé électrique](#) de 60 pieds en production pouvant parcourir 270 km en ville avec 120 passagers et une batterie de 547 kWh garantie pendant 12 ans! Mais, au Québec par grand froid on parlerait plutôt de 175 km. Voici une photo tirée de leur site, et une vidéo [ICI](#).



Les commandes d'autobus électriques à l'extérieur de la Chine ne se comptent plus à l'unité, mais par dizaines. Par exemple, au début de l'année 2017, la société de transport *King County's Metro Transit* qui donne le service de transport collectif pour la ville de Seattle a confirmé [une commande de 73 autobus électriques Proterra](#) pour un total de 55 millions \$ US, ce qui revient à 753 000 \$ US ou 985 000 \$ CAN par autobus. Et, en 2016, BYD a reçu une [commande de 85 autobus électriques](#) pour l'*Antelope Valley Transit Authority* qui dessert le nord de Los-Angeles.

Vous constaterez que les prix pour les autobus électriques que j'avais donnés dans mon dernier billet (800 000 \$ à 900 000 \$) étaient pour quelques autobus en dollars US, chose que je n'avais pas précisé. À noter qu'aujourd'hui, les grosses sociétés de transport collectif au Québec n'achètent plus que des autobus hybrides qui coûtent autour de 680 000 \$ CAN.

Regardons maintenant ce qui se passe au Canada, en commençant par l'Ouest.

Une nouvelle compagnie d'autobus uniquement électriques, [Green Power Bus](#), a vu le jour à Vancouver en 2011, et présenté son porte-étendard le EV350 en 2014, un autobus électrique de 12 m. Il est équipé de batteries Li-ion au phosphate de fer d'une capacité de 320 kWh pouvant procurer une autonomie de 300 km, selon la compagnie (voir le [EV350 sur Vimeo](#)). Mais, là où ils se démarquent c'est avec leur EV550 à 2 étages, pouvant accueillir 100 personnes assises plus celles debout. Il est muni d'une batterie de 478 kWh procurant une autonomie de 385 km, selon eux (voir le [EV550 sur YouTube](#)). Tous leurs autobus sont conçus pour une recharge au garage la nuit.

Au centre du Canada, à Winnipeg, le plus gros fabricant d'autobus en Amérique du nord, [New Flyer](#), est également embarqué dans le train des autobus électriques, avec son [Xcelsior électrique](#). Cet autobus de 12 m est équipé d'une batterie de 100 kWh à 300 kWh lui procurant une autonomie de 65 km à 190 km,

selon la batterie choisie. Deux systèmes de recharge équipent le véhicule, un pour une recharge plus lente au garage et l'autre pour une recharge rapide sur la route, avec un pantographe sur le toit qui se connecte à une borne de recharge rapide pour redonner 40 km d'autonomie en 10 minutes. L'Xcelsior électrique est [à l'essai à l'aéroport de Winnipeg](#) depuis la fin de 2014 sur un parcours de 40 km. Voici une [vidéo YouTube](#) du lancement. Ils en sont présentement à faire des démonstrations dans différentes villes en Amérique du Nord.



En poursuivant vers l'Est du pays on arrive à [Novabus](#) installé près de Montréal, qui vient de livrer à la STM son nouveau bébé, le [Nova LFSe](#), en trois exemplaires. C'est un autobus électrique de 12 m à recharge rapide, fonctionnant avec une batterie Li-ion au phosphate de fer de 76 kWh (info par téléphone de Novabus) procure une autonomie entre 15 km et 25 km selon les conditions. À remarquer qu'avec une batterie de 76 kWh on peut parcourir 50 km, mais en n'utilisant qu'une partie de la batterie celle-ci dure plus longtemps. Les LFSe roulent sur la ligne 36-Monk qui s'étend sur 10,6 km, et se rechargent en 5 minutes à chaque bout de la ligne. Ils pourraient ainsi fonctionner 24/24, sans limite d'autonomie. Novabus offre deux options pour les chargeurs rapides sur rue, 300 kW et 450 kW. À noter qu'il y a un chauffage d'appoint au diesel pour les grands froids hivernaux, ce qui diminue de beaucoup la grosseur de batterie requise. Ces autobus sont équipés d'un moteur électrique Sumo à entraînement direct de TM4 (sans transmission ni réducteur de vitesse, donc pas d'engrenages) fabriqué au Québec et issu des

recherches sur le moteur-roue à l'Institut de recherche d'Hydro-Québec, dans les années 1990. Le groupe motopropulseur est par conséquent très efficace et durable.

Les essais avec passagers sont prévus pour mars 2017 et devraient se poursuivre jusqu'à la fin 2019 pour accumuler les statistiques. Mais, Novabus compte bien commercialiser ses autobus électriques avant 2019.

L'Europe

On en vient à l'Europe, que nous parcourons du Nord au Sud pour rencontrer les fabricants d'autobus électriques pertinents.

En **Suède**, [Volvo Bus](#) est bien connu. Ce fabricant nous offre deux types d'autobus électriques à recharge rapide sur rue. Le [7900 100 % électrique](#) a une batterie de 76 kWh au phosphate de fer qu'on peut recharger en 6 minutes avec un système pantographe à chaque bout d'une ligne (photo ci-dessous). L'autonomie n'est pas précisée, mais le bus utilise très vraisemblablement la même stratégie que les autobus LFSe de Novabus, la filiale de Volvo. L'autonomie serait donc de 15 à 25 km, sachant qu'on n'utilise qu'une partie de la batterie pour prolonger sa vie. Par ailleurs, Volvo Bus commercialise également le [7900 hybride électrique](#) qui peut faire 7 km à l'électricité sur des parcours typiques en Europe de 10 km. Ensuite, c'est un moteur diesel qui prend la relève. Pour faire le plein d'électricité, c'est le même système de recharge rapide sur rue.

En Suède on retrouve également [Scania](#), un autre fabricant de bus réputé. Ils ont débuté les [essais d'un autobus hybride électrique à recharge rapide par induction](#) (sans contact), à la fin 2016 dans la ville suédoise de Södertälje, sur un parcours de 10 km. La recharge s'effectue en moins de 7 minutes. Scania précise que c'est la première fois qu'un tel système de recharge par induction, enfoui dans la chaussée aux terminus, est



testé dans un pays nordique qui connaît des grands froids. La compagnie est dans une phase de recherche de solution optimale et ne commercialise pas encore d'autobus électriques.

Au **Royaume-Uni**, le maire de Londres publiait [un communiqué](#) en septembre 2016 à l'effet que la ville allait avoir dans ses rues 73 autobus électriques avant la fin 2016, la plus grosse flotte

d'Europe. C'est BYD, en partenariat avec la compagnie anglaise [ADL \(Alexander Dennis Ltd\)](#), le plus gros fabricant d'autobus et autocars du Royaume-Uni, qui ont fabriqué les autobus électriques. Et en janvier 2017, ADL annonçait qu'elle allait fournir [14 autres autobus électriques](#) pour la ville de Londres. Mentionnons également la mise à l'essai de cinq autobus électriques à deux étages de BYD (fabriqué en Chine) dans les rues de Londres à l'été 2016. Voici une [vidéo YouTube](#) de ces bus aux allures typiquement londoniennes.

En **Allemagne**, nous avons le plus gros fabricant d'autobus européen, Mercedes-Benz, une filiale de [Daimler](#). La compagnie allemande nous promet un bus électrique, [le Citaro E-CELL](#), pour la fin 2018 en production de série. Pas plus d'information n'est disponible pour le moment, la technologie et le prix des batteries évoluent tellement vite.

Passons à la **Pologne**, où on retrouve le fabricant d'autobus [Solaris](#) qui offre des bus Urbino électriques (8,9 m, 12 m et 18 m). La compagnie n'a pas de modèles particuliers avec des caractéristiques définies. On propose plutôt du sur mesure, après analyse des besoins du client. Donc pas de capacité de batterie spécifiée ni de détails sur les chargeurs, autres qu'on peut avoir une recharge lente par branchement ou une recharge rapide par contact (pantographe sur le toit) ou induction (sans contact par le plancher).

Aux **Pays-Bas**, une nouvelle compagnie dédiée à la fabrication d'autobus électriques a vu le jour en 2010. Il s'agit de [Ebusco](#). Le Ebusco 2.1 de 12 m peut parcourir 300 km avec une batterie de 311 kWh en emportant 95 passagers. Sa coque est en aluminium, ce qui le distingue des concurrents. La compagnie est en [partenariat avec un leader chinois](#) dans le domaine, [Golden Dragon](#). Ils ont une [vidéo de présentation](#) sur YouTube.

La **France** a sur son territoire un des fabricants d'autobus et d'autocars leaders en Europe, [IVECO Bus](#) (autrefois Irisbus), dont l'usine est située dans la ville d'Annonay. C'est Iveco qui a été le maître d'œuvre du [Ellisup](#) en 2013, un prototype d'autobus électrique du futur, à recharge rapide, huit roues et des moteurs-roues. Toutefois, IVECO ne commercialise pas d'autobus électriques présentement. La société prévoit en mettre sur le marché en 2018, comme Mercedes-Benz.

La RATP (Régie Autonome des Transports Parisiens) a interpellé les fabricants d'autobus en 2015 pour leur demander de leur fournir des autobus électriques pour essais à Paris, avec une autonomie de 180 km et pouvant se recharger la nuit au dépôt. Cette démarche s'inscrit dans la volonté de la société que 80 % de ses nouveaux bus soient électriques à partir de 2025. La RATP précise qu'à cette date, les bus devront avoir une autonomie minimale de 250 km. Il est intéressant de noter une décision qu'elle a prise, à savoir de ne [pas implanter des stations de recharge rapide](#) sur rue, en raison des fortes contraintes patrimoniales de Paris et des forts coûts anticipés pour les infrastructures dans un tel contexte. Reste à voir s'ils vont maintenir cette orientation de façon stricte.

À l'été 2016, le fabricant français [Heuliez Bus](#) a livré à la RATP un exemplaire de son nouveau bus électrique de 12 m, le [GX ELEC](#) pour des essais en conditions réelles d'exploitation. Peu d'information est disponible présentement sinon que le bus peut accommoder 90 passagers et qu'à la rubrique autonomie la brochure mentionne «Une recharge de nuit pour une journée entière en exploitation», en ajoutant «À mi-journée ou aux heures creuses, il peut retourner au dépôt pour bénéficier d'une charge rapide pour accroître son autonomie».

[Bluebus](#) du Groupe Boloré est un nouveau venu dans le monde des fabricants d'autobus français. Cette jeune société [ne fabrique que des bus électriques](#) : un minibus de 22 passagers et 120 km d'autonomie, avec une batterie de 90 kWh, et [un bus de 12 m](#) avec une batterie de 240 kWh assurant une autonomie de 180 km à 250 km et pouvant accommoder de 91 à 101 passagers. Les batteries utilisées sont au Lithium-métal-polymère, conçues et fabriquées par le Groupe Boloré, plus précisément par sa filiale [Blue Solutions](#). Ces batteries ne sont pas conçues pour la recharge rapide, car elles n'acceptent pas de forts courants.

[PVI](#) (Power Vehicle Innovation) est un autre fabricant français d'autobus. Cette compagnie, qui vient d'être achetée par Renault, a conçu et réalisé des [autobus électriques biberonnés de 12 m](#) avec le [système WATT](#) (Wireless Alternative to Trolley Technology) en 2013. Ce système consiste à faire des recharges partielles de 10 secondes à chaque arrêt. Les bornes fixées aux abribus sont alimentées par une entrée électrique de faible puissance et basse tension qui stocke l'énergie lentement dans des batteries ou supercondensateurs dans la borne, pour la restituer rapidement par la suite dans les bus. Le désavantage est de demander beaucoup plus d'infrastructures. Depuis 2016, PVI peut offrir également la recharge rapide en bout de ligne, comme la plupart des autres fabricants qui ont intégré la recharge rapide sur rue. Leurs minibus électriques Oréos ont une capacité de 22 passagers et une autonomie de 120 km avec une seule charge.

Par ailleurs, n'oublions pas que le plus gros fabricant d'autobus chinois, Yutong, a conclu un partenariat avec Dietrich Carebus Group (DCG), une PME alsacienne (française), pour concrétiser des [autobus électriques chinois «made in France»](#).

Pour ce qui est de la **Suisse**, on y retrouve le fabricant de trolleybus [Hess](#) qui s'est associé avec ABB, en 2013, pour mettre au point les [bus électriques articulés TOSA](#) à recharge rapide sur rue. L'autobus de démonstration de 18 m (133 passagers) faisait le plein d'électricité à une station terminus à l'aéroport pendant 3 à 4 minutes (stations de 200 kW) après un trajet total de 3,1 km, ainsi qu'à une station Flash de 400 kW pendant 15 secondes à tous les 4 arrêts le long de la ligne, le temps que les passagers montent et descendent.

Dans une [présentation faite par Olivier Augé de ABB en 2016](#) aux *Swiss mobility days* à Martigny, on apprend que la technologie de seconde génération comporte des stations Flash de 600 kW qui vont recharger pendant 20 secondes à tous les 1,5 km environ et des stations terminus de 400kW avec des temps de charge de 3 à 5 minutes. Les stations Flash sont munies de batteries qui sont chargées sur le secteur avec une puissance d'alimentation de 50 kW et déchargées

rapidement dans la batterie des autobus à une puissance de 600 kW. Le chargeur au dépôt a une puissance de 50 kW et peut recharger la batterie au complet en 30 minutes. Douze autobus TOSA de 2^e génération vont circuler [sur une ligne de 12 km à Genève en 2018](#), en utilisant 3 stations terminus et 13 stations Flash sur 50 arrêts, avec une cadence aux 10 minutes. Des recharges rapides sur des autobus de 18 m c'est impressionnant.



En **Hongrie**, comme nous l'avons vu plus haut, BYD s'apprête à ouvrir une usine en 2017.

Nous terminerons notre tournée européenne avec l'**Espagne**. La compagnie [Irizar](#) y fabrique des autobus et autocars, ainsi que dans quatre autres pays (Maroc, Mexique, Brésil et Afrique du Sud). En 2011 elle prenait la décision de produire des autobus 100 % électriques et le modèle i2e en est sorti. C'est un autobus de 12 m avec une batterie de 376 kWh qui lui procure une autonomie de 200 km à 250 km. La recharge s'effectue en 7 heures au dépôt. La compagnie a même construit une usine en Espagne dédiée à la mobilité électrique, qui ouvre ses portes en 2017. Irizar en est à faire essayer ses bus électriques dans plusieurs villes d'Europe, dont [Marseille](#) (vidéo).

Conclusions

Après ce tour d'horizon, il est surprenant de voir à quel point les choses bougent vite depuis quelques années en ce qui concerne les autobus électriques. Les Chinois sont les leaders incontestés et de loin lorsqu'on parle de volumes de ventes. Et quelques compagnies chinoises, avec BYD en tête, s'implantent en Amérique et en Europe. BYD a l'énorme avantage de produire elle-même ses batteries, et en plus d'être le plus gros vendeur de véhicules électriques sur la Planète, ce qui leur garantit des prix pratiquement imbattables pour les batteries en raison des volumes de ventes.

Les ventes d'autobus électriques se comptent par centaines et milliers en Chine, alors qu'en Amérique du Nord et en Europe les sociétés de transport collectif passent des commandes de dizaines d'unités déjà et annoncent des achats en centaines d'unités à partir de 2018. On en est plus à la phase de démonstration, mais à une phase de commercialisation qui s'amorce.

Deux technologies de recharge sont disponibles : la recharge à vitesse «normale» au dépôt la nuit en 4 à 7 heures, et la recharge rapide sur rue en moins de 10 minutes aux terminus d'une ligne et/ou à certains arrêts. Voici un tableau des fabricants dont nous avons parlé dans ce dossier, en omettant les partenaires, qui met en lumière les technologies de recharge de chaque compagnie. On voit que les fabricants d'autobus électriques se répartissent pratiquement moitié-moitié entre les deux technologies. Dans un prochain article, je vais discuter des enjeux reliés à chacune de ces deux technologies de recharge.

Fabricants de bus électriques	Pays d'origine	Recharge
Bluebus	France	normale au dépôt
BYD	Chine	normale au dépôt
Ebusco	Pays-Bas	normale au dépôt
Golden Dragon	Chine	normale au dépôt
Green Power	Canada	normale au dépôt
Hengtong	Chine	rapide sur rue
Hess-ABB	Suisse	rapide sur rue
Heuliez	France	normale au dépôt
Irizar	Espagne	normale au dépôt
New Flyer	Canada	rapide sur rue
Novabus	Canada	rapide sur rue
Proterra	États-Unis	normale et rapide
PVI	France	rapide sur rue
Scania	Suède	rapide sur rue
Solaris	Pologne	normale et rapide
Volvo	Suède	rapide sur rue
Yutong	Chine	normale au dépôt