

Revue des modèles d'affaires,
des méthodes de valorisation
et des opportunités de marché
dans le secteur du transport
électrique et intelligent

VOLET 2 ET 3

Mars 2023

GRANDS PARTENAIRES

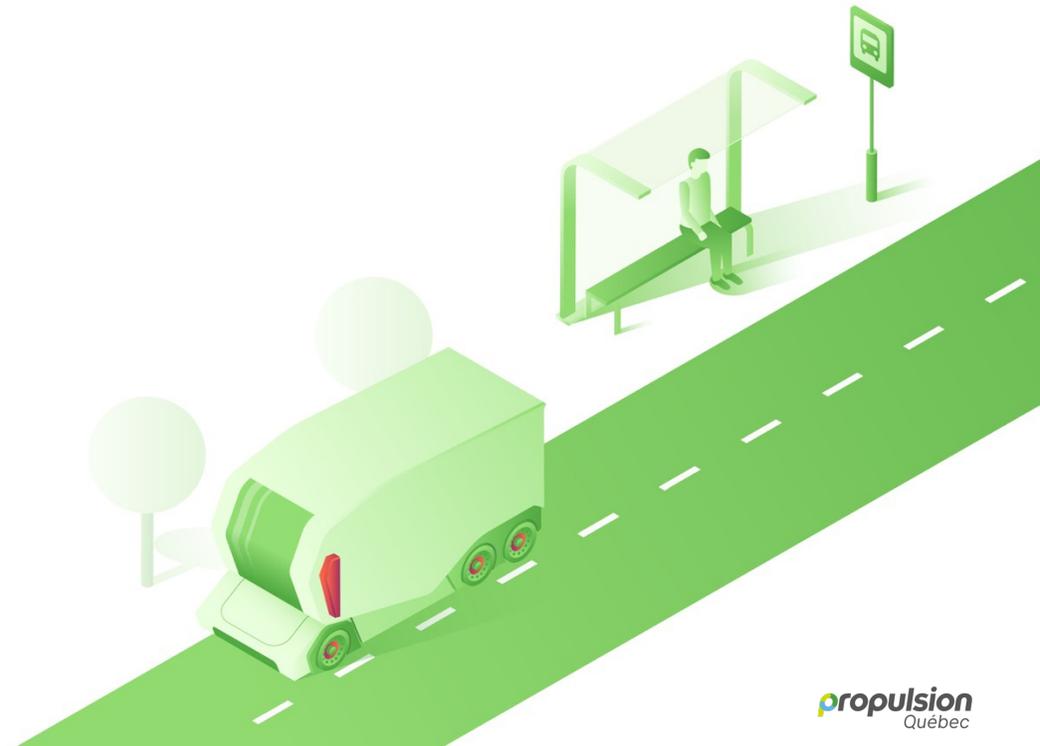


PARTENAIRES MAJEURS



TABLE DES MATIÈRES

- 1 Modèle *Hardware*
- 2 Modèle *Software*
- 3 Modèle Opérateur
- 4 Modèle *Project Finance*
- 5 Éléments de valorisation
- 6 Opportunités de marché dans le secteur du transport électrique et intelligent

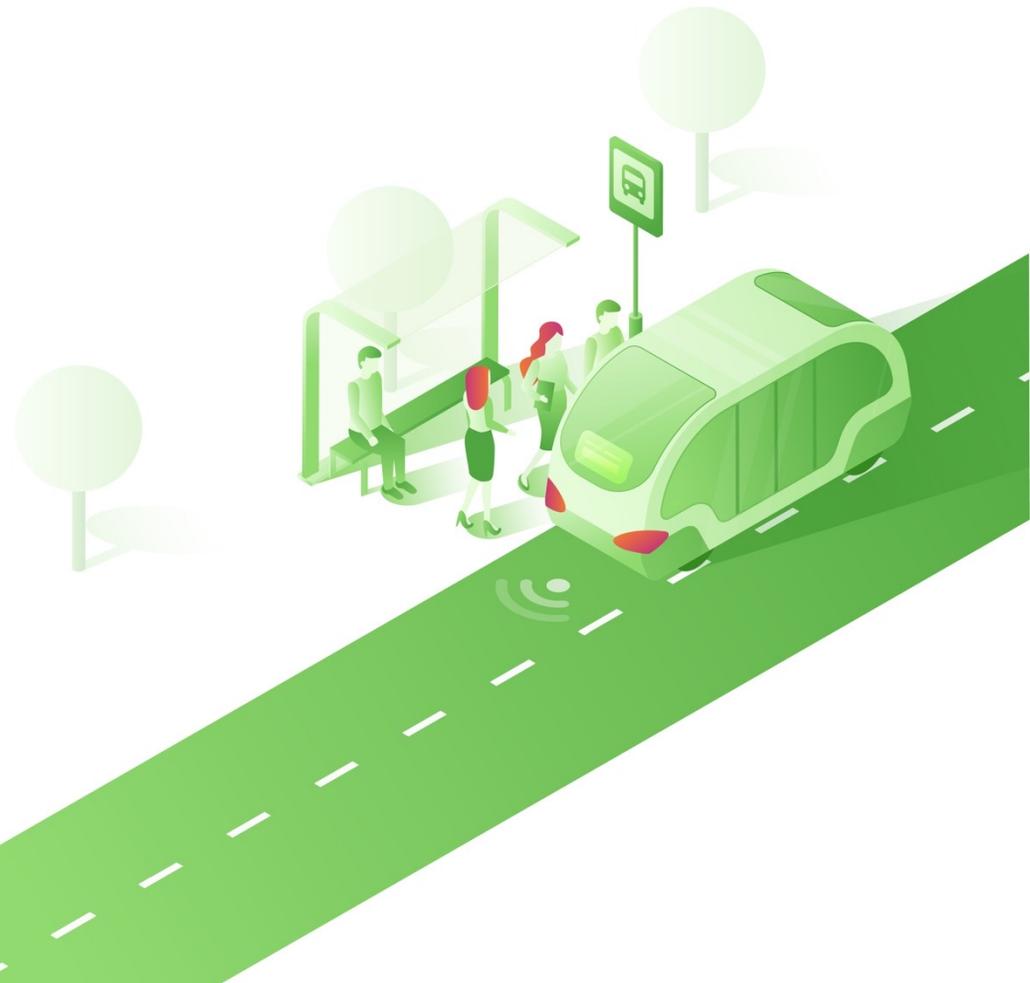


Présentation du mandat et de la présente étude

- Ernst & Young LLP (EY) a été embauchée par Propulsion Québec afin d'analyser différents modèles d'affaires d'entreprises généralement observés dans le secteur des transports électriques et intelligents (« TEI ») ainsi que les valorisations associées à ces modèles (Volet 2). Le mandat d'EY inclut également l'analyse de plusieurs marchés prometteurs au Québec dans le secteur des TEI (Volet 3) ainsi que la production d'un guide de présentation aux investisseurs destiné aux entrepreneurs/dirigeants souhaitant lever du capital sur le marché (Volet 4).
- Afin de faire suite à une étude portant sur le diagnostic de la chaîne de financement dans le secteur des TEI au Québec et également, afin d'atteindre les objectifs présentés dans le plan Ambition TEI 2030 ([liens disponibles ici](#)), Propulsion Québec a lancé ce mandat afin d'accroître la visibilité du secteur et de ses entreprises, notamment dans le but de faciliter et d'accroître les investissements à différents stades de développement des entreprises et de rendre le secteur des TEI au Québec attirant pour les investisseurs en favorisant un cercle vertueux de croissance pour les entreprises québécoises et l'écosystème.
- En se basant sur ces objectifs, Propulsion Québec a identifié trois leviers qui constituent les principaux objectifs du mandat d'EY :
 1. Accroître l'intérêt et l'expertise des investisseurs (institutionnels et spécialisés) dans le secteur des TEI;
 2. Développer le dossier d'affaires et renforcer l'attractivité du secteur des TEI au Québec afin de mettre en valeur les forces de l'écosystème et son ambition;
 3. Aider les incubateurs et accélérateurs à mieux accompagner les entreprises du secteur des TEI et renforcer la littératie financière, la gestion des risques et l'approche des entreprises du secteur des TEI sur le marché.
- Ce mandat, en complément d'autres projets réalisés en parallèle par Propulsion Québec, pourrait servir, entre autres, à faire des représentations gouvernementales, à positionner le Québec auprès d'investisseurs étrangers ou encore à attirer des expertises complémentaires à la chaîne de valeur québécoise des TEI.

1

MODÈLE *HARDWARE*



Modèle *Hardware*

1.1 Caractéristiques principales du modèle d'affaires

PRINCIPAUX SOUS-SECTEURS DES TEI CONCERNÉS PAR LE MODÈLE



Conception et fabrication de VZE



Fabrication d'équipements et d'infrastructures de recharge



Fabrication et assemblage de batteries



Fabrication de composants ADAS

APPROCHES STRATÉGIQUES POSSIBLES

Afin d'analyser les approches stratégiques possibles pour un modèle de type hardware, trois couches opérationnelles doivent être prises en compte:

1. La réalisation de la production

- **Interne** : l'entreprise prend en charge le processus de production (fabrication, assemblage) et contrôle les paramètres liés à ces activités
- **Externalisation** : l'entreprise décide de confier le processus de production à une tierce partie et se concentre principalement sur les activités de conception et de développement

2. La propriété des infrastructures et des équipements de production

- **Propriété** : approche via laquelle l'entreprise détient la propriété des infrastructures (bâtiment, terrains, etc.) et des équipements (machinerie, etc.), lesquels sont inscrits à son bilan comptable
- **Location** : l'entreprise n'est pas directement propriétaire des actifs qu'elle opère, mais paye un droit d'usage à durée déterminée à un tiers qui lui détient la propriété des actifs

3. La gestion de la commercialisation

- **En interne** : l'entreprise possède sa propre équipe de vente en charge de la commercialisation des produits
- **Externalisation** : la force commerciale de l'entreprise repose principalement sur un réseau de distributeurs, exclusif ou non

PRINCIPAUX LEVIERS DE CRÉATION DE VALEUR

PRODUIT

- Capacité à intégrer différents savoir-faire innovants de façon sécuritaire
- Capacité à anticiper la feuille de route R&D et à s'assurer de la pertinence du produit/solution au moment de sa commercialisation

OPÉRATIONS

- Capacité à étendre les opérations de façon rapide, fluide et efficace une fois les activités initiales de R&D et de développement de prototypes bien établis
 - ✓ Réussir à passer efficacement du prototype à la production à grande échelle
 - ✓ « *Welcome to production hell* » (Elon Musk)
- Capacité à mobiliser et optimiser efficacement l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement (p. ex. approche de production modulaire, application des concepts de lean management, etc.)

COMMERCIALISATION

- Capacité à convaincre rapidement des ambassadeurs ou des *early adopters* de la pertinence du produit/solution afin de crédibiliser rapidement la marque/produit
- Capacité à mettre sur pied les canaux de ventes adéquats pour le produit

Modèle *Hardware*

1.2 Modèles de revenus et structure de coûts

Le modèle de revenus traditionnel

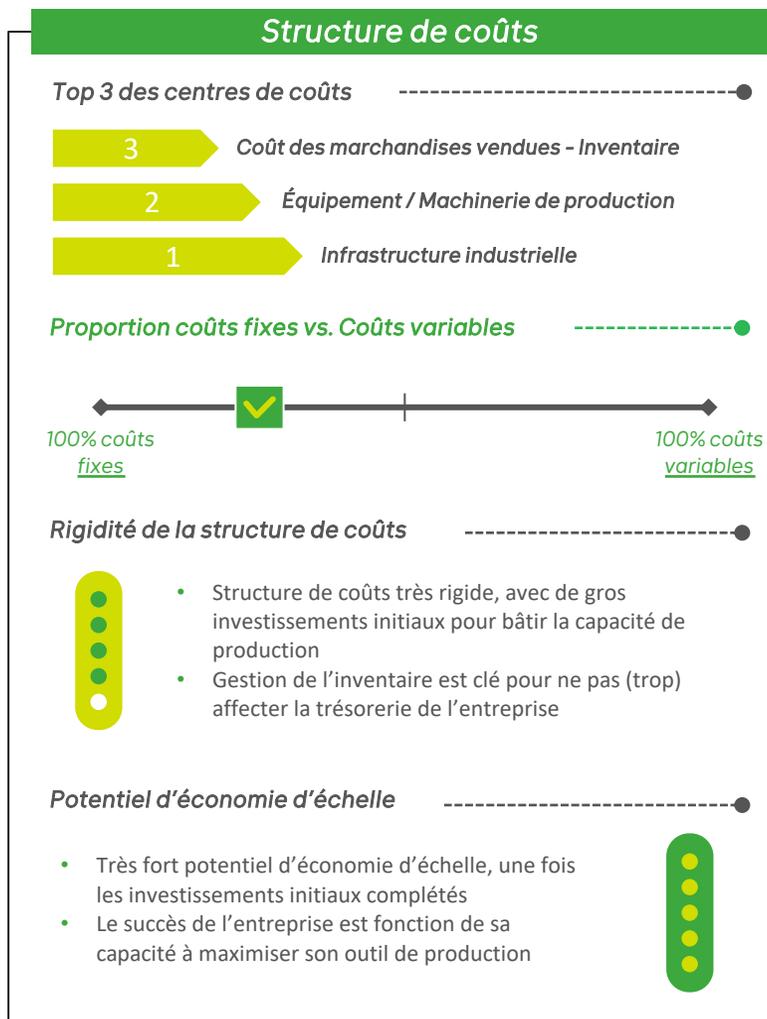
- Le modèle de revenu traditionnel pour les modèles d'affaires principalement orienté hardware est basé sur le principe du « *one and done* », c'est-à-dire une vente unique d'un produit et sans autres revenus associés, que ce soit au moment de la vente elle-même ou dans le futur.

La particularité du secteur des TEI : l'entremêlement du hardware et du software

- Avec la numérisation croissante des activités et l'évolution de la mobilité, les produits hardware des entreprises du secteur des TEI sont de plus en plus généralement indissociables d'un logiciel (propriétaire ou pas). On peut différencier deux grands types d'approches à ce sujet :
 - Le logiciel est un « facilitateur » (*enabler*) permettant le bon fonctionnement du produit. La valeur de l'entreprise repose principalement sur le *hardware* en lui-même, plus que sur le logiciel.
 - L'entreprise choisit délibérément de placer sa solution logicielle au cœur de leur proposition de valeur, donnant ainsi lieu à des entreprises avec un modèle d'affaires hybride (*voir plus bas*).

Tendances observées et modèles hybrides

- On note une volonté croissante des entreprises de s'éloigner du modèle de revenus *hardware* traditionnel, avec l'objectif de diversifier leurs sources de revenus autour du produit de base, tout en permettant de générer des revenus récurrents sur le long terme. De plus en plus d'entreprises font donc pivoter leur modèle de revenus vers des modèles hybrides tels que :
 - Hardware-as-a-Service*, modèle où les clients paient pour la valeur fournie par le service permis par le produit hardware, plutôt que pour le produit en lui-même. L'utilisation du *hardware* n'est possible que si le client paie pour le(s) service(s) (ex : Dcbel).
 - Hardware-Enabled-Service*, modèle qui consiste en la vente d'un produit *hardware* qui permet d'activer et de vendre des fonctionnalités/services supplémentaires facultatifs. Fonctionnement similaire au modèle précédent, à la différence que le hardware peut être utilisé sans souscrire au(x) service(s) proposé(s) (ex : Tesla).
 - Hardware-as-a-Platform*, modèle consistant à vendre un produit hardware, lequel sert par la suite de plateforme permettant à d'autres services/applications tiers de fonctionner et pour lesquels l'entreprise facture des frais (au tiers et/ou à l'utilisateur) (ex : bornes de recharge et publicité).
 - Une variante de ce modèle est le *Vehicle-as-a-platform*, où le véhicule sert de plateforme permettant d'activer d'autres services/applications et pouvant être monnayés.



1.2 Modèles de revenus et structure de coûts (suite)

Autres modèles observés

- *Location d'actifs* (ex : *batterie, véhicule, etc.*), modèle où le fabricant loue l'actif à ses clients, plutôt que de le vendre, et facture également des services « clé en main » d'opération et de maintenance. Dans le cadre de batteries électriques, ce modèle est généralement appelé *Energy-as-a-service* (ex: UgoWork).
 - Un modèle dérivé est le modèle *d'échange d'actif*, lequel notamment utilisé dans le contexte des batteries (swapping de batteries) où le fabricant de batteries permet à l'utilisateur de recharger le véhicule en remplaçant la batterie utilisée par une batterie pleinement chargée.
- Le fabricant peut généralement facturer ces services de location via deux grands mécanismes :
 - un abonnement au client, lequel peut utiliser l'actif un certain temps ou un nombre de fois durant une certaine période de temps.
 - une facturation en fonction de la quantité consommée (*pay-per-use*) d'énergie, de kilométrage, etc.
 - des modèles hybrides mêlant les deux approches sont également observés sur le marché.
- *Conversion de véhicule*, modèle consistant à facturer aux clients des frais d'ingénierie, de fabrication, d'assemblage, etc. liés à la conversion d'un véhicule à combustion en un véhicule électrique (ex : Ecotuned)

1.3 Focus sur les modèles de revenus de licences et de monétisation de données

- En sus des modèles de revenus *hardware* présentés à la page précédente, certaines entreprises du secteur des TEI font le choix de monétiser leurs activités via un modèle de licences et/ou en monétisant de la donnée.

LE MODÈLE DE LICENCES EN HARDWARE

Qu'est-ce que c'est ?

- Le modèle de licences (*licensing*) en *hardware* représente principalement le fait de vendre à un tiers un droit d'utilisation d'une technologie propriétaire et des procédés industriels associés permettant la fabrication et l'assemblage d'un produit (ex : Lithion, Proterra).
- Certaines technologies et procédés sont parfois trop complexes pour être personnalisés aux besoins de chaque client, ce qui peut pousser des entreprises à offrir des licences associées à leur technologie, afin que les clients implémentent eux-mêmes la technologie puis la personnalisent en fonction de leurs besoins.
- On pourrait appeler le modèle de licences en *hardware* « technology-as-a-service »

Sources de revenus liées au modèle de licences en hardware

- Plusieurs sources de revenus existent, notamment:
 - Paiement de royalties liées au temps d'utilisation de la technologie
 - Paiement de royalties par unité produite via la technologie
 - Accompagnement pour adopter/comprendre/ajuster la technologie et les procédés industriels (soutien en ingénierie)
 - Vente de certaines pièces d'équipement/composantes
 - Frais de maintenance
 - Mise à niveau de la technologie

LE MODÈLE MONÉTISATION DE DONNÉES EN HARDWARE

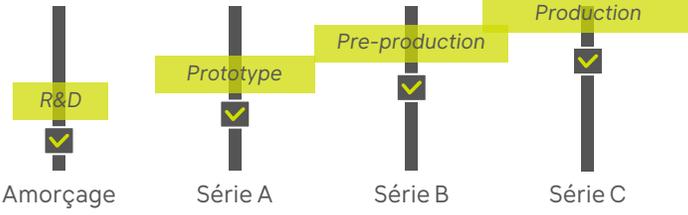
Qu'est-ce que c'est ?

- La monétisation de données en *hardware* prend la forme suivante:
 - l'entreprise recueille les données via des capteurs et logiciels placés sur son produit. La donnée recueillie l'est initialement pour satisfaire des enjeux internes (maintenance, suivi de la performance, etc.)
 - la donnée recueillie peut également servir à d'autres fins et être monétisée au client/utilisateur. Elle est alors traitée et analysée par l'entreprise, ce qui lui permet ensuite de comprendre comment le client/utilisateur peut optimiser l'utilisation du *hardware* et ses opérations de façon plus globale
- Ce modèle de revenus seul n'existe que peu ou pas dans le secteur de la mobilité, notamment pour les entreprises orientées *hardware*. La monétisation des données est généralement un bon complément à d'autres sources de revenus et peut être perçue par les investisseurs comme un élément venant dérisquer d'autres aspects du modèle de l'entreprise.
- Il est également important de noter qu'en *hardware*, la vente des données ne se fait qu'exclusivement qu'entre le manufacturier et l'utilisateur/client. La vente de données à des tierces parties est un modèle généralement proscrit dans le cas du *hardware*, principalement pour des raisons de confidentialité.

Sources de revenus

- Vente de données brutes recueillies via le *hardware* (très peu fréquent en mobilité, car peu de valeur ajoutée)
- Vente de données traitées et analysées recueillies via le *hardware* (Ex : UgoWork -> l'entreprise est capable d'informer le client sur la performance, le taux d'utilisation effectif, etc. de ses véhicules grâce aux batteries UgoWork placées sur ses véhicules, permettant au client d'optimiser ses opérations)
- Quote-part sur les économies/gains réalisés grâce à l'analyse de données

1.4 Éléments de compréhension du modèle d'affaires

OPÉRATIONS	COMMERCIALISATION	PROFITABILITÉ
<p>A. i. Degré de complexité à étendre les opérations -----●</p>  <p>Élevé</p> <ul style="list-style-type: none"> • Passage à la production en série très complexe • Requier un savoir-faire et une expérience • Courbe d'apprentissage nécessaire 	<p>B. i. Longueur du cycle de développement -----●</p> <p>Court <input type="checkbox"/> Moyen <input type="checkbox"/> Long <input checked="" type="checkbox"/></p>  <p>B. ii. Complexité à exporter ses produits en dehors du marché initial -----●</p> <p>Faible <input type="checkbox"/> Modérée <input type="checkbox"/> Élevée <input checked="" type="checkbox"/></p> <ul style="list-style-type: none"> • Complexité à mettre en place les canaux de vente adéquats et forte dépendance aux distributeurs • Réglementation/certification pouvant restreindre la conquête de nouveaux marchés 	<p>C. i. Durée typique de la période d'analyse -----●</p> <p>Inférieur à 5 ans <input type="checkbox"/></p> <p>Entre 5 et 7 ans <input type="checkbox"/></p> <p>Entre 7 et 10 ans <input checked="" type="checkbox"/></p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet d'analyser le cycle de développement complet de l'entreprise • Permet de voir les premières années de profitabilité (ou proche du seuil de rentabilité)
<p>A. ii. Potentiel de verticalisation -----●</p>  <p>Élevé</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tendance naturelle des entreprises hardware à vouloir se développer en amont ou en aval de leur chaîne de valeur pour générer de la valeur 	<p>B. iii. Stade de développement attendu à chaque ronde de financement -----●</p> 	<p>C. ii. Niveau de rentabilité attendu par ronde -----●</p>  <p>Amorçage Série A Série B Série C</p>
<p>A. iii. Potentiel d'horizontalisation -----●</p>  <p>Faible à modéré</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certain complexité à développer un produit pertinent pour plusieurs secteurs/marchés à la fois 		<p>C. iii. Temps nécessaire pour atteindre le seuil de rentabilité -----●</p> <p>Entre 0 et 2 ans <input type="checkbox"/></p> <p>Entre 2 et 5 ans <input type="checkbox"/></p> <p>Plus de 7 ans <input checked="" type="checkbox"/></p> <ul style="list-style-type: none"> • Important de laisser l'entreprise se concentrer sur son développement dans les 5 premières années, sans pression accrue de générer de la rentabilité

Modèle Hardware

1.5 Jalons de création de valeur et de dérisquage des investissements

	IDÉE ET CONCEPT DE BASE	PROTOTYPES	PRE-PRODUCTION	PRODUCTION	EXTENSIBILITÉ
Jalons industriels	<ul style="list-style-type: none"> Identification des besoins du marché et définition de la solution envisagée Formulation et développement de la technologie 	<ul style="list-style-type: none"> Prototype virtuel/Maquette 3D Prototype physique fonctionnel Prototype physique réel validé et sécuritaire 	<ul style="list-style-type: none"> Validation du produit/solution en conditions réelles Développement initial des procédés de fabrication 	<ul style="list-style-type: none"> Industrialisation des procédés de fabrication Début de la production Estimation des économies d'échelles espérées/potentielles 	<ul style="list-style-type: none"> Augmentation de la cadence de production et optimisation des procédés de fabrication Diversification des activités (verticalisation, horizontalisation)
Jalons commerciaux	<ul style="list-style-type: none"> n/a 	<ul style="list-style-type: none"> Certification dans le marché d'origine Positionnement initial dans l'agenda industriel du client (pour les entreprises B2B) Définition du modèle de revenus 	<ul style="list-style-type: none"> Signature d'ententes avec des clients (MoU) Sécurisation de la chaîne d'approvisionnement Arrimage avec le cahier des charges du client (pour les entreprises B2B) 	<ul style="list-style-type: none"> Début de la commercialisation Premiers retours d'expérience des clients Diversification des clients Optimisation de la chaîne d'approvisionnement 	<ul style="list-style-type: none"> Conquête de part de marché dans le marché d'origine Début de l'expansion géographique – Homologation dans les nouveaux marchés Gestion des rappels
Jalons financiers	<p>Pas de revenus</p> <p>Pas de profitabilité</p> <p>Investissement limité</p>	<p>Pas de revenus</p> <p>Pas de profitabilité</p> <p>Investissement modéré</p>	<p>Pas de revenus</p> <p>Pas de profitabilité</p> <p>Investissement élevé</p>	<p>Premiers revenus</p> <p>Pas de profitabilité</p> <p>Investissement élevé</p>	<p>Revenus en forte croissance</p> <p>Profitabilité en ligne de mire</p> <p>Investissement plus modéré</p>
Jalons de financement	Amorçage	Série A	Série B	Série C ou IPO	IPO ou Private Equity
Commentaires	<ul style="list-style-type: none"> L'entrepreneur développe sa technologie et commence à comprendre les applications commerciales potentielles de son produit L'entreprise est exclusivement concentrée sur le développement produit 	<ul style="list-style-type: none"> Le financement de Série A va permettre à l'entreprise de développer un prototype solide, ultimement certifié par les autorités L'atteinte de ce jalon est le premier grand événement venant sensiblement dérisquer les investisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> Les premières ententes avec des clients futurs sont un jalon important qui vient valider le potentiel commercial du produit L'entreprise anticipe la fabrication des produits en mettant sur pied les procédés industriels initiaux 	<ul style="list-style-type: none"> L'entreprise commence à fabriquer ses produits (volumes modestes) et à générer ses premières ventes L'entreprise commence à optimiser sa chaîne d'approvisionnement en vue d'une production à plus grande échelle 	<ul style="list-style-type: none"> L'entreprise est en route vers une production à grande échelle, lui permettant d'atteindre les économies d'échelle anticipées

1.6 Analyse des barrières à l'entrée et contraintes

BARRIÈRES

#1 – La marque

- Il est difficile pour une jeune entreprise d'établir une marque puissante, crédible auprès des utilisateurs finaux
- Obtenir la confiance d'une masse critique de clients est un obstacle de taille au développement d'une jeune entreprise

#2 – Le financement

- Les modèles *hardware* sont généralement gourmands en capitaux, notamment afin de financer les infrastructures et les équipements de productions
- Les cycles de développement et de vente sont relativement longs, ce qui crée une forte pression sur le fonds de roulement de l'entreprise
- La patience du capital est clé avec un modèle *hardware*, ce qui ne s'accommode souvent pas avec les attentes de rentabilité rapide de certains investisseurs

#3 – La capacité de production

- La plupart des jeunes entreprises avec un modèle *hardware* sont confrontées à la difficulté de passer d'un volume de production relativement réduit à une véritable production industrielle. L'évolution du *bill of process* est complexe et non linéaire

#4 – La capacité de commercialisation

- Créer les canaux de ventes pertinents est un processus long et coûteux, notamment lorsque les ventes se font via des réseaux de distributeurs
- La gestion de l'après-vente peut devenir un enjeu majeur, surtout si l'entreprise ne parvient pas à monétiser ces services

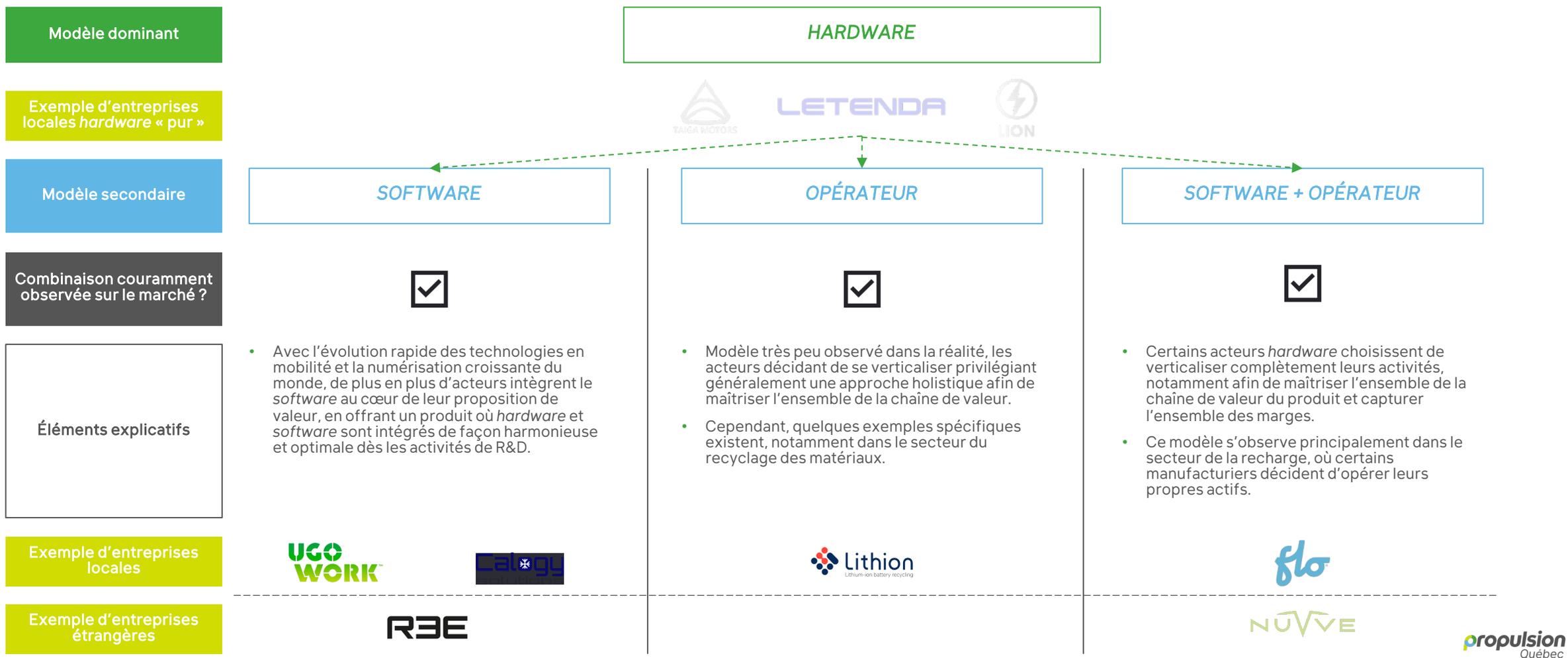
RÉFLEXES QUE DOIT DÉVELOPPER L'INVESTISSEUR FACE À CES SITUATIONS

- Il est important de ne pas sous-estimer les dépenses marketing d'une jeune entreprise *hardware*. Plutôt que d'y voir un centre de coût à potentiellement sacrifier, l'investisseur devrait au contraire s'assurer que l'entreprise investit suffisamment à ce niveau pour assurer un développement commercial adéquat, qui permettra à terme de générer la rentabilité espérée.
- L'investisseur en *hardware* doit analyser la totalité du plan de développement de l'entreprise et comprendre/anticiper l'ensemble des capitaux nécessaires à la croissance de l'entreprise.
- Il est crucial de ne pas sacrifier le succès à long terme de l'entreprise en imposant une vision court-termiste des exigences de rendement.
- Une approche d'investissement « au compte-goutte » ou de type « wait and see » a peu de chance de fonctionner dans l'univers *hardware*, où les entreprises ont besoin d'un soutien sans faille dans les premières étapes de leur développement, notamment afin de concevoir un produit pertinent et la chaîne de production adéquate.
- L'investisseur doit comprendre en détail l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement de l'entreprise et s'assurer de la direction prise en matière de choix des fournisseurs et des composants.
- Il est également clé de laisser le temps à l'entreprise de bâtir correctement sa stratégie de production. Une mauvaise planification à ce niveau empêchera l'entreprise de produire les volumes espérés au coût attendu, ce qui affectera d'autant plus les retours de l'investisseur.
- L'investisseur doit analyser le cycle de vente de l'entreprise dans son entièreté et s'assurer que les canaux de commercialisation choisis sont les plus adéquats et présentent un profil croissance/rentabilité/risque équilibré.
- La gestion du cycle d'après-vente n'est pas à négliger et il faut s'assurer que l'entreprise a développé une stratégie pertinente permettant de ne pas compromettre sa croissance et sa rentabilité à long terme.

Modèle Hardware

1.7 Combinaison de modèles

- De plus en plus d'entreprises avec un modèle d'affaires principalement orienté vers le *hardware* complètent et bonifient leurs activités et leur proposition de valeur en intégrant des composantes *software* et/ou opérateur dans leur modèle d'affaires. Le diagramme suivant vise à présenter les combinaisons de modèles possibles et observées communément sur le marché, afin d'offrir au lecteur une compréhension.



1.9 Étude de cas – UgoWork



APERÇU DE L'ENTREPRISE

Date de création

- 2015

Description des activités

- UgoWork conçoit, fabrique et distribue une solution intégrée comprenant des batteries au lithium, des chargeurs ainsi qu'une plateforme logicielle, destinée au secteur des véhicules industriels, principalement de type *forklift*.
- Le service offert par l'entreprise est clé en main et UgoWork garanti à ses clients un certain niveau de performance et de disponibilité des batteries.
- Grâce à une surveillance 24/24 des batteries, UgoWork est en mesure de d'offrir une maintenance préventive efficace à ses clients, tout en détectant rapidement les potentiels problèmes sur les batteries.
- Cette surveillance permet également à l'entreprise d'analyser avec précision l'ensemble des activités du client, ce dernier pouvant alors comprendre comment optimiser ses opérations grâce aux données recueillies par UgoWork.

Équipe dirigeante et background

- Philippe Beauchamp, PDG 
- Rami Jarjour, COO 
- Frédéric Leclerc, Directeur des finances 

Proposition de valeur et éléments différenciateurs

- *Cloud monitoring* et analyse des informations/données provenant des batteries en temps réel, permettant ainsi d'offrir aux clients les outils pertinents afin qu'ils puissent optimiser leurs opérations.
- UgoWork offre une infrastructure de recharge compacte et universelle. Si la plupart des concurrents calquent leur offre en termes de recharge sur les trois grandes familles de *forklift* (24, 36, 48) en proposant trois combinaisons différentes de batterie/chargeur, UgoWork propose une solution de recharge universelle avec des chargeurs embarqués fonctionnant avec toutes les stations de recharge. Ceci simplifie et fluidifie ainsi grandement les opérations des clients, notamment la recharge des batteries.
- L'entreprise a conçu des produits avec une architecture unique de type *plug and play*. UgoWork est ainsi capable de changer les pack lithium rapidement et facilement une fois que le lithium est consommé, sans avoir besoin d'intervenir sur la partie électronique et acier. Il en résulte un meilleur retour sur investissement pour le client, une maximisation de la vie utile du produit et une plus faible empreinte carbone globale.

Principales barrières et freins au développement

- Gestion relativement complexe de la chaîne d'approvisionnement
- Atteinte d'économies d'échelle cruciale pour devenir un acteur de référence
- Environnement régulé, notamment avec les certifications OEM et UL
- Secteur normé et soumis à de fortes contraintes de sécurité (tension 480v, lourdes charges, haute énergie).

Modèle *Hardware*

1.9 Étude de cas – UgoWork



STRATÉGIE D'ENTREPRISE

Modèle d'affaires

- Modèle tirant parti d'un produit combinant des composantes *hardware* et *software*

Modèle de revenus privilégié

- Deux modèles de revenus principales :
 - Abonnement *Energy-as-a-service* (EaaS)
 - Vente de hardware
- L'entreprise tend à focaliser ses efforts sur le modèle *Energy-as-a-service*, permettant de générer des revenus stables et récurrents.
 - Dans le cas du modèle *EaaS*, la batterie reste la propriété d'UgoWork.
 - Différents package sont offerts aux clients, en fonction de la quantité d'énergie qu'ils consomment sur une durée déterminée (modèle relativement similaire aux abonnements de téléphonie cellulaire – x\$ par période pour xGo de données)

Structure de coûts

- Les principaux coûts de l'entreprise sont liés à l'acquisition :
 - Des cellules lithium
 - Des composantes électroniques nécessaires à la fabrication des batteries

Plan de croissance à moyen terme

- Confidentiel

ÉLÉMENTS FINANCIERS

Montants levés à date et principaux investisseurs actuels

- 700k\$ en amorçage
- 2m\$ en série A
- 23m\$ en série B



Principales métriques financières actuelles

- n.a.

Ronde de financement à venir

- Horizon de ~2 ans

2

MODÈLE SOFTWARE



2.1 Caractéristiques principales du modèle d'affaires

PRINCIPAUX SOUS-SECTEURS DES TEI CONCERNÉS PAR LE MODÈLE



Solutions de gestion de la recharge



Mobility-as-a-service



Logiciels ADAS



Solutions de gestion de flotte / Télématique



Connectivité
(Cybersecurité, transport intelligent, V2X)



Jumeaux numériques

APPROCHES STRATÉGIQUES POSSIBLES

Trois grands types d'approches *software* existent dans le secteur des TEI:

- **Sur place (on-premise)** : le logiciel est installé au sein même de l'infrastructure interne d'une entreprise (bureaux, usine, etc.), sur ses actifs fixes ou des serveurs locaux.
- **Embarqué** : le logiciel est installé et directement au sein de l'infrastructure roulante ou statique d'une entreprise, et est généralement connecté aux réseaux de l'entreprise (en réseau fermé ou via Internet).
- **Infonuagique (cloud-based)** : le logiciel est hébergé sur des serveurs externes et le logiciel et ses applications sont mis à disposition de l'entreprise via Internet.

De plus en plus d'entreprises du secteur des TEI adoptent une stratégie mêlant plusieurs des approches mentionnées ci-dessus, en développant des logiciels pouvant à la fois être hébergés sur le site des clients et dans l'infonuagique, tout en étant opérationnels sur les actifs roulants/à distance des clients.

PRINCIPAUX LEVIERS DE CRÉATION DE VALEUR

PRODUIT

- Capacité à faire évoluer son produit/solution très rapidement et en adéquation avec les technologies en vogue/recherchées (« *Disrupt or be disrupted* »)
- Capacité à trouver un équilibre pertinent entre la trop forte personnalisation (customization) et la trop forte standardisation d'un produit/solution
- Capacité à faire du logiciel autre chose qu'une simple « commodité » et à générer du contenu/des résultats différencié(s)
- Capacité du logiciel à s'intégrer efficacement à une architecture numérique préexistante et standardisée

OPÉRATIONS

- Capacité à rester agile pour répondre aux attentes/exigences spécifiques opérationnelles des clients
- Capacité à assurer un service de soutien rapide et performant (*strong customer support*)

COMMERCIALISATION

- Capacité à sécuriser/fidéliser les clients sur le long terme, en assurant un taux de résiliation le plus faible possible (« *no/low churn rate* »)
- Capacité à exporter rapidement ses ventes en dehors du marché de base, que ce soit au niveau géographique ou horizontal (d'autres secteurs/sous-secteurs)

Modèle Software

2.2 Modèles de revenus et structure de coûts

Principaux modèles de revenus software observés dans le secteur des TEI

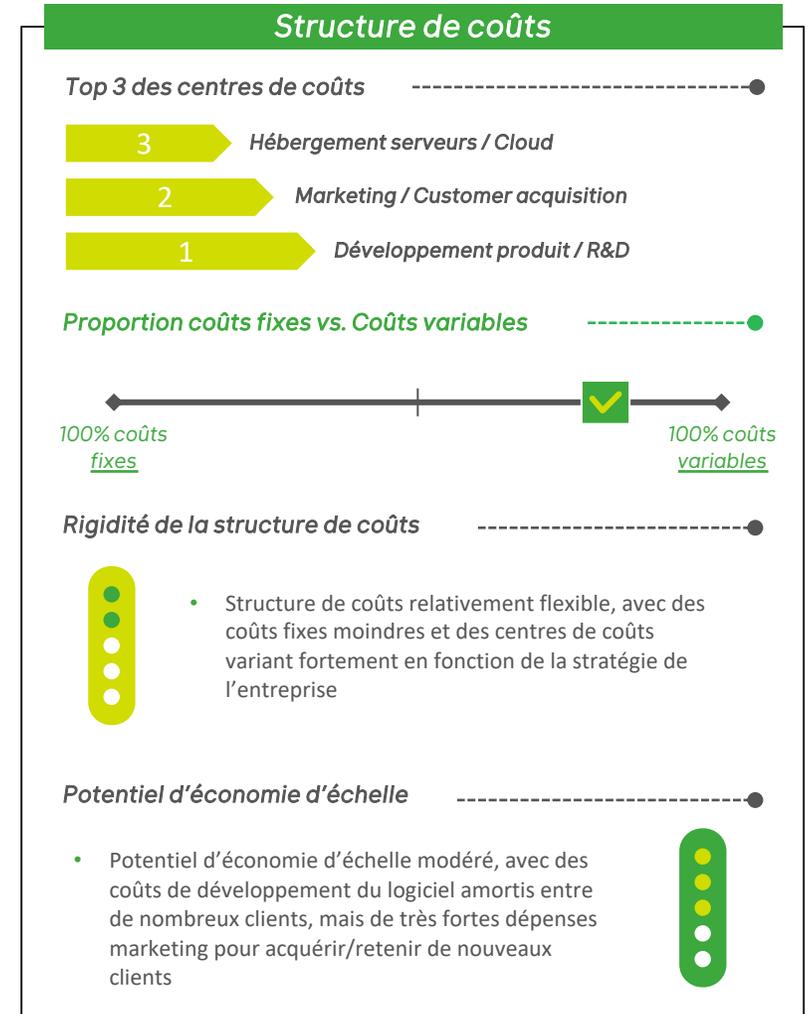
Plusieurs modèles de revenus *software* existent aujourd'hui pour les entreprises en mobilité, notamment grâce à la démocratisation des connexions Internet sans fil et des connexions à haut débit :

- **Licence (*licensing*)** : Un frais fixe ou des frais d'abonnement récurrents sont payés par l'utilisateur pour pouvoir bénéficier des fonctionnalités du logiciel et de ses applications (ex: Algolux). *Voir page suivante pour plus de détail.*
- **Monétisation des données (*data monetization*)** : Modèle consistant principalement à recueillir et traiter des données via le logiciel afin de les vendre par la suite à des clients. Il est important de mentionner que ce modèle de revenus seul n'existe que peu ou pas dans le secteur de la mobilité et qu'il est généralement combiné à d'autres sources de revenus (ex : Tesla). *Voir page suivante pour plus de détail.*
- **Publicité (*advertising*)** : Le logiciel et ses applications sont (généralement) disponibles gratuitement pour l'ensemble des utilisateurs, et l'entreprise se rémunère via la vente d'espace publicitaire dans l'application (ex : Waze)
- **Freemium** : Modèle qui consiste à fournir aux utilisateurs une version de base gratuite avec des fonctionnalités limitées, tout en offrant la possibilité aux utilisateurs d'opter pour une version payante (*premium*) afin d'accéder à du contenu ou des fonctionnalités supplémentaires (ex : Transit)
- **Frais de transaction (*transaction fees*)** : Des commissions sont facturées (en pourcentage et/ou frais fixes) en fonction de chaque activité/transaction réalisée via le logiciel et ses applications (ex : ChargePoint)
- **Services R&D** : L'entreprise développe un logiciel de base, et des frais de développement sont facturés afin de développer ou personnaliser le logiciel aux applications/attentes spécifiques de l'utilisateur (ex : Immersion).

On observe sur le marché des entreprises orientées software qui fournissent des services de R&D à leurs clients industriels au niveau de la conception et du design du hardware. Ceci permet notamment de façonner le produit hardware pour une optimisation optimale du logiciel (rétro-ingénierie)

- On observe de plus en plus d'entreprises *software* qui ajustent leur modèle de revenus avec une stratégie de type *demand management*, le logiciel permettant à l'entreprise d'ajuster son offre et son *pricing* en temps réel, en fonction de la demande réelle et des besoins des clients ainsi que de la capacité des réseaux de support (ex : réseau électrique)

*Note : Voir page suivante pour licences (*licensing*) et monétisation de données (*data monetization*)*



2.3 Focus sur les modèles de revenus de licences et de monétisation de données

- En sus des modèles de revenus *software* présentés à la page précédente, certaines entreprises du secteur des TEI font le choix de monétiser leurs activités via le modèle de licences et/ou en monétisant de la donnée.

LE MODÈLE DE LICENCES EN SOFTWARE

Qu'est-ce que c'est ?

- Le modèle de licences en *software* consiste en un contrat entre l'entreprise propriétaire du logiciel et l'utilisateur du logiciel, dans lequel l'entreprise indique exactement les termes et conditions d'utilisation du produit auxquels l'utilisateur est soumis pour pouvoir utiliser le produit.
- L'entreprise reste propriétaire du logiciel et l'utilisateur achète seulement un droit d'utilisation, lequel vient avec certaines conditions tel que mentionné.

Les différentes sources de revenus du modèle de licences en software

- Licence perpétuelle** : l'entreprise facture la licence une seule fois et permet à l'utilisateur de bénéficier du logiciel sans contrainte dans le temps. En revanche, les caractéristiques du logiciel restent inchangées durant toute la période d'utilisation.

Ce modèle est de moins en moins utilisé en mobilité avec l'évolution rapide et constante des logiciels et de leurs applications, qui nécessite des mises à jour régulières.

- Licence d'abonnement** : l'entreprise facture des royalties d'utilisation pour une certaine période de temps (mois, année, etc.) et l'utilisateur bénéficie de l'accès au logiciel pendant cette période. Une fois la période terminée, l'utilisateur doit renouveler sa licence s'il souhaite continuer à utiliser le logiciel, sinon il perd l'accès au logiciel (ex : logiciels Tesla).

Ce modèle tend à être dominant aujourd'hui, et sa variante 100% infonuagique est communément appelée SaaS (software-as-a-service)

- Licence d'utilisation** : l'entreprise facture des royalties pour un certain nombre d'itérations durant une certaine période de temps. Une fois le nombre d'itérations prévues atteint, l'utilisateur doit renouveler sa licence ou augmenter le nombre d'itérations s'il souhaite continuer à utiliser le logiciel, sinon il perd l'accès au logiciel (ex : Algolux).

Ce modèle s'observe pour des entreprises privilégiant un modèle B2B, notamment avec des manufacturiers/équipementiers

LE MODÈLE MONÉTISATION DE DONNÉES EN SOFTWARE

Qu'est-ce que c'est ?

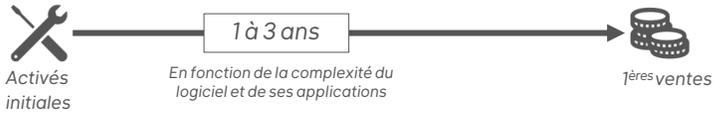
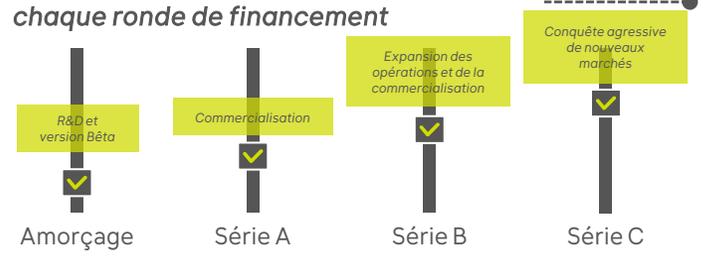
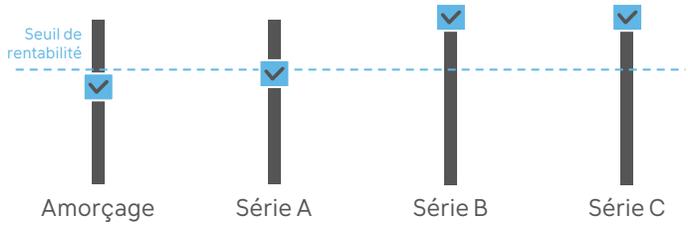
- La monétisation de données en *software* consiste principalement à :
 - recueillir des données captées par le logiciel et provenant de l'utilisation du produit par les utilisateurs
 - puis à revendre ces données à un tiers.
- Dans le cas d'un modèle exclusivement B2C, les données peuvent être anonymisées puis revendues à une tierce partie, mais plusieurs entreprises ont montré leur réticence à explorer cette avenue, principalement du fait des enjeux de protection de la vie privée.
- De façon similaire au modèle *hardware*, les entreprises *software* en mobilité semblent voir cette source de revenus comme un complément à leur activités principales, plutôt que comme le cœur de leur stratégie d'affaires.

Sources de revenus

- Vente de données brutes recueillies via le *software* (peu utilisé en mobilité car peu de valeur ajoutée pour les clients/utilisateurs de mobilité)
- Vente de données traitées et analysées recueillies via le *software* (vente de rapports/*dashboard*)
 - Dans un modèle orienté B2B, des activités de service-conseil peuvent en découler

Modèle Software

2.4 Éléments de compréhension du modèle d'affaires

OPÉRATIONS	COMMERCIALISATION	PROFITABILITÉ
<p>A. i. Degré de complexité à étendre les opérations</p>  <ul style="list-style-type: none"> Peu de contraintes opérationnelles, autres que l'embauche du talent adéquat pour augmenter le volume d'opération 	<p>B. i. Longueur du cycle de développement</p> <p>Court <input checked="" type="checkbox"/> Moyen <input checked="" type="checkbox"/> Long <input type="checkbox"/></p>  <p>B. ii. Complexité à exporter ses produits en dehors du marché initial</p> <p>Faible <input type="checkbox"/> Modérée <input checked="" type="checkbox"/> Élevée <input type="checkbox"/></p> <ul style="list-style-type: none"> Le coût d'acquisition client étant très élevé, la vélocité et l'envergure d'une expansion sont directement proportionnelles aux investissements dédiés au marketing et à la force de vente 	<p>C. i. Durée typique de la période d'analyse</p> <p>Inférieur à 5 ans <input checked="" type="checkbox"/> Entre 5 et 7 ans <input type="checkbox"/> Entre 7 et 10 ans <input type="checkbox"/></p> <ul style="list-style-type: none"> Des projections financières sur 3 à 5 ans sont généralement suffisantes pour évaluer une entreprise software
<p>A. ii. Potentiel de verticalisation</p>  <ul style="list-style-type: none"> Volonté notoire beaucoup d'entreprises en mobilité de ne pas franchir « la barrière du hardware » Activités en amont/aval de la chaîne de valeur requièrent une expertise totalement différente 	<p>B. iii. Stade de développement attendu à chaque ronde de financement</p> 	<p>C. ii. Niveau de rentabilité attendu par ronde</p>  <p>C. iii. Temps nécessaire pour atteindre le seuil de rentabilité</p> <p>Entre 0 et 2 ans <input checked="" type="checkbox"/> Entre 2 et 5 ans <input type="checkbox"/> Plus de 7 ans <input type="checkbox"/></p> <ul style="list-style-type: none"> Chemin vers la profitabilité relativement court, avec des ventes arrivant généralement au bout de quelques mois et une capacité à générer des marges élevées

Modèle Software

2.5 Jalons de création de valeur et de dérisquage des investissements

	R&D ET VERSION BÊTA	DÉVELOPPEMENT	OPTIMISATION	EXTENSIBILITÉ
Jalons de développement	<ul style="list-style-type: none"> • Identification des besoins du marché et définition de la solution envisagée • Lignes de code initiales et preuve du concept • Version minimale fonctionnelle du logiciel/application 	<ul style="list-style-type: none"> • Développement massif des algorithmes • Développement de l'interface • Personnalisation du logiciel/application en fonction des attentes des premiers clients anchor (ex: OEM, société de transport public, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimisation continue des algorithmes et de l'interface du logiciel de base • Développement de nouvelles fonctionnalités du logiciel de base et de ses applications • Premières itérations sur de nouveaux produits/solutions 	<ul style="list-style-type: none"> • Standardisation du logiciel/application de base • Développement massif de nouveaux produits/solutions
Jalons commerciaux	<ul style="list-style-type: none"> • Premiers tests du logiciel/application en « circuit fermé » • Validation empirique du produit/solution, et de la proposition de valeur avec des usagers en mobilité réels - Premier retour d'expérience client • Définition du modèle de revenus ciblé 	<ul style="list-style-type: none"> • Signature des premiers contrats • Focus sur quelques clients anchor • Peaufinage du modèle de revenus • Mise sur pied du support client 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation significative du nombre de clients dans le marché d'origine • Début de la phase d'expansion et recherches des premiers clients en dehors du marché d'origine • Optimisation du support client 	<ul style="list-style-type: none"> • Développement de partenariats/alliances • Horizontalisation des activités • Expansion géographique • Rationalisation du support client
Jalons financiers	Pas de revenus Pas de profitabilité Investissement limité	Premiers revenus Profitabilité en ligne de mire Investissement modéré	Forte croissance des revenus Profitabilité Investissement important	Recherche de nouvelles sources de revenus Profitabilité Investissement important
Jalons de financement	Amorçage	Série A	Série B	Série C ou IPO
Commentaires	<ul style="list-style-type: none"> • L'entreprise met sur pied son concept initial après avoir identifié des besoins concrets dans le marché • La version Bêta est testée auprès des premiers utilisateurs • L'entreprise définit la façon dont elle envisage de monétiser ses activités 	<ul style="list-style-type: none"> • L'entreprise développe son produit/solution, tant au niveau des algorithmes que de l'interface, notamment en fonction des besoins/retours des premiers clients importants • L'entreprise est focalisée sur quelques clients clés et peaufine sa stratégie de monétisation 	<ul style="list-style-type: none"> • L'entreprise optimise son logiciel, tant au niveau des algorithmes que de l'interface, tout en développant des fonctionnalités additionnelles • Les revenus augmentent de façon significative, sous l'effet d'investissements importants pour aller conquérir de nouveaux clients 	<ul style="list-style-type: none"> • L'entreprise standardise son logiciel d'origine ainsi que ses opérations, tout en développant de nouveaux produits/solutions • L'entreprise recherche de nouveaux marchés afin de continuer sa croissance

Note : Les jalons présentés pour un type de financement sont les jalons à atteindre une fois le financement obtenu. Il est donc attendu que, pour obtenir un financement précis, l'entreprise devrait avoir atteint les jalons du stade précédent.

2.6 Analyse des barrières à l'entrée et contraintes

BARRIÈRES

#1 – La pression du coût d'acquisition client (CAC)

- La bonne maîtrise du CAC est souvent la clé du succès pérenne des entreprises *software*, dans la mesure où dénicher de nouveaux clients et retenir la clientèle peut être extrêmement onéreux pour une entreprise (voir principales métriques – Section 6)
- La valeur vie client (*customer lifetime value*) est une métrique clé pour une entreprise *software*, surtout dans le cas de modèle de revenus sans barrière de rétention (abonnement, freemium, etc.)

#2 – « Commoditisation » des logiciels

- Il est très difficile pour une entreprise *software* de maintenir de façon durable son avantage compétitif et technologique dans le temps. Les temps de développement relativement courts permettent à la concurrence de s'adapter et de proposer des solutions équivalents rapidement
- On constate dans certains cas d'application une certaine diminution de la disposition à payer pour des solutions payantes, surtout dans le cas de logiciels/applications relativement standardisée et/ou grand public
- de modèle de revenus sans barrière de rétention (abonnement, freemium, etc.)

#3 – L'enjeu de la cybersécurité et de la protection des données

- La nature même des activités d'une entreprise *software* les amène à traiter et stocker un nombre élevé de données. Dans un contexte de « numérisation » toujours plus grand, la protection et la confidentialité de ces données provenant des utilisateurs est devenu un enjeu crucial pour les entreprises, qui doivent investir des ressources significatives dans des compétences comme la cybersécurité, la protection de la vie privée ou encore l'archivage de données. Des manquements à ces « obligations » peuvent avoir des conséquences néfastes voire désastreuses sur la réputation et la pérennité d'une entreprise.

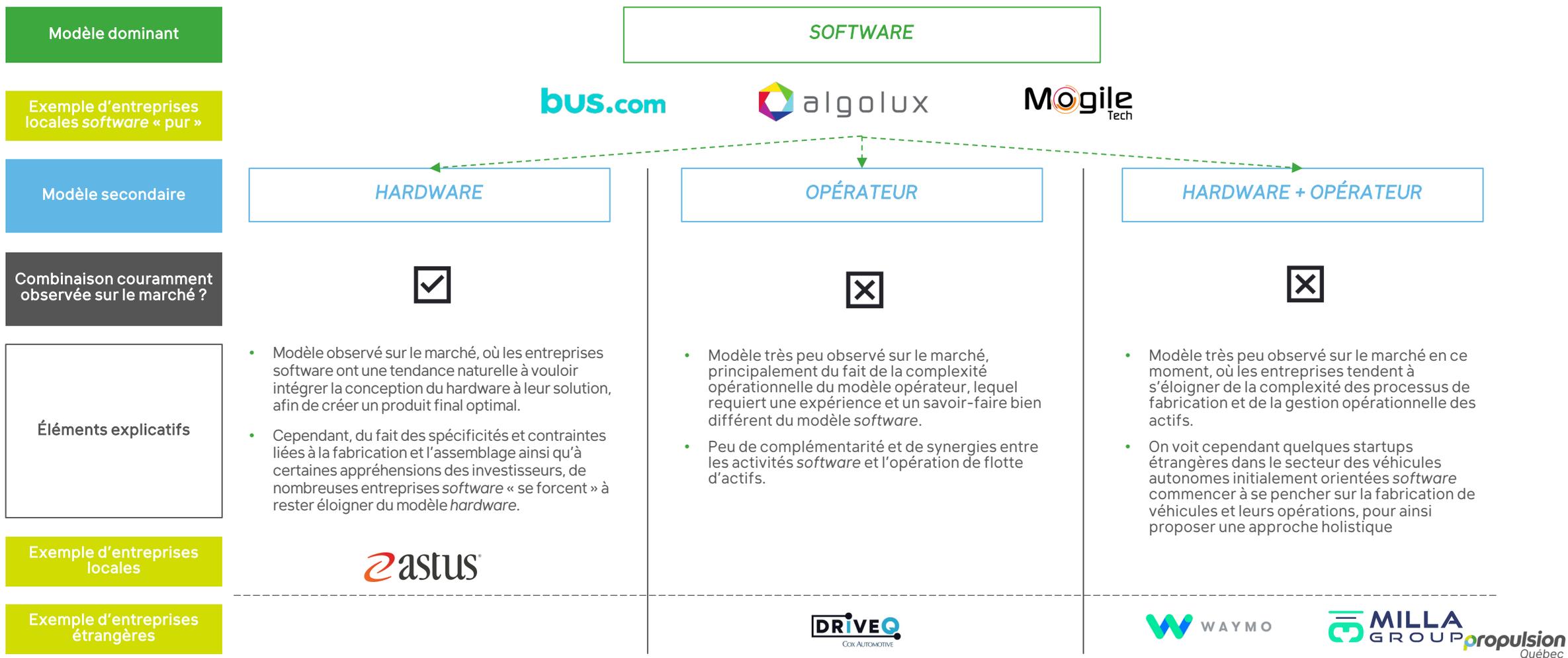
RÉFLEXES QUE DOIT DÉVELOPPER L'INVESTISSEUR FACE À CES SITUATIONS

- Dans des marchés compétitifs et/ou matures, il est crucial de comprendre le point de saturation d'une entreprise dans les marchés dans lesquels elle se développe, en identifiant le moment où un client coûte plus cher à fidéliser ou à retenir que l'ensemble des revenus qu'il pourra générer.
 - La diversification sectorielle ou géographique est généralement une option pertinente à considérer pour une entreprise afin de réduire la pression du CAC sur les finances de l'entreprise.
-
- Face à un risque de « commoditisation » du logiciel et de ses applications, l'investisseur doit s'assurer de comprendre la stratégie de l'entreprise pour maintenir son avantage compétitif. Plusieurs avenues existent et peuvent être combinées, comme par exemple le recours à une innovation croissante (concept de la reine rouge : Évolution permanente requise pour rester pertinent), le renforcement de la puissance de la marque d'entreprise, l'imposition de nouveaux standards de régulation ou encore le fait de pivoter la stratégie de l'entreprise vers le middleware (intergiciel en français).
-
- L'investisseur doit s'assurer que ces enjeux sont bien compris et non négligés par l'entreprise et comprendre quelles pourraient être les potentielles failles ou les points faibles de l'entreprise à ce sujet.
 - Une analyse poussée du risque de cybersécurité devrait être effectuée par les investisseurs à travers une revue diligente, en identifiant concrètement l'ensemble des risques présents, leur probabilité d'occurrence ainsi que leur impact sur l'entreprise s'ils venaient à se concrétiser.

Modèle Software

2.7 Combinaison de modèles

- Certaines entreprises avec un modèle d'affaires principalement orienté vers le *software* complètent et bonifient leurs activités et leur proposition de valeur en intégrant des composantes *hardware* et/ou opérateur dans leur modèle d'affaires. Le diagramme suivant vise à présenter les combinaisons de modèles possibles et observées communément sur le marché, afin d'offrir au lecteur une compréhension.



2.9 Étude de cas – Algolux



APERÇU DE L'ENTREPRISE

Date de création

- 2014

Description des activités

- Algolux est une société de logiciels offrant une technologie de perception évolutive, s'intégrant à la fois dans des caméras existantes (*perception pure*) tout en permettant le développement de nouvelles caméras.
- La société a été fondée sur des recherches révolutionnaires à l'intersection de l'apprentissage en profondeur (*deep learning*), de la vision par ordinateur (*computer vision*) et de l'imagerie computationnelle.
- Les solutions de vision par ordinateur et d'optimisation d'image répondent notamment au problème critique de la sécurité des systèmes ADAS de véhicules, des véhicules autonomes, des robots mobiles autonomes ou encore de la sécurité vidéo.

Équipe dirigeante et background

- Allan Benchetrit, CEO 
- Domenic Durante, CFO 
- Felix Heide, CTO 
- Matthias Schulze, VP Europe & Asie 
- Dave Tokic, VP Marketing & Partnerships stratégiques 
- Paul Boucher, VP Ingénierie & Opérations techniques 
- Sophie Laval, Responsable du talent 

Proposition de valeur et éléments différenciateurs

- Entreprise parmi les plus compétentes et performantes dans leur secteur de résultats précis dans la détection d'objets.
- Technologie robuste pour la détection d'objets dans des conditions de route les plus difficiles (nuit, neige, pluie, brume, etc.).
- Technologie s'adaptant facilement aux nouveaux composants de caméra (capteurs, lentilles, etc.).
- Moins de données d'entraînement requises pour adapter le réseau neurale.

Principales barrières et freins au développement

- Du fait de la complexité des produits développés grâce aux technologies Algolux, les cycles de ventes sont longs, notamment en comparaison à d'autres sous-secteurs des TEI ou d'autres secteurs de façon plus générale.
- Rareté de la main d'œuvre compétente au niveau local, notamment au niveau des experts en vision machine.
 - Besoin de recruter de la main d'œuvre en dehors des frontières du Québec, ce qui peut parfois être un défi (salaires, éloignement géographique, etc.)

Modèle *Software*

2.9 Étude de cas – Algolux



STRATÉGIE D'ENTREPRISE

Modèle d'affaires

- Dominante *Software* (exclusif)
- Modèle de type SaaS

Modèle de revenus privilégié

- Licence perpétuelle (logiciel de perception pure installé dans une caméra) : Monétisation de la technologie à travers une licence à montant fixe, permettant au client de bénéficier des fonctionnalités des solutions Algolux pour plusieurs années. Une royauté est également perçue par Algolux pour toute installation sur une nouvelle unité.
- Licence d'utilisation (logiciel ISP* permettant d'optimiser le développement d'une caméra) : Monétisation de la technologie pour un certain nombre d'itérations prédéfini et pour une durée déterminée.

Structure de coûts

- Principal centre de coûts : main d'œuvre R&D (90% des employés d'Algolux travaille sur la R&D).
- Autres centres de coûts pertinents : véhicules-mule équipés de systèmes ADAS pour capter de la donnée réelle afin d'optimiser les logiciels.

Plan de croissance à moyen terme

- Confidentiel

ÉLÉMENTS FINANCIERS

Montants levés à date et principaux investisseurs actuels

- Seed : 3.5m\$ (2013-2017)
- Série A : 10m\$ (2018)
- Série B : 18.4m\$ (2021)
- Cumulatif depuis 2014 : 32.8m\$



Principales métriques financières actuelles

- Confidentiel

Ronde de financement à venir

- Montant espéré : Confidentiel

2.9 Étude de cas – Clicknpark



APERÇU DE L'ENTREPRISE

Date de création

- 1996

Description des activités

- Avec plus de 25 ans d'expertise, Astus est un pionnier et un partenaire engagé dans le domaine de la connectivité et de la valorisation des données d'opération de gestion de flotte. L'entreprise propose aux gestionnaires et aux manufacturiers de véhicules et d'équipements mobiles une suite complète et intégrée de solutions de télématique spécialisée.
- L'offre de service entièrement développée par Astus se distingue notamment dans le domaine de l'autopartage, du transport de marchandises et de personnes, de l'équipement aéroportuaire, des entreprises de services et des services publics.

Équipe dirigeante et background

- Carl Grenier, Président 
- Sara Joli-Cœur, VP Exécutive 
- Simon Landry, Directeur de la technologie 

Conseillers / Comité avisé

- Pierre Larochelle 
 - Co-associé-directeur chez Idéaliste Capital
 - Ex CEO de Power Energy (Power Corp)
- Steve Robitaille 
 - Co-associé-directeur chez Idéaliste Capital
 - Ex Bombardier et WSP

Proposition de valeur et éléments différenciateurs

- Réservation à l'avance garantie des places de stationnement et tarification finale connue à l'avance.
- Mise à disposition du public d'espaces de stationnement qui n'étaient pas/peu connus ou accessibles auparavant.
- Optimisation et rentabilisation des espaces pour les propriétaires de places de stationnement. Grâce à son application et les données collectées sur le comportement des automobilistes, l'entreprise permet de rendre le stationnement "intelligent".
- Équipe de ventes terrain capable de convaincre et de démontrer l'offre à valeur ajoutée de Clicknpark aux propriétaires d'espaces de stationnements.

Principales barrières et freins au développement

- Faire croître l'inventaire d'espaces de stationnement de l'entreprise à un rythme suffisamment soutenu pour satisfaire la demande croissante des utilisateurs.
- Parc d'espaces de stationnement fragmenté entre de multiples propriétaires au sein d'une même ville.

2.9 Étude de cas – Clicknpark



STRATÉGIE D'ENTREPRISE

Modèle de revenus privilégié

- Partage des revenus de location avec les propriétaires de stationnement, via des frais de transactions facturés pour chaque location de stationnement réalisée à travers l'application Clicknpark
 - L'entreprise prend généralement une commission de l'ordre de 20 à 35% sur les revenus de location de stationnement générés.
- Revenus récurrents grâce à une faible rotation de l'inventaire d'espaces de stationnement

Structure de coûts

- Frais de développement initial de la technologie déjà assumé
 - Frais fixes relativement faibles pour l'entretien de la plateforme numérique
- Principaux frais fixes liés aux dépenses générales d'administration, lesquelles devraient rester stables à compter de 2024

Plan de croissance à moyen terme

- Croissance du nombre d'utilisateurs
 - Février 2020 : 3 000 / Décembre 2022 : 35 000
 - 2025 (prévue) : 200 000
- Revenus
 - 2M\$ en 2023 / 8M\$ en 2025
- 9 000 espaces de stationnement sous gestion d'ici fin 2025

ÉLÉMENTS FINANCIERS

Montants levés à date et principaux investisseurs actuels

- 1M\$ auprès d'investisseurs privés en 2021

Principales métriques financières actuelles

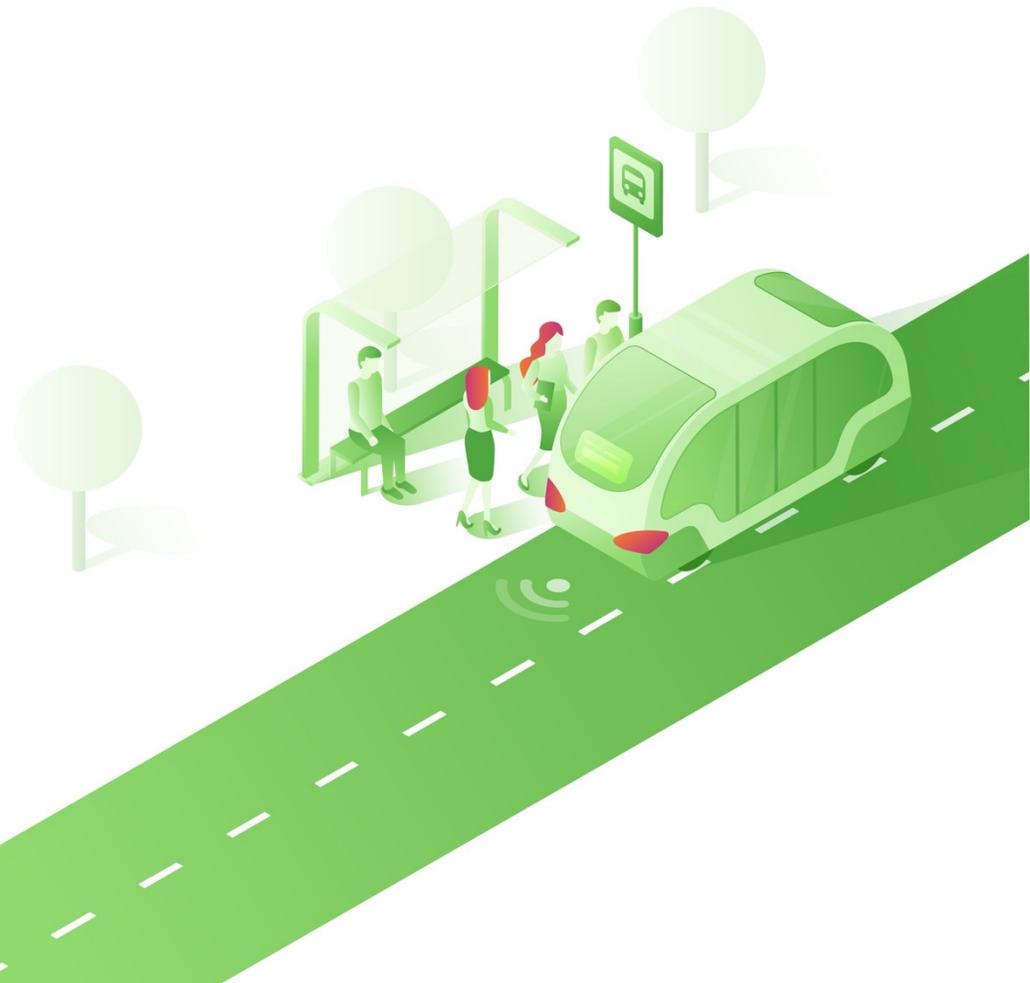
- Revenus 2022: 900k\$

Ronde de financement à venir

- Montant espéré : ~5M\$ en 2023

3

MODÈLE OPÉRATEUR



2.1 Caractéristiques principales du modèle d'affaires

PRINCIPAUX SOUS-SECTEURS DES TEI CONCERNÉS PAR LE MODÈLE



Opération de flotte



Mobility-as-a-service



Logistique, livraison urbaine, intermodalité



Systèmes de transport intelligent

APPROCHES STRATÉGIQUES POSSIBLES

Afin d'analyser les activités et l'approche stratégique privilégiée par une entreprise de type « opérateur », trois couches opérationnelles doivent être prises en compte:

1. La propriété des actifs/flotte

- **Propriété** : approche via laquelle l'entreprise détient la propriété des actifs, lesquels sont inscrits à son bilan comptable
- **Location** : l'entreprise n'est pas directement propriétaire des actifs qu'elle opère, mais paye un droit d'usage à durée déterminée à une entreprise tiers qui elle détient la propriété

2. La propriété des espaces où se réalise l'opération

- **Propriété** : l'entreprise est propriétaire de l'espace où elle opère (routes, stationnement, trottoirs, etc.)
- **Location** : l'entreprise paye un loyer/honoraire à une tierce partie pour pouvoir opérer ses actifs sur un espace déterminé

3. La réalisation de l'opération

- **En interne** : l'opération de l'actif (déplacement, maintenance, etc.) est réalisée par des employés de l'entreprise
- **Externalisation** : l'opération de l'actif est confiée à une tierce partie via un contrat d'opération

PRINCIPAUX LEVIERS DE CRÉATION DE VALEUR

PRODUIT

- Capacité à sécuriser l'approvisionnement des actifs tout en bénéficiant de prix compétitifs
- Capacité à personnaliser les activités pour chaque client/marché à partir d'une solution de base

OPÉRATIONS

- Capacité à stabiliser les marges opérationnelles (micro gain/efficience)
- Capacité à prédire/anticiper avec précision la demande
- Capacité à garantir la disponibilité des actifs et de la main d'œuvre associée
- Capacité à garantir la sécurité des usagers/passagers/marchandise
- Capacité à garantir une continuité opérationnelle et à réagir rapidement face aux imprévus opérationnels afin de maintenir un uptime le plus élevé possible
- Capacité à offrir des services/informations/notifications précis en temps réel

COMMERCIALISATION

- Capacité à maximiser/rentabiliser l'occupation des actifs, en maintenant leur utilisation au-dessus d'un certain seuil

Modèle opérateur

3.2 Modèles de revenus et structure de coûts

Le modèle de revenus traditionnel

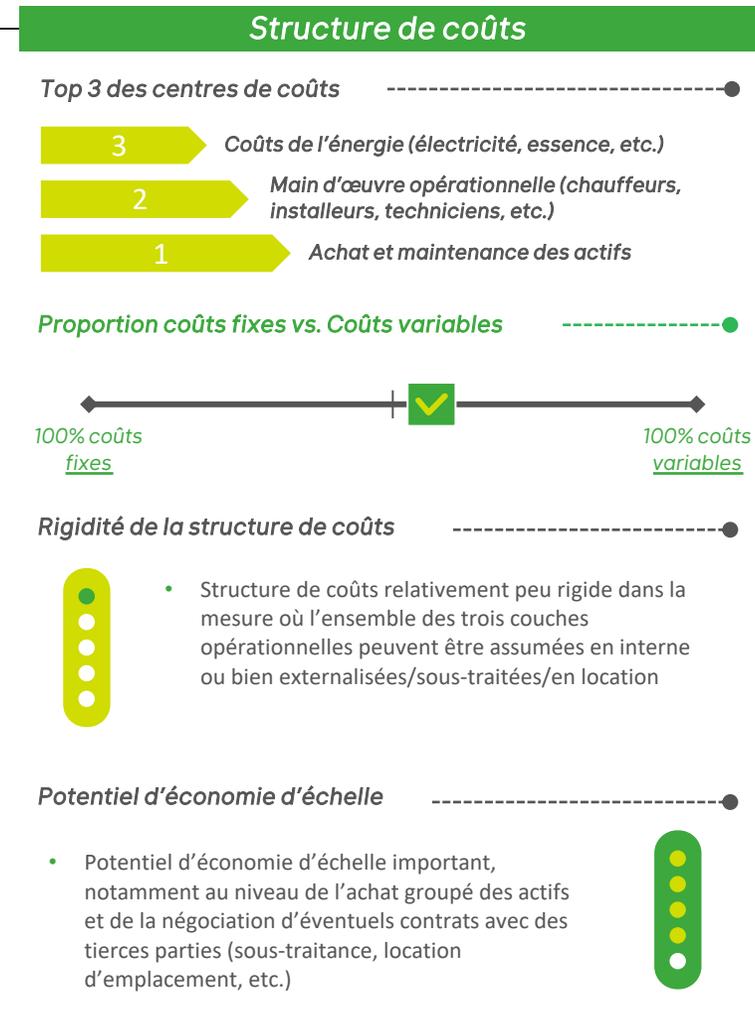
- Le modèle de revenu traditionnel pour les modèles d'affaires principalement orienté hardware est basé sur le principe du « *one and done* », c'est-à-dire une vente unique d'un produit et sans autres revenus associés, que ce soit au moment de la vente elle-même ou dans le futur.

La particularité du secteur des TEI : l'entremêlement du hardware et du software

- Avec la numérisation croissante des activités et l'évolution de la mobilité, les produits hardware des entreprises du secteur des TEI sont de plus en plus généralement indissociables d'un logiciel (propriétaire ou pas). On peut différencier deux grands types d'approches à ce sujet :
 - Le logiciel est un « facilitateur » (*enabler*) permettant le bon fonctionnement du produit. La valeur de l'entreprise repose principalement sur le *hardware* en lui-même, plus que sur le logiciel.
 - L'entreprise choisit délibérément de placer sa solution logicielle au cœur de leur proposition de valeur, donnant ainsi lieu à des entreprises avec un modèle d'affaires hybride (*voir plus bas*).

Tendances observées et modèles hybrides

- On note une volonté croissante des entreprises de s'éloigner du modèle de revenus *hardware* traditionnel, avec l'objectif de diversifier leurs sources de revenus autour du produit de base, tout en permettant de générer des revenus récurrents sur le long terme. De plus en plus d'entreprises font donc pivoter leur modèle de revenus vers des modèles hybrides tels que :
 - Hardware-as-a-Service*, modèle où les clients paient pour la valeur fournie par le service permis par le produit hardware, plutôt que pour le produit en lui-même. L'utilisation du *hardware* n'est possible que si le client paie pour le(s) service(s) (ex : Dcbel).
 - Hardware-Enabled-Service*, modèle qui consiste en la vente d'un produit *hardware* qui permet d'activer et de vendre des fonctionnalités/services supplémentaires facultatifs. Fonctionnement similaire au modèle précédent, à la différence que le hardware peut être utilisé sans souscrire au(x) service(s) proposé(s) (ex: Tesla).
 - Hardware-as-a-Platform*, modèle consistant à vendre un produit hardware, lequel sert par la suite de plateforme permettant à d'autres services/applications tiers de fonctionner et pour lesquels l'entreprise facture des frais (au tiers et/ou à l'utilisateur) (ex : bornes de recharge et publicité).
 - Une variante de ce modèle est le *Vehicle-as-a-platform*, où le véhicule sert de plateforme permettant d'activer d'autres services/applications et pouvant être monnayés.



3.3 Focus sur les modèles de revenus de licences et de monétisation de données

LE MODÈLE DE LICENCES EN SOFTWARE

- Le modèle de licences peut prendre deux formes principales dans le cas d'un opérateur de flotte d'actifs :
 - Sous-traitance** : l'opérateur gère la flotte d'actifs d'un tiers de façon « anonyme », en parallèle de ses propres activités. Le tiers bénéficie des mêmes caractéristiques opérationnelles, technologiques, etc. que les propres activités de l'opérateur (ex : Communauto)

Source de revenus

 - Facturation de frais de sous-traitance opérationnelle (contrat au mois ou à l'année, incluant un nombre prédéfini de ressources dédiées et l'accès aux mêmes caractéristiques que l'entreprise)
 - Frais d'arrimage des opérations du tiers avec les opérations de l'entreprise
 - White label** : l'opérateur facture à un tiers un droit d'utilisation de ses procédés opérationnels, de sa technologie, de son interface, etc. sans que la marque ou le nom de l'opérateur n'apparaissent (ex : Lyft)

Source de revenus

 - Paiement de royalties liées au temps d'utilisation de la technologie
 - Accompagnement personnalisé pour adopter/comprendre/ajuster la technologie et les procédés opérationnels
 - Mise à jour des procédés opérationnels et technologiques

LE MODÈLE MONÉTISATION DE DONNÉES EN SOFTWARE

- De façon relativement similaire au modèle *hardware*, l'opérateur de flotte d'actifs utilise principalement les données issues des opérations des actifs à des fins d'amélioration et d'optimisation de ses propres opérations.
 - La vente de données à des tierces parties semble être un modèle très peu utilisé dans le cas des opérateurs, principalement pour des raisons de confidentialité et de protection de la vie privée.
- Dans les cas des modèles de revenus via des licences, l'opérateur peut compléter ses sources de revenus principales en offrant des services d'optimisation des opérations via l'analyse de données réelles :
 - Sous-traitance** : l'entreprise peut aider son client à optimiser ses opérations, de la même façon qu'elle optimiserait ses propres opérations. Comme pour le *hardware*, l'entreprise peut par exemple se rémunérer via une quote-part sur les économies/gains réalisés grâce à l'analyse de données (ex : *Levo Mobility*)
 - White label** : la monétisation des données prend ici principalement la forme d'un accompagnement personnalisé permettant à l'entreprise d'aider son client à améliorer ses opérations, en analysant et en mettant en perspective les données recueillies via ses propres opérations et celles recueillies dans le cadre des opérations du client (ex : *Levo Mobility*)

Modèle opérateur

3.4 Éléments de compréhension du modèle d'affaires

OPÉRATIONS

A. i. Degré de complexité à étendre les opérations



- Opérations relativement faciles à étendre dans le(s) marché(s) de base ou établi(s), mais complexe de débiter de nouvelles opérations sur un nouveau marché

A. ii. Potentiel de verticalisation



- Potentiel certain de verticaliser les opérations, notamment au niveau de la propriété des espaces d'opérations, mais risque accru et expertise différente demandée

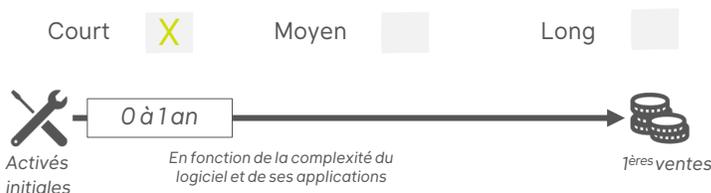
A. iii. Potentiel d'horizontalisation



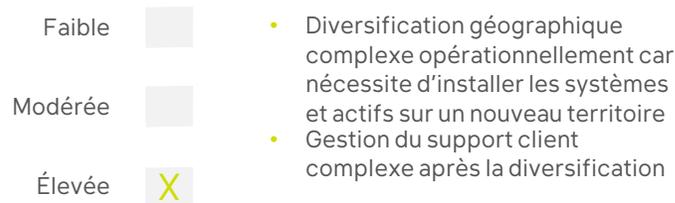
- Intégration de nouveaux marchés/clients peut devenir complexe car les systèmes requis peuvent être différents
- Dépend du degré de personnalisation requis

COMMERCIALISATION

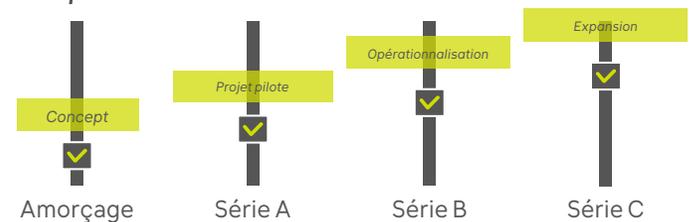
B. i. Longueur du cycle de développement



B. ii. Complexité à exporter ses produits en dehors du marché initial

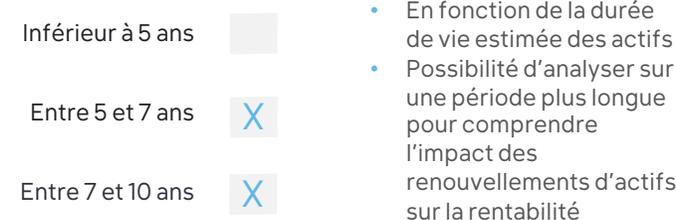


B. iii. Stade de développement attendu à chaque ronde de financement

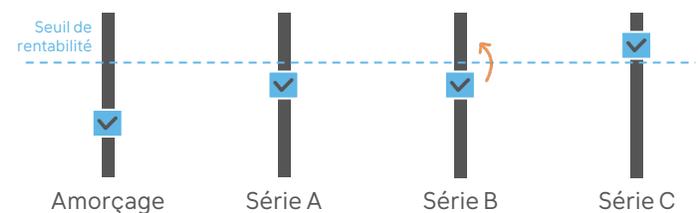


PROFITABILITÉ

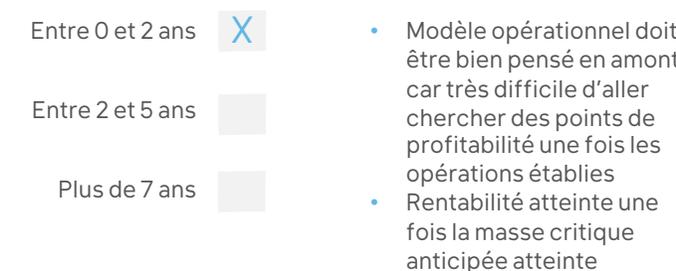
C. i. Durée typique de la période d'analyse



C. ii. Niveau de rentabilité attendu par ronde



C. iii. Temps nécessaire pour atteindre le seuil de rentabilité



Modèle opérateur

3.5 Jalons de création de valeur et de dérisquage des investissements

	CONCEPT	PROJET PILOTE	OPÉRATIONNALISATION	EXPANSION (SCALING)
Jalons de développement	<ul style="list-style-type: none"> • Identification des besoins du marché et définition de la solution envisagée • Identification des besoins <i>hardware</i> et <i>software</i> nécessaire au fonctionnement des opérations 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en application initiale du concept et découverte des premières réalités opérationnelles • Peaufinage du concept en fonction des apprentissages terrain • Développement de l'interface client 	<ul style="list-style-type: none"> • Interface client pleinement fonctionnelle • Déploiement initial de la flotte d'actif • Amélioration continue de la solution en fonction des réalités du terrain 	<ul style="list-style-type: none"> • Déploiement massif de la flotte d'actif • Micro-optimisation de la solution en fonction des réalités du terrain • Optimisation récurrente de l'interface client
Jalons commerciaux	<ul style="list-style-type: none"> • Recherche itérative des métriques opérationnelles cibles pour que le concept fonctionne (ex : taux d'utilisation minimum, uptime minimum, etc.) • Premières itérations sur le modèle de revenus et la structure de coûts (fixes vs. variables) 	<ul style="list-style-type: none"> • Validation empirique du produit/solution et de la proposition de valeur auprès de clients « cobayes » • Premier retour d'expérience client • Peaufinage du modèle d'affaires, notamment la stratégie de tarification et la structure de coûts 	<ul style="list-style-type: none"> • Recherche d'un équilibre sain entre l'offre (déploiement) et la demande (clientèle) • Définition de la masse critique cible • Sécurisation des premiers gros <i>offtakers</i> (B2B) • Mise en place du support client 	<ul style="list-style-type: none"> • Masse critique atteinte • Forte croissance de la part de marché dans le marché d'origine et exploration de nouveaux marchés • Maintien de l'équilibre entre l'offre (déploiement) et la demande (clientèle) difficile dans un premier temps • Optimisation du support client
Jalons financiers	Pas de revenus Pas de profitabilité Investissement limité	Revenus marginaux Profitabilité en ligne de mire Investissement modéré	Croissance modérée des revenus Seuil de profitabilité atteint en route Investissement important	Forte croissance des revenus Profitabilité Investissement important
Jalons de financement	Amorçage	Série A	Série B	Série C ou IPO
Commentaires	<ul style="list-style-type: none"> • L'entreprise met sur pied son concept initial après avoir identifié des besoins concrets dans le marché • Les métriques opérationnelles cibles commencent à se dessiner, ce qui permet à l'entreprise d'esquisser un modèle de revenus potentiel ainsi qu'une structure de coûts cible 	<ul style="list-style-type: none"> • L'entreprise déploie son concept sur le terrain dans un contexte encadré/limité • Les premiers retours d'expérience client permettent à l'entreprise de i) peaufiner sa stratégie de tarification et trouver le bon équilibre en termes de structure de coûts et de ii) peaufiner l'interface client avant le début des opérations réelles 	<ul style="list-style-type: none"> • Le déploiement d'actifs se fait en phase avec la demande afin de garder une structure de coûts saine, tout en se rapprochant de l'objectif de rentabilité • L'entreprise découvre de nouvelles réalités terrain, qui lui permettent de peaufiner ses opérations, son modèle de revenus et sa structure de coûts 	<ul style="list-style-type: none"> • Déploiement d'actifs à grande échelle afin de conquérir une part de marché significative, idéalement sans grever les marges de l'entreprise • Possibilité d'explorer de nouveaux marchés afin de stimuler la croissance de l'entreprise

Note : Les jalons présentés pour un type de financement sont les jalons à atteindre une fois le financement obtenu. Il est donc attendu que, pour obtenir un financement précis, l'entreprise devrait avoir atteint les jalons du stade précédent.

3.6 Analyse des barrières à l'entrée et contraintes

BARRIÈRES

#1 – Atteinte de la masse critique

- Les investissements initiaux nécessaires pour atteindre rapidement la masse critique nécessaire à la rentabilisation des opérations sont très importants et requièrent des injections de fonds significatives.
- Il est également nécessaire de générer des économies d'échelle dès le début des opérations (« *go big or go home* »), notamment au niveau des achats d'actifs/équipements et des contrats d'opération/location.
- Le pouvoir de négociation avec les fournisseurs et son réseau d'affaires est un enjeu crucial à ce niveau, surtout dans un marché à tendance oligopolistique voir monopolistique (« *winner takes all* »)

#2 – Difficulté à faire pivoter le modèle d'affaires en cours de route afin de générer de la profitabilité

- Le modèle opérateur se base généralement sur de faibles marges et des volumes d'activités élevés et récurrents, ce qui rend la profitabilité de l'entreprise très sensible aux micro-variations de nombreux facteurs
- Si le modèle d'affaires est « mal pensé » initialement, il est très compliqué de le faire pivoter et le faire évoluer en cours de route afin de générer de la rentabilité
- La stratégie « voyons plus tard comment nous ferons de l'argent » est généralement à proscrire pour les opérateurs et leurs investisseurs (modèle Uber)

#3 – Recrutement et rétention de la main d'œuvre au juste prix

- La disponibilité de la main d'œuvre est un enjeu crucial pour un opérateur afin d'assurer un taux d'utilisation et/ou un *uptime* suffisant de ses actifs
- Dans un contexte inflationniste, la maîtrise de la masse salariale devient également un sujet primordial afin de ne pas grever les marges serrées de l'entreprise

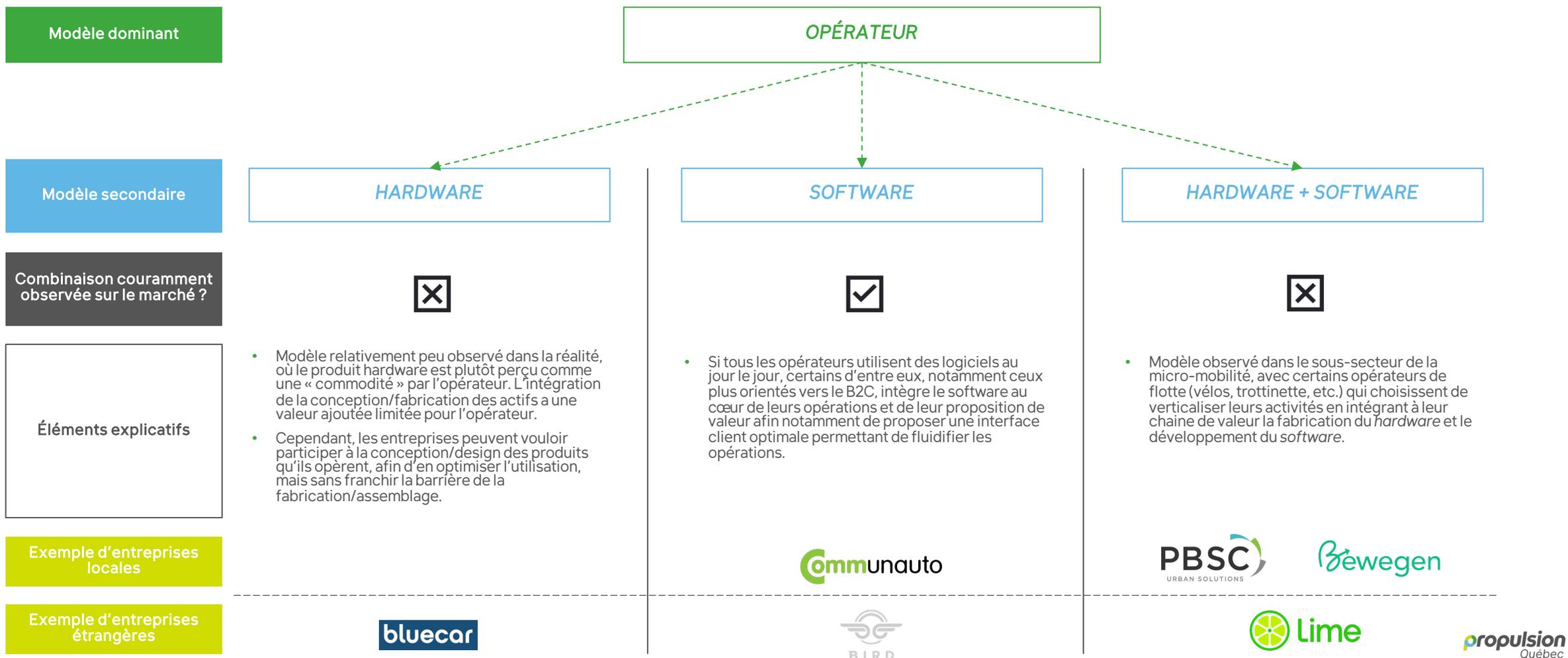
RÉFLEXES QUE DOIT DÉVELOPPER L'INVESTISSEUR FACE À CES SITUATIONS

- L'investisseur doit s'assurer de la cohérence entre la masse critique visée et le plan d'investissement initial annoncé, et que celui-ci est suffisamment ambitieux pour atteindre les objectifs de ventes et de profitabilités annoncés.
 - L'analyse des économies d'échelle anticipées est un élément clé à ce sujet, et l'investisseur devra valider la validité des rabais anticipés accordés à l'entreprise par ses fournisseurs en fonction des volumes d'achat/de contrat.
-
- L'investisseur doit vérifier la cohérence des hypothèses d'utilisation et de disponibilité (*uptime*) des actifs, et s'assurer que celles-ci sont réalistes et alignées avec les tendances actuelles/futures du marché.
 - Il est également primordial pour l'investisseur de bien comprendre la stratégie opérationnelle de l'entreprise, notamment son mode de tarification et sa structure de coûts, et la vraisemblance des marges de profitabilité visées. L'impact de l'internalisation vs externalisation des différentes couches opérationnelles est un exercice crucial pour comprendre la marge de manœuvre dont dispose l'entreprise.
 - L'analyse de l'élasticité-prix de la demande est un processus clé, surtout dans un contexte d'inflation/variation des prix de l'énergie et de la main d'œuvre.
-
- L'investisseur doit s'assurer que la politique de recrutement/rétention de l'entreprise et les conditions salariales offertes aux travailleurs sont à la fois réalistes et compatibles avec les projections de rentabilité de l'entreprise.
 - Il est primordial de comprendre le point d'inflexion à partir duquel la croissance de l'entreprise se fait au détriment de sa marge opérationnelle du fait d'une masse salariale non adéquate.

Modèle opérateur

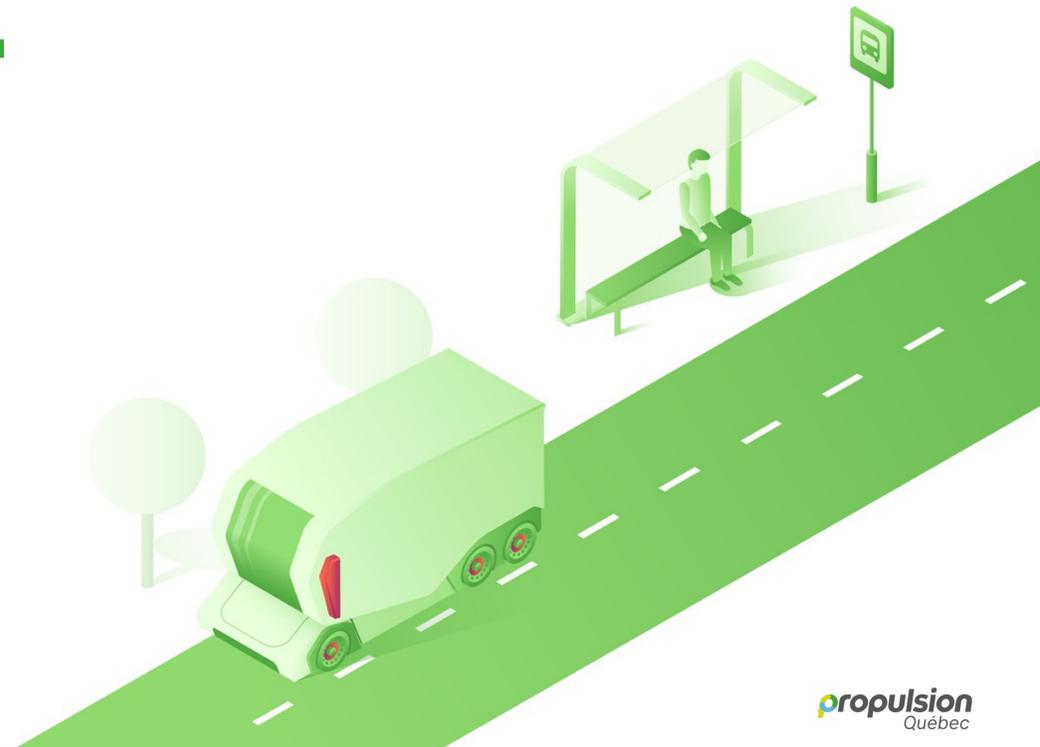
3.7 Combinaison de modèles

- Certaines entreprises avec un modèle d'affaires principalement orienté vers l'opération complètent et bonifient leurs activités et leur proposition de valeur en intégrant des composantes *software* dans leur modèle d'affaires. Le diagramme suivant vise à présenter les combinaisons de modèles possibles et observées communément sur le marché, afin d'offrir au lecteur une compréhension.



4

MODÈLE FINANCEMENT DE PROJET



4.1 Mise en contexte

C'est quoi le financement de projet ?

- Le financement de projet est une méthode couramment utilisée par les entreprises pour financer des projets spécifiques, tels que :
 - des projets d'infrastructure : construction de routes, de ponts, d'aéroports, de services publics, etc. ;
 - des projets énergétiques : production d'énergie renouvelable (barrages, éolienne, centrale solaire), lignes de transmission électrique, etc.;
 - des projets de construction à grande échelle : bâtiments commerciaux ou complexes résidentiels.

D'autres types de projets peuvent être financés via du financement de projet comme des projets miniers, des projets agricoles ou encore des installations manufacturières.

➔ Essentiellement, tout projet de grande envergure (au moins plusieurs dizaines de millions de \$) doté d'un calendrier de développement précis et de sources de revenus identifiées et stables peut être financé par le biais d'une structure de financement de projet.

Principales caractéristiques d'une structure de financement de projet

- Parmi les éléments caractéristiques d'un financement de type financement de projet, on retrouve :
 - Création d'une SPV (*special purpose vehicle*), entité juridique distincte créée dans le but spécifique de détenir des actifs ou des passifs au nom de l'entreprise.
 - Les actifs et les passifs de la SPV ne sont pas consolidés avec le bilan de l'entreprise, ils n'affectent donc pas les paramètres financiers de l'entreprise.
 - Cela permet généralement à l'entreprise de faire ce que l'on appelle du financement hors bilan (*off-balance sheet financing*), c'est-à-dire d'obtenir du financement sans inscrire la dette à son propre bilan. La dette n'est donc pas incluse dans le passif total de l'entreprise et n'affecte donc pas son ratio d'endettement ou d'autres mesures financières.
 - Financement sans recours, ce qui signifie que la seule source de remboursement du prêteur est le projet lui-même, sans aucun recours possible sur les actifs généraux ou la solvabilité de l'entreprise promouvant le projet.
 - Financement impliquant un ensemble complexe de contrats et d'accords écrits entre plusieurs parties, notamment l'emprunteur (SPV), le prêteur, le promoteur du projet et tout entrepreneur général, opérateur ou sous-traitant impliqué dans le projet.
 - Le succès ou l'échec du projet affecte directement la capacité de l'emprunteur (SPV) à rembourser le prêt, de sorte que le prêteur évaluera soigneusement la faisabilité et la viabilité du projet avant de fournir un financement.
 - Le prêteur exigera de l'emprunteur (SPV) qu'il fournisse un nantissement (*collateral*) ou une autre garantie, tel qu'une hypothèque sur les actifs du projet, pour assurer le remboursement du prêt.

4.1 Applicabilité du financement de projet au secteur de la mobilité

Type de projets financés

- Dans le secteur de la mobilité, le financement de projet s'applique principalement à deux types de projets qui relèvent de la catégorie des déploiements de flottes d'actifs :
 - Le déploiement de réseaux de bornes de recharge électrique;
 - Le déploiement de flottes de véhicules électriques.

On peut également considérer la construction d'infrastructures de fabrication et/ou assemblage d'éléments de la chaîne de valeur de la mobilité. Toutefois, le financement de ce genre d'actif peut relever d'autres mécanismes que le seul financement de projet (ex : financement hypothécaire, cession-bail, etc.)

Considérations commerciales pour le financement de flottes d'actifs

- Le financement de projet appliqué au secteur de la mobilité est un sujet encore relativement nouveau, et qui est encore assez peu mature au niveau commercial.
 - Les prêteurs et investisseurs traditionnels ont encore des réserves au niveau du taux d'adoption des VZE ainsi que sur les taux d'utilisation des infrastructures de recharge, ce qui les rend hésitant à effectuer des financements de projets importants dans le secteur.
 - Les taux d'intérêt et exigences de rendement observés sur le marché sont relativement élevés pour les financements de projets de mobilité, reflétant une certaine appréhension des prêteurs et investisseurs.
- Les cycles de vie des actifs en mobilité (bornes, véhicules, etc.) sont généralement plus court que pour les actifs typiquement financés via du financement de projet (voir page précédente), ce qui nécessite donc un recalibrage de certains paramètres de base d'un financement de type financement de projet, tels que :
 - les comptes de réserves pour le remplacement des actifs (LRA - *lifecycle reserve account*);
 - la valeur résiduelle des actifs, risque normalement très peu observé en financement de projet.
 - Les technologies en mobilité étant relativement nouvelles, les historiques de dépréciation sont relativement incertains et sujets aux changements de technologies, ce qui rend les projections de valeurs résiduelles d'autant plus hasardeuses.

Exemple : est-ce que les batteries au lithium domineront toujours le marché dans 15 ans ?

Exemples de programmes de financement publics de type financement de projet mis en place au Canada

➔ Initiative d'infrastructures de recharge et de ravitaillement en hydrogène (IRRH) de la BIC

- Programme de 500M\$ visant à financer des projets via un mécanisme de financement de projet pour aider des organisations privées et publiques à déployer des infrastructures de recharge rapide sur l'ensemble du territoire
- Dans le cadre du programme, la BIC partage le risque d'utilisation des bornes en alignant les remboursements de capital sur les niveaux d'utilisation. Si l'utilisation n'atteint pas certains niveaux convenus, les remboursements de capital requis seront proportionnellement moins élevés.

➔ Financement d'autobus scolaires zéro-émission au Québec

- Programme de 400M\$ visant à appuyer l'achat de 3 500 autobus scolaires à zéro émission et de l'infrastructure de recharge associée
 - Prêt d'une durée de 8 à 10 ans
 - Taux à 1,2 % pour la durée du prêt
 - Calcul du prêt basé sur le kilométrage
 - Valeur du prêt variant entre 65 000\$ et 100 000\$ par autobus

4.1 Applicabilité du financement de projet au secteur de la mobilité (suite)

• Considérations commerciales (suite)

- Les financements de type financement de projet ont fait leurs preuves dans des environnements réglementaires stables et avec des projets aux flux de revenus relativement certains. La réglementation du secteur de la mobilité est appelée à évoluer rapidement, ce qui introduit des risques réglementaires additionnels et donc de l'incertitude supplémentaire pour les investisseurs.
 - *Exemple : les incertitudes liées aux changements potentiels de réglementation relative au marché de crédits carbone vient introduire une notion de risque inhabituelle*
- Le partage de risque entre les différentes parties prenantes du projet (promoteur, entrepreneur général, manufacturier(s) des actifs, entité en charge de l'O&M, etc.) sont à recalibrer par rapport aux standards établis dans le marché, car les notions de performance sont différentes en raison de l'introduction de nouvelles technologies et de type d'actif différents. Cela cause un risque de mauvaise évaluation du prix (*mispricing*) lors d'établissement de contrats à long terme.
 - *Exemple : comment bien définir les termes et conditions du sous-contrat d'O&M ? Pendant quelle période de temps le manufacturier peut-il garantir le bon fonctionnement de l'actif ? L'entité en charge de l'O&M est-elle prête à prendre en charge le risque de remplacement de l'actif s'il venait à être obsolète avant sa fin de vie utile anticipée ?*

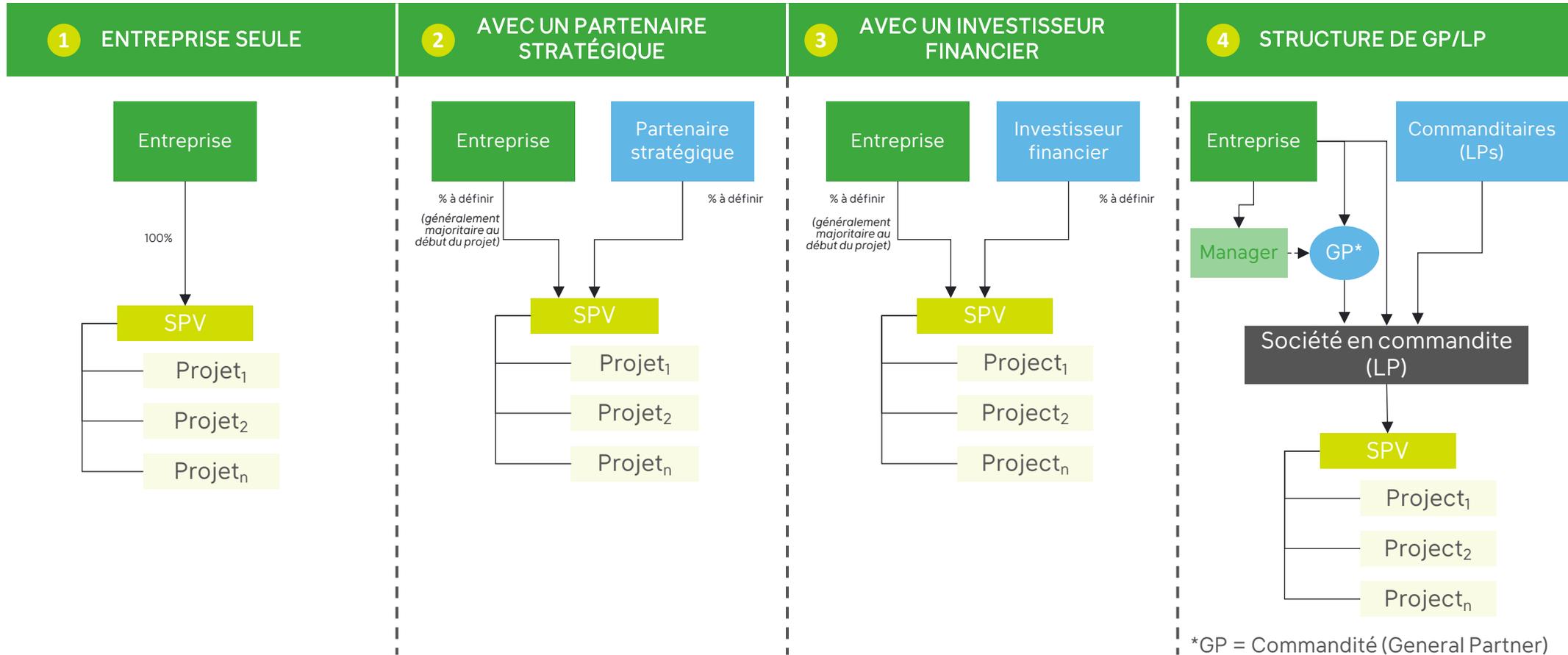
➡ *De ce fait, la plupart des projets de mobilité financés bénéficient de subventions ou de programme de financement publics avantageux afin de pouvoir voir le jour et présenter un certain intérêt commercial et financier pour le promoteur du projet. Ceci n'a cependant rien d'inhabituel en ce sens que le financement de projet a souvent bénéficié de support similaire lors du déploiement de nouvelles technologies, notamment le solaire et l'éolien*

• Avantages du financement de projet pour le secteur de la mobilité

- Le mécanisme de financement de type financement de projet représente une manière efficace pour une entreprise (promoteur) d'obtenir un fort levier financier dans un secteur qui justement souffre d'accès au capital en raison des importantes dépenses de CAPEX.
- Le financement de projet permet entre autres de développer l'infrastructure de base si importante à la croissance des différents produits et solutions liées à la mobilité durable et à l'ensemble du secteur des TEI.
- C'est également un mécanisme qui permet de bien limiter et contrôler les risques de chacune des parties prenantes du projet, et représente une opportunité d'investissement relativement stable à long terme dans un milieu souvent court terme. Cette répartition de risque permet d'élargir le bassin d'investisseurs potentiel dans le secteur de la mobilité

4.2 Structures actionnariales de financement de projet

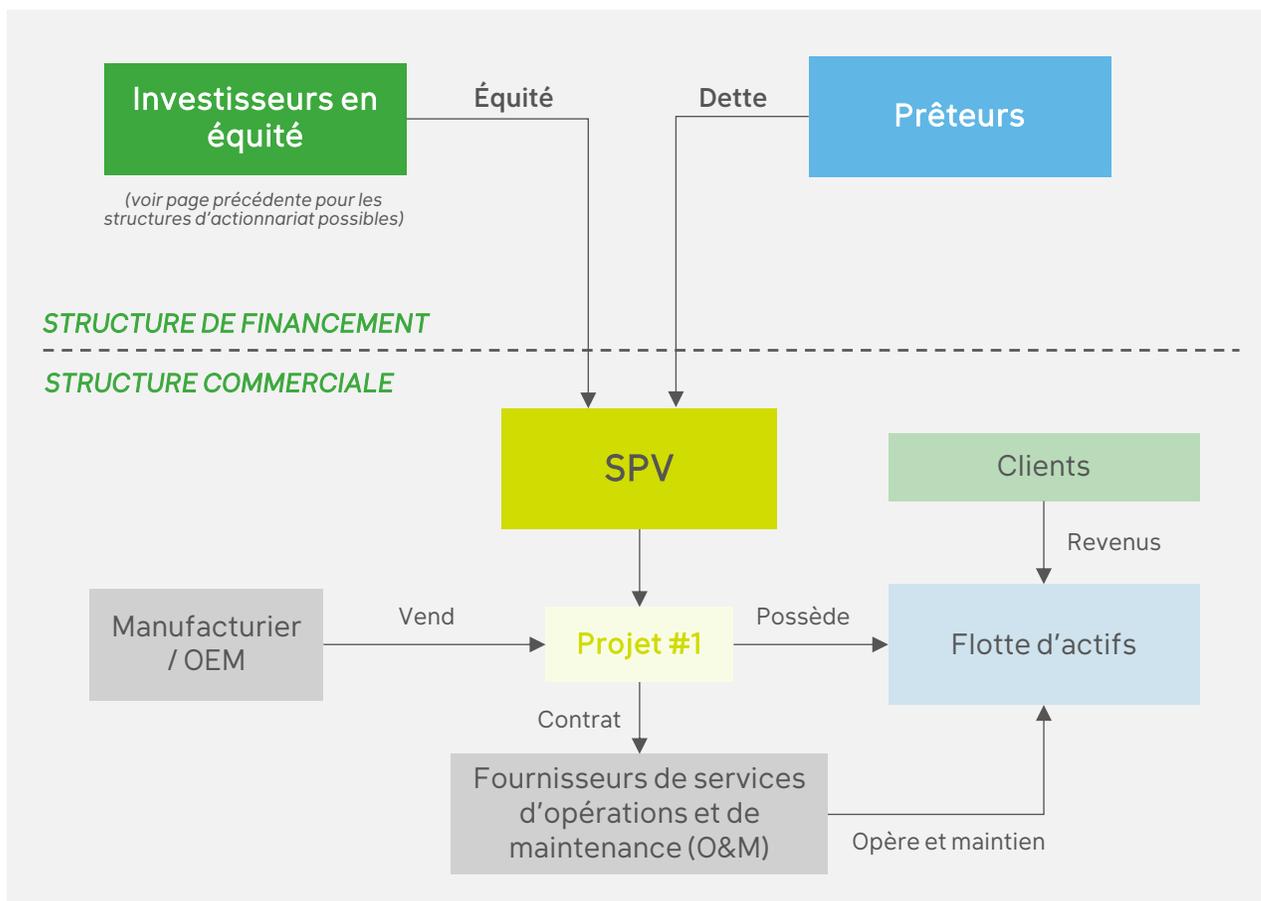
- Une entreprise souhaitant développer un projet en mobilité peut généralement choisir entre quatre structures actionnariales principales afin de faire du financement de projet :



Modèle financement de projet

4.3 Étude de cas fictive appliquée au secteur de la mobilité

- Le diagramme suivant présente une structure de financement et commerciale typique (simplifiée) qui pourrait s'appliquer pour le financement d'un projet d'un opérateur de flotte d'actifs en mobilité (par exemple une flotte de bus électriques, une flotte de bornes de recharge électrique, etc.) :



Considérations clés

- Le ratio Dette/Équité (D/E) d'un projet varie largement selon la classe d'actif et de l'appétit des investisseurs pour le projet. Parmi les principaux facteurs qui influencent le ratio de *leverage* on retrouve :
 - Certitude des revenus (contrats à long terme)
 - Structure de coûts et capacité du projet à repayer la dette
 - Complexité des opérations et des activités de maintenance
 - Vie utile de l'actif
- À titre indicatif, les ratios D/E typiques observés pour des projets à long terme stables en infrastructure se situent autour de 70/30.
 - Pour le secteur de la mobilité, du fait de la durée de vie généralement plus courte des flottes d'actifs, de la « nouveauté » du secteur et les incertitudes commerciales qui peuvent encore exister, un ratio D/E raisonnable se situe aux alentours de 60/40 voir 50/50 pour certains plus risqués.
- Les activités d'O&M peuvent être séparées et externalisées à des organisations différentes, la SPV et l'entité « Projet #1 » étant alors des « coquilles vides » ayant pour but de détenir et de gérer les actifs via des contrats d'approvisionnement et d'O&M.
- La structure du « Projet #1 » est répliquable, la SPV détenant alors plusieurs projets de même nature mais distincts.

5

VALORISATION DES ENTREPRISES DU SECTEUR DES TEI



6.1 Constats généraux

La façon de valoriser une entreprise en mobilité semble être relativement agnostique à son modèle d'affaires

- Plus qu'au modèle d'affaires en lui-même, il apparaît que l'approche de valorisation est liée au type d'investisseur et aux raisons sous-jacentes qui motivent sa volonté d'investir dans l'entreprise.

La valorisation semble être un sujet de second ordre dans de nombreux cas

- Les investisseurs se voient souvent confier le leadership dans l'exercice de valorisation, les entreprises ayant généralement une idée assez précise de la valorisation espérée, notamment après s'être comparées à des entreprises similaires/concurrentes ayant levé des fonds avant elles.
- Dans le cas de transaction à succès, l'exercice s'apparente dans de nombreux cas à une formalité et le processus est souvent fluide.
- Un achoppement significatif sur la valorisation entre l'investisseur et l'entreprise est généralement de mauvais augure quant à la compatibilité des deux parties sur le long terme.
 - Forcer une entreprise à accepter une valorisation trop faible a généralement des conséquences néfastes sur son développement futur et compromet de ce fait même les espérances de retour de l'investisseur.

La dette convertible est un outil à double tranchant, voir un cadeau empoisonné dans certains cas

- Outil intéressant à court terme pour l'entreprise afin de se financer sans se diluer, la dette convertible présente certains dangers généralement négligés par les entrepreneurs :
 - Le sujet de la valorisation latente est souvent très peu ou pas discuté et réellement négocié, les entrepreneurs se disant qu'ils ne font que repousser cette discussion. Cependant, le cap fixé est très rarement à l'avantage des entrepreneurs et peut les contraindre à se diluer à une valorisation très en-deçà de leurs attentes initiales
 - Une mauvaise gestion de la dette convertible et de ses effets futurs peu compromettre la croissance et le développement futur de l'entreprise, et de ce fait même, les retours pour les investisseurs.
 - Certaines entreprises sont dans les faits surendettées avec l'accumulation de dette convertible, ce qui empêche bien souvent de faire rentrer de nouveaux actionnaires au capital de l'entreprise, ceux-ci ayant une position plus junior que les prêteurs de dette convertible.

Ce que nous avons entendu au cours du process d'entrevue avec les entreprises et les investisseurs

« On s'est vite mis d'accord sur la valorisation »

« La dette convertible était une bonne solution au départ, mais cela s'est retourné contre nous plus tard car nous n'avions pas bien saisi l'enjeu du cap de la valorisation au moment de la conversion »

« La valorisation n'a jamais été un enjeu avec les entreprises qui sont un fit naturel pour notre fonds »

6.2 Principales méthodes de valorisation observées

Méthodes classiques de valorisation

- Les méthodes de valorisation classiques telles que le DCF (*Discounted Cash Flow* - flux de trésorerie actualisé), les multiples de revenus ou EBITDA/BAIIA sont presque exclusivement réservées aux entreprises générant des revenus, voire du profit, ou au moins avec un chemin clair vers la génération de profits/revenus
- Ces méthodes ne sont que rarement utilisées au stade la Série A et tendent à se démocratiser lors des rondes subséquentes de financement.

Approches alternatives de valorisation d'entreprise Early Stage en mobilité

- Afin de s'affranchir des méthodes traditionnelles de valorisations, certaines entreprises et investisseurs ont développé des approches alternatives, lesquelles sont parfois combinées afin de déterminer plusieurs scénarios, offrant ainsi une fourchette de valorisation raisonnable. Parmi ces approches, on retrouve notamment :

Multiples de la valorisation précédente	Valorisation de la propriété intellectuelle	Valorisation via la taille du marché cible et de la part de marché projetée
<ul style="list-style-type: none"> • L'entreprise se valorise lors d'une certaine ronde en appliquant un multiple de la valorisation acceptée à la ronde précédente. • Cette technique est privilégiée par de nombreux investisseurs de type VC, qui s'assurent ainsi un certain retour au moment d'une éventuelle sortie lors d'une ronde subséquente 	<ul style="list-style-type: none"> • L'entreprise se valorise en estimant les royautés que les clients/compétiteurs seront forcés à payer pour l'usage de leur technologie, voire même les amendes infligées pour des violations de la propriété intellectuelle • Cette approche est prise par certaines entreprises ayant une technologie qu'elles sont les seules à proposer sur le marché 	<ul style="list-style-type: none"> • L'entreprise et/ou l'investisseur font des projections de croissance concernant la taille du marché cible de l'entreprise, et lui attribuent une certaine part de marché • Ceci permet d'estimer les revenus potentiels de l'entreprise et d'y appliquer un multiple permettant d'estimer la valorisation
Valorisation stratégique et valorisation des synergies potentielles	Valorisation relative, en fonction de la valorisation d'autres entreprises similaires	Valorisation du coût de remplacement
<ul style="list-style-type: none"> • L'investisseur valorise l'entreprise en fonction des synergies qui seront générées par la combinaison/fusion des activités de l'entreprise avec les activités existantes de l'investisseur ou de ses compagnies en portefeuille 	<ul style="list-style-type: none"> • L'entreprise ou l'investisseur estime la valeur de l'entreprise en observant des transactions d'entreprises similaires/concurrentes ayant eu lieu dans un contexte relativement similaire (même ronde, même stade de développement, même taille, etc.) dans un passé relativement proche 	<ul style="list-style-type: none"> • L'investisseur évalue le coût de développement en interne d'une technologie ou d'un projet, et valorise une entreprise possédant cette technologie en appliquant une prime raisonnable sur le coût de développement interne (dans le but de l'acquérir)

Il est important de mentionner que dans la plupart des cas de jeunes entreprises aux revenus peu ou pas établis et à la profitabilité encore lointaine, au-delà des aspects quantitatifs potentiellement mesurables via les approches citées précédemment, les investisseurs chevronnés en mobilité cherchent avant tout à investir dans des entreprises ayant une vision de la mobilité et de son futur compatibles avec la leur, en misant notamment sur une équipe dirigeante en laquelle ils croient pour mener à bien la mission de l'entreprise.

Note : Les approches de valorisation ci-dessus ne sont présentées dans aucun ordre particulier

6.2 Principales métriques analysées dans un contexte d'investissement

- Au-delà des métriques financières traditionnelles analysées dans toute décision d'investissement (ventes, taux de croissance, marge opérationnelle, free cash flow, etc.), le tableau suivant présente quelques exemples (liste non-exhaustive) de métriques et ratios spécifiques à chaque modèle d'affaires :

HARDWARE	SOFTWARE	OPÉRATEUR
<p>Ratio croissance vs. coût de la croissance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ratio entre revenus additionnels et coûts additionnels <ul style="list-style-type: none"> • Cohérence des parts de marchés envisagées en fonction du coût induit projeté • Acceptation d'une augmentation significative des coûts initiaux pour conquérir de nouvelles parts de marché / des nouveaux marchés 	<p>Coût d'acquisition du client</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ratio entre les ventes générées par un nouveau client et le coût associé pour sécuriser ce client <ul style="list-style-type: none"> • Acceptation de l'augmentation de ce ratio au fur et à mesure de la croissance de l'entreprise 	<p>Ratio entre le <i>pricing</i> et les coûts variables extraordinaires</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacité de l'entreprise à avoir un <i>pricing</i> adapté permettant de supporter des variations inattendues de coûts variables (ex : prix de l'énergie)
<p>Marge brute</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ratio entre les revenus et les COGS <ul style="list-style-type: none"> • Acceptation d'une marge brute faible au début des activités, atteignant un niveau acceptable à mesure que se réalisent les économies d'échelle 	<p>Allocation des ressources humaines vs. proportion des revenus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cohérence entre le nombre de ressources dédiées à un produit/vertical spécifique et la proportion de revenus générés par cette activité 	<p>Cohérence des flux de trésorerie avec la cyclicité naturelle du modèle d'affaires</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maintien d'un niveau minimum de flux de trésorerie lors des périodes creuses durant une année
<p>Niveau de Capex vs. fonds de roulement</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acceptation qu'un certain niveau de fonds de roulement est nécessaire pour faire fructifier les Capex engendrés 	<p>Niveau des dépenses R&D vs. revenus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maintien d'un ratio suffisamment élevé pour assurer le développement futur de l'entreprise et de ses produits 	<p>Rentabilité d'un nouvel actif en mode croissance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prise en compte du temps nécessaire réaliste pour rentabiliser un actif nouvellement acquis, en fonction de son taux d'utilisation, son taux de disponibilité (<i>uptime</i>) et du nombre d'actifs déployés au même moment
<p>Niveau des dépenses R&D vs. revenus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maintien d'un ratio suffisamment élevé pour assurer le développement futur de l'entreprise et de ses produits 	<p>Niveau de ventes vs. coûts variables</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maintien d'un ratio cohérent entre niveau de ventes et coûts variables induits, lesquels ont tendance à augmenter rapidement sous l'effet de la croissance 	<p>Cohérence de la croissance selon la demande</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maintien d'un taux de croissance réaliste en fonction de la demande anticipée du marché
<p>Coût de la gestion des rappels vs. revenus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intégration d'un ratio stable entre coûts de la gestion des rappels et le niveau des ventes 	<p>Coût de personnalisation du produit/solution</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ratio entre les ventes générées par un nouveau client et les coûts nécessaires pour adapter le produit/solution à ses besoins 	<p>Niveau d'inventaire vs. besoin en maintenance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cohérence du niveau d'inventaire des pièces de rechange/équipement en fonction des besoins réels de maintenance des actifs
<p>Temps du cycle de production et de commercialisation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acceptation d'un temps réaliste nécessaire à la fabrication et la livraison des produits 		<p>Coût de l'interface vs. revenus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maintien d'un certain niveau entre les dépenses associées à l'interface client et les ventes espérées, permettant une amélioration continue adéquate

Valorisation des entreprises du secteur des TEI

3.4 Éléments connexes de valorisation

	HARDWARE	SOFTWARE	OPÉRATEUR	
<p>Importance de la propriété intellectuelle dans la valorisation</p>	 <p>Élevée</p>	 <p>Élevée</p>	 <p>Faible</p>	<ul style="list-style-type: none"> La propriété intellectuelle (brevets, dessins et secrets industriels, marques de commerce, etc.) est d'une importance primordiale pour les modèles orientés <i>hardware</i> et <i>software</i>, car cela permet à l'entreprise de protéger son avantage compétitif sur le marché. Cet élément est moins important dans le contexte d'un modèle opérateur, où l'avantage compétitif réside principalement au niveau du savoir-faire opérationnel, de la maîtrise des marges, et de la gestion de la chaîne d'approvisionnement.
<p>Valeur résiduelle des actifs dans la valorisation</p>	 <p>Modérée</p>	 <p>Faible</p>	 <p>Modérée</p>	<ul style="list-style-type: none"> Les actifs opérés dans les modèles hardware et opérateur ont une certaine valeur résiduelle, qui peut être prise en compte dans un exercice de valorisation. Les infrastructures et équipements industriels sont généralement des biens peu liquides ce qui peut impacter à la baisse leur valeur alors que dans le cas des flottes d'actifs, c'est généralement leur durée de vie relativement limitée qui peut impacter négativement leur valeur résiduelle. La faible intensité capitalistique des modèles <i>software</i> explique le fait que la valeur résiduelle des actifs est presque négligeable.
<p>Valorisation des synergies avec d'autres activités de l'investisseur</p>	 <p>Élevée</p>	 <p>Faible</p>	 <p>Modérée</p>	<ul style="list-style-type: none"> De nombreux investisseurs entrevoient des synergies entre des entreprises principalement orientées hardware lorsque celles-ci combinent leurs opérations et mutualisent par exemple leur infrastructure de fabrication, leurs canaux de vente, etc. Ces synergies peuvent alors prendre une part importante dans l'exercice de valorisation et faire augmenter significativement la valeur d'une entreprise par rapport à une analyse « <i>stand-alone</i> ». Peu de synergies entre des entreprises principalement software, alors que la combinaison de deux entreprises « opérateur » peut aider à atteindre une masse critique et générer des économies d'échelle.

6.4 Méthodologie de l'analyse quantitative

Toutes les données présentées dans la suite de cette section sont en millions de dollars américains

Méthodologie

- Afin de compléter l'analyse des enjeux et des tendances en termes de valorisation dans le secteur des TEI, nous avons entrepris un exercice de balayage de transactions récentes dans le secteur. À travers ce balayage, nous avons analysé de façon quantitative plus de 1 000 transactions, ce qui nous a permis d'identifier certaines tendances et de faire certains constats à propos de la valorisation des entreprises TEI.
- Le balayage s'est effectué principalement à travers la base de données Pitchbook, et les transactions retenues répondent aux caractéristiques suivantes:
 - Géographie : Canada, États-Unis et Europe
 - Date : entre le 1^{er} janvier 2018 et le 30 octobre 2022
 - Secteur : tous les secteurs pertinents des TEI, en lien avec la classification de Propulsion Québec
 - Nous avons également complété l'analyse sectorielle avec des mots clés précis, permettant de capturer des transactions d'entreprises initialement classées dans un autre secteur que celui des TEI.
 - Type de transactions : Série A, Série B et Série C
 - Taille de la transaction : Supérieure à 1 M\$US
- Une fois le balayage effectué, nous avons classé les transactions entre *hardware*, *software* et opérateur, en fonction du modèle d'affaires dominant de l'entreprise.

Limites de notre travail

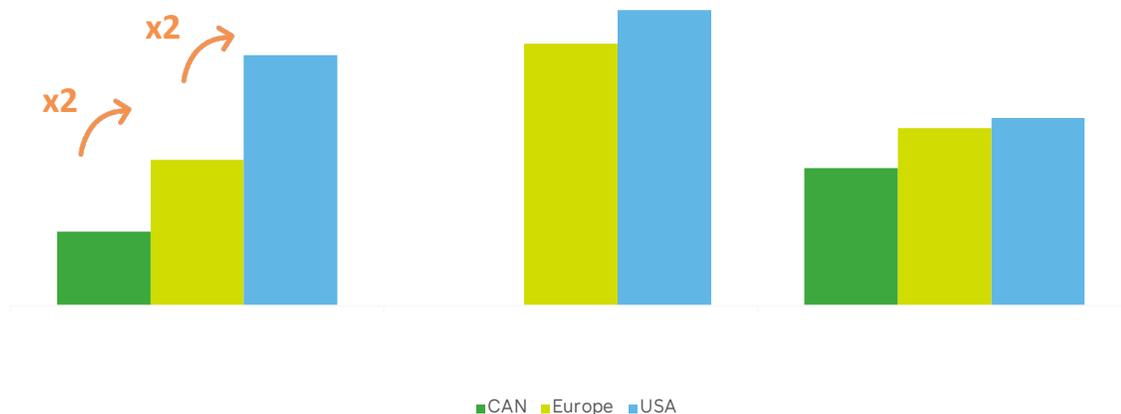
- Les données analysées et présentées dans ce rapport sont des données obtenues via Pitchbook, base de données à laquelle EY accès grâce à un abonnement payant. Aucune information de caractère sensible ou privilégiée provenant directement des entreprises concernées n'a été incluse dans ce document.
- La disponibilité et la véracité des données ici présentées n'est pas du ressort d'EY, qui s'est fiée entièrement au contenu disponible sur Pitchbook.
- Du fait de la difficulté à délimiter de façon précise le secteur des TEI, il est possible que certaines transactions pertinentes n'aient pas été incluses dans notre analyse. Cependant, l'analyse que nous avons effectuée se base principalement sur l'analyse d'échantillons globaux plutôt que de transactions individuelles, et nous avons principalement analysé des valeurs moyennes plutôt que des valeurs absolues, ce qui limite l'impact de l'absence d'une ou plusieurs transactions particulières sur notre analyse. Certaines transactions et données « extrêmes » ont parfois été exclues de l'analyse afin de ne pas fausser l'analyse statistique.
- Il convient de mentionner que relativement peu d'information est disponible pour les transactions effectuées au Canada, comparativement aux États-Unis et l'Europe.

Note: Les données quantitatives présentée dans les sections *hardware*, *software* et *opérateur* sont issues du même exercice que celui décrit ci-dessus

Valorisation des entreprises du secteur des TEI

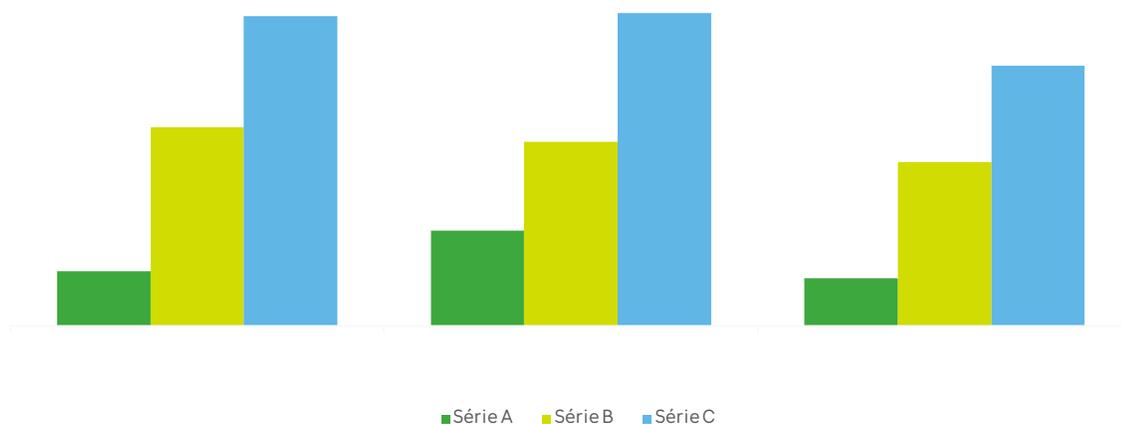
6.5 Ticket moyen par géographie et par ronde

PAR GÉOGRAPHIE



- La tendance en termes de ticket moyen se maintient à travers les trois types de modèle d'affaires, le ticket moyen le plus élevé se trouvant aux États-Unis, puis en Europe et finalement au Canada.
- Les écarts de ticket moyen pour le modèle d'affaire *hardware* sont flagrants, le ticket moyen européen étant 2.0x plus élevé que le canadien et le ticket moyen américain 2.0x plus élevé que l'europpéen. Une entreprise américaine lève donc en moyenne 4.0x plus de fonds qu'une entreprise canadienne.
- Les écarts sont beaucoup plus réduits dans le modèle d'affaire *software* avec un ticket moyen canadien de 23 M\$ et un ticket américain de 31,4 M\$.

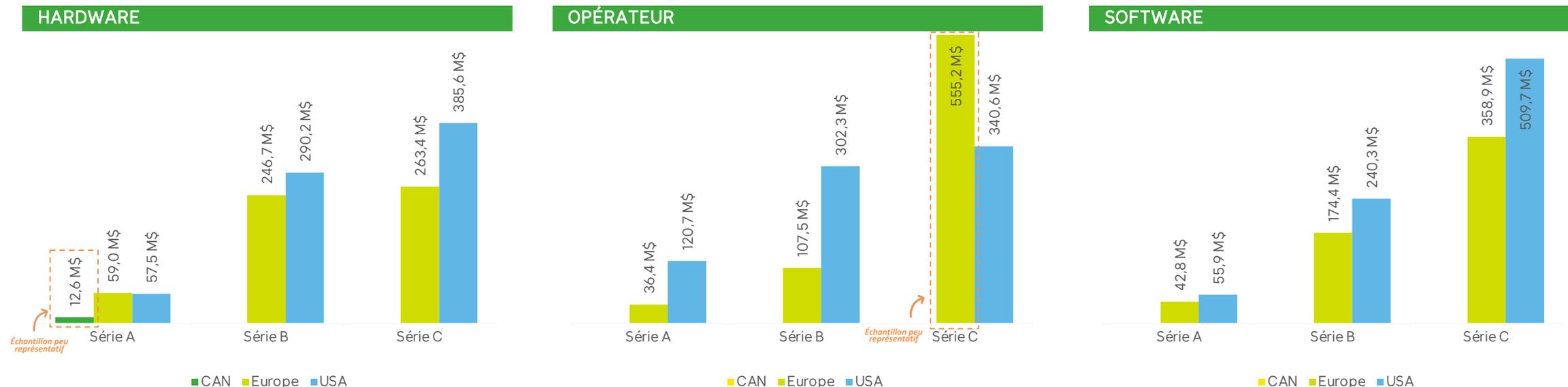
PAR TYPE DE RONDE



- Les écarts du ticket moyen par ronde sont très similaires entre les 3 types de modèles d'affaires. En moyenne, un ticket moyen d'une Série B représente 2 à 3 fois le ticket moyen d'une Série A et un ticket moyen d'une Série C représente moins de 2 fois le ticket moyen d'une Série B
- Plus les rondes de financement avancent, plus le multiplicateur du ticket moyen rétrécit
- En phase de démarrage, il est plus facile pour le modèle d'affaire Opérateur de lever de hautes sommes lors de leur première ronde de financement (Série A)
- En général, toutes rondes de financement confondues, le ticket moyen d'un modèle d'affaires *software* sera toujours plus petit que le ticket moyen par ronde d'un modèle d'affaire *hardware* ou opérateur

Valorisation des entreprises du secteur des TEI

6.7 Valorisation moyenne par ronde d'investissement (post valuation)

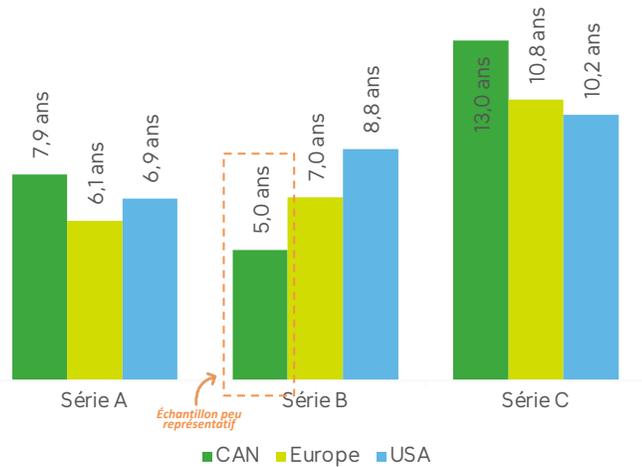


- Pour l'ensemble des modèles et des juridictions, on observe un bond significatif de la valorisation au moment de la Série B, ce qui vient valider l'hypothèse que les entreprises arrivant à ce stade ont dérisqué une partie de leurs activités, ce qui rend les investisseurs moins frileux
 - Ce bond est particulièrement observable pour le modèle *hardware*, où la valorisation entre la Série A et Série B est multipliée entre 4 et 5 fois, confirmant ainsi qu'une fois l'étape du prototype achevée, les investisseurs sont plus enclins à déployer massivement du capital
- Pour les modèles opérateurs et hardware, on note toutefois une tendance à la hausse des valorisations moyennes plus modérée entre la Série B et la Série C, alors que la valorisation des entreprises avec un modèle *software* semble au contraire continuer à croître sur un rythme similaire entre chaque ronde

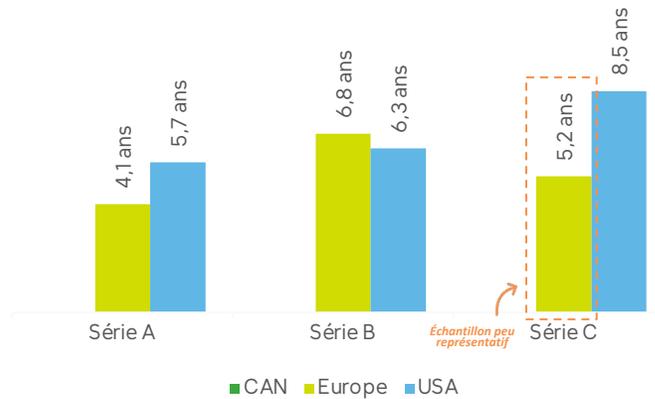
Valorisation des entreprises du secteur des TEI

6.7 Valorisation moyenne par ronde d'investissement (post valuation)

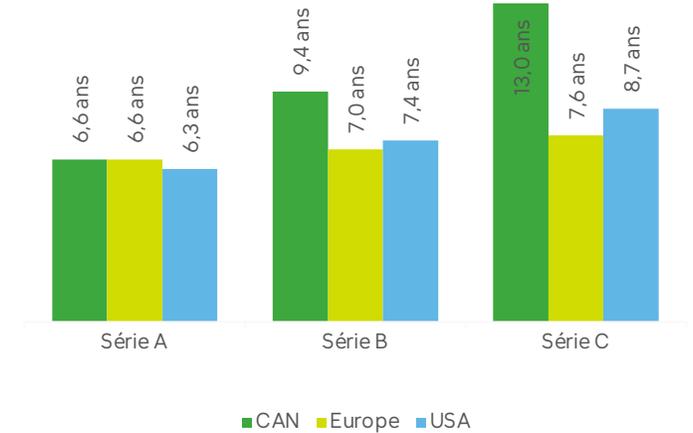
HARDWARE



OPÉRATEUR



SOFTWARE



- De façon globale, on remarque que les entreprises avec un modèle principalement orienté *software* ont un rythme de financement plus rapide que pour un modèle *hardware*. En effet, il faut plus de 10 ans en moyenne à une entreprise *hardware* pour se rendre en Série C, alors qu'une entreprise *software* arrive au même stade après 8 ou 9 ans (excepté le Canada).
- Comme montré précédemment, le modèle opérateur est très gourmand en capital, ce qui explique le rythme de financement plus véloce que le modèle *software*.
- En général, les entreprises canadiennes sont plus âgées que leurs homologues américains et européens lors de leurs rondes d'investissement, ce qui démontre qu'il est plus difficile de lever du financement au Canada qu'à l'international.

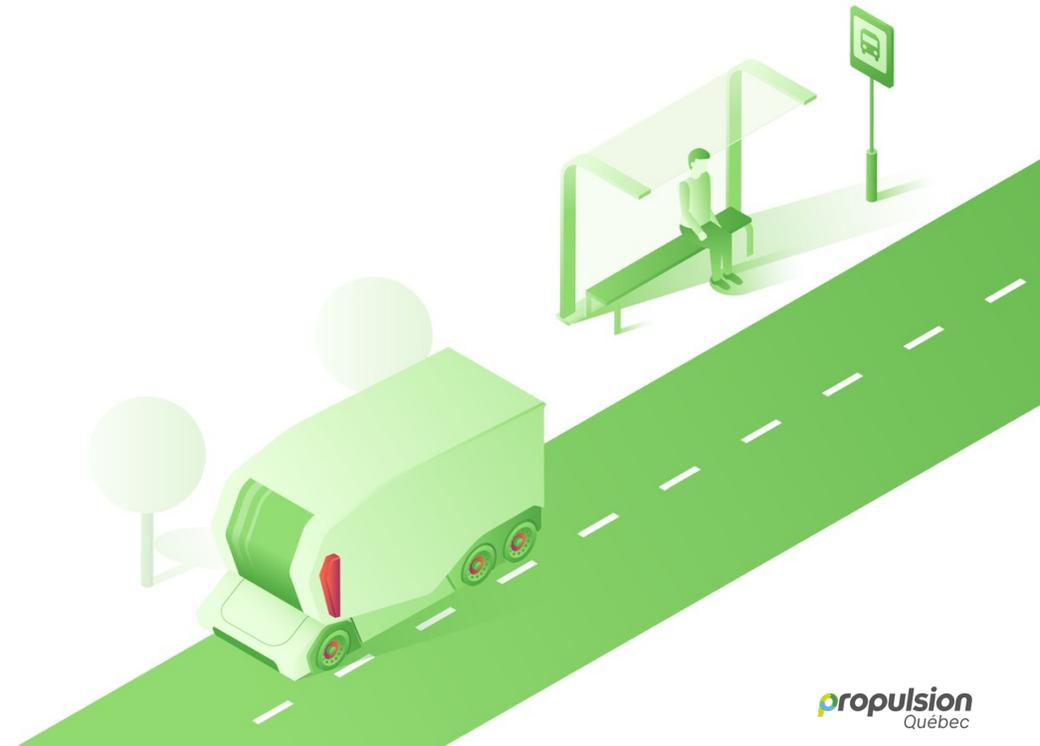
6

OPPORTUNITÉS DE MARCHÉ DANS LE SECTEUR DU TRANSPORT ÉLECTRIQUE ET INTELLIGENT



6.1

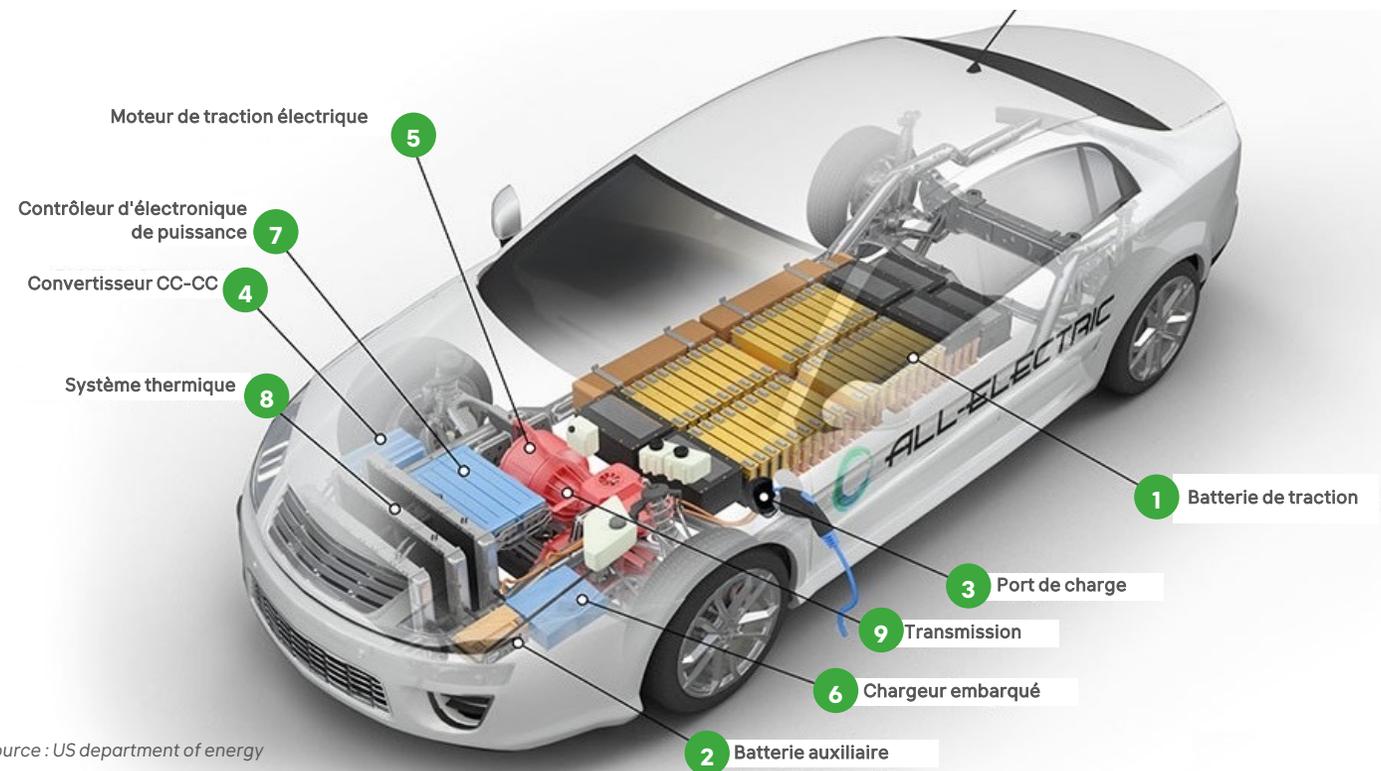
CONCEPTION ET FABRICATION DE VZE



Véhicules zéro-émissions

1.1 Principales technologies associées au marché

- Le schéma ci-dessous décrit de façon simplifiée les principales composantes technologiques d'un véhicule électrique à batterie. Un système similaire s'applique aux bus et camions électriques.
- Il est également important de mentionner que chaque composant décrit à cette page représente une portion de la chaîne de valeur des véhicules électriques, et qu'une multitude d'entreprises différentes se spécialisent sur des sections précises de cette chaîne de valeur. La fabrication d'un véhicule électrique crée donc un effet « boule de neige » en impliquant de nombreuses entreprises différentes et spécialisées.



Note : Plusieurs autres technologies de véhicules zéro-émission et/ou électriques existent aujourd'hui mais ne sont pas analysées dans le cadre de ce rapport (hybride rechargeable, hybride électrique ou pile à hydrogène).

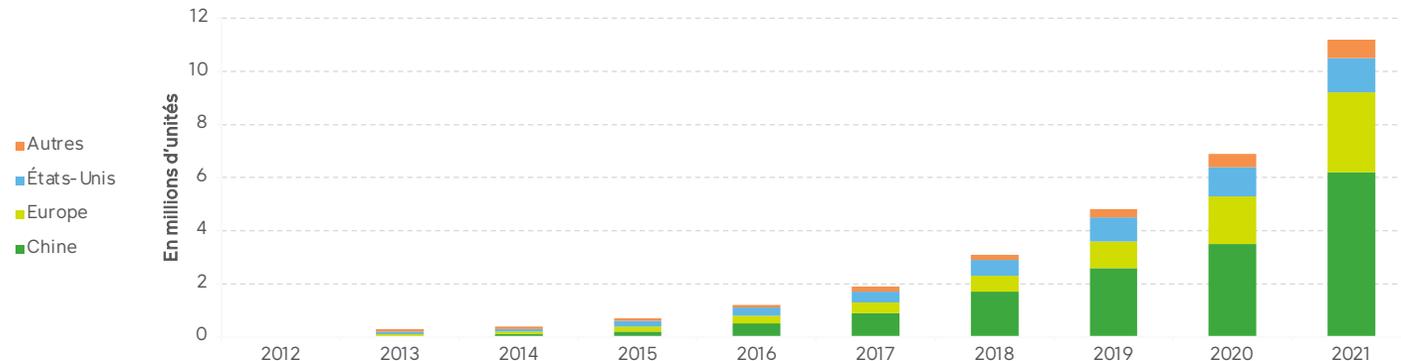
- Batterie de traction** : pack stockant l'électricité qui est utilisé par le moteur de traction électrique.
- Batterie auxiliaire** : fournit de l'électricité pour alimenter les accessoires du véhicule.
- Port de charge** : permet au véhicule de se connecter à une alimentation externe afin de recharger le pack batterie de traction.
- Convertisseur CC-CC** : convertit l'alimentation en courant continu (CC) haute tension de la batterie de traction en alimentation CC basse tension nécessaire pour faire fonctionner les accessoires du véhicule et recharger la batterie auxiliaire.
- Moteur de traction électrique** : Utilise l'énergie de la batterie de traction pour entraîner les roues du véhicule. Certains véhicules utilisent des générateurs de moteur qui remplissent à la fois les fonctions d'entraînement et de régénération.
- Chargeur embarqué** : prend l'électricité en courant alternatif (CA) entrante fournie via le port de charge et la convertit en CC pour charger la batterie de traction. Il communique également avec l'équipement de charge et surveille les caractéristiques de la batterie telles que la tension, le courant, la température et l'état de charge pendant la charge du pack
- Contrôleur d'électronique de puissance** : gère le flux d'énergie électrique délivré par la batterie de traction en contrôlant la vitesse du moteur électrique de traction et le couple qu'il produit.
- Système thermique** : maintient une plage de température de fonctionnement appropriée du moteur électrique, de l'électronique de puissance et d'autres composants.
- Transmission** : transfère la puissance mécanique du moteur de traction électrique pour entraîner les roues.

Véhicules zéro-émissions

1.2 Taille du marché historique dans le monde

NOMBRE DE VOITURES ÉLECTRIQUES EN CIRCULATION SUR LES 10 DERNIÈRES ANNÉES

Note : Voitures électriques = véhicules légers à batterie électrique (moins de 10 000 livres) – Valable pour les pages suivantes de la section



Source : International Energy Agency

NOMBRE DE BUS ÉLECTRIQUES EN CIRCULATION

Note : Bus électriques et camions électriques = bus et camions à batterie électrique – Valable pour les pages suivantes de la section



Source : International Energy Agency

NOMBRE DE CAMIONS ÉLECTRIQUES EN CIRCULATION



Source : International Energy Agency

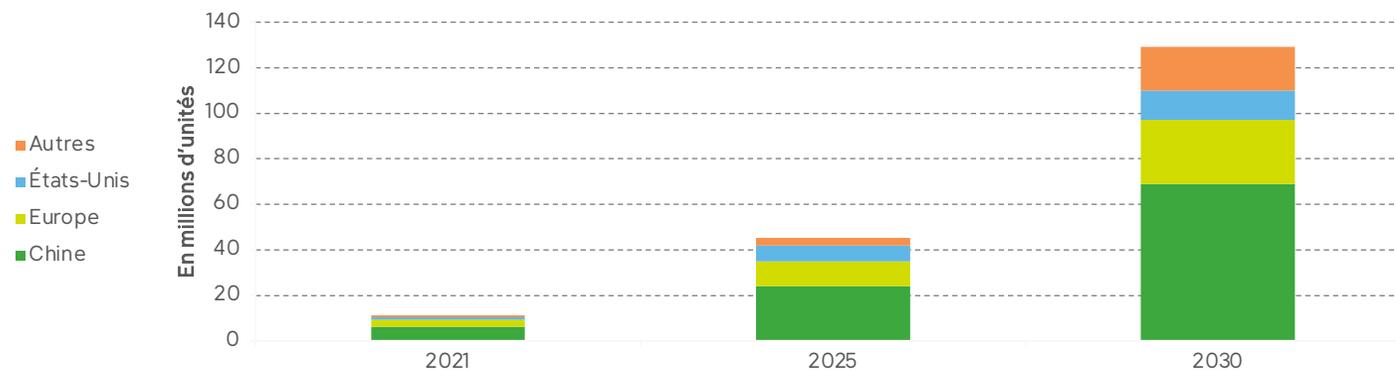
- Une très forte demande pour les véhicules électriques a fait exploser les ventes du secteur en 2021 doublant pratiquement les sommets atteints en 2020.
 - Un peu plus de 4,6 millions de véhicules électriques ont été vendus dans le monde en 2021, par rapport à un peu moins de 120,000 en 2020.
- Entre 2016 et 2021, les ventes de véhicules électriques ont augmenté selon un taux de croissance annuel composé de:
 - 61% en Europe
 - 58% en Chine
 - 32% aux États-Unis
- Les ventes mondiales d'autobus électriques ont augmenté de 40% en 2021 par rapport à 2020. L'inventaire global d'autobus électriques se chiffre désormais à près de 600,000 et près de 60,000 pour les camions électriques.
 - La flotte globale des autobus électriques représente environ 4% de tous les autobus en circulation dans le monde alors que les camions lourds électriques représentent seulement 0,1% de tous ceux en circulation.
- Si la Chine représentait près de 90% des nouveaux enregistrements de camions lourds électriques en 2021, les ventes en Europe et aux États-Unis ont commencé à croître rapidement depuis 2017 avec le développement de différents modèles utiles et plus abordables.

Véhicules zéro-émissions

1.3 Taille du marché anticipée dans le monde

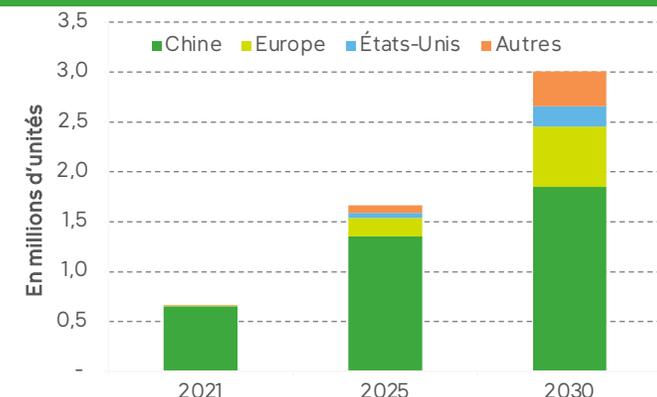
Note : Les données présentées dans ces tableaux sont selon les cibles et les réglementations actuellement en vigueur (scénario conservateur)

NOMBRE DE VOITURES ÉLECTRIQUES EN CIRCULATION PRÉVUE DANS LE MONDE D'ICI 2030



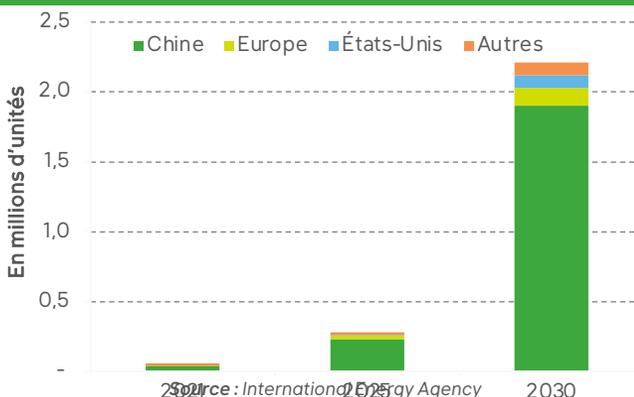
Source : International Energy Agency

NOMBRE DE BUS ÉLECTRIQUES À BATTERIE PRÉVUS D'ICI 2030



Source : International Energy Agency

NOMBRE DE CAMIONS ÉLECTRIQUES À BATTERIE PRÉVUS D'ICI 2030



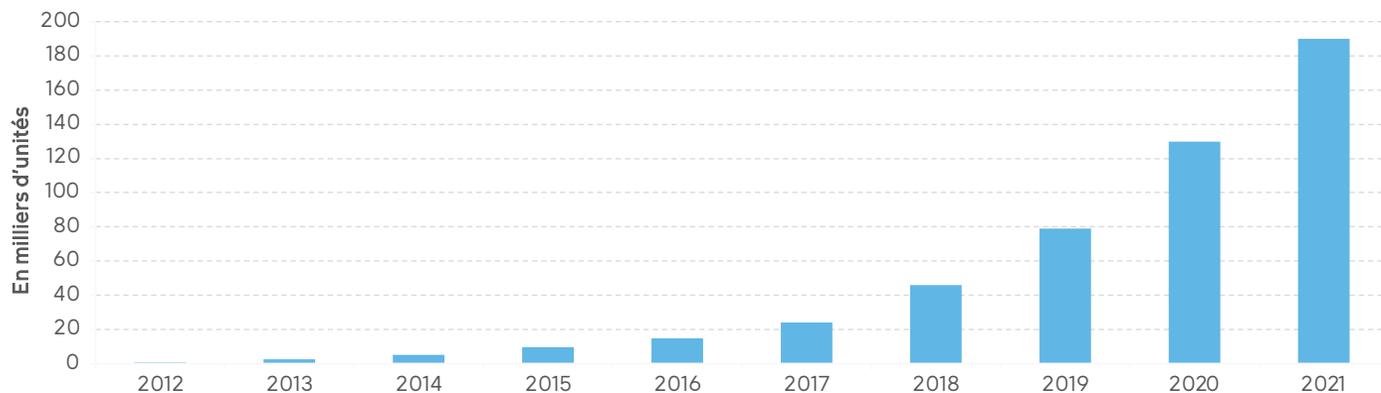
Source : International Energy Agency

- En considérant un scénario conservateur où les politiques/cibles/réglementations actuelles seraient toujours en vigueur dans le futur, la croissance du marché mondial des véhicules électriques devrait s'accélérer dans les prochaines années pour atteindre plus de 45 millions d'unités en circulation dans le monde en 2025, représentant 10% des voitures totales en circulation.
 - En 2030, en appliquant le même scénario, l'inventaire de véhicules électriques en circulation dans le monde devrait plus que doubler par rapport à 2025 et se rapprocher des 130 millions d'unités.
- Si la demande pour les véhicules électriques dans les prochaines années semble être solide, il existe encore aujourd'hui des doutes sur la capacité des manufacturiers à suivre et répondre à cette demande.
- Le marché des bus électriques devrait connaître une croissance linéaire dans les 10 prochaines années, pour atteindre trois millions d'unités en circulation en 2030, représentant 11% des bus totaux en circulation.
- En revanche, si le marché des camions électriques devrait connaître une croissance relativement modérée jusqu'en 2025, on devrait observer une croissance exponentielle entre 2025 et 2030, pour dépasser la barre des deux millions d'unités en circulation, représentant 2% des camions totaux en circulation.
 - L'autonomie relativement limitée des batteries de camions électriques semble être le facteur prépondérant expliquant la croissance modérée jusqu'en 2025. Il est attendu que les manufacturiers développent d'ici quelques années des modèles pouvant effectuer plusieurs centaines de kilomètres entre deux recharges.

Véhicules zéro-émissions

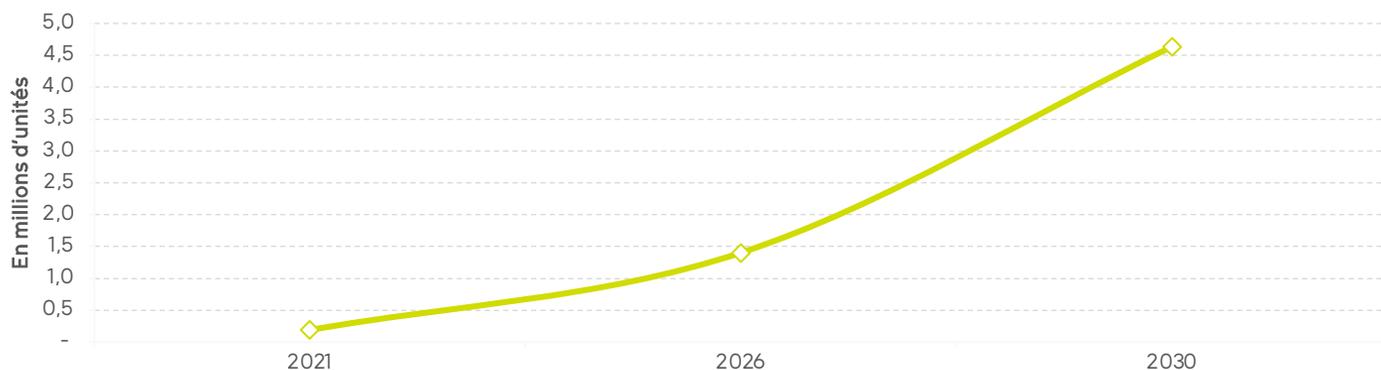
1.4 Taille du marché historique et anticipée au Canada

NOMBRE DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES EN CIRCULATION AU CANADA SUR LES 10 DERNIÈRES ANNÉES



Source : International Energy Agency

NOMBRE DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES EN CIRCULATION PRÉVUE AU CANADA D'ICI 2030



Source : Transports Canada

- Le marché des véhicules électriques a connu une croissance de près de 46% en 2021 par rapport à 2020.
 - La part de véhicules électriques à batterie en 2021 représentait 68% de tous les véhicules à zéro-émissions en circulation sur le réseau routier canadien. Le reste appartenant principalement aux véhicules de type hybride rechargeable (PHEV).
- 43% des véhicules zéro-émissions neufs immatriculés au Canada provenaient du Québec en 2021 comparativement à 28% pour la Colombie-Britannique et 23% pour l'Ontario.
- En 2021, 9% du total des véhicules neufs immatriculés au Québec étaient des véhicules zéro-émissions. À titre comparatif, la part des véhicules zéro-émissions était de 12% pour la Colombie-Britannique et de 3% pour l'Ontario.
- La part des véhicules zéro-émissions sur la route au Canada est prévue à 5% en 2026 et à 16% en 2030.
 - En nombre de véhicules en circulation, cela représente respectivement près de 1,4 million et 4,6 millions de l'ensemble du marché des véhicules légers en circulation.
- Les ventes annuelles de véhicules zéro-émissions prévues au Canada sont estimées à près de 395,000 en 2026 et plus de 1,2 million en 2030, représentant respectivement 20% et 60% du total des nouveaux véhicules légers vendus dans le pays.

1.5 Vecteurs de croissance et freins potentiels du marché

VECTEURS DE CROISSANCE DU MARCHÉ

Diminution du coût total de possession et incitatifs gouvernementaux

- Il existe une corrélation entre les ventes des véhicules électriques et les incitatifs gouvernementaux disponibles au Canada. Bien que les prix d'achat des véhicules électriques ont diminué dans les dernières années, ils demeurent élevés et l'ajout d'incitatifs gouvernementaux tels que des subventions, des crédits d'impôt ou bien des incitatifs financiers aux manufacturiers du secteur permettent l'accessibilité à ces véhicules dispendieux. Ce constat est particulièrement valable pour le segment des véhicules lourds (bus, camion) où les aides gouvernementales sont un facteur décisif pour la plupart des opérateurs dans leur choix d'électrification des flottes.
- Certaines études* montrent que ces incitatifs gouvernementaux font qu'il est aujourd'hui plus économiquement avantageux sur le long terme de posséder un véhicule électrique plutôt qu'un véhicule à combustion interne.
- Le segment des bus électriques a atteint vers 2019/2020 un point de bascule important, puisque dans la plupart des contextes il est maintenant plus avantageux économiquement sur l'ensemble de la durée de vie d'un bus de posséder/opérer un bus électrique plutôt qu'un bus à combustion interne. Il est attendu que ce point de bascule soit franchi pour le segment des camions dans les prochaines années.
- Ce phénomène de diminution du coût total de possession, qui est appelé à se renforcer dans les prochaines années, s'explique principalement par le coût moindre des coûts de maintenance des véhicules électriques et le coût élevé des carburants fossiles.

L'augmentation de l'autonomie des batteries

- L'autonomie des batteries des véhicules électriques ne cesse de croître, et si aujourd'hui certains longs déplacements nécessitent une bonne planification, il est raisonnable de penser que les conducteurs/opérateurs pourront rapidement parcourir des distances de plus en plus longues, au fil de l'évolution technologique des véhicules et des batteries qui les propulsent. Ce constat est particulièrement valable pour le segment des bus et camions qui est aujourd'hui relativement contraint par l'autonomie des batteries et qui devrait donc fortement bénéficier de l'augmentation de leur autonomie dans le futur.

Accélération des plans d'électrification des flottes de véhicules des manufacturiers

- Certains des fabricants automobiles ont effectué des changements radicaux dans leur stratégie vis-à-vis une transition vers un monde entièrement électrique. Certains sont également plus ambitieux que les cibles gouvernementales. Tous désirent capturer des parts de marché intéressantes dans cette transition électrique.
- En lien avec le nombre croissant de modèles de voitures électriques, le segment des véhicules lourds (bus, camion) et des véhicules spécialisés (VTT, motos, motoneiges, scooters, bateaux, etc.) est en pleine expansion et, en sus des nouveaux manufacturiers 100% dédiés à l'électrique, de nombreux manufacturiers traditionnels tentent de diversifier leur offre en proposant des modèles électriques, permettant ainsi un éventail de choix plus large aux opérateurs/acheteurs et accélérant ainsi l'électrification du parc de véhicules lourds et spécialisés.

* https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2021/02/Rapport-d%C3%A9tude_2021-1_DOUILLARD.pdf
https://afdc.energy.gov/files/u/publication/financial_analysis_be_transit_buses.pdf

1.5 Vecteurs de croissance et freins potentiels du marché (suite)

VECTEURS DE CROISSANCE DU MARCHÉ

Réglementation plus restrictive envers les véhicules à combustion

- Dans une optique un peu plus lointaine, certains pays commencent à instaurer des règles d'interdiction de ventes de véhicules neufs à essence (notamment pour les véhicules moyens et lourds - VML) d'ici X nombre d'années, et cela représente un vecteur de croissance pour le marché des véhicules zéro-émissions.
 - Au Canada, la vente de véhicules neufs à essence sera interdite à partir de 2035 pour éventuellement atteindre la carboneutralité en 2050.
 - En décembre 2022, le gouvernement fédéral a annoncé une nouvelle norme obligeant les constructeurs à vendre 20% de VEZ légers d'ici 2026 (incluant les VUS), puis 60% en 2030 et 100% en 2035.
 - Le Québec devrait également proposer en 2023 une norme visant à limiter la vente de VML à essence dans un futur relativement proche.

1.5 Vecteurs de croissance et freins potentiels du marché (suite)

FREINS ACTUELS POUR LE DÉVELOPPEMENT DU MARCHÉ

Contraintes liées à la chaîne d'approvisionnement en matériaux et minéraux rares servant à la fabrication des batteries pour les véhicules zéro-émissions

- Les ventes de véhicules zéro-émissions explosent, mais les fabricants ne sont pas en mesure de suivre le rythme de la demande, notamment en raison de contraintes dans la chaîne d'approvisionnement des batteries qui représentent, à elles seules, environ entre 30 et 50% de la valeur d'un véhicule (en fonction du type de véhicule). L'offre actuelle en minéraux rares tels que le lithium, le cobalt et le graphite ne peut subvenir à cette demande excessive. Il est ainsi aujourd'hui plus rapide et facile de se procurer un véhicule à combustion interne, ce qui peut pousser certains acheteurs/opérateurs à encore privilégier cette option.
- La pandémie liée à la Covid-19 a également créé une pénurie de semi-conducteurs en raison des différents couvre-feux imposés par les différents pays fabricants de ce type de pièce importante à la conception d'un véhicule zéro-émission. De nombreux manufacturiers, dont ceux au Canada, sont donc aujourd'hui contraints de repenser leur modèle de chaîne d'approvisionnement afin de pouvoir suivre la demande en VZE.

Prix d'acquisition initial des véhicules zéro-émissions

- Le prix d'acquisition initial des véhicules zéro-émissions demeurent actuellement un frein potentiel à la croissance du marché puisque plusieurs acheteurs/opérateurs estiment aujourd'hui que le prix d'acquisition d'un véhicule électrique est encore prohibitif pour rentabiliser leurs opérations, notamment dans le segment des bus et des camions. De plus, s'il était anticipé dans les dernières années que les prix des VZE diminuent relativement rapidement, force est de constater que de nombreux facteurs comme la pénurie de matières premières rares ou encore les perturbations des chaînes d'approvisionnement ont mis à mal ces hypothèses, et que le prix d'acquisition d'un VZE a tendance à stagner depuis plusieurs trimestres.

La maturité de l'infrastructure du réseau de la recharge

- Le réseau de la recharge se doit de se développer plus rapidement pour suivre la croissance du marché des véhicules zéro-émission. Encore une majorité de conducteurs et opérateurs sont frileux à l'idée d'acheter un véhicule électrique par peur de manquer d'électricité entre leur point A et leur point B. Bien que le réseau de bornes de recharge urbain soit relativement bien développé au Canada aujourd'hui, l'uniformité de l'offre demeure inégale, et le développement des réseaux autoroutiers et ruraux laissent encore à désirer.
- Ce constat est particulièrement valable pour le segment des véhicules lourds (bus, camion) où relativement peu de bornes de recharge sont aujourd'hui accessibles, en dehors de certaines zones. Ceci vient significativement compliquer les opérations des gestionnaires de flottes de bus et camions, freinant ainsi l'adoption des VZE.

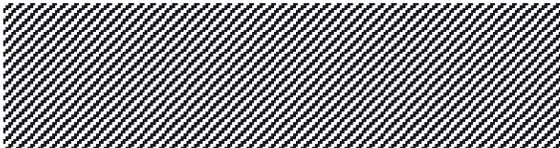
Le temps d'attente pour recharger la batterie

- Il est beaucoup plus long de recharger une batterie que de faire le plein d'essence. Du fait du manque d'infrastructure de recharge rapide, entre 3 et 12 heures, dépendamment du type de véhicule et de chargeur, sont nécessaires en moyenne pour recharger complètement une batterie via des bornes dites « lentes ». Même les options les plus rapides aujourd'hui permettant de recharger 80% de la batterie « rapidement » demandent entre 20 et 40 minutes.
- Ce constat est crucial pour le segment des véhicules lourds, notamment pour le sous-segment des camions, de nombreux opérateurs estimant qu'avec les technologies actuelles, le temps de recharge est trop long pour rentabiliser les opérations du fait de l'immobilisation des camions pendant le temps de recharge.

Véhicules zéro-émissions

1.6 Principaux modèles d'affaires associés au marché

Modèle à dominante ...

		HARDWARE	SOFTWARE	OPÉRATEUR
<p>Modèles « purs »</p> <p>... avec un ascendant</p>		Modèle très courant avec les fabricants de VZE ainsi que de nombreuses entreprises fabricant des pièces/composants nécessaires à la fabrication des VZE	Modèle observé auprès de certains acteurs spécifiques de la chaîne de valeur des VZE offrant des solutions logicielles aux fabricants de VZE et aux opérateurs de flotte de VZE	Modèle qui tend à se développer, avec des opérateurs choisissant de verdir leurs activités en électrifiant leur flotte, en partie ou en totalité
	Hardware		Modèle relativement peu observé sur le marché des VZE, cependant certaines startups initialement orientées software commencent à se pencher sur l'aspect fabrication/assemblage	Modèle relativement peu observé sur le marché des VZE, les opérateurs de flotte de véhicules électriques participant parfois à la conception des véhicules, mais en franchissant rarement la barrière de la fabrication
	Software	Modèle de plus en plus observé sur le marché des VZE, les fabricants de véhicules cherchant à concevoir des véhicules toujours plus intelligents et connectés, afin notamment d'améliorer la sécurité la performance des produits, ainsi que récolter les données produites par le véhicule		Modèle qui prend de l'ampleur, avec certains opérateurs de flotte de véhicules électriques souhaitant intégrer l'aspect software à leur proposition de valeur
	Opérateur	Modèle relativement peu observé sur le marché des VZE	Modèle relativement peu observé sur le marché des VZE	
	Combinaison	<p>S + O</p> <p>Modèle relativement peu observé sur le marché des VZE</p>	<p>H + O</p> <p>Modèle relativement peu observé sur le marché des VZE</p>	<p>H + S</p> <p>Modèle relativement peu observé sur le marché des VZE. Quelques prémices dans l'univers des drones</p>

Véhicules zéro-émissions

1.7 Principaux joueurs et investisseurs du marché

PRINCIPAUX JOUEURS QUÉBÉCOIS



Camions de classes 5 à 8
Autobus et minibus scolaire, adapté et collectif



Motoneiges
Motomarines



Motos, hydroptères
Vise à offrir des véhicules électriques dans toutes ses gammes de produit d'ici 2026



Autobus



Trottinette



Quad hors-route



Véhicules utilitaires



Véhicules industriels



Autobus scolaires



Bateaux



Ambulances



Autobus

EXEMPLES DE JOUEURS INTERNATIONAUX (FOCUS VÉHICULES LOURDS/SPECIALISÉS)



EXEMPLES D'INVESTISSEURS PRÉSENTS SUR LE MARCHÉ



Note : Cette section présente une liste non-exhaustive d'investisseurs spécialisés non-qubécois récemment actifs dans le marché des VZE en Amérique du Nord

6.2

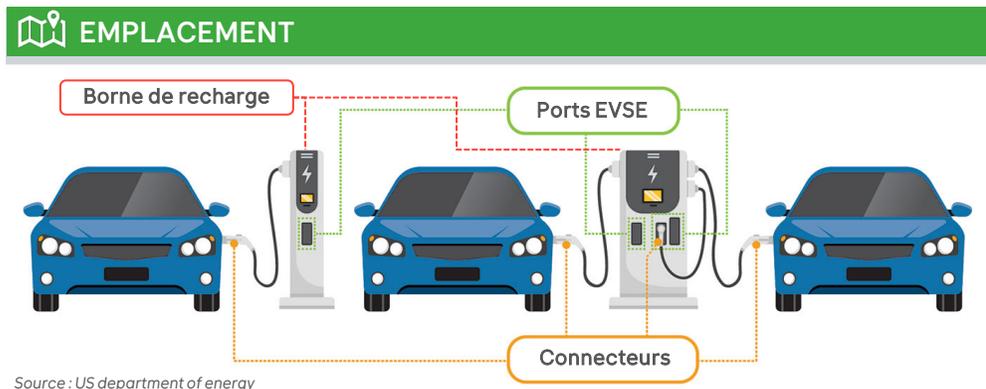
RECHARGE - FABRICATION/OPÉRATION D'ÉQUIPEMENTS/SOLUTIONS



Recharge

2.1 Principales technologies associées au marché

- Le marché des infrastructures de recharge en Amérique du Nord s'est aligné sur une norme commune appelée protocole *Open Charge Point Interface* (OCPI), laquelle définit les bornes de recharge avec les composantes suivantes : l'emplacement, le port EVSE (*Electric vehicle supply equipment* - Équipement pour la recharge de véhicule électrique) et le connecteur.



Source : US department of energy

- Emplacement de la station** : Un emplacement de station est un site avec un ou plusieurs ports EVSE à la même adresse, comme par exemple une place de stationnement, une station essence ou encore un parking de centre commercial/commerce.
- Borne de recharge et port EVSE** : Un port EVSE fournit de l'énergie pour charger un seul véhicule à la fois, même s'il peut avoir plusieurs connecteurs. L'unité qui abrite les ports EVSE est appelée borne de recharge ou chargeur, et peut avoir un ou plusieurs ports EVSE.
- Connecteur** : Un connecteur est ce qui est branché sur un véhicule pour le recharger. Plusieurs connecteurs et types de connecteurs (tels que CHAdeMO et CCS) peuvent être disponibles sur un port EVSE, mais un seul véhicule se rechargera par connecteur. Les connecteurs sont parfois appelés fiches.

- Trois types de bornes de recharge existent à l'heure actuelle pour les véhicules légers : chargeur de niveau 1, de niveau 2 et rapide. Tous sont de type « *plug-in* ».

CHARGEUR DE NIVEAU 1	CHARGEUR DE NIVEAU 2	CHARGEUR RAPIDE
120 volts / Courant alternatif / 15-20 ampères	240 volts / Courant alternatif / 80 ampères	480 volts / Courant continu / 300 ampères
~2kW = 8 km (5 miles) / heure de charge	~7kW = 40 km (25 miles) / heure de charge	Entre 50 et 350kW+ = 160-320 km (100-200 miles) / 30 min de charge
Usage résidentiel	Usage résidentiel et commercial	Usage commercial

Source : US department of energy

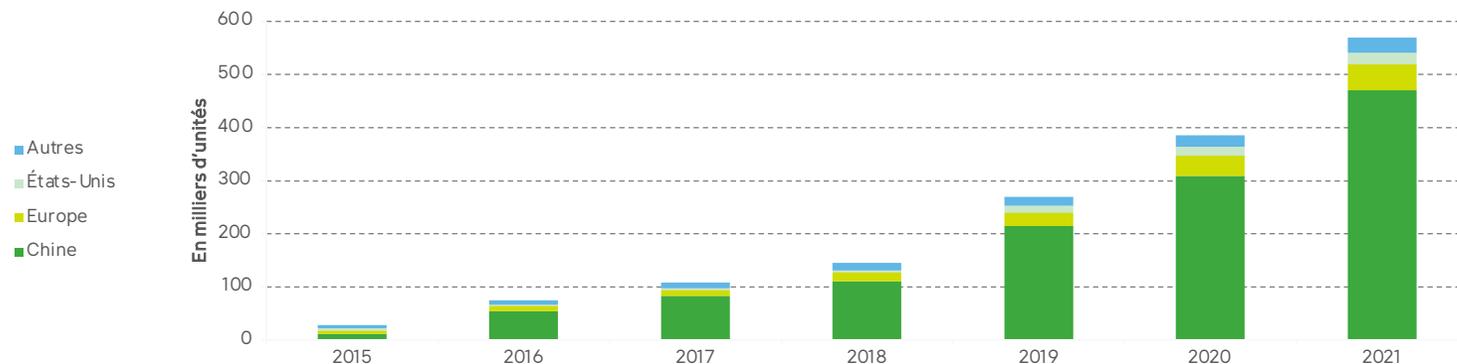
Note : Le swap de batterie est une autre technologie existante pour les véhicules légers, mais très peu usée en Amérique du nord au jour d'aujourd'hui

- Concernant les véhicules lourds (bus, camion), les bornes de recharges sont généralement des chargeurs rapides de type « *plug-in* » de plus de 50 kW en courant continu (jusque 450 kW actuellement), permettant notamment de recharger des flottes entières de véhicules au même moment et ce de façon relativement rapide.
- D'autres technologies existent pour ce type de véhicules, comme :
 - La technologie de recharge par induction, qui est utilisée pour certaines applications, notamment dans l'industrie du transport commun et de la logistique urbaine.
 - La recharge par pantographe, principalement utilisée pour recharger des flottes de bus
 - Le *swap* de batteries, notamment utilisé dans l'industrie du transport collectif (bus, taxi, etc.)

Recharge

2.2 Taille de marché anticipée dans le monde

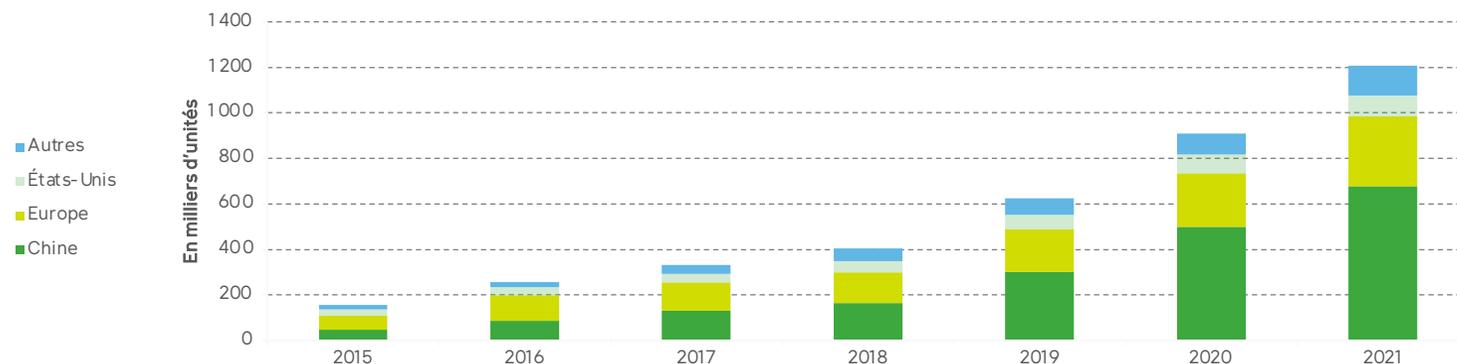
NOMBRE DE BORNES DE RECHARGE RAPIDE PUBLIQUES DANS LE MONDE SUR LES 7 DERNIÈRES ANNÉES



Source : International Energy Agency

- Près de 600,000 bornes de recharge rapide publiques sont aujourd'hui installées dans le monde, principalement en Chine.
 - Après une croissance relativement modérée jusqu'en 2018, le marché des bornes rapides a pris son envol et plusieurs centaines de milliers de bornes rapides ont été installées chaque année entre 2018 et 2021
- L'Europe est le second marché en termes de nombre de bornes. Le marché européen a enregistré une croissance annuelle de plus de 30% en 2021 et compte maintenant près de 50,000 unités.
- On dénombre fin 2021 près de 22,000 bornes aux États-Unis.

NOMBRE DE BORNES DE RECHARGE PUBLIQUES NIVEAU 1/2 DANS LE MONDE SUR LES 7 DERNIÈRES ANNÉES



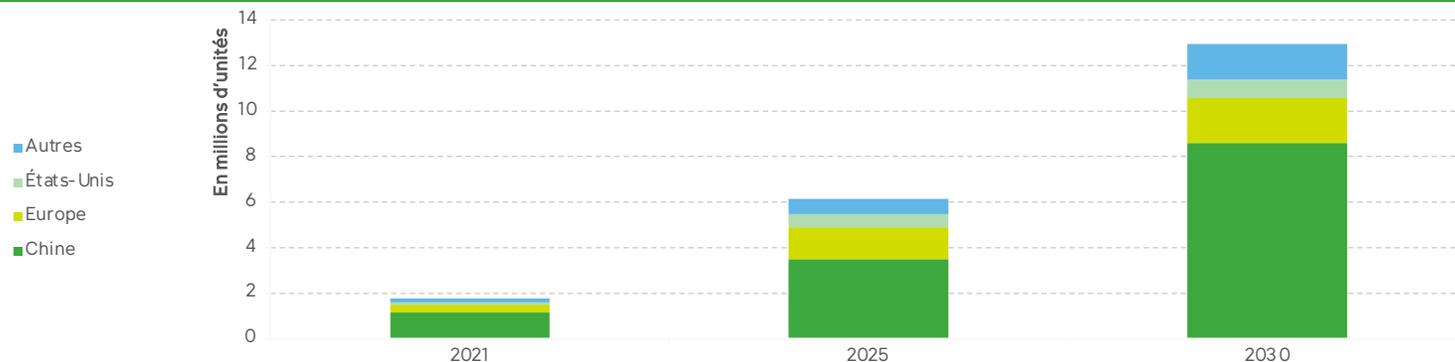
Source : International Energy Agency

- La Chine domine également le marché des bornes de recharge publiques de niveau 1 et 2 en 2021 avec près de 680,000 unités installées en date de 2021. L'écart avec les autres juridictions est cependant moins accentué que pour le cas des bornes rapides.
- L'Europe arrive au second rang avec un parc d'environ 300,000 bornes de recharge publiques de niveau 1 et 2 en 2021, une croissance annuelle de près de 30% par rapport à 2020.
- Les États-Unis sont un marché plus modeste, avec un parc existant de plus 90,000 bornes de recharge publiques de niveau 1 et 2 en 2021, et une croissance également plus modeste de 12% entre 2020 et 2021.

Recharge

2.3 Taille de marché anticipée dans le monde

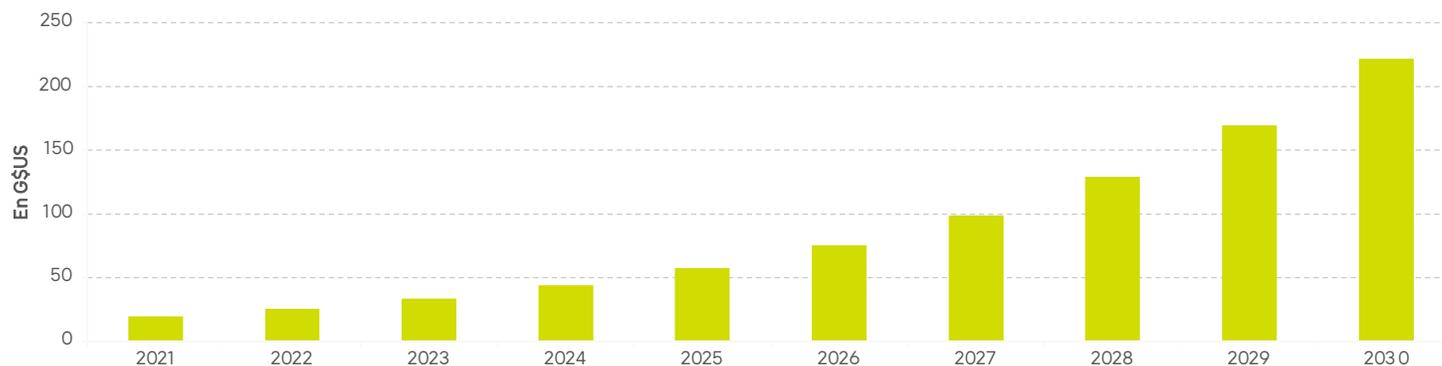
NOMBRE DE BORNES DE RECHARGE PUBLIQUES DANS LE MONDE PRÉVUES D'ICI 2030, TOUTES CATÉGORIES



Note : Les données présentées dans ce tableau sont selon les cibles et les réglementations actuelles et en vigueur (scénario conservateur)

Source : International Energy Agency

TAILLE DU MARCHÉ DE BORNES DE RECHARGE DANS LE MONDE D'ICI 2030, TOUTES CATÉGORIES



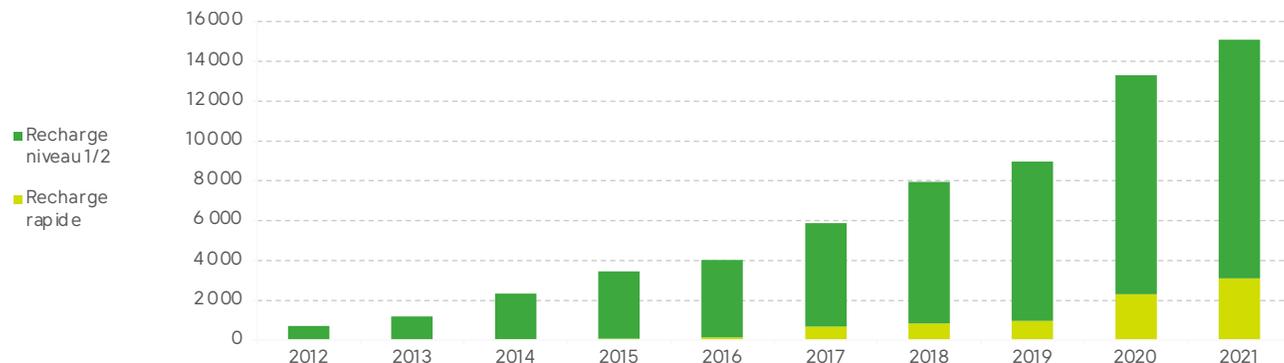
Source : Precedence Research

- En lien avec la forte croissance à venir du marché des véhicules électriques, le marché des bornes de recharge publiques de toutes catégories devrait être multiplié par plus de six entre 2021 et 2030, en passant d'un peu moins de deux millions d'unités en 2021 à près de 13 millions d'unités en 2030.
- Ces chiffres sont cependant à mettre en parallèle avec l'ensemble du marché de la recharge. Il est estimé que les bornes de recharge publiques représenteront autour de 10% du marché total des bornes électriques, la majorité des ventes du marché se situant au niveau des bornes pour usage résidentiel.
- En valeur, le marché des bornes de recharge toutes catégories représente aujourd'hui environ 20 G\$US.
- Entre 2022 à 2030, le CAGR du marché devrait se situer aux alentours de 31%.
 - On estime que dans 10 ans, le marché des bornes de recharge publiques sera multiplié par neuf et représentera près de 222 G\$US en 2030.

Recharge

2.4 Taille de marché historique et anticipée au Canada

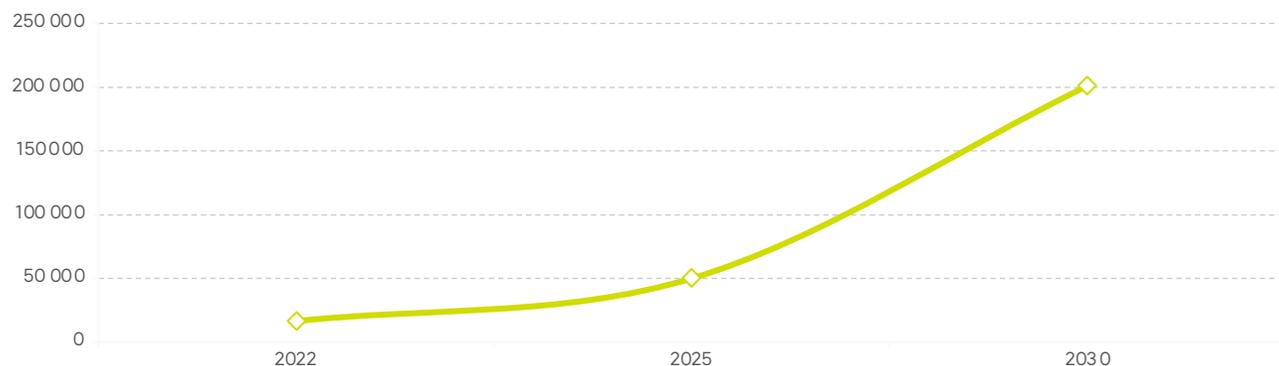
NOMBRE DE BORNES DE RECHARGE PUBLIQUES AU CANADA SUR LES 10 DERNIÈRES ANNÉES



Note : Les données présentées dans ce tableau sont selon les cibles et les réglementations actuelles et en vigueur (scénario conservateur)
Source : International Energy Agency

- Près de 15,000 bornes de recharge publiques ont été installées au Canada à la fin 2021.
 - Malgré leur arrivée tardive, les bornes de recharge rapide publiques sont d'autant plus importantes sur le réseau que les bornes de recharge publiques de niveau 1 et 2 puisque les consommateurs recherchent dorénavant un court temps de recharge.
- Les bornes de recharge publiques de niveau 1 et 2 représentaient une grande proportion du marché au Canada, soit avec près de 79%.

NOMBRE DE BORNES DE RECHARGE PUBLIQUES AU CANADA SUR LES 10 DERNIÈRES ANNÉES



Source : Ressources naturelles Canada

- Selon Ressources naturelles Canada, il est estimé que le Canada aura besoin d'une borne de recharge publique par 20 véhicules électriques. Cela est sans compter le nombre de bornes de recharge privées qui seront installées chez les consommateurs et au travail.
 - Le nombre de bornes de recharge publiques sur le réseau devra plus que tripler d'ici 2025 afin de satisfaire la demande des véhicules électriques en circulation à ce moment.
 - Le nombre de bornes de recharge publiques sur le réseau routier canadien d'ici 2030 est prévu être autour de 200,000 unités, soit un peu plus de 11 fois le nombre de bornes de recharge publiques déployées en 2022.

2.5 Vecteurs de croissance et freins potentiels du marché

VECTEURS DE CROISSANCE DU MARCHÉ

La popularité grandissante des véhicules électriques

- L'effervescence du marché des véhicules électriques auprès des consommateurs est le plus grand vecteur de croissance pour le réseau de bornes de recharge. Ce dernier devra se développer plus rapidement dans les années à venir afin d'offrir aux propriétaires de véhicules électriques un réseau fiable, bien desservi et avec des bornes de recharge rapide pour les usagers qui manqueront de batterie sur la route.

Incitatifs gouvernementaux

- Différents programmes d'aide financière sont offerts par les gouvernements dans le monde. Au Canada, le gouvernement canadien et certaines provinces ont déjà mis en place certains programmes d'aide tels que le CHRI, PIVEZ et les crédits carbone (ex: CFR).

Le coût de recharge à domicile est compétitif VS le coût d'un plein d'essence

- Avec le prix du pétrole qui est de plus en plus dispendieux, le coût de recharge à domicile devient beaucoup plus attrayant aux yeux du consommateur ce qui pourrait venir aider non seulement aux ventes des véhicules électriques, mais également aux ventes de bornes de recharge.

FREINS ACTUELS POUR LE DÉVELOPPEMENT DU MARCHÉ

La capacité des réseaux électriques en pointe pourrait devenir incapable de soutenir la demande accrue en électricité

- La gestion de la pointe et la capacité des réseaux électriques nécessiteront des changements majeurs afin de pouvoir assurer l'apport énergétique aux différentes bornes qui feront partie des différents réseaux de recharge autant les réseaux urbains que ruraux. L'accès à cette électricité sera nécessaire dans les régions éloignées où les utilisateurs de véhicules électriques auront besoin de recharger leurs batteries.

Le déploiement des bornes et leur utilisation sont directement affectés par les prix de l'électricité

- Les juridictions où les prix de l'électricité sont stables pourraient être favorisées par les opérateurs et celles où les prix d'électricité sont instables pourraient être délaissées. Plus le prix de l'électricité à une borne est bas, plus cette dernière a des chances d'être utilisée.

Le marché commercial de la recharge publique est encore embryonnaire au-delà des grands centres urbains et principaux axes de circulation

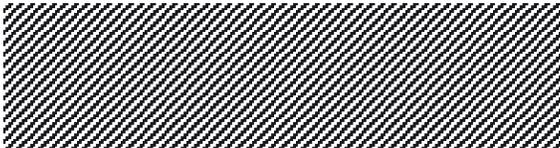
- Les opérateurs privés pourraient être moins portés à déployer de nouvelles bornes sur le réseau dans des marchés commerciaux hors des grands centres urbains et des principaux axes de circulation. Le niveau d'utilisation des bornes est important pour la rentabilité des opérateurs et investisseurs du secteur.

Note : Les vecteurs de croissance et les freins potentiels du marché de la recharge sont intimement liés au développement du secteur des VZE

Recharge

2.6 Principaux modèles d'affaires associés au marché

Modèle à dominante ...

	HARDWARE	SOFTWARE	OPÉRATEUR
Modèles « purs »	Modèle de moins en moins observé, du fait de la volonté des manufacturiers de bornes à vouloir développer une solution holistique intégrant une plateforme logicielle	Modèle répandu, de nombreuses entreprises de logiciel offrant des services spécifiques à des manufacturiers ou opérateurs de bornes	Modèle répandu, avec des entreprises se concentrant exclusivement sur les opérations, et achetant hardware et software à des tierces parties. Les opérateurs tendent cependant à intégrer de plus en plus une plateforme logicielle propre à leur proposition de valeur
<i>... avec un ascendant</i>			
Hardware		Modèle relativement peu observé aujourd'hui, où les fabricants de logiciels pour bornes tendent à ne pas s'impliquer du côté manufacturier	Modèle peu ou pas observé dans le monde de la recharge
Software	Modèle très naturel aujourd'hui pour de nombreux fabricants de bornes, qui leur permet notamment de contrôler l'ensemble des paramètres techniques (taux de charge, taux d'utilisation, etc.) de la borne via leur propre logiciel et de la faire fonctionner de façon optimale, allongeant ainsi sa durée de vie		Modèle de plus en plus observé de nos jours, avec des entreprises de type CPO (<i>charge point operator</i>) intégrant des solutions logicielles dans leur proposition de valeur
Opérateur	Modèle peu ou pas observé tel quel dans le monde de la recharge du fait d'une approche holistique incluant une suite logicielle adoptée par les fabricants souhaitant opérer leurs bornes	Modèle de plus en plus observé de nos jours, avec des entreprises de logiciel (souvent des eMSP - <i>eMobility Service Provider</i>) opérant de facto des réseaux de bornes et devenant ainsi des CPO (<i>charge point operator</i>)	
Combinaison	S+O Modèle qui tend à se développer, les manufacturiers de borne souhaitant notamment développer des solutions intégrales (<i>hardware + software</i>) et assurer des débouchés naturels pour leur production en opérant directement leurs propres actifs	H+O Modèle peu ou pas observé dans le monde de la recharge	H+S Modèle peu ou pas observé dans le monde de la recharge

Recharge

2.7 Principaux joueurs et investisseurs du marché

PRINCIPAUX JOUEURS QUÉBÉCOIS

	Fabricant de bornes		Fabricant de bornes
	Opérateur de réseaux de bornes		Modules permettant le partage de la recharge dans les immeubles multi-résidentiels
	Hub d'interopérabilité, plateforme d'interconnexion et eMSP		Fabricant de bornes
			Fabricant de bornes

EXEMPLES DE JOUEURS INTERNATIONAUX

EXEMPLES D'INVESTISSEURS PRÉSENTS SUR LE MARCHÉ

Note : Cette section présente une liste non-exhaustive d'investisseurs spécialisés non-qubécois récemment actifs dans le marché de la recharge en Amérique du Nord

6.3

SYSTÈMES AVANCÉ D'AIDE À LA CONDUITE (ADAS)

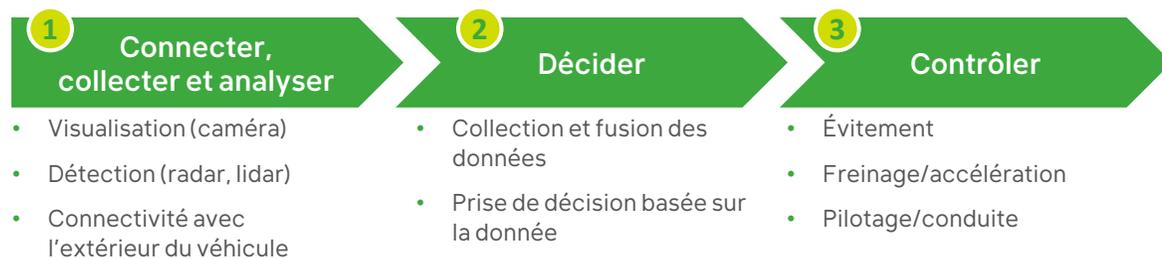


ADAS

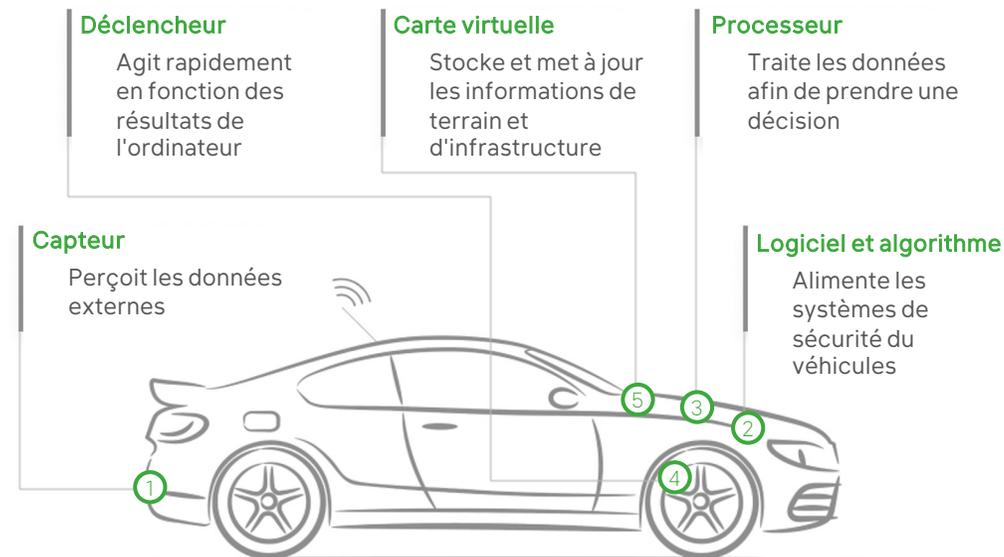
3.1 Principales technologies associées au marché

C'est quoi l'ADAS ?

- ADAS est l'acronyme anglais pour Systèmes d'assistance de conduite avancé (*Advanced Driver Assistance Systems*) et fait référence à un système de soutien à la conduite qui utilise des technologies de capteurs, de radars et de caméras pour fournir des fonctionnalités de sécurité et de confort pour le conducteur. L'ADAS permet notamment de :
 - éviter l'apparition d'une situation dangereuse risquant d'aboutir à un accident;
 - libérer le conducteur d'un certain nombre de tâches qui pourraient atténuer sa vigilance;
 - assister le conducteur dans sa perception de l'environnement (détecteurs de dépassement, de risque de gel, de piéton, etc.);
 - permettre au véhicule de percevoir le risque et de réagir de manière anticipée par rapport aux réflexes du conducteur.
- L'ADAS comprend par exemple des fonctionnalités telles que l'alerte de collision frontale, le maintien de voie, la reconnaissance des panneaux de signalisation et la régulation de la distance de suivi (voir page suivante pour plus de détail).
- On peut découper un système ADAS en trois grandes étapes :



LES 5 PILIERS DE L'ADAS



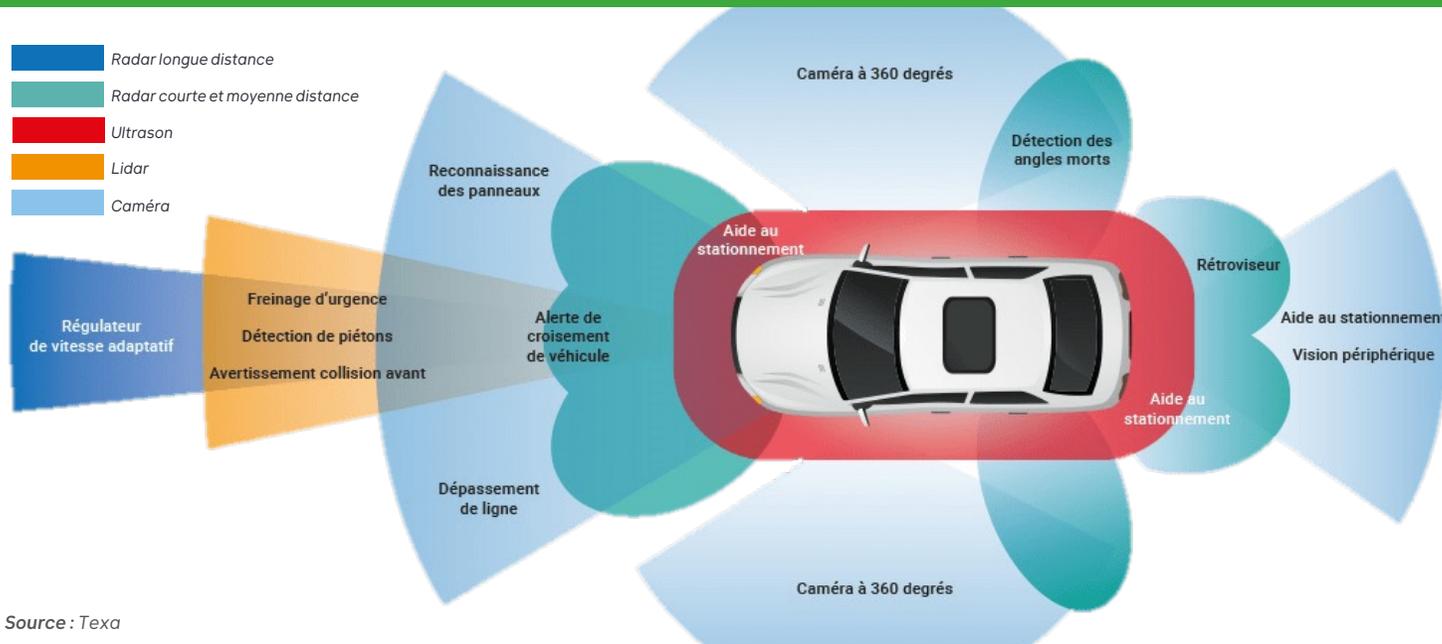
Source : McKinsey

1. Les capteurs recueillent des informations sur l'environnement immédiat du véhicule. Ils ont une plage de mesure et une bande passante de signal précises, ce qui explique la multiplicité des capteurs ADAS sur un véhicule.
2. Les algorithmes utilisent les données (intrants) fournies par les capteurs pour synthétiser et analyser en temps réel l'environnement entourant le véhicule, permettant ainsi de prendre une décision.
3. Les données traitées par les algorithmes (extrants) sont ensuite traitées par les processeurs, lesquels exécutent les instructions provenant des algorithmes.
4. Les déclencheurs s'activent et permettent au véhicule de réagir en fonction des tâches commandées par les processeurs.
5. Les cartes virtuelles complètent les capteurs du véhicule en permettant de déterminer son emplacement exact en temps réel.

ADAS

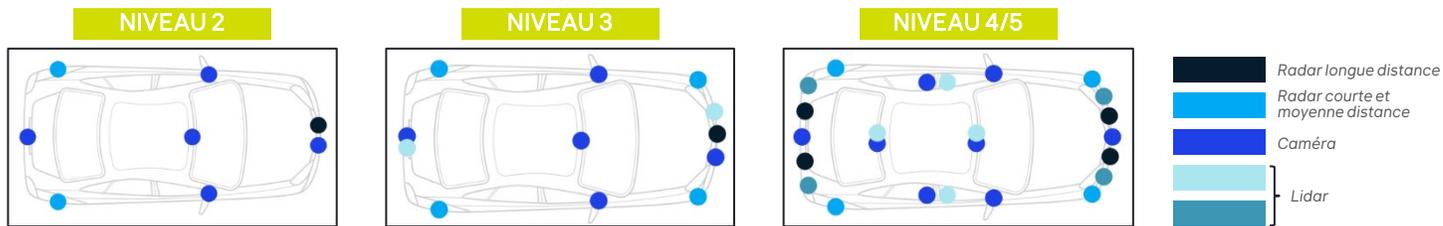
3.2 Principales technologies associées au marché

PRINCIPAUX ÉQUIPEMENTS ADAS



Source : Texa

ÉQUIPEMENT ADAS STANDARD EN FONCTION DU NIVEAU D'AUTONOMISATION DU VÉHICULE



Source : McKinsey

Le marché de l'ADAS repose aujourd'hui principalement sur trois grandes technologies, lesquelles ont chacune des applications/fonctions principales. Ces technologies sont soutenues par des suites logicielles permettant le fonctionnement, l'optimisation et l'intégration des équipements ADAS entre eux et avec le véhicule :

Le radar

- Régulateur de vitesse intelligent
- Alerte de croisement de véhicule
- Alerte de collision arrière
- Détection des angles morts
- Assistance au stationnement

Le Lidar

- Freinage d'urgence
- Détection de piétons
- Évitement des collisions

La caméra

- Reconnaissance des panneaux routiers
- Assistance au stationnement
- Vue latérale
- Alerte de franchissement involontaire de ligne

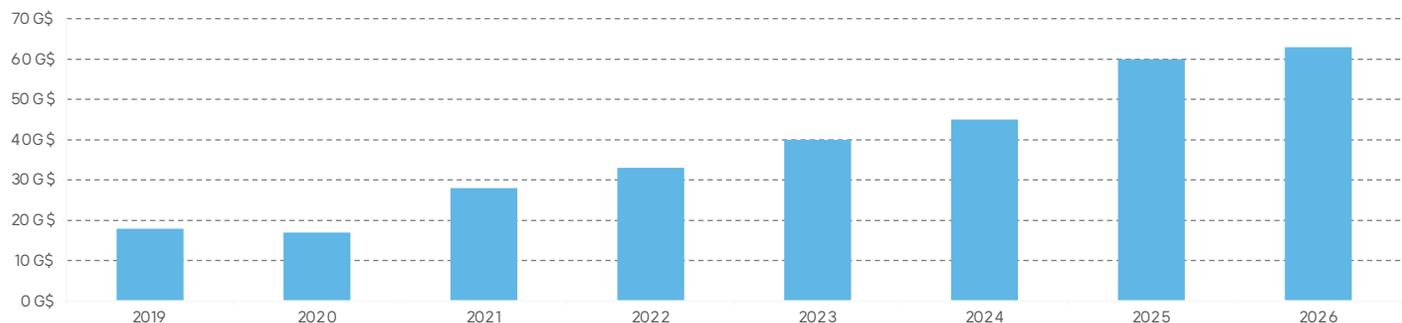
Le logiciel

- Permet aux équipements de capter la donnée et de fonctionner de façon optimale
- Permet une connexion et interaction entre les différents équipements ADAS
- Analyse et traite la donnée afin de prendre une décision

ADAS

3.2 Taille de marché – Actuelle et anticipée

Ventes de systèmes/produits hardware ADAS dans le monde



Source : IDC



Note : Nombre d'unités hardware vendues (en millions)



Source : IDC / Note : CAGR = Compound annual growth rate / Taux de croissance annuel composé

Le marché du software ADAS dans le monde

- Le segment de l'ADAS représentait en 2021 un peu plus de 22% du marché total des logiciels dans l'industrie automobile, lequel était valorisé à 25 G\$. Le marché du software ADAS représentait donc près de 5.5 G\$ en valeur en 2021.
- Le marché total des logiciels dans l'industrie automobile devrait dépasser la barre des 100 G\$ en 2030, avec un taux de croissance annuel composé de plus de 17% sur la période 2021-2030.

Source : Precedence research

- En valeur, le marché hardware de l'ADAS représentait près de 30 G\$US en 2021. Ce marché devrait croître à un CAGR de plus de 15% au cours de la prochaine décennie et devrait atteindre une valorisation au-delà des 60 G\$ en 2026.
- En 2021, le marché hardware de l'ADAS représentait près de 300m de systèmes/produits vendus dans le monde. En lien avec l'autonomisation croissante des véhicules, le marché devrait presque doubler et franchir la barre des 500m d'unités vendues d'ici 2026.
- Le LiDAR, une technologie ADAS émergente, devrait connaître une croissance exponentielle dans les prochaines années avec un CAGR de 246% lors des cinq prochaines années. Le marché reste toutefois relativement limité en termes de taille totale.
- Le marché des systèmes de traitement centralisé de l'assistance à la conduite devrait lui aussi connaître une forte croissance dans les prochaines années, et dépasser la barre des 10m d'unités vendues d'ici 2026, pour CAGR de près de 50% par année sur la période.
- Avec des CAGR autour de 15% sur les cinq prochaines années, les systèmes optiques et les systèmes radars, technologies plus matures mais plus importantes en termes de volumes, semblent démontrer un moins grand potentiel d'augmentation des ventes que les deux autres marchés cités précédemment.

ADAS

3.3 Vecteurs de croissance et freins potentiels du marché

VECTEURS DE CROISSANCE DU MARCHÉ

La fonctionnalité ADAS est éprouvée et devient de plus en plus standard

- Les technologies ADAS actuelles deviennent la norme dans la plupart des nouveaux véhicules, et font désormais partie des packages de base offerts par les manufacturiers de véhicules.
- De nombreux gouvernements dans le monde incitent les manufacturiers de véhicules à standardiser les fonctionnalités ADAS, notamment dans le but d'améliorer la sécurité routière et de réduire les accidents de la route.

L'autonomisation croissante des véhicules

- Les caractéristiques et la complexité du fonctionnement autonome des véhicules pousse de plus en plus les manufacturiers à aller vers le concept de « voiture définie par logiciel », grand consommateur de technologies ADAS.
- L'intelligence artificielle va prendre une part de plus en plus importante dans les véhicules (voir encadré à droite).

L'électrification des flottes

- Les conducteurs de VZE s'attendent naturellement à un niveau supérieur de numérisation et de sécurité. L'électrification massive des flottes de véhicules générera donc des synergies croissantes dans le développement des technologies ADAS, en apportant des avantages majeurs en termes d'efficacité et de durabilité.

Le développement du MaaS et de la logistique 2.0

- Le géorepérage est une des clés du développement des entreprises de MaaS et de logistique, et ce concept nécessite des véhicules aux fonctionnalités ADAS toujours plus ingénieuses et performantes.

L'intelligence artificielle, le futur du marché ADAS

Tendances établies et moteurs actuels de la croissance



Systèmes d'aide à la conduite (ADAS)



Connectivité et numérisation des cockpits

- Augmentation du nombre d'unités ADAS par véhicule
- Forte pénétration au cours des 10 prochaines années, alimentant la croissance du secteur

Changements fondamentaux et futurs moteurs de la croissance



Conduite autonome

- Technologies à l'étape de la R&D et des essais



V2X - Vehicle to everything

- Les scénarios réalistes ne prévoient pas de volumes significatifs de vente de véhicules avant 2035



Refonte de l'architecture du véhicule

Source : IDC

ADAS

3.3 Vecteurs de croissance et freins potentiels du marché (suite)

FREINS ACTUELS POUR LE DÉVELOPPEMENT DU MARCHÉ

Le marché de l'ADAS est un marché très normé où l'obtention de certifications/homologations est un processus fastidieux et coûteux

- Les fonctionnalités mêmes des produits/solutions ADAS font que le marché est soumis à de très fortes contraintes réglementaires, visant notamment à assurer la sécurité des passagers, des véhicules et du monde extérieur. Les processus permettant d'homologuer des produits/solutions sont extrêmement rigoureux et demandent un investissement significatif, à la fois en termes de temps et d'argent,

L'autonomisation croissante des véhicules nécessite une refonte de l'architecture et des réseaux des véhicules afin de réduire les coûts de production

- De nombreux changements au niveau de la conception des véhicules (architecture, intégration des réseaux, etc.) seront nécessaires afin de faire baisser les coûts de production et d'assemblage et donc de permettre la massification des véhicules quasi-autonomes auprès du grand public. Les caractéristiques des véhicules actuels font que les coûts hardware et software sont aujourd'hui très (trop) élevés pour permettre la production de véhicules quasi-autonomes abordables.

La massification des véhicules quasi-autonomes ultra avancés n'est pas prévue à court terme

- À court terme, la quasi-autonomisation des véhicules n'est encore qu'un mirage, de nombreux enjeux technologiques (interprétation des données extérieures complexes/extrêmes notamment) et sécuritaires persistants. De plus, l'acceptation du grand public est loin d'être acquise, les conducteurs/citoyens n'ayant pas encore confiance et montrant de la résistance pour les véhicules avec un fort degré d'autonomisation. Les premiers véhicules quasi-autonomes sur le marché seront des véhicules commerciaux/spécialisés (~2030) alors que les véhicules quasi-autonomes pour passagers ne seront pas commercialisés de façon massive avant 2035.

La question de la responsabilité et des assurances

- L'autonomisation des véhicules entraîne un changement radical au niveau de la responsabilité en cas de problème ou d'accident. En effet, si aujourd'hui le conducteur est généralement le principal responsable en cas d'accident (hors faille mécanique/majeure), qu'en sera-t-il pour un accident impliquant un véhicule autonome? Le constructeur sera-t-il responsable? Ceux-ci accepteront-ils de commercialiser massivement des véhicules tout en assumant le risque de problèmes/accidents éventuels? Cet enjeu majeur a un impact direct au niveau de la responsabilité tel que perçue par les assureurs.

La compatibilité des infrastructures de soutien

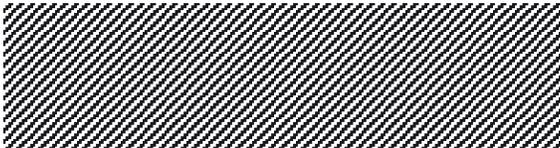
- L'autonomisation croissante des véhicules passe nécessairement par une évolution des infrastructures permettant au véhicule de fonctionner dans des conditions acceptables/optimales. Les infrastructures de télécommunications (connectivité sans fil, réseau de fibre, etc.), les infrastructures routières (pavage, intersections, etc.) ou encore les infrastructures numériques (serveurs, logiciels, etc.) devront nécessairement évoluer à un rythme suffisant pour permettre le bon fonctionnement des véhicules quasi-autonomes, et tout retard ou incapacité à faire évoluer adéquatement les infrastructures de soutien repoussera nécessairement l'adoption massive des véhicules quasi-autonomes.

Note : Il est ici fait mention de véhicules quasi-autonomes (niveau 4) du fait que de nombreux experts estiment qu'une commercialisation massive de véhicules complètement autonomes (niveau 5) reste relativement peu probable avant un horizon éloigné.

ADAS

3.4 Principaux modèles d'affaires associés au marché

Modèle à dominante ...

	HARDWARE	SOFTWARE	OPÉRATEUR
Modèles « purs »	Modèle courant sur le marché, avec des entreprises spécialisées dans la conception et production de produits ADAS, lesquels sont complétés par des suites logicielles de tierces parties	Modèle très fréquemment observé sur le marché, avec des entreprises offrant des services logiciels permettant au hardware ADAS de fonctionner de façon optimale	n/a
<i>... avec un ascendant</i>			
Hardware		Modèle existant sur le marché, mais de nombreux joueurs software se maintiennent volontairement éloigné de l'aspect manufacturier. Il est courant de voir des entreprises de software travailler main dans la main avec les fabricants de véhicules et/ou pièces pour développer un produit optimal pour la solution software	n/a
Software	Modèle observé sur le marché, certaines entreprises souhaitent intégrer le développement du produit hardware avec sa composante software. On observe également des entreprises avec la double compétence hardware/software chercher à s'éloigner du modèle hardware pour se focaliser sur la composante software (ex : Leddartech)		n/a
Opérateur	n/a	n/a	
Combinaison	n/a	n/a	n/a

Note : le type de modèle « opérateur » ne s'applique pas au marché ADAS

ADAS

3.5 Principaux joueurs et investisseurs du marché

PRINCIPAUX JOUEURS QUÉBÉCOIS

LeddarTech

Logiciels pour lidar, radar et caméra



Caméra, routeur

algolux

Logiciels pour lidar et caméra

C2RO

Caméra, Analyses vidéo alimentées par l'IA

IMMERVISION
see more, smarter

Logiciels pour caméra

EXEMPLES DE JOUEURS INTERNATIONAUX

Radar/Lidar
(hardware et software)

QUANERGY

Velodyne

urora

OUSTER

AEVA

Blickfeld
LIDAR / scan your world

LUMINAR

ibeo
automotive

BARAJA

HESAI

Caméra
(hardware et software)

eyesight

Ambarella

XILINX

MOBILEYE

FLIR

TELEDYNE
TECHNOLOGIES
INCORPORATED

Omni
vision

PROPHESSEE
REVISION FOR MACHINES

onsemi

EXEMPLES D'INVESTISSEURS PRÉSENTS SUR LE MARCHÉ

ECLIPSE

ibex
INVESTORS

TYCHE
PARTNERS

HELLA

STARTUP
AUTOBAHN

iSource
TheDifferentVC.

SOFIMAC
INVESTMENT MANAGERS

APTIV

IDT
Integrated Device Technology

MAGNETI
MARELLI

OSRAM

DRIVE
CAPITAL

Note : Cette section présente une liste non-exhaustive d'investisseurs spécialisés non-québécois récemment actifs dans le marché de l'ADAS en Amérique du Nord

6.4

JUMEAUX NUMÉRIQUES



Jumeaux numériques

4.1 Présentation du marché

C'est quoi un jumeau numérique ?

- Un jumeau numérique est une représentation virtuelle d'un objet ou d'un système, qui prend comme intrants des données du monde réel (d'un objet ou d'un système physique) et produit comme extrants des prédictions ou des simulations sur la façon dont cet objet ou système physique sera affecté par les intrants.
- Un jumeau numérique utilise la simulation, l'apprentissage automatique et le raisonnement pour aider à la prise de décision.
- Les principales applications d'un jumeau numérique concernent notamment des activités ou projets impliquant des tâches manufacturières complexes, des actifs/projets de grand volume physique ou encore des actifs complexes au niveau mécanique/électrique/électronique. Les secteurs principaux concernés sont l'industrie automobile, l'industrie de l'aviation, le secteur de la construction, le secteur de l'énergie ou encore le secteur manufacturier.
- Quatre niveaux distincts de jumeaux numériques existent :

1. Niveau composant	Unité de base du jumeau numérique, le plus petit exemple d'un produit fonctionnel. Met en évidence le composant le plus crucial et le plus essentiel du processus de fabrication
2. Niveau actif/produit	Lorsque deux composants ou plus fonctionnent ensemble, ils forment ce qu'on appelle un actif. Les jumeaux d'actifs permettent d'étudier l'interaction de ces composants, créant une multitude de données de performances qui peuvent être traitées puis transformées en informations exploitables.
3. Niveau système	Ce niveau implique des jumeaux de système ou d'unité, qui permettent de voir comment différents actifs s'associent pour former un système fonctionnel complet. Les jumeaux de systèmes offrent une visibilité sur l'interaction des actifs et peuvent suggérer des améliorations de performance.
4. Niveau processus	Les jumeaux de processus, révèlent comment les systèmes fonctionnent ensemble pour créer une installation complète. Les jumeaux de processus peuvent aider à déterminer les schémas de synchronisation précis entre différents systèmes, qui influencent finalement l'efficacité globale d'une entreprise.

Source: GE Digital / IBM

Exemples de jumeaux numériques appliqués au secteur des TEI

- Modélisation de l'architecture d'un véhicule électrique, permettant d'optimiser son design avant la fabrication
- Modélisation de la chaîne de fabrication d'un véhicule électrique, permettant d'optimiser les opérations manufacturières de l'entreprise
- Modélisation de l'ensemble des intersections d'une ville, afin d'optimiser la coordination des feux de circulation et la fluidité du trafic dans un environnement urbain dense
- Modélisation d'un environnement urbain dense et complexe (routes, intersections, bâtiments, mobilier urbain, signalisations, végétations, etc.) permettant de simuler le comportement de véhicules complètement autonomes

Principaux avantages et bénéfices offerts par un jumeau numérique



Suivi des performances en temps réel



Réduire le temps à faible/sans valeur ajoutée



Amélioration des rendements



Augmentation du OEE*



Maintenance prédictive



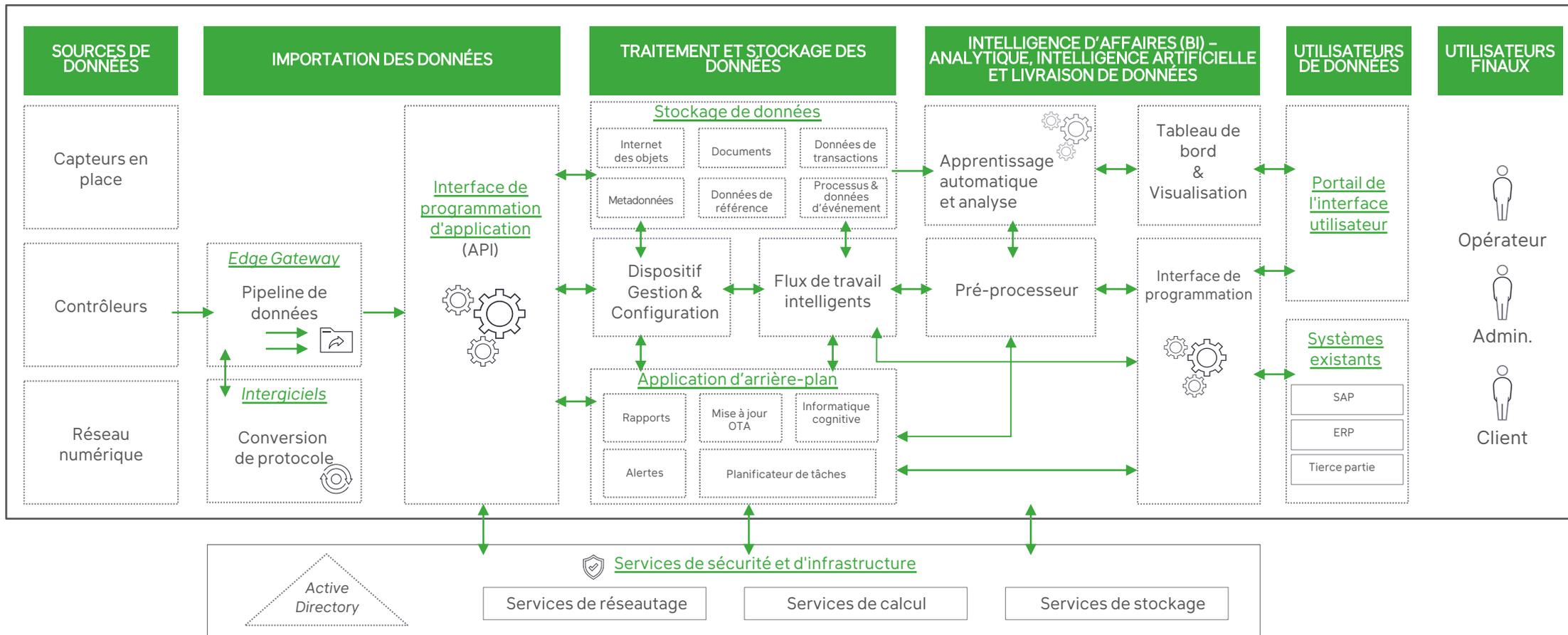
Optimisation de la qualité

* OEE = efficacité globale de l'équipement (Overall Equipment Effectiveness)

Jumeaux numériques

4.2 Fonctionnement d'un jumeaux numérique

- Le diagramme ci-dessous représente de façon schématique le fonctionnement typique d'un jumeau numérique :

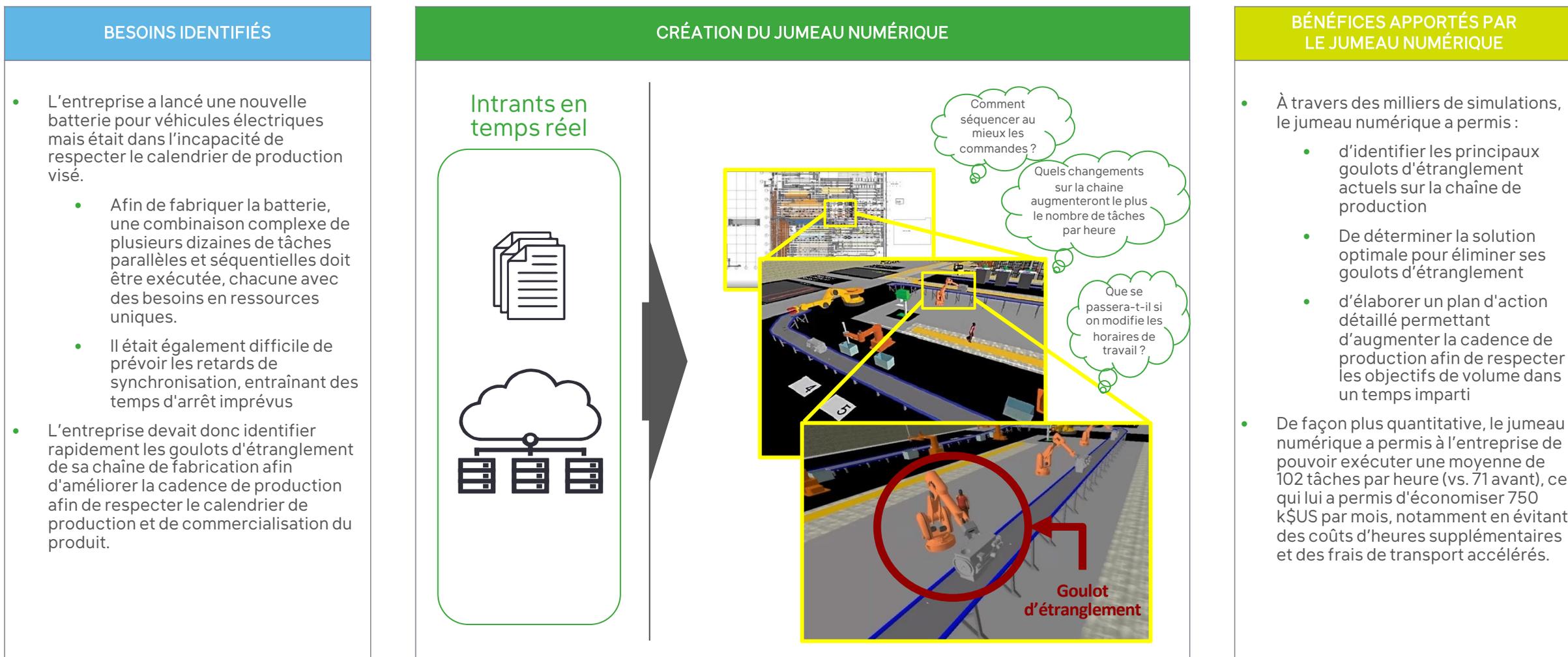


Source: Analyse EY

Jumeaux numériques

4.3 Étude de cas d'un jumeau numérique appliqué au secteur automobile

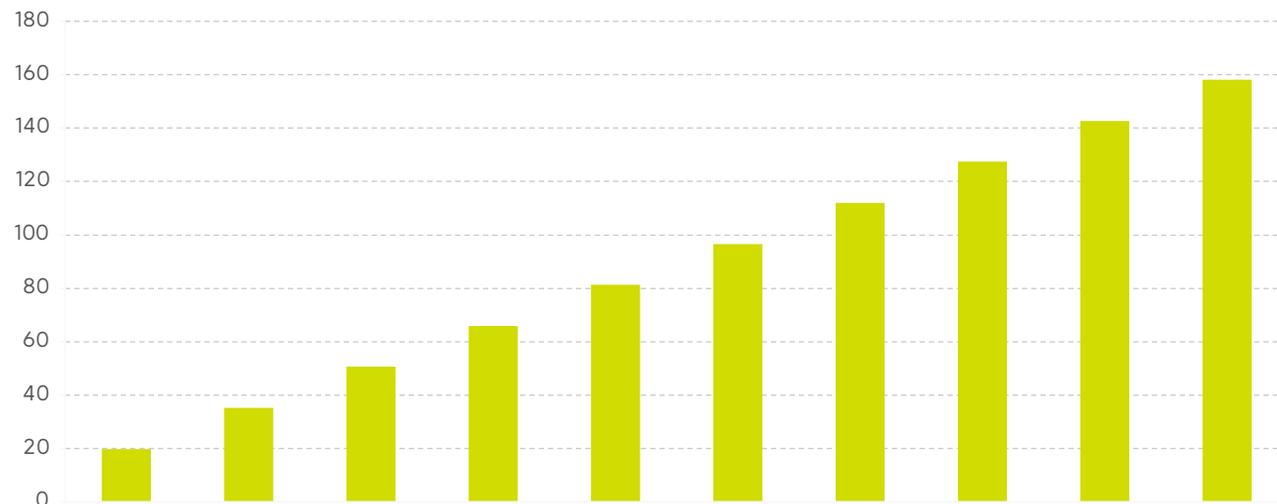
- Le diagramme ci-dessous représente de façon schématique un exemple concret d'application (anonymisé) d'un jumeau numérique réalisé pour un fabricant de batterie pour véhicules électriques :



Jumeaux numériques

4.4 Taille de marché et principaux joueurs

VENTES GÉNÉRÉES PAR LE SECTEUR DES JUMEUX NUMÉRIQUES



Source : Globalnewswire

- Le marché mondial des jumeaux numériques est estimé à près de 20 milliards de dollars US en 2021.
 - Le marché devrait atteindre une taille de plus de 80 milliards de dollars US d'ici 2026 et près de 160 milliards d'ici 2030.
 - LE CAGR anticipé du marché sur la période 2021-2030 est estimé à plus de 40%.
- Le principal marché géographique des jumeaux numériques est l'Amérique du nord, qui représente plus de 35% du marché global en 2021.
- Le secteur du transport et l'industrie automobile représentent un des principaux débouchés pour le marché des jumeaux numériques, portés notamment par la forte croissance des véhicules électriques, le marché de la batterie (notamment le BMS - *Battery Management System*) ou encore l'industrie de la logistique.

JOUEURS QUÉBÉCOIS



EXEMPLES DE JOUEURS INTERNATIONAUX



4.5 Vecteurs de croissance et freins potentiels du marché

VECTEURS DE CROISSANCE DU MARCHÉ

Le nombre d'équipements/solutions permettant de capter de la donnée et l'interopérabilité permet une meilleure utilisation des jumeaux numériques

- Dans le secteur de la mobilité, les produits finis en opération sont de plus en plus équipés de tout type de capteurs ou détecteur, par exemple via des solutions/systèmes ADAS sur les véhicules. Ceci permet notamment de recueillir des volumes importants de données en temps réel, lesquelles alimentent par la suite les jumeaux numériques et permettent une utilisation optimisée de ces derniers.
- L'interopérabilité croissante des systèmes et produits dans le monde de la mobilité permet également un fonctionnement facilité et optimal des jumeaux numériques.

Les technologies computationnelles sont aujourd'hui suffisamment performantes et abordables

- La puissance, la disponibilité et la standardisation des ressources informatiques actuelles permettent de fournir des services de jumeaux numériques performants et optimisables pour chaque type d'application.

La pression sur les marges et les perturbations actuelles au niveau des chaînes d'approvisionnement

- Dans un secteur comme la mobilité où les marges sont parfois serrées (*hardware*, opérateurs) et la gestion de la chaîne d'approvisionnement est clé, les jumeaux numériques sont un outil adéquat pour optimiser les processus industriels et opérationnels afin d'optimiser les ressources et l'allocation de capital.

Les jumeaux numériques au service de la mobilité durable et des villes intelligentes

- De nombreux acteurs clés dans le développement d'une mobilité plus durable et de villes plus résilientes et intelligentes commencent à comprendre le potentiel des applications et des avantages fournis par des jumeaux numériques. Les municipalités et d'autres donneurs d'ordres publics sont notamment un levier de croissance extrêmement puissant pour les entreprises de jumeaux numériques, lesquelles peuvent les aider de façon abordable et rapide à optimiser l'aménagement/développement des centres urbains, fluidifier la circulation, optimiser la consommation énergétique, améliorer la sécurité des citoyens, etc.

FREINS POTENTIELS POUR LE DÉVELOPPEMENT DU MARCHÉ

L'implémentation de la technologie des jumeaux numériques demande des investissements importants

- L'implémentation de cette technologie est extrêmement coûteuse à développer et à maintenir. Ceci peut venir freiner l'élan de certaines compagnies à implémenter des solutions de jumeaux numériques pour améliorer leurs opérations.

Le secteur des jumeaux numériques demeure vulnérable à des cyberattaques

- Plusieurs connexions externes sur des serveurs parfois peu protégés sont nécessaires pour obtenir le plus d'informations possible qui composeront le cœur du jumeau numérique. Toutes ces sources externes représentent des failles potentielles de sécurité pour l'utilisateur du jumeau numérique, qui peut y voir un risque important en matière de cybersécurité.

La collection de données et les modèles mathématiques apportent des complexités au secteur et peuvent fournir des résultats inadéquats

- Les modèles de jumeaux numériques peuvent être d'une grande complexité et certaines applications/activités peuvent ne pas être adéquates pour l'intégration d'un jumeau numérique, qui pourrait par exemple venir complexifier la prise de décision plutôt que de la simplifier.

Les jumeaux numériques nécessitent une infrastructure de support performante pour que leur usage soit optimisé

- Les contraintes liées à la bande passante et au temps de latence font que les infrastructures qui supportent (réseau de fibre, 5G, etc.) peuvent limiter certaines applications en temps réel des jumeaux numériques.