

## Penser l'électromobilité de manière globale

Comment la planification et le contrôle intégrés d'IVU.suite aboutissent-ils à une utilisation optimale des bus électriques?

Dr. Claudia Hein, Berlin; Dr. Torsten Franke, Aix-la-Chapelle

Une autonomie plus courte, des processus de recharge complexes et une infrastructure de recharge à capacité limitée - les bus électriques présentent de nombreux nouveaux défis pour les entreprises de transport, qui ne peuvent être maîtrisés qu'à l'aide de solutions informatiques spécifiques. Une telle solution doit assurer des plans d'intervention parfaits et une utilisation optimale du réseau en temps normal, mais aussi fournir des solutions à tout moment en cas de panne. Nous décrivons ci-dessous ce qui est particulièrement important et à quoi un tel système peut ressembler, en prenant l'exemple d'IVU.suite.

### Fonctionnement régulier

La planification et l'exploitation des bus électriques et diesel sont intégrées dans les trois produits suivants d'IVU.suite:

- IVU.run pour le graphicage
- IVU.vehicle pour le système de gestion de dépôt (DMS)
- IVU.fleet pour le poste de commande (ITCS)

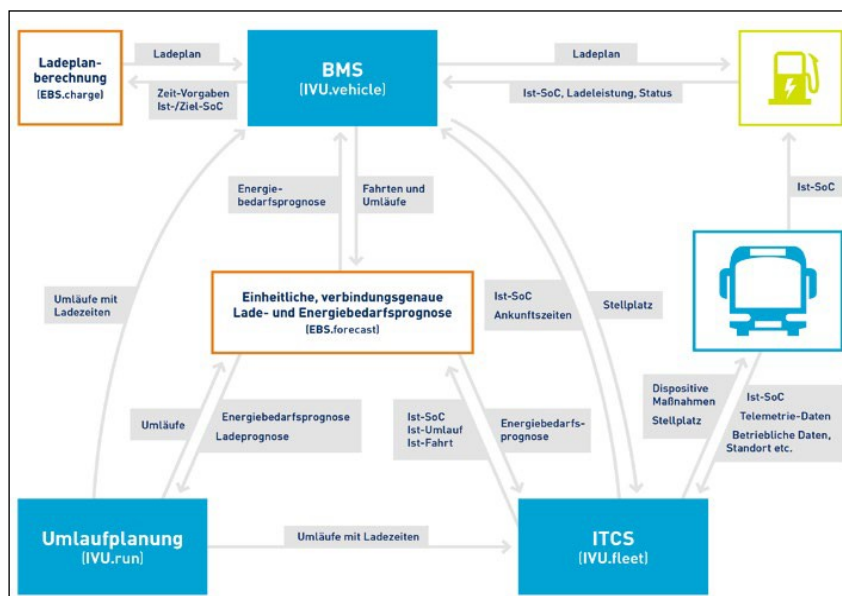


Illustration 1: Flux de données pour l'exploitation de bus électriques à l'exemple d'IVU.suite.

Les solutions d'IVU s'intègrent parfaitement avec les produits EBS.forecast et EBS.charge, que l'entreprise ebus solutions (une coentreprise d'IVU et d'ebusplan) a développés en collaboration avec IVU. Ainsi, les données de prévision pour les bus électriques proviennent d'une seule source à chaque étape du processus et sont cohérentes - de la planification à l'exploitation en passant par la disposition. Cette cohérence est importante pour que les prévisions d'autonomie, par exemple, reposent sur une base uniforme. Il est ainsi possible d'éviter que le SGD évalue une rotation comme étant possible pour une capacité de batterie donnée, mais qu'il génère directement un avertissement dans l'ITCS.



#### About the author

**Dr. Claudia Hein (39)** has a doctorate in mathematics and has been working in product and project management for IT solutions for ten years. She has been working at IVU AG since 2015, where she was initially responsible for product implementation for international bus and rail customers. She later took over the vehicle-based product management for IVU's planning and dispatch solutions. As part of this, she takes care of electric bus topics across different products.



#### About the author

**Dr. Torsten Franke** holds a doctorate in physics and has been working at IVU in Aachen since 2005, initially as a systems engineer and later as a project manager on national and international projects. Since 2010 he has been working in product management at IVU, where he was initially supervised for research projects and trade fair and sales systems. Among other things, he co-developed the IBIS-IP standard in 2014 and has made a name for himself as an expert on ITxPT topics. Since then, he has taken on the responsibility of overall management of IVU's transport operation products.

Les produits EBS.charge et EBS.forecast se basent sur des approches de modélisation innovantes et fournissent de manière fiable les bases nécessaires aux décisions opérationnelles. EBS.forecast calcule des prévisions pour les besoins en énergie, le comportement de charge et la capacité des batteries. Outre les caractéristiques techniques des véhicules, tous les facteurs d'influence importants tels que la météo, la topologie des trajets et le taux d'occupation sont pris en compte. Sur la base des données de consommation et de charge enregistrées, les prévisions sont réajustées à l'aide d'algorithmes auto-apprenants et peuvent ainsi tenir compte, par exemple, du vieillissement de la batterie.

EBS.charge génère des plans de charge en tenant compte des restrictions de l'infrastructure telles que les limites de puissance de l'infrastructure d'alimentation électrique, la capacité des appareils de charge ou la charge actuelle du réseau électrique. De plus, le logiciel tient compte des restrictions temporelles telles que les périodes de blocage. Lors de chaque planification de la charge, la priorité est donnée à la puissance de charge afin de charger au mieux la flotte de véhicules et de maximiser la

stabilité opérationnelle. Parallèlement, les coûts énergétiques peuvent être minimisés grâce à des fonctions supplémentaires telles que le Peak Shaving (écrêtage).

## Planification en général

Dans le graphicaage (planification), il est important d'utiliser les bus électriques de manière optimale en fonction de leur autonomie et de leur consommation d'énergie. Il faut toujours tenir compte des processus de chargement possibles et nécessaires. Ainsi, les bus se rendent au dépôt pour se recharger ou, si l'infrastructure le permet, des recharges occasionnelles sont effectuées entre les trajets aux différents points d'arrêt.

La plupart des entreprises de transport visent à long terme une exploitation mixte de motorisations électriques et diesel. C'est pourquoi l'optimisation des bus électriques d'IVU.run aide les planificateurs à décider quels trajets doivent être effectués avec quel type de moteur. La solution d'optimisation répartit les trajets en fonction des bus disponibles et prédit, à l'aide d'EBS.forecast, les influences potentielles sur l'autonomie. Sur cette base, elle planifie ensuite toutes les phases de chargement nécessaires.

## Le SGD en général

Th Le SGD a pour mission de répartir de manière optimale toutes les rotations entre les véhicules en tenant compte de l'état actuel des véhicules, comme par exemple l'état de charge (State of Charge ; SoC) pour les bus électriques. Ce faisant, le SGD doit gérer les mises à disposition de véhicules de manière à ce que les activités à effectuer au dépôt, comme le nettoyage ou l'entretien, puissent également être réalisées sans problème.

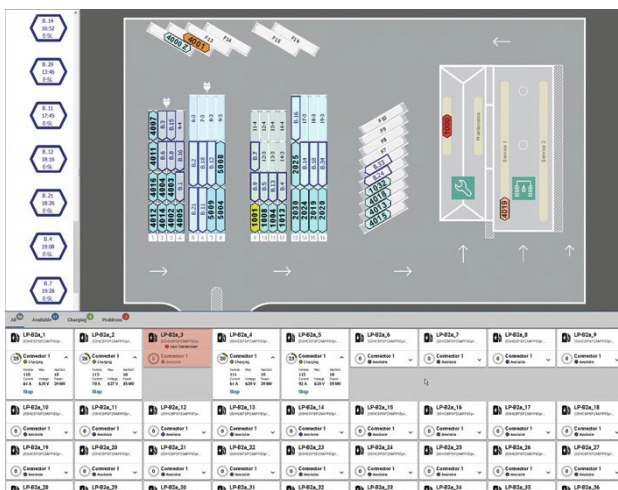


Illustration 2: Affichage des places de stationnement et moniteur de point de chargement dans IVU.vehicle

IVU.vehicule permet aux planificateurs d'attribuer automatiquement aux bus entrants une place de stationnement et la meilleure rotation suivante possible en fonction des critères. Les bus électriques peuvent être automatiquement attribués à des emplacements équipés de bornes de recharge. Ces emplacements peuvent être affichés directement sur un indicateur d'entrée ou dans le bus. Un recalcul automatique du plan de charge gère les processus de charge en intégrant EBS.charge, de sorte que tous les bus soient chargés au SoC nécessaire jusqu'à leur prochaine sortie. Pour cela, le SGD tient compte de la capacité maximale de l'infrastructure de recharge et réagit de manière flexible aux changements de dernière minute. Par exemple, un bus arrivé en retard se voit attribuer une puissance de charge plus élevée afin de le préparer pour la prochaine sortie.

Comme de telles modifications peuvent également avoir des répercussions sur les bus déjà stationnés, les exigences de tous les bus sont toujours prises en compte lors du calcul du plan de charge et modifiées si nécessaire. Les bornes de recharge sont commandées et surveillées via l'interface OCPP, afin de garantir là aussi une intégration sans faille.

## ITCS en général

L'ITCS assure non seulement la circulation de l'ensemble de la flotte, mais garantit également que les bus électriques sont toujours suffisamment chargés pour la rotation prévue. Grâce à une planification fiable des rotations et à une planification flexible de la charge, l'ITCS n'a que rarement besoin d'intervenir au niveau du planning lors de l'exploitation régulière. En outre, une consommation accrue peut survenir, par exemple en raison de retards, de températures extrêmes ou d'une augmentation du nombre de passagers.

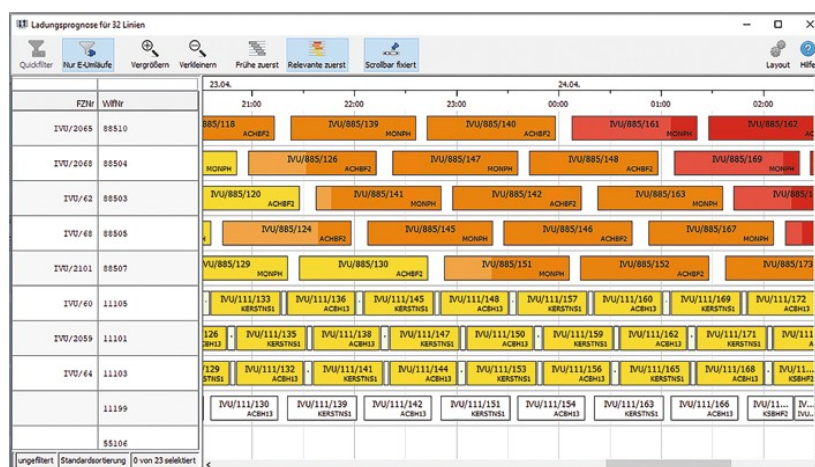


Illustration 3 : Prévion de la charge : en un coup d'œil, il est possible d'identifier un état de charge critique pour une course.

Afin d'éviter des états de charge critiques des batteries de véhicules des bus électriques, il est nécessaire de surveiller le SoC et l'autonomie restante et d'avertir les répartiteurs lorsque certaines

valeurs seuils ne sont pas atteintes. En outre, il est important de détecter à temps les problèmes d'autonomie qui se profilent afin d'avoir suffisamment de temps pour prendre les mesures correctives appropriées (par exemple, la reprise de certains trajets par d'autres véhicules suffisamment chargés). Les données techniques et opérationnelles du véhicule (par ex. via l'ordinateur de bord IVU.box/IVU.cockpit) doivent être reliées en conséquence aux informations relatives à la rotation restante, éventuellement modifiée par disposition (IVU.fleet), et à la consommation d'énergie attendue en tenant compte des influences pertinentes (EBS).

— Ce lien est établi dans les prévisions (de l'état) de la charge d'IVU.fleet. Un coup d'œil suffit pour savoir si et quand l'état de chargement d'une course devient critique : Grâce à des fonctions de tri intelligentes, les rotations qui se retrouvent les premières dans un état de chargement critique sont toujours affichées en tête de liste.

## Cas de perturbation

— Comment les besoins en logiciels changent-ils en cas de perturbation ? Considérons par exemple le scénario suivant : une conduite d'eau s'est rompue sur une route principale, ce qui nécessite un contournement qui prend plusieurs minutes. De nombreux bus sont concernés et doivent en conséquence parcourir des distances plus longues. Il devient rapidement évident que la rupture de la canalisation ne peut pas être réparée immédiatement, mais qu'elle va provoquer un chantier de plusieurs semaines.

Ce cas d'application n'est déjà pas facile à maîtriser avec une flotte conventionnelle de bus diesel. La déviation entraîne des retards à court terme, auxquels il faut éventuellement réagir par des suppressions de trajets ou des demi-tours courts. Le personnel doit être réorganisé en conséquence et les passagers doivent être informés. Si des bus électriques font également partie de la flotte, le défi est autrement plus grand et presque impossible à maîtriser sans une intégration idéale des différents programmes.

## ITCS en cas de perturbation

Les modifications d'itinéraires sont mises en place dans l'ITCS pour les lignes, les véhicules et les circulations concernés. Les conducteurs et les passagers sont automatiquement informés des changements de disposition et des retards potentiels. La prévision de l'état de chargement (voir ci-dessus) détermine l'impact de ces modifications sur l'état de chargement prévu pour toutes les circulations restantes. La déviation entraîne une surconsommation qui, pour certaines rotations, fait que les derniers trajets ne peuvent plus être effectués en toute sécurité. IVU.fleet affiche les rotations et les trajets concernés avec une longue avance dans le temps et indique ainsi clairement où il est urgent d'agir. Dans la mesure du possible, des cycles de charge prolongés sont planifiés aux

points de charge occasionnels. Lorsque cela s'avère nécessaire, d'autres mesures de planification permettent de réduire les trajets concernés. Ces trajets sont attribués à des véhicules alternatifs. Le SGD est informé des heures d'arrivée modifiées et du SoC attendu des bus au dépôt ainsi que de la nécessité de mobiliser des véhicules supplémentaires.

## **SGD enc as de perturbation**

Dans le dépôt, il est important de trouver rapidement des emplacements pour les bus qui arrivent de manière imprévue - avec une infrastructure de recharge adaptée pour les bus électriques.

IVU.vehicle y contribue en calculant automatiquement une place de stationnement appropriée avec le message d'entrée et en l'attribuant au véhicule. Cela permet d'éviter la formation de files d'attente coûteuses qui réduisent le temps de charge précieux ou le blocage des places de stationnement par des arrêts inopportuns. En outre, le SGD recherche automatiquement les rotations suivantes appropriées et alimente les bornes de recharge avec un nouveau plan de recharge adapté. Grâce à l'étroite imbrication avec IVU.fleet, le SoC réduit par la déviation est également connu du SGD afin de pouvoir avertir à temps en cas de retard. Ce faisant, IVU.vehicle veille à ce que l'attribution des rotations et des places de stationnement ne provoque pas de blocages d'entrée et de sortie.

## **Planification enc as de perturbation**

Afin d'être prêt pour la durée de la déviation, la planification des circulations peut réagir de manière très flexible aux nouvelles conditions. La création d'une nouvelle variante de ligne permet d'adapter efficacement tous les trajets concernés. Sur la base de ces trajets modifiés, l'optimisation du de remplacement calcule la nouvelle répartition optimale entre les bus électriques et les bus diesel ainsi que les processus de chargement nécessaires. Cela peut se traduire aussi bien par des rotations raccourcies que par des phases de recharge prolongées ou supplémentaires entre les rotations et les trajets. Une alternative consiste à utiliser davantage les bus électriques pendant le chantier sur des trajets qui ne sont pas concernés par la déviation. Parmi ces différentes solutions possibles, l'optimisation permet de faire le meilleur choix avec un minimum de travail manuel. La nouvelle planification peut ensuite être transmise au SGD et au ITCS, de sorte qu'à l'avenir, il ne sera plus nécessaire de procéder à des modifications de dernière minute en raison du chantier.

## **Conclusion**

En temps normal comme en cas de panne, les informations doivent être échangées entre les solutions de planification, SGD et ITCS. Pour cela, une intégration sans faille est indispensable. Il convient d'avoir accès à tout moment à une prévision uniforme de la consommation d'énergie et des processus de charge. Dans le cas contraire, des informations concurrentes sont émises, ce qui

complicque le travail quotidien de toutes les personnes concernées, notamment en cas de panne. Les prévisions doivent non seulement être uniformes, mais aussi toujours exactes. Des algorithmes d'auto-apprentissage peuvent aider à actualiser automatiquement les prévisions complexes.

Pendant plusieurs années encore, les flottes de bus seront composées à la fois de bus diesel et de bus électriques. Ils ne peuvent pas être considérés isolément, mais doivent être pris en compte simultanément dans la planification, le SGD et l'ITCS. De plus, les particularités des bus électriques doivent être suffisamment prises en compte dans de nombreuses questions d'exploitation (par exemple l'autonomie ou l'affectation des bornes de recharge dans les dépôts). Le SGD gagne en importance grâce à la connexion au centre de contrôle et à la gestion de la charge et aide par exemple à garer les véhicules dans le bon ordre en tenant compte de l'attribution des points de charge.

Les défis liés à l'utilisation de bus électriques sont nombreux. Des systèmes informatiques intégrés soutiennent de manière fiable le fonctionnement régulier et aident en cas de panne.

Avec l'IVU, vous avez à vos côtés un partenaire expérimenté qui connaît les défis de l'exploitation, qui dispose de solutions informatiques innovantes et qui pense l'électromobilité de manière globale.

### **Résumé: Penser l'électromobilité de manière globale**

L'introduction de bus électriques entraîne de nouveaux défis. La complexité augmente notamment en raison de l'autonomie limitée et de la nécessité de prendre en compte les processus de recharge. De ce fait, l'intégration du graphichage, de la gestion des dépôts et de l'ITCS gagne fortement en importance. En outre, de nombreux autres avantages découlent d'une prévision uniforme de la consommation et de la charge. Tout cela est offert par l'IVU.suite intégrée, la solution informatique optimale pour chaque flotte de bus électriques et diesel.