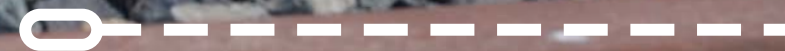




# Première mondiale de l'hydrogène

pour les transports ferroviaires locaux de passagers en Basse-Saxe





## Nous vous souhaitons un bon voyage !



© Chancellerie du Land de Basse-Saxe/Holger Hollemann

Lorsque les deux véhicules pilotes d'Alstom Coradia iLint ont commencé leur exploitation-test à Bremervörde en septembre 2018, nous étions impatients de savoir si et à quelle vitesse ce type de véhicule avec entraînement par pile à combustible pourrait être lancé sur le marché. Je me réjouis que les 14 premiers véhicules de ce type puissent désormais être mis en service régulier après la conclusion très réussie de la phase de test sur la ligne entre Cuxhaven et Buxtehude.

Ce projet est un parfait exemple de transformation réussie Made in Niedersachsen. En tant que pays des énergies renouvelables, nous posons ainsi un jalon sur la voie de la neutralité climatique dans le secteur des transports.

Je tiens à remercier tout particulièrement le constructeur de véhicules Alstom pour son courage d'innovation, ainsi que les sociétés LNVG, Linde et evb pour leur grand engagement, qui a permis aux premiers trains à pile à combustible au monde de désormais pouvoir circuler régulièrement sur cette ligne, à peine quatre ans après le début du test de fonctionnement.

**Stephan Weil,**  
Ministre-président de Basse-Saxe



© MW/Henning Schreff

Le Land de l'innovation qu'est la Basse-Saxe montre de façon impressionnante que les technologies alternatives « sur rail » peuvent offrir un niveau de performance éprouvé, et ce, sans émissions. L'utilisation de trains à hydrogène est un projet phare pour le secteur de la mobilité dans

le Land de Basse-Saxe. Avec notre slogan « L'hydrogène au lieu diesel », nous faisons un véritable travail de pionnier en Basse-Saxe. Je suis très fier que le ministère des Transports de la Basse-Saxe ait pris en charge les frais d'acquisition de 14 trains pour un montant de plus de 85 millions d'euros et qu'il ait rendu possible ce projet précurseur en collaboration avec la société Landeshauptverkehrs-gesellschaft Niedersachsen (LNVG). Le fait que l'État fédéral investisse 8,4 millions d'euros supplémentaires assure que notre projet soit porté au-delà des frontières de notre Land. La technologie des piles à combustible nous permet de montrer une fois de plus que le transport ferroviaire est respectueux de l'environnement.

**Dr Bernd Althusmann,**  
Ministre de l'Économie, du Travail, des Transports  
et de la Numérisation du Land de Basse-Saxe



L'Allemagne s'est fixé un objectif ambitieux : notre pays doit atteindre la neutralité climatique d'ici 2045. La mobilité électrique sur les rails est une approche centrale pour un transport à faibles émissions. Dans l'accord de coalition, le gouvernement fédéral allemand a convenu d'électrifier 75 % du réseau ferroviaire d'ici 2030. Les systèmes de propulsion alternatifs peuvent contribuer à réduire le trafic diesel sur les rails. Les trains à hydrogène convainquent ici grâce à leur grande autonomie sur les lignes sans caténaire.

Afin d'accélérer la mise sur le marché de technologies de propulsion innovantes là où une électrification n'est pas possible, le ministère fédéral allemand du Numérique et des Transports a créé l'année dernière une nouvelle directive ouverte en termes de technologie. Les subventions, telles que celles accordées en Basse-Saxe pour les rames à pile à combustible, rendent possible la création d'un outil hautement efficace pour la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et la décarbonation du trafic ferroviaire. Elles contribuent ainsi à ce que nous atteignons ensemble nos objectifs en matière de climat tout en assurant le leadership technologique de l'Allemagne. Nous remercions tous les participants pour leur engagement et souhaitons bonne route aux rames à pile à combustible de la société LNVG !

**Elena Hof,** chef de programme et d'équipe du  
programme national d'innovation pour la  
technologie de l'hydrogène et des piles à  
combustible chez NOW GmbH

# Une première mondiale avec un vent de fraîcheur sur les rails !



lignes sont le premier réseau au monde sur lequel des trains avec entraînement par pile à combustible sont utilisés quotidiennement pour le transport des passagers.

*« Ces lignes sont le premier réseau au monde sur lequel des trains avec entraînement par pile à combustible sont utilisés quotidiennement pour le transport des passagers. »*

Comment cela se fait-il ? Nous, la société Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen (LNVG), sommes l'autorité organisatrice pour les transports ferroviaires locaux de passagers dans de grandes parties du pays. Nous planifions et payons des trajets en train pour un montant de plus de 300 millions d'euros par an. Nous possédons 400 locomotives, véhicules et wagons, que nous louons aux entreprises ferroviaires. Nous veillons ainsi à la qualité pour le passager et à une utilisation économe de l'argent du contribuable grâce à la concurrence.

Pourtant, la concurrence n'a pas été très présente en ce qui concerne la question des systèmes de propulsion d'avenir sur les lignes non électrifiées. En Allemagne, cela fait longtemps que l'on parle de la transition énergétique. Pourtant, dans les transports ferroviaires locaux de passagers, nous avons l'impression que personne n'avait vraiment lancé de projet visant à trouver des alternatives au diesel. C'est donc nous, la LNVG, qui avons brisé cette stagnation !

Nous avons pris l'initiative d'utiliser l'hydrogène et d'approcher les industries. Notre objectif consistait à proposer une véritable alternative au diesel, de la rendre commercialisable et de l'utiliser pour le service quotidien aux passagers. Nous sommes fiers d'avoir réussi, en tant que filiale du Land de Basse-Saxe, c.-à-d. en tant qu'entreprise du secteur public, à donner une impulsion aussi considérable. L'industrie elle-même l'a reconnu : En 2021, l'Union des Industries Ferroviaires Européennes (The European Rail Supply Industry Association, UNIFE) a récompensé ce projet précurseur en lui octroyant le « European Railway Award ».

Quels sont les arguments qui plaident en faveur de l'hydrogène comme énergie d'entraînement en Basse-Saxe ? Nous avons la mer du Nord, nous avons du vent. Nous avons également de grandes cavernes pour le stockage intermédiaire. Nous utilisons de l'hydrogène provenant de différentes sources, y compris celui qui est pour ainsi dire un déchet de l'industrie. Notre partenaire de projet Linde, à qui nous devons également la construction et l'exploitation de la station de ravitaillement de Bremervörde, est responsable de l'approvisionnement sans faille. À cet effet, Linde doit produire de plus en plus d'hydrogène sur place à partir de l'énergie éolienne, par électrolyse. Nous considérons notre projet – de l'acquisition des trains auprès d'Alstom à l'approvi-

*« Nous considérons notre projet comme un système global précurseur. »*

sionnement en énergie, en passant par la maintenance – comme un système global précurseur.

Quel est l'avenir des systèmes de propulsions chez LNVG ? Nous avons déjà décidé de ne plus acheter de nouveaux véhicules diesel. Nous remplacerons d'autres véhicules diesel vers le milieu/la fin des années 2020 : Selon les connaissances actuelles, les véhicules à pile à combustible entrent en ligne de compte, mais aussi les véhicules avec entraînement par batterie. Nous examinons la solution que nous choisirons pour chaque réseau. Par ailleurs, la solution à long terme la plus efficace quant à l'utilisation de l'énergie reste l'électrification des lignes. Cependant, nous n'avons aucune influence à ce sujet, car il relève de la compétence du gouvernement fédéral.

*« Nous avons déjà décidé de ne plus acheter de nouveaux véhicules diesel. Nous remplacerons d'autres véhicules diesel vers le milieu/la fin des années 2020. »*

Les choses bougent à Bremervörde. En effet, les deux véhicules pilotes du constructeur Alstom ont circulé sur le réseau de l'evb pendant 18 mois, de 2018 à 2019, et ce, sans tomber en panne, ce qui nous rend très confiants dans l'exploitation de nos véhicules de série. La première mondiale commence, l'hydrogène fait souffler un vent de fraîcheur sur les rails !

**Carmen Schwabl, porte-parole de la direction chez LNVG**

Nous apportons un vent de fraîcheur sur le réseau ferroviaire du nord de l'Allemagne. Avec nos 14 trains et nos partenaires Alstom, Linde et la société Eisenbahnen und Verkehrsbetriebe Elbe-Weser GmbH (evb), nous lançons la « première mondiale de l'hydrogène » ! Les trains circulent entre Cuxhaven, Bremerhaven et Buxtehude avec de l'hydrogène au lieu du diesel, et l'hydrogène doit être produit en quantités de plus en plus importantes à partir de l'énergie éolienne. Ces

## Ils font rouler les trains



Andrea Jäger, evb,  
Conductrice de train

Chez Alstom, l'idée de **Stefan Schrank** a donné lieu au premier train à hydrogène au monde. « Une feuille de papier blanche et construire – voilà ce que j'aime », dit l'ingénieur commercial spécialisé en électrotechnique. Il était le troisième à rejoindre l'équipe pour le nouveau développement. C'est Dr Jens Sprotte et Rainer Don qui ont donné la première impulsion dans l'utilisation de ce gaz. Stefan Schrank raconte : « Quand ils ont parlé d'hydrogène, leur idée a d'abord fait sourire – ce n'est qu'après quelques jours que cette proposition a été prise au sérieux. »

Alstom avait envisagé dès 2012 de proposer des trains à batterie ou à hydrogène comme alternative au diesel. « Le Land de Basse-Saxe considérerait déjà à l'époque que l'hydrogène avait beaucoup de potentiel. C'est ce qui a fait pencher la balance en notre faveur », déclare Stefan

« C'est un véritable plaisir de conduire une telle nouveauté mondiale. » Depuis 2015, **Andrea Jäger** est conductrice de train à l'evb. Elle connaît le diesel LINT, a conduit les deux trains d'essai en 2018 et conduit désormais les véhicules de série mis à disposition par la LNVG. « Nous sommes souvent interpellés par des conducteurs de train d'autres entreprises, qui sont curieux à propos des véhicules à hydrogène, ce qui me ravit bien sûr énormément. »

Que dit Andrea Jäger à ses collègues ? « C'est beaucoup plus agréable de conduire un train à hydrogène qu'un véhicule diesel. La conduite est plus détendue, l'entraînement électrique rend les émissions sonores beaucoup plus faibles et, à la fin de la journée, on remarque une différence très nette. » Les retours des passagers sont eux aussi presque tous positifs. Andrea Jäger

confirme en outre l'anecdote selon laquelle le café n'est pas renversé lors du démarrage du train : « Il n'y a pas de changement de vitesse car le moteur électrique n'a pas de boîte de vitesses, ce qui rend le démarrage et la conduite fluides, sans à-coups. »

La transition du LINT II au LINT X est simple. « Le tableau de bord est relativement identique », explique la conductrice de train, « et, après une courte formation sur les nouveaux véhicules, le ravitaillement en carburant ne pose plus de problème ». Andrea Jäger fait également l'éloge de l'expérience de conduite avec le nouveau mécanisme d'entraînement : « Le train se met en mouvement plus rapidement, car la force est immédiatement transmise par le moteur électrique. C'est aussi plus amusant pour moi. »

Schrank. Avant de parvenir aux véhicules finis pour la LNVG, il a fallu réaliser des tests en conditions de laboratoire et construire deux trains de présérie. Stefan Schrank : « Nous avons construit notre propre banc d'essai à Tarbes, en France, avec un réservoir d'hydrogène, une pile à combustible et un moteur. C'est là que nous avons testé le système pendant près de six mois, en 2015/2016. Nous avons simulé de très nombreuses lignes en Basse-Saxe. » Les véhicules de présérie ont commencé à circuler chez evb en 2018/2019. Stefan Schrank est fier que les trains de série soient désormais sur la ligne : « D'abord raillée, cette idée est aujourd'hui une première qui suscite l'attention du monde entier. Cela n'arrive qu'une fois dans sa vie. »



Stefan Schrank, Alstom,  
chef de projet Coradia iLint





« L'hydrogène coule dans mes veines ! », plaisante **Alexander Zörner**, chef de projet chez le spécialiste des gaz industriels Linde pour la station de ravitaillement et l'approvisionnement continu des trains. L'intérêt qu'Alexander Zörner porte à l'élément chimique « H » remonte à ses études. Pour rappel : le H se trouve tout en haut à gauche sur le tableau périodique coloré de la salle de chimie. « Il est 14 fois plus léger que l'air, ce qui le rend déjà assez particulier ... ».

Alexander Zörner a déjà construit de nombreuses stations de ravitaillement en hydrogène pour voitures. La première mondiale pour les trains reste toutefois exceptionnelle : « À Bremervörde, nous pouvons ravitailler les trains avec jusqu'à 1,6 tonne d'hydrogène par jour – ce qui permettrait à une voiture de parcourir environ 160 000 km. Ce niveau de ravitaillement quoti-

dien est complètement nouveau pour Linde et moi. » Pendant environ un an et demi, jusqu'à 20 employés de Linde et d'autres entreprises ont construit la station de ravitaillement de Bremervörde – et Alexander Zörner se réjouit : « Les habitants de Bremervörde suivent les travaux avec grand intérêt – nous avons beaucoup de retours positifs. » Dans un premier temps, Linde livrera l'hydrogène pour les trains par camion, mais, à moyen terme, celui-ci sera produit sur place par énergie éolienne dans une installation d'électrolyse. Un petit cours de chimie est une fois de plus nécessaire : le courant est conduit vers deux électrodes à travers l'eau, produisant ainsi de l'oxygène et de l'hydrogène ... Alexander Zörner : « Nous obtenons ainsi un carburant totalement exempt de CO<sub>2</sub> pour les trains. »



*Alexander Zörner, Linde,  
chef de projet pour les applications hydrogène*

Dans le bureau de **Thomas Nawrocki**, nous retrouvons le tube transparent qui contient la maquette à l'échelle 1:87 du train à hydrogène. Thomas Nawrocki, chef de département de la gestion des véhicules chez LNVG, a également contribué au fait que le modèle a entre-temps donné lieu à 14 trains réels – la première flotte d'hydrogène au monde.

« Oui, ce sont aussi mes bébés », dit l'ingénieur spécialisé dans les transports. L'arbre généalogique des « bébés » remonte loin dans le temps, jusqu'en 2012. À l'époque, les experts de LNVG avaient réfléchi à l'énergie qui alimenterait la prochaine génération de trains de la flotte de véhicules LNVG. « C'est là une véritable question d'avenir, car les véhicules ferroviaires ont une durée de vie d'environ 30 ans », explique Thomas Nawrocki. « À l'époque, nous demandions déjà s'il serait encore rentable d'acheter du diesel

dans plus de 30 ans ? » L'avis de la LNVG : Non. Thomas Nawrocki : « Mais l'industrie ne proposait alors que des trains pour caténaires et diesel. Ce n'est qu'après de longues recherches et de nombreux entretiens qu'Alstom s'est prononcé : « L'hydrogène est la solution ! » LNVG est une filiale à 100 % originaire du Land de Basse-Saxe. Les entreprises publiques n'ont pas vraiment la réputation d'être des pionnières en termes de nouveaux développements et d'innovations. Thomas Nawrocki : « Bien évidemment, nous avons étudié la question en profondeur. Mais les doutes quant à cette idée se sont ensuite dissipés, que ce soit chez nous, ou au niveau politique. L'énorme potentiel de l'hydrogène était déjà évident à l'époque. En outre, le fait que l'objectif de LNVG ne soit pas de générer du profit, mais de faire progresser le transport ferroviaire en Basse-Saxe, et qu'elle ait pu acquérir les trains pour sa flotte de véhicules, a ensuite été



un avantage. Thomas Nawrocki : « Notre rôle d'autorité publique nous a permis de faire plus facilement le pas et d'être les premiers au monde à commander des trains à hydrogène. Au lieu de continuer à parler de nouvelles approches en termes de protection de l'environnement, nous voulions agir. »

*Thomas Nawrocki, LNVG,  
chef de département de la  
gestion des véhicules*

# Une première mondiale récompensée

Le premier réseau au monde sur lequel les trains à hydrogène sont utilisés au quotidien est mis en service aux alentours de Bremervörde. La première station de ravitaillement en hydrogène au monde pour les trains a également été construite à cet effet. Les modèles LINT X circulent sur le réseau de 123 kilomètres entre Buxtehude, Bremerhaven et Cuxhaven. Le Land de Basse-Saxe investit plus de 85 millions d'euros en véhicules. Le gouvernement fédéral en subventionne 8,4 millions d'euros. La construction de la station de ravitaillement par Linde est elle aussi subventionnée par le gouvernement fédéral à hauteur de 4,3 millions d'euros.



En 2021, l'Union des Industries Ferroviaires Européennes (The European Rail Supply Industry Association, UNIFE) a récompensé le caractère précurseur de LNVG en lui octroyant le « European Railway Award ». La justification du jury : « La preuve que les technologies alternatives peuvent offrir le même niveau de performance sans émissions ouvre la perspective d'un système ferroviaire entièrement exempt d'émissions. »

## Phase 1

Les trains sont d'abord ravitaillés en hydrogène, un sous-produit de la production de l'industrie chimique de la ville de Stade, en Allemagne. Il est acheminé à la station de ravitaillement au moyen de deux à trois remorques par jour. Cette phase du projet durera vraisemblablement jusqu'à la troisième année d'exploitation.

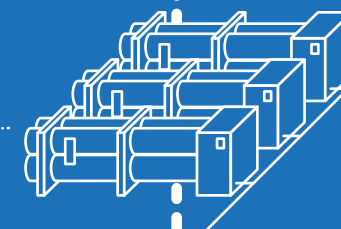
Livraison d'hydrogène avec une remorque spéciale



Compresseur



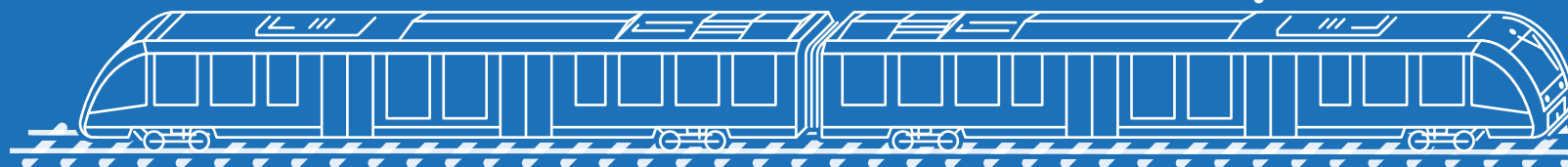
Réservoir à pression constante



Pompe à essence



Trains

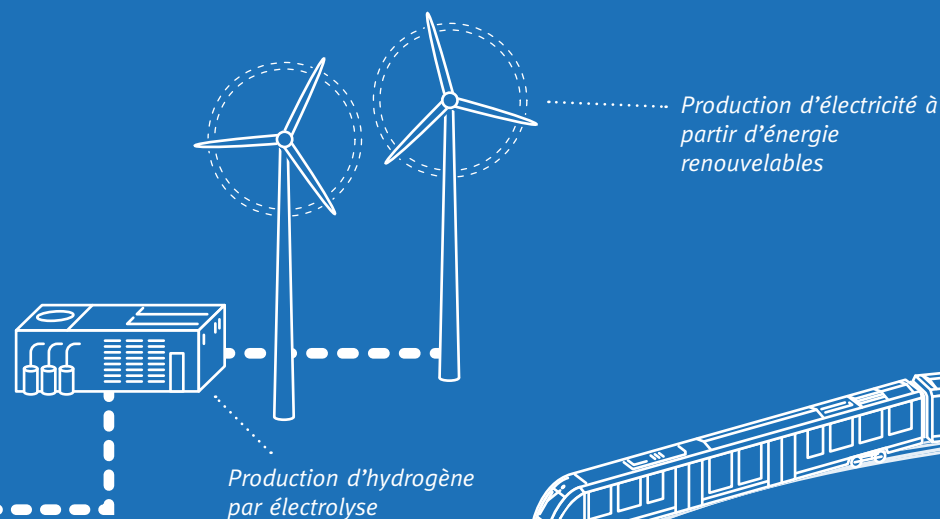


## Phase 2

L'hydrogène devrait être produit sur place, par électrolyse, à Bremervörde à partir de la troisième année d'exploitation. À cet effet, il est prévu d'utiliser l'électricité provenant d'un parc solaire ou éolien. Dans un premier temps, la part « d'hydrogène vert » devrait alors augmenter pour atteindre 35 pour cent.

## Phase 3

De plus en plus d'hydrogène vert devra être produit sur place, par électrolyse. L'objectif sera alors d'atteindre jusqu'à 95 pour cent. Il est actuellement impossible de prévoir combien de temps prendra cette évolution – l'évolution des coûts de l'énergie jouera également un rôle dans ce développement.



### Station de ravitaillement en hydrogène de Bremervörde

Quantité de ravitaillement : jusqu'à 1 600 kg d'hydrogène / jour

Quantité stockée sur place : 1 800 kg

Volume du réservoir du train : 2 x 130 kg

Pression de service du train : 350 bar

Ravitaillements par jour : env. 12

Temps de fonctionnement : vingt-quatre heures sur vingt-quatre

Quantité totale : env. 4 590 kg d'hydrogène (remorque d'H<sub>2</sub> incl.)



### Lancement de l'exploitation

- Début de l'exploitation : été 2022
- Début à partir d'août 2022 avec les quatre premiers trains
- Les dix trains suivants seront progressivement mis en service à partir de la fin de l'été
- Les 14 trains seront en service tous les jours à partir de décembre 2022
- Les trains sont en service 365 jours par an
- L'utilisation des trains est prévue pour 30 ans



### Rame LINT X à pile à combustible

- Année de construction : 2022
- 156 places assises
- Vitesse maximale de 140 km/h, 80-120 km/h sur le réseau de l'evb
- Masse totale d'env. 119 t
- Rame d'une longueur de 54,27 m
- 2 installations de pile à combustible
- Puissance sur la roue de 2 x 397 kW
- 2 réservoirs d'hydrogène de 130 kg chacun
- Autonomie d'env. 1100 km



## Adieu au diesel – l'hydrogène est la solution !

**Thomas Nawrocki, chef de département  
de la gestion des véhicules chez LNVG**

L'hydrogène est l'avenir du réseau Weser-Elbe – nous en sommes aujourd'hui certains. LNVG a entamé l'abandon du diesel dès 2012/2013. Comment cela se fait-il ?

À l'époque, nous étions confrontés aux questions suivantes :

*Le diesel sera-t-il encore disponible dans 30 ans en quantité suffisante et à un prix permettant de*

*continuer à exploiter ces véhicules des transports ferroviaires locaux de passagers là où les lignes ne sont pas électrifiées ? L'exploitation des véhicules diesel de plus de 30 ans sera-t-elle encore rentable, même en termes de dépenses de maintenance élevées ?*

Il est apparu clairement que nous devons chercher des alternatives au diesel. L'entraînement par pile à combustible était alors une solution envisageable. Ce fut encore plus évident avec le changement climatique et la réduction nécessaire

des émissions de CO<sub>2</sub>. Par ailleurs, les systèmes d'entraînements alternatifs avec batteries ou de nouveaux carburants n'étaient pas encore développés à l'époque.

Avec un « petit » projet, nous voulons prouver que l'hydrogène représente une véritable alternative, et ainsi atteindre la viabilité commerciale. Il sera alors possible d'imposer ce nouveau type de propulsion à la concurrence à l'avenir. Forts de 20 ans d'expérience dans la flotte de véhicules LNVG, nous avons pu acquérir cette nouvelle génération de véhicules et assurer à long terme leur maintenance et leur approvisionnement en énergie. Nous l'avons considéré et développé en tant que système global.

En Allemagne, seules env. 60 % des lignes sont électrifiées. Cela s'explique par le fait que l'électrification n'est pas économiquement viable, en particulier sur les lignes qui ne sont pas beaucoup fréquentées. Par conséquent, il faut construire « l'électrification dans le véhicule ». Trois arguments plaident en faveur de l'utilisation de rames à pile à combustible dans les transports ferroviaires locaux de passagers sur les lignes qui ne seront pas électrifiées à moyen ou long terme :



*Premier coup de pioche pour la station de ravitaillement en hydrogène le 28 juillet 2020 : en partant de la gauche, Mathias Kranz (Linde), Dr Jörg Nikutta (ALSTOM), Thomas Nawrocki (LNVG), Carmen Schwabl (LNVG), Holger Buse (EVB), Joachim Heider (Linde)*



### 1. Réduction des émissions de CO<sub>2</sub>

Ce n'est pas depuis les décisions prises dans le cadre de l'accord de Paris sur le climat de 2015 que la protection du climat occupe une place importante. L'objectif principal consiste à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> afin de diminuer ou d'arrêter le réchauffement climatique. Le secteur des transports doit lui aussi apporter une contribution importante.

Les trains avec les piles à combustible de LNVG représentent un début à cet égard. Les véhicules diesel qui existent aujourd'hui seront remplacés. Il n'y a alors plus de production de CO<sub>2</sub> au niveau local pendant le trajet. Sur le réseau Weser-Elbe, il est ainsi possible d'économiser environ 4 400 tonnes de CO<sub>2</sub> par an, ce qui correspond à une consommation annuelle d'environ 1,6 million de litres de diesel. Bien qu'il ne s'agisse que d'une petite partie de l'ensemble des émissions de CO<sub>2</sub> du secteur des transports, ce projet constitue un premier pas et apporte la preuve de son fonctionnement.

*« Ce projet constitue un premier pas et apporte la preuve de son fonctionnement. »*

Dans la première phase de mise en service, nous utilisons l'hydrogène résiduaire de l'industrie chimique. Il n'est pas produit en plus, mais réutilisé de façon durable. L'hydrogène est d'abord transporté par camion jusqu'à la station de ravitaillement de Bremervörde.

Dans la deuxième phase, qui est prévue à partir de 2024 environ, il est prévu de produire de l'hy-

drogène vert sur place avec de l'électricité solaire et éolienne. Une installation d'électrolyse doit être construite à Bremervörde à cet effet et de l'espace est déjà prévu à la station de ravitaillement. L'alimentation en énergie des véhicules est donc elle aussi exempte d'émissions. Cela permettra d'économiser env. 4 600 tonnes de CO<sub>2</sub> supplémentaires chaque année. Grâce à l'ensemble du projet, c'est env. 9 000 tonnes de CO<sub>2</sub> qui ne seront « plus produites » chaque année.

Nous tirons également profit de la capacité de stockage de l'hydrogène. L'hydrogène est produit lorsque le vent souffle et que le soleil brille. Chez Flaute, nous utilisons l'hydrogène stocké afin de pouvoir garantir la disponibilité de l'énergie pour les véhicules. L'« hydrogène résiduaire de l'industrie chimique » sera une solution de repli.

### 2. Réduction de carburants fossiles

L'utilisation de carburants fossiles est limitée non seulement dans le temps, mais aussi économiquement. Étant donné que nous pouvons nous attendre à ce que la pénurie se poursuive, il faudra non seulement s'efforcer d'économiser ce carburant, mais aussi de réduire son utilisation. L'évolution politique et économique mondiale actuelle augmente considérablement la pression pour qu'à l'avenir des alternatives soient utilisées et que la consommation de carburants fossiles soit réduite.

Les véhicules diesel du réseau Weser-Elbe parcourent aujourd'hui env. 1,7 million de kilomètres par an. Les trains à pile à combustible de LNVG permettront de remplacer chaque année les quelque 1,6 million de litres de diesel consommés aujourd'hui, qui ne devront plus être produits ou achetés. Si l'hydrogène est produit sur place, cela signifie non seulement que nous roulerons sans aucune émission de CO<sub>2</sub>, mais égale-

ment que nous serons autosuffisants sur le plan énergétique. Nous ne serons alors plus dépendants des carburants fossiles et apporterons ainsi une contribution considérable à l'économie globale nécessaire de cette énergie.

### 3. Rentabilité considérée sur une durée de vie de 30 ans

La rentabilité du projet LNVG est une question récurrente. Naturellement, il n'est pas possible aujourd'hui de l'étayer avec des chiffres concrets, car nous disposons de trop peu d'expériences avec cette nouvelle technologie. Forte de son expérience avec les véhicules pilotes et nos véhicules diesel, LNVG part du principe que, sur toute la durée de vie d'un véhicule, la propulsion par pile à combustible est plus économique, d'autant plus qu'il est difficile de savoir à combien s'élèveront les coûts du diesel.

*« LNVG part du principe que la propulsion par pile à combustible est plus économique sur toute la durée de vie d'un véhicule. »*

Comparer le moteur diesel établi avec le moteur à pile à combustible équivaut à comparer des pommes avec des poires. Lors d'une comparaison, il ne faut pas oublier les coûts inhérents, à savoir l'empreinte carbone. C'est sur ce point que la balance penche incontestablement en faveur de la propulsion par pile à combustible. Les subventions représentent en outre une grande contribution à la rentabilité.

L'hydrogène est l'élément le plus abondant sur Terre. Il peut être produit, mais il provient également de différents processus industriels et peut être stocké en grande quantité. Il s'agit d'une ressource énergétique quasi infinie. C'est pourquoi l'hydrogène est de plus en plus considéré comme une solution dans la transition énergétique. L'hydrogène sera indispensable dans le secteur de la mobilité. C'est justement dans des secteurs délimités avec des flottes de petite et moyenne taille – qu'il s'agisse de transport de marchandises ou de personnes – que l'hydrogène s'impose comme carburant de propulsion pour tous les moyens de transport. La nécessité d'un couplage sectoriel (par ex. mobilité et énergie ou mobilité et gaz) permet d'obtenir des effets supplémentaires qui augmentent le marché dans son ensemble et l'utilité de l'hydrogène. Il est alors possible de réduire durablement les coûts et d'augmenter l'efficacité.

LNVG veut profiter des rames à pile à combustible pour atteindre la maturité commerciale de cette nouvelle forme de propulsion dans les transports ferroviaires locaux de passagers et, grâce à notre expérience, ouvrir la voie à d'autres pour remplacer les véhicules diesel. Nous serions d'ailleurs ravis que notre projet soit copié.

## FAQ

### 1. Comment fonctionne le ravitaillement des trains ?

Les conducteurs de train ont besoin d'environ 20 à 30 minutes pour faire le plein d'une des LINT X à Bremervörde – le personnel de bord a reçu des instructions détaillées à cet effet. En soi, faire le plein est une chose facile : Les utilisateurs de la station de ravitaillement se connectent à l'installation à l'aide d'une carte de carburant personnelle. Le robinet distributeur est ensuite relié à la tubulure de ravitaillement du train. Après avoir appuyé sur le bouton de démarrage, le ravitaillement commence automatiquement et se termine lorsque les réservoirs du LINT X sont pleins.

### 2. Quelles sont les mesures de sécurité lors du ravitaillement ?

Le processus de ravitaillement est simple, mais il s'accompagne néanmoins de plusieurs dispositifs de sécurité. La station de ravitaillement ne peut être utilisée qu'avec une carte de carburant personnelle. Avant que l'hydrogène ne s'écoule en grandes quantités dans le véhicule, un test appelé « coup de bélier » est effectué pour vérifier si le tuyau est branché correctement et si le raccord est étanche. Ce test permet également de déterminer le niveau de remplissage du réservoir du véhicule. Le train et la station de ravitaillement sont reliés par une interface de communication et peuvent ainsi échanger des informations en permanence. Si des anomalies ou des écarts sont détectés, le train et la station de ravitaillement peuvent alors tous deux automatiquement arrêter le ravitaillement.

### 3. Comment l'électricité pour les trains est-elle produite ?

Sur le modèle LINT X, l'énergie électrique est produite dans une pile à combustible à partir d'hydrogène et d'oxygène. L'électricité est d'abord stockée dans des batteries de traction situées à bord du train, où elle est disponible comme énergie d'entraînement pour les moteurs de traction. Comme c'est généralement le cas sur les véhicules ferroviaires à entraînement électrique, le freinage du LINT X génère de l'électricité, qui est également stockée dans les batteries de traction et ensuite rendue disponible pour la propulsion.





# Partenaires et institutions impliquées

## Alstom

Le gamme de produits d'Alstom s'étend des TGV, métros, monorails et trams aux solutions de mobilité numérique, en passant par les systèmes intégrés, les prestations de services personnalisés, les infrastructures et la technique de signalisation. Alstom possède plus de 150 000 véhicules en service pour les passagers à travers le monde. Alstom, dont le siège social se situe en France, est présent dans 70 pays et emploie plus de 70 000 personnes.

## Ministère fédéral allemand du Numérique et des Transports

Le projet « Activation du marché NIP II : utilisation de véhicules à pile à combustible en Basse-Saxe » est financé par le ministère fédéral du Numérique et des Transports à hauteur de 8,4 millions d'euros dans le cadre du programme national d'innovation pour la technologie de l'hydrogène et des piles à combustible. La directive relative aux subventions est coordonnée par la société NOW GmbH et mise en œuvre par le promoteur de projet Jülich (Ptj).

## evb

La société Eisenbahnen und Verkehrsbetriebe Elbe-Weser GmbH (evb) est l'un des principaux groupes d'entreprises de transport de personnes et de marchandises dans le nord de l'Allemagne. Avec plus de 550 employés engagés, evb transporte en toute sécurité et chaque année 2 millions de passagers sur les rails et 4 millions de passagers dans les bus en circulation dans le triangle Elbe-Weser. La société evb dispose notamment de son propre réseau ferroviaire. Le groupe evb assure le transport de marchandises dans toute l'Allemagne.

## LNVG

La société Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen mbH (LNVG) organise le transport ferroviaire local des passagers entre la mer du Nord et la région du Harz et verse à cet effet une compensation annuelle d'environ 300 millions d'euros aux entreprises ferroviaires (EVU). Avec son entrée dans le domaine de la technologie des piles à combustible, LNVG joue un rôle pionnier au niveau mondial. La LNVG compte plus de 400 véhicules ferroviaires qu'elle loue à l'EVU.

## Linde

Linde est une entreprise leader au niveau mondial dans le domaine des gaz industriels et de l'ingénierie, avec un chiffre d'affaires de 26 milliards d'euros en 2021. Les gaz Linde sont utilisés dans d'innombrables applications, de l'oxygène servant à sauver des vies dans les hôpitaux à l'hydrogène, en passant par les gaz de grande pureté et les gaz spéciaux pour la fabrication de composants électroniques, et bien plus encore. En outre, Linde fournit à ses clients des solutions de pointe pour le traitement du gaz.

**ALSTOM**  
• mobility by nature •



## Crédit photo

Couverture :  
Alstom/Christoph Busse

Page 2 :  
Chancellerie du Land de Basse-Saxe/  
Holger Hollemann (à gauche), Ministère  
de l'Économie, du Travail, des Transports  
et de la Numérisation de Basse-Saxe/Hen-  
ning Schef (en haut au milieu), NOW (en  
bas)

Page 3 :  
LNVG

Page 4 :  
evb (en haut), Alstom (en bas)

Page 5 :  
Linde (en haut), Alstom/Christoph Busse  
(en bas)

Page 7 :  
Alstom/Christoph Busse

Page 8 :  
LNVG

Page 10 :  
LNVG/Dr Jürgen Hörstel

Verso :  
Alstom/Christoph Busse



Landesnahverkehrsgesellschaft  
Niedersachsen mbH (LNVG)

Kurt-Schumacher-Straße 5  
30159 Hannover

Centrale : 0511 53333-0  
Fax : 0511 53333-299

E-mail : [info@lnvg.de](mailto:info@lnvg.de)  
Internet : [www.lnvg.de](http://www.lnvg.de)



# Niedersachsen