

Expérimenter à grande échelle les systèmes de route électrique (ERS)

VERS UN APPEL A PROJETS « SYDRE »

GRUPE DE TRAVAIL N°3

GT3 – Expérimenter à grande échelle les ERS

Table des matières

Lettre de mission GT3	2
Experts du GT3.....	3
I. Introduction.....	4
II. Méthodologie de travail du GT3.....	4
III. <i>Préambule</i> - Le financement de la RDI et les spécificités de l'innovation routière pour pouvoir expérimenter à grande échelle en France	5
A. Le financement classique de la recherche industrielle impose une remise en concurrence suite à l'étape de R&D et un taux de financement décroissant avec le niveau de maturité	5
B. La pratique française de l'innovation en matière d'infrastructures de transports permet en principe d'éviter le démantèlement des démonstrateurs et un soutien à tous les niveaux de maturité des solutions	5
IV. Panorama des expérimentations ERS réalisées à l'étranger.....	7
A. Tableau de recensement des expérimentations ERS.....	7
B. Un développement international des ERS hétérogène selon à la fois la technologie de recharge et le type de véhicule considéré	8
C. Des programmes d'expérimentation sur route ouverte en Allemagne et en Suède mais des procédures d'expérimentation qui restent à préciser	9
D. Les projets ERS abordent de nombreux sujets de RDI que l'on peut tenter de classer en axes, thèmes et sous-thèmes de RDI	9
V. Vers un Appel à Projets SYDRE dédié aux « Systèmes de Route Électrique »	11
A. La publication d'au moins un appel à projets est un impératif pour expérimenter à grande échelle les ERS et éclairer la puissance publique.....	11
B. L'AAP SYDRE doit couvrir l'ensemble des axes, thèmes et sous-thèmes de RDI, mais traité de façon différenciée les technologies de recharge	12
C. L'AAP SYDRE doit permettre d'accélérer le programme de travaux et non le ralentir	13
D. Proposition de phasage	13
E. Proposition de calendrier.....	14
VI. Synthèse des recommandations	16
Bibliographie	17

Lettre de mission GT3

- *Le GT3 devra faire un point rapide des expérimentations réalisées à l'étranger, tant sur les procédures de réalisation que sur les résultats et conclusions. Ce retour constituera un premier livrable qui alimentera le GT2, pour mars 2021.*
- *Sur la base des incertitudes, verrous et marges de progrès qu'aura identifiés le GT2, le GT3 devra ensuite proposer les conditions de réalisation d'essais (en petit nombre) en France sur réseau ouvert, en précisant la ou les technologies proposées, le type de site (voire des sites précis), les acteurs impliqués, les véhicules concernés, les conditions techniques et financières envisagées, les outils, moyens et critères d'évaluation et un calendrier possible.*
- *Les conditions nécessaires à la bonne réalisation de ces expérimentations devront être identifiés, ainsi que les risques éventuels à prendre en compte. Ces expérimentations devront permettre de lever les incertitudes et verrous identifiés par le GT2.*
- *Le GT3 devra produire un plan de travail précis et un calendrier, y compris les livrables intermédiaires, dans un délai d'un mois. Ces plans de travail seront validés ou amendés par la DGITM et serviront ensuite de feuille de route. Les rapports finaux contenant les recommandations et propositions sont attendus pour juin 2021.*

Experts du GT3

Type d'Organisme	Organisme	Nom
Institutions	DGITM/DIT	Denis Magnard
		Hervé Philippe
	DGITM/MINT	Victor Dolcemascolo
	DSR	Gabriel Kleinmann
	Ambassade de France en Suède	Julien Grosjean
RST, EP, associations	DIDVS (axe Seine)	Gilles David
	CEREMA	Hervé Guiraud
	UGE	Fabienne Anfosso
	CEA Liten	Fabien Perdu
	IDRRIM	Didier Colin
Concessionnaires	ATMB	Louis Gauthier
		Florian Grange
Fournisseurs de solutions	ALSTOM	Patrick Duprat
		Christine Darragon
	SIEMENS	Bertrand Picard
		Martin Huillet
		Gabriel Werlen
	VEDECOM	Zariff Meira
Entreprises BTP	Routes de France	Christine Leroy
	Eiffage	Diego Ramirez
Constructeurs	Scania France	Gilles Baustert
Electriciens et énergéticiens	ENGIE	Gilles Darrouy
		Augustin Bareau
	OIE	Marc Diedisheim

I. Introduction

Les systèmes de route électrique (ERS) sont considérés comme une solution crédible pour décarboner massivement le transport routier à longue distance à l'horizon 2030 en conformité avec les objectifs fixés par la Commission Européenne. Ces systèmes innovants font d'ores et déjà l'objet de démonstrations à grande échelle, notamment en Allemagne et en Suède (cf. §IV.A). La France apparaît plutôt en retrait en matière d'expérimentation sur route ouverte, malgré un écosystème industriel et académique à même de se mobiliser sur un tel enjeu d'expérimentation. Dans ce contexte, l'objectif du GT3 est double : il s'agit d'une part d'établir un panorama des expérimentations menées à l'étranger et d'autre part de recommander un petit nombre d'expérimentations complémentaires à réaliser en France sur route ouverte afin d'éclairer la décision publique avant une éventuelle décision de généralisation possible.

II. Méthodologie de travail du GT3

Pour atteindre l'objectif fixé, les travaux conduits par le GT3 ont été les suivants :

(1) Il s'agissait en premier lieu :

- De dresser un état des lieux des méthodologies visant à faire progresser en maturité les différentes solutions ERS à travers un panorama des expérimentations passées ou en cours
- D'identifier les axes, thèmes et sous-thèmes de RDI permettant aux ERS d'être adaptés aux besoins de la France et déployés à plus large échelle en France que n'ont pu le faire les autres projets à l'étranger

(2) Il s'agissait en deuxième lieu d'en déduire un dispositif de recherche, développement, innovation permettant :

- Aux industriels apporteurs de solutions technologiques d'expérimenter leurs solutions
- Aux maîtres d'ouvrage de proposer des projets d'expérimentation ciblés
- Aux acteurs des travaux publics de développer les solutions techniques pour la construction des solutions et de former leurs personnels en conséquence
- D'enchaîner à travers un calendrier resserré expérimentation à grande échelle et déploiement des ERS.

La méthodologie poursuivie par le GT3 a été la suivante :

- Organisation de réunions en ligne avec les experts intéressés par les enjeux du GT3
- Organisation ou participation à des entretiens bilatéraux avec les experts des ERS
- Production de fiches de synthèse sur les projets passés, en cours et prévus par les acteurs ou les représentants de ces projets
- Revue de littérature académique et de littérature grise, notamment les messages clés publiés par les conférences dédiées (ERSC, CERV)
- Discussion des verrous identifiés par le GT1
- Discussion des verrous identifiés par le GT2
- Production de fiches de synthèse sur la levée des verrous permise par les expérimentations identifiées
- Proposition de premières recommandations
- Vérification de la faisabilité sur le plan juridique des premières propositions
- Discussion, finalisation et partage des recommandations avec les experts du GT3

III. *Préambule* - Le financement de la RDI et les spécificités de l'innovation routière pour pouvoir expérimenter à grande échelle en France

Expérimenter à grande échelle implique de faire passer le prototype de la piste d'essai à la route ouverte et circulée. S'agissant d'espace public, cet accès fait l'objet de règles spécifiques. L'enjeu de la pratique française en la matière est de faire en sorte que cette étape-clé constitue une première étape du déploiement de la solution et non une démonstration avec démantèlement en fin de projet, comme l'exige le financement classique de la recherche industrielle.

A. Le financement classique de la recherche industrielle impose une remise en concurrence suite à l'étape de R&D et un taux de financement décroissant avec le niveau de maturité

Le financement de la recherche industrielle est fortement encadré, afin que les aides versées aux entreprises ne soient pas considérées comme des aides d'État et ne viennent fausser la concurrence au plan Européen. Le principe généralement suivi consiste généralement à réduire le taux de subvention des travaux de R&D au fur et à mesure que le produit en cours de développement se rapproche de l'accès au marché. On appelle généralement « vallée de la mort » cette période où un produit ne peut plus bénéficier de soutien public au titre des activités de recherche et n'est pas encore assez mature pour être commercialisé.

La situation se complique encore davantage pour les produits issus de la R&D susceptibles de répondre aux besoins de la collectivité. Pour pouvoir être achetés par la collectivité, ceux-ci doivent en effet remis en concurrence à travers une procédure d'achat public. Dans le cas des produits installés sur l'espace public, cela implique généralement le démantèlement des démonstrateurs de R&D. Cette étape de démantèlement renchérit le coût des projets de R&D, ce qui réduit d'autant leur ambition, typiquement l'ambition des démonstrations.

Les appels à projet de R&D publiés en France, y compris ceux financés par le Programme des Investissements d'Avenir (PIA) n'échappent pas à ces différentes règles. Dans ce contexte, il semble clair que l'expérimentation à grande échelle des ERS implique la mobilisation de dispositifs réglementaires spécifiques allant au-delà de l'appel à projets classique de R&D.

Message-clé #1 : la recherche industrielle permet de faire grimper en maturité technologique des solutions. Le taux de soutien est inversement proportionnel au niveau de maturité. La réalisation de démonstrateurs de recherche implique cependant le démantèlement de ceux-ci à l'issue de la recherche.

B. La pratique française de l'innovation en matière d'infrastructures de transports permet en principe d'éviter le démantèlement des démonstrateurs et un soutien à tous les niveaux de maturité des solutions

L'État a longtemps pratiqué la recherche « en régie » à travers son réseau scientifique et technique, si bien que les considérations du paragraphe précédent n'avaient pas lieu d'être. Avec le développement de la recherche privée en matière d'infrastructures de transport et le meilleur encadrement des aides d'État, ce constat a pris progressivement de l'ampleur jusqu'à déboucher sur une mission d'inspection en 2004 (Ray et Fougea, 2004).

Cette mission a permis de mettre au point en 2006 les principes de la Charte d'Innovation Routes et Rues (CIRR) toujours en vigueur aujourd'hui (SETRA, 2006). Celle-ci constitue un dispositif en quatre étapes s'échelonnant sur plusieurs années. Dans un premier temps, les maîtres d'ouvrage réunis à travers un comité énoncent leurs besoins qui sont publiés à travers un appel à innovation annuel « routes et rues ». Dans un second temps, les entreprises qui ont des solutions à même de répondre aux besoins énoncés répondent à l'appel à projet. Un jury d'experts estime alors la maturité des solutions et le cas échéant prononce l'éligibilité de celles-ci pour une expérimentation sur route ouverte. Dans un troisième temps, les maîtres d'ouvrage volontaires peuvent expérimenter de façon légale les solutions lauréates en mobilisant les articles dédiés du code des marchés publics. Ils bénéficient en outre du soutien du Cerema qui encadre les expérimentations à travers un protocole d'essai qu'il signe d'une part avec le maître d'ouvrage et d'autre part avec l'entreprise. A l'issue de cette étape d'expérimentation, un certificat de bonne fin est prononcé par l'État, ce qui permet à la solution d'être généralisée.

Plus récemment, l'appel à projets du PIA « Route du Futur » (2015) a consacré l'innovation routière comme un sujet de R&D à part entière. Trois projets ont été retenus par l'ADEME dans le cadre de cet AAP et avaient pour ambition l'expérimentation sur route ouverte de différentes solutions innovantes. Pour pouvoir expérimenter ces solutions sur route ouverte, le Ministère des Transports a mis à jour son Vademecum sur les chantiers innovants afin de les rendre également éligibles à l'article R.2172-33 du code de la commande publique (IDRRIM, 2019). Certains produits ont par ailleurs été lauréats du CIRR. Ainsi, les entreprises lauréates de l'AAP « Routes du Futur » ont bénéficié de financements publics importants que ce soit sous forme direct (subvention de R&D, avance remboursable) ou indirecte à travers le financement à 100 % des organismes scientifiques et techniques du Ministère des transports, que ce soit au sein des consortia ou à travers le dispositif du CIRR. Il est à noter que les maîtres d'ouvrage ne bénéficient pas d'un soutien du PIA s'ils ne sont pas membres des consortia de projets.

Encore plus récemment, l'appel à projets du PIA « Évaluation du Véhicule Routier Autonome » (2018) a cherché à innover encore davantage en intégrant bien en amont les maîtres d'ouvrage souhaitant expérimenter des services de mobilité automatisée. Pour y parvenir, une étape d'Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) a été ajoutée et a permis de subventionner les maîtres d'ouvrage en finançant le surcoût lié aux expérimentations. En revanche, les travaux classiques d'infrastructure routière n'ont pas été cofinancés.

Message-clé #2 : les dispositifs d'innovation routière croisent besoins des maîtres d'ouvrage routiers et solutions industrielles. Ces outils soutiennent la recherche industrielle et évitent de démonter les démonstrateurs de recherche grâce à l'utilisation des outils déjà existant dans le code des marchés publics. Néanmoins, ces dispositifs sont relativement méconnus et nécessitent parfois un appui juridique. Les acteurs publics, notamment le Cerema,

accompagnent les industriels dans le développement et le suivi des démonstrateurs. Ils peuvent idéalement se combiner aux appels à projet du PIA pour accompagner à bon niveau les industriels dans la traversée de la « vallée de la mort » de leurs solutions innovante.

IV. Panorama des expérimentations ERS réalisées à l'étranger

A. Tableau de recensement des expérimentations ERS

Lieu	Nom / Date	Technologies – ERS	Type de véhicule	Principaux thèmes RDI adressé (cf. IV.D)
France - Département des Yvelines	2022...2024	APS - Rail	PL, VUL	Thème 1.2
Allemagne - Berlin	ENUBA (2010-2011)	Caténaire aérien	Camion hybride diesel-électrique	1.2, 1.5, 5.1
Allemagne - Berlin	ENUBA 2 (2012-2015)	Caténaire aérien	Camion hybride diesel-électrique	1.2, 2.4, Problème rencontré 1.5
Allemagne - Berlin	ELANO (2016-2019)	Caténaire aérien	Camion hybride diesel-électrique	Problème rencontré 1.5
Alameda Road, Carson, Los Angeles, États-Unis	SoCal (2014-2017)	Caténaire aérien	Camion articulé hybride 1x diesel-électrique 1 x GNC hybride 1 x BEV	1.5, 5.1, Problème rencontré 1.2
Région de Dalarna et Gävleborg, Suède	Elvåg (2016-2019)	Caténaire aérien	Camion articulé hybride bio-diésel-électrique	1.1, 1.3, 1.5, 2.1, Problème rencontré 1.3
Francfort, Hesse, Allemagne	ELISA (2018-2022)	Caténaire aérien	camion articulé hybride diesel-électrique	1.1, 1.2, 1.5, 2.6, 2 Problèmes rencontrés : 4.4, 5.2
Luebeck, Schleswig-Holstein, Allemagne	FeSH (2019-2022)	Caténaire aérien	Tracteur hybride diesel-électrique avec pantographe et batterie à bord	1.1, 1.5, 2 Problèmes rencontrés : 4.4, 5.2
Kuppenheim, Baden-Wurttemberg, Allemagne	eWayBW (2019-2023)	Caténaire aérien	Tracteur hybride diesel-électrique avec pantographe et batterie à bord	Problèmes rencontrés 4.4, 5.2

Borås, Suède	Slide-In (2012-2018)	APS - Rail	PL : semi-remorque	1.1, 5.1, Problèmes rencontrés : 2.4, 1.5
Gotland, Suède	Gotland Sweden	Induction	Electric bus and heavy duty truck	1.4, 5.4.1
Bouguenais, Centre UGE, France	Piste d'essai ERS pour l'adhérence (2019-2020)	Alimentation par le sol (APS)	Moto / voiture	2.4. Problème 2.4
France (Paris, Satory)	INCIT-EV	Induction Dynamique	Automobile / VUL	1.1, 1.2, 1.5, 2.1, 3.1, 3.2, 4.2, 4.5, 5.3
France	Piste d'essai ERS pour les conditions hivernales (depuis 2019)	Alimentation par le sol (APS)	Véhicule de viabilité hivernale	1.3, 1.4
Dubai	Silicon Oasis Project	Induction Dynamique	e-Bus, e-taxi	5.1, 1.2
Allemagne	eCharge	Induction Dynamique et statique	En cours de définition	5.1, résultats en attente
Corée du Sud (Gumi)	Commercial city bus service in Gumi	Induction statique	Bus urbain	1.4, 5.1
Lund, Suède	EVOLUTION ROAD	Alimentation par le sol (APS)		5.1
Karlsruhe, Allemagne	EnBW	Induction Statique et Dynamique	e-Bus	1.4
Tel Aviv, Israël	Tel Aviv University	Induction Statique et Dynamique	e-Bus urbain	1.4

B. Un développement international des ERS hétérogène selon à la fois la technologie de recharge et le type de véhicule considéré

En termes de développement technologique, le panorama dressé dans le Tableau n°IV.A permet plusieurs enseignements.

- Les expérimentations sur route ouverte de la technologie de recharge par caténaire pour poids-lourds sont l'œuvre d'un seul industriel et celles-ci se multiplient dans le monde, notamment en Allemagne.
- Les expérimentations sur route ouverte de la technologie de recharge par induction se multiplient. Différentes catégories de véhicule sont concernées et l'enjeu n'est plus la

preuve de faisabilité mais la preuve de l'interopérabilité des solutions entre différents fournisseurs, i.e. il n'y a pas d'impératif à disposer du même fournisseur pour la bobine primaire et secondaire. Dans cette optique, la Commission Européenne a ainsi financé en 2019 le projet INCIT-EV qui porte sur l'identification des différents leviers à même de favoriser le déploiement de l'électromobilité et la recharge par induction pour les véhicules légers en fait partie car jugée plus acceptable par les usagers que la recharge filaire et stationnaire. Le financement important octroyé par la Commission Européenne permet d'aborder les différents enjeux techniques relatifs à la recharge par induction, notamment l'intégration dans les infrastructures routières, y compris la durabilité des chaussées composite, et l'intégration énergétique, y compris en termes d'apport d'énergie décentralisée.

- Les expérimentations sur route ouverte des technologies de recharge par rail au sol sont plutôt limitées. Plusieurs fournisseurs de solutions travaillent sur le sujet mais l'interopérabilité des solutions entre elles n'est pas encore étudiée. La technologie a été testée sur différents types de véhicules.

Message-clé #3 : l'hétérogénéité de développement des ERS implique de considérer différemment chaque famille de technologie. Si la recharge par caténaire semble plus démontrée que d'autres technologies, la technologie de recharge par induction bénéficie d'un écosystème plus développé. La recharge par rail semble en retrait en termes d'expérimentation mais un projet de piste d'essai en France pourrait permettre de rattraper ce retard et de faire bénéficier la technologie de recharge par rail de l'écosystème autour de l'induction.

C. Des programmes d'expérimentation sur route ouverte en Allemagne et en Suède mais des procédures d'expérimentation qui restent à préciser

En termes d'expérimentation sur route ouverte, le Tableau n°IV.A permet les enseignements suivants :

- Il n'y a pas d'expérimentation ERS sur autoroute circulée prévue en France. Il est néanmoins prévu de tester en 2024 en milieu urbain une solution de recharge par induction à 30 kW.
- Les initiatives étrangères semblent relever de la recherche industrielle classique ce qui implique a priori un démantèlement des démonstrateurs à moyen terme.

Message-clé #4 : l'accès à la route ouverte demeure un enjeu fort pour tous les fournisseurs de technologies. Les experts du GT3 ne connaissent pas suffisamment les procédures administratives appliquées à l'étranger. Il leur faut se rapprocher davantage des acteurs étrangers pour savoir si les démonstrateurs sur route ouverte existants ont vocation à être démantelés ou non.

D. Les projets ERS abordent de nombreux sujets de RDI que l'on peut tenter de classer en axes, thèmes et sous-thèmes de RDI

- **Axe 1 – Technologies et systèmes de recharge**

- Thème 1.1. – Rendement des technologies ERS et puissances/linéaires nécessaires pour répondre au(x) besoin(s) identifiés
- Thème 1.2 – Intégration des ERS dans les infrastructures routières, notamment fiabilité, disponibilité, maintenabilité et sécurité des systèmes
- Thème 1.3 – Résistance des ERS aux aléas climatiques extrêmes, notamment aux conditions hivernales, aux impacts de la foudre et aux inondations
- Thème 1.4 – Émissions des ERS, notamment sonore et EM
- Thème 1.5 – Intégration des ERS dans les véhicules de transport de marchandises ou les véhicules particuliers
- **Axe 2 – Intégration des ERS avec le système de transport**
 - Thème 2.1 – Impact des ERS sur les opérations de maintenance routière
 - Thème 2.2 – Impact des ERS sur la gestion du trafic routier
 - Thème 2.4 – Impact des ERS en termes de sécurité routière, notamment sur les équipements de la route
 - Thème 2.5 – Intégration des ERS avec les systèmes de péage ou de gestion d'accès
 - Thème 2.6 – Interaction des ERS avec d'autres enjeux susceptibles de contribuer à la décarbonation du FRET routier
 - Thème 2.7 – Attributions et rôles possibles des opérateurs d'ERS
- **Axe 3 – Intégration des ERS avec l'infrastructure énergétique et de recharge**
 - Thème 3.1 – Complémentarité, interopérabilité, combinaison des ERS entre eux et avec l'infrastructure de recharge conventionnelle
 - Sous-thème 3.1.1 – Impact des ERS sur le réseau électrique à toutes les échelles, impact notamment en termes d'emprise supplémentaire
 - Sous-thème 3.1.2 – Complémentarité, interopérabilité, combinaison des ERS entre eux
 - Sous-thème 3.1.3 – Complémentarité, interopérabilité, combinaison des ERS avec l'infrastructure de recharge conventionnelle
 - Thème 3.2 – Intégration des ERS dans des réseaux énergétiques plus intelligents

- Sous-thème 3.2.1 – Les ERS comme opportunité de l'intégration de productions énergétiques décentralisées / intermittentes existantes
 - Sous-thème 3.2.2 – Les ERS comme opportunité de développement de moyens additionnels de production énergétique décentralisés / intermittents
- **Axe 4 – Développement des ERS**
 - Thème 4.1 – Stratégies de développement régional, de corridor permettant de dépasser rapidement le stade du démonstrateur
 - Thème 4.2 – Identification de l'attitude des usagers envers les ERS et des incitations éventuellement nécessaires pour une adoption à grande échelle
 - Thème 4.3 – Répartition des CAPEX/OPEX pour les différents acteurs de l'écosystème ERS
 - Thème 4.4 – Répartition des coûts et bénéfices pour les différents acteurs de l'écosystème ERS
 - Thème 4.5 – Industrialisation des procédés de construction routière
- **Axe 5 – Impact des ERS**
 - Thème 5.1 – Impact environnemental, dont ACV et paysager des ERS
 - Thème 5.2 – Acceptabilité sociale des ERS
 - Thème 5.3 – Enjeux réglementaires et de normalisation des ERS
 - Thème 5.4 – Impact des ERS sur les autres modes de transport
 - Sous-thème 5.4.1 – Externalités positives sur les autres modes de transport
 - Sous-thème 5.4.2 – Impact des ERS sur le report modal/autoroutier et la localisation des activités logistique

V. Vers un Appel à Projets SYDRE dédié aux « Systèmes de Route Électrique »

A. La publication d'au moins un appel à projets est un impératif pour expérimenter à grande échelle les ERS et éclairer la puissance publique

Les travaux menés par le GT2, confirmés par la section IV de ce présent document, montrent une hétérogénéité du niveau de maturité selon la technologie de recharge. La technologie de

recharge par caténaire est de maturité suffisante pour être expérimentée sur route ouverte, de même que la technologie de recharge par induction pour véhicule léger. Inversement, les technologies actuelles de recharge par induction pour véhicule lourds semblent inadaptées aux contraintes de la profession du transport routier de marchandises et les technologies de recharge par rail semblent prometteuses mais manquant encore de maturité.

Message-clé #5 : pour répondre à l'hétérogénéité de développement des ERS et mieux éclairer la décision publique, un appel à projet sur les « Systèmes de Route Électrique » que l'on propose d'appeler SYDRE apparaît nécessaire. A l'instar des AAP récents, un AAP composite peut permettre de combiner de façon agile projets de recherche industrielle et accès à la route ouverte à travers la mobilisation des articles dédiés du code des marchés publics.

Dans tous les projets d'innovation routière, la difficulté est l'identification des maîtres d'ouvrage prêts à accueillir les expérimentations et par là même à en supporter les risques. Il y a généralement des adopteurs précoces et il est important de les embarquer dans les projets afin de créer le maximum d'intéressement autour des ERS dans les territoires et de faire remonter les difficultés le plus tôt possible. Dans une optique de généralisation à terme, il est néanmoins essentiel que les maîtres d'ouvrage davantage suiveurs puissent intégrer la dynamique en cours de route.

Message-clé #6 : il importe d'intégrer au plus tôt l'ensemble des acteurs, notamment les maîtres d'ouvrage dans les projets d'expérimentation à grande échelle, afin d'identifier les problèmes auxquels ils seront confrontés et permettre à l'État de lever le cas échéant les verrous réglementaires au plus vite.

B. L'AAP SYDRE doit couvrir l'ensemble des axes, thèmes et sous-thèmes de RDI, mais traité de façon différenciée les technologies de recharge

Message-clé #7 : il semble impératif que les projets lauréats de l'AAP SYDRE abordent les 5 axes de RDI identifiés dans ce rapport et qu'ils répondent aux verrous identifiés par le GT2 en abordant a minima l'un des points suivants :

- Démontrer l'intégration dans le système de transport et l'acceptabilité, notamment au plan du paysage, de la recharge par caténaire tout en approfondissant les enjeux relatifs à la montée en puissance de la technologie et à l'optimisation du cycle de vie des caténaires,
- Démontrer la capacité de la technologie de recharge par rail au sol à monter rapidement en niveau de maturité technologique, maturité jugée aujourd'hui encore comme insuffisante pour justifier dès à présent une expérimentation sous trafic,
- Explorer les limites de la technologie de recharge par induction à recharger des poids-lourds avec un niveau de puissance suffisante, tout en restant acceptable par les professionnels du transport routier de marchandises,
- Développer et démontrer l'interopérabilité des systèmes sous toutes ses formes.

C. L'AAP SYDRE doit permettre d'accélérer le programme de travaux et non le ralentir

Une idée largement répandue serait que les projets de R&D sont susceptibles de ralentir les programmes de travaux. A l'instar du NPNRU (10 Mds € de travaux) et de l'AAP du PIA « Ville durable et solidaire » (100 M€) opérés tous les deux par l'Agence Nationale pour la Rénovation Urbaine (ANRU), les projets lauréats de l'AAP SYDRE doivent au contraire permettre d'accélérer le programme de travaux en identifiant et levant au préalable certains verrous techniques et en fournissant les livrables justes nécessaires au passage à l'échelle :

- Études d'impact à l'échelle régionale ou d'un corridor
- Études d'acceptabilité, y compris via la simulation
- Démonstrateurs sur site expérimental dédié
- Démonstrateurs sur route ouverte
- Outils numériques de simulation, dimensionnement et d'écoconception des ERS
- Outils d'aide à l'exploitation et au pilotage des ERS

Message-clé #8 : les projets d'innovation doivent permettre d'accélérer les programmes de travaux en identifiant et levant en avance de phase certains verrous, mais également en développant les outils nécessaires au passage à l'échelle.

D. Proposition de phasage

L'appel à projet Systèmes de routes électriques (SYDRE) doit idéalement se dérouler en 6 étapes en intégrant une étape d'AMI, mais que l'on peut ramener à 5 grâce à une ingénierie de projet soutenue :

Phase #1 : rédaction et publication de l'appel à projets composite SYDRE

- Rédaction d'un appel à projets de R&D permettant à des consortia de se former en vue de répondre aux défis identifiés dans ce présent rapport et de bénéficier d'un soutien financier et technique de l'État pour y parvenir
- Rédaction d'un appel à projet innovation via le dispositif du CIRR permettant à des porteurs de solutions ERS souhaitant expérimenter en France sur route ouverte sans passer par l'appel à projets de R&D et bénéficier du soutien technique de l'État

Phase #2 : constitution des consortia

- Les fournisseurs de technologies se manifestent pour expliquer les expérimentations qu'ils souhaitent conduire et le budget nécessaire et phasé pour aller jusqu'à l'expérimentation sur route ouverte
- Les maitres d'ouvrage intéressés pour accueillir une telle expérimentation ERS se manifestent en détaillant le linéaire possible, l'écosystème, les axes de RDI, thèmes et sous-thèmes de l'AAP SYDRE qu'ils souhaitent investiguer
- Les énergéticiens se manifestent pour accompagner les maitres d'ouvrage dans l'intégration des systèmes
- Les acteurs scientifiques et techniques se manifestent pour accompagner les industriels dans les tests et l'évaluation de leurs solutions
- Les acteurs des travaux publics se manifestent pour intégrer les consortia sous la forme qui leur convient le mieux

Phase #3

- Les fournisseurs de solutions technologiques mettent en œuvre des expérimentations préliminaires visant à lever les verrous identifiés du GT2 et synthétisés dans le message-clé #7
- En parallèle, les maîtres d'ouvrage mènent l'ensemble des études pour intégrer les différents systèmes sur leurs réseaux, notamment sur le plan de l'alimentation en énergie électrique

Étape-Clé #1 : sélection de la famille de technologie au plan européen

- Une ou plusieurs technologies répond suffisamment bien aux besoins de la puissance publique pour effectuer un choix consensuel au plan européen
- Le niveau de maturité est suffisamment élevé pour permettre d'expérimenter cette technologie sur route ouverte
- Cette technologie fait partie de celles expérimentées par l'un des projets lauréats de l'AAP SYDRE ou est lauréate de l'appel à projet innovation CIRR

Phase 4 : mise en œuvre d'expérimentation à grande échelle

- Les maîtres d'ouvrage adaptent la portion de leur réseau dédiée à l'expérimentation de la technologie retenue, installent les sous-stations d'énergie et développent les outils de pilotage nécessaires à l'expérimentation
- Les maîtres d'ouvrage passent des appels d'offre pour intégrer les équipements de route électrique dans leurs infrastructures routières
- Les expérimentations sont suivies par les membres académiques du consortium s'il s'agit d'une technologie lauréate de l'AAP SYDRE, par le CEREMA s'il s'agit d'une technologie lauréate du CIRR, ou par les deux si la technologie est lauréate des deux dispositifs.

Phase 5 : déploiement

- A l'issue de la phase d'expérimentation à grande échelle, l'État publie un appel d'offre national pour généraliser la technologie expérimentée dans le cadre de l'AAP SYDRE et qui aura pu être normalisée entre temps
- Les compétiteurs ont pu se former à la technologie retenue et le cas échéant obtenir des licences des fabricants de la solution
- Les groupes de travaux publics qui ont participé, soit directement avec les fournisseurs de solution dans le cadre du PI, soit dans le cadre des expérimentations sur route ouverte, à des Appels d'Offre de travaux et ont ainsi pu se former à la mise en œuvre des technologies et concevoir les équipements pour industrialiser les procédés

E. Proposition de calendrier

- Publication AAP SYDRE : 3^e trimestre 2021
- Résultats AAP SYDRE : 1^{er} trimestre 2022
- Sélection technologie : 3^e trimestre 2023
- Appels d'offre SCA : 1^{er} trimestre 2024
- Expérimentation route ouverte : 1^{er} trimestre 2025
- Fin AAP SYDRE 2025

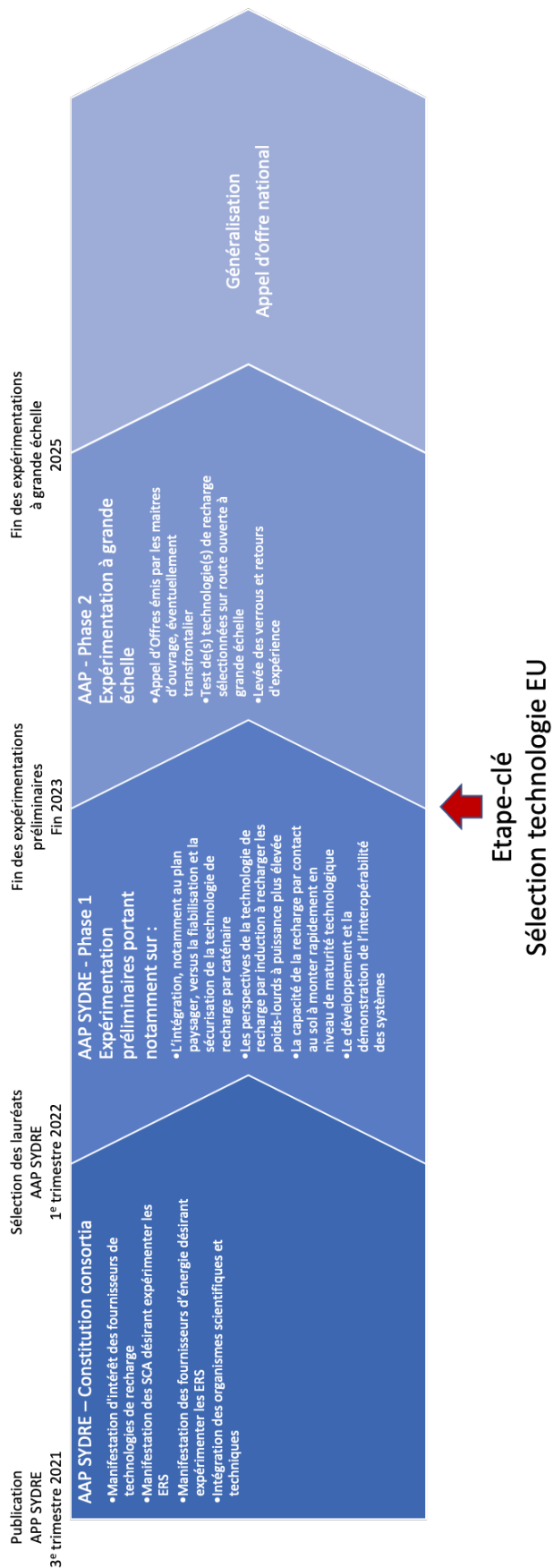


Figure n°1 – Frise chronologique de l'Appel à Projets SYDRE

VI. Synthèse des recommandations

Publier dès que possible un Appel à Projets (AAP) portant sur l'ensemble de la chaîne de valeur des systèmes de route électrique (SYDRE) en complément des initiatives existantes au plan européen permettant in fine de :

- **Sélectionner et expérimenter sur autoroute circulée une ou plusieurs technologie(s) de recharge interopérable(s), en adéquation avec les choix qui seront faits au niveau européen fin 2023,**
- **Lever les freins de toutes natures, y compris non technologiques, susceptibles de ralentir une généralisation fin 2025,**
- **Développer les outils de conception, construction, exploitation des SYDRE afin de permettre une répliation accélérée des premiers démonstrateurs,**
- **Faire monter en compétence l'ensemble des acteurs sur le territoire.**

1. S'assurer dans cette optique que les projets lauréats de cet AAP SYDRE répondent aux verrous identifiés par le GT2 en abordant a minima l'un des points suivants :
 - Démontrer l'intégration dans le système de transport et l'acceptabilité, notamment au plan du paysage, de la recharge par caténaire tout en approfondissant les enjeux relatifs à la montée en puissance de la technologie et à l'optimisation du cycle de vie des caténaires,
 - Démontrer la capacité de la technologie de recharge par rail au sol à monter rapidement en niveau de maturité technologique, maturité jugée aujourd'hui encore comme insuffisante pour justifier dès à présent une expérimentation sous trafic,
 - Explorer les limites de la technologie de recharge par induction à recharger des poids-lourds avec un niveau de puissance suffisante, tout en restant acceptable par les professionnels du transport routier de marchandises,
 - Développer et démontrer l'interopérabilité des systèmes sous toutes ses formes.
2. Mettre en place au plus vite un groupe de soutien permettant :
 - Permettant de garantir l'émergence rapide de consortia adéquats en réponse à l'AAP SYDRE et ainsi éviter une étape d'AMI gourmande en temps.
 - D'accélérer la levée des obstacles de toutes natures auxquels seront nécessairement confrontés les consortia lauréats de l'AAP SYDRE, comme la passation de marchés publics.
3. Faire de l'expérimentation à grande échelle des ERS un sujet communautaire :
 - Favoriser la création de partenariats européens, notamment académiques et universitaires (laboratoire international associé, chaire internationale, réseau d'excellence, etc.)
 - Encourager la participation d'acteurs français à la dynamique européenne en la matière, afin de favoriser la connaissance mutuelle entre projets notamment en termes de procédures de test et d'expérimentation à grande échelle.
 - Étudier l'opportunité, à l'horizon 2025, d'une démonstration d'interopérabilité entre la France et l'Allemagne, voire de section transfrontalière par exemple entre la Région Grand-Est et le Bade-Wurtemberg, à l'image du corridor en cours d'étude entre Helsingborg (Suède) et Hambourg (Allemagne).

Bibliographie

IDRRIM, Vademecum pour la gestion des chantiers innovants, 2019

Ray, M., Fougea, D. (2004). Évaluation de la politique d'innovation routière du Ministère de l'Équipement, Rapport du Conseil Général des Ponts et Chaussées, 147 pages.

SETRA (2006). Propositions pour une relance de l'innovation routière, Rapport technique