

CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL DE CONSULTATION

Affaire n° 2026-0013

Etude et intégration d'une chaîne de traction électrique dans un
véhicule de démonstration

Le Candidat reconnaît avoir pris connaissance du présent document et l'accepte dans son intégralité.

Fait à :

Le :

Raison sociale :

Nom et Fonction du signataire:

Cachet de l'entreprise, Signature précédée de la mention manuscrite "Lu et approuvé", et Paraphe de toutes les pages du présent document.

SOMMAIRE

1	PRESENTATION GENERALE.....	3
1.1	OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION	3
1.2	CONTEXTE	3
1.3	OBJECTIFS.....	3
1.3.1	PHASE 1 ANALYSE PRELIMINAIRE DU CdC ET ETUDE D'INTEGRATION	3
1.3.2	PHASE 2 FABRICATION DES ADAPTATIONS MECANQUES / FAISCEAUX ELECTRIQUES.....	4
1.3.3	PHASE 3 VALIDATION DES INTER-SYSTEMES.....	4
1.3.4	PHASE 4 INTEGRATION MECANIQUE ET ELECTROTECHNIQUE	4
1.3.5	PHASE 5 VALIDATION DU VEHICULE	4
1.4	ANNEXES AU CAHIER DES CHARGES.....	5
2	DEFINITIONS.....	5
3	EXPRESSION DES BESOINS.....	5
3.1	EXPRESSION FONCTIONNELLE DES BESOINS	5
4	EXPRESSION DES CONTRAINTES.....	12
4.1	LEGISLATION, REGLEMENTATION, NORMES EN VIGUEUR	12
4.2	SECURITE.....	12
5	LIVRABLES	12
6	MODALITES DE RECEPTION DE L'ÉQUIPEMENT ET DES PRESTATIONS ASSOCIEES	13
6.1	RECEPTION EN ATELIER/USINE (FAT)	13
6.2	RECEPTION IN SITU (SAT).....	14
7	CONDITIONS LOGISTIQUES.....	15
7.1	PLANNING DE REALISATION ATTENDU	15
7.2	ADRESSE DE LIVRAISON	15
7.3	EMBALLAGE - TRANSPORT - LIVRAISON	15
7.3.1	<i>Emballage - Transport</i>	15
7.3.2	<i>Déchargement – Manutention – Transfert intra site IFPEN</i>	15

1 Présentation générale

1.1 Objet et domaine d'application

Objet du marché : Réalisation d'un véhicule démonstrateur intégrant une chaîne de traction 48V prototype.

Prestations associées : Le sous-traitant aura la charge de réaliser l'étude d'intégration ainsi que les modifications nécessaires du véhicule de référence, fourni par IFPEN, afin de remplacer la chaîne de traction haute tension d'origine par des composants développés par IFPEN et ses partenaires.

Le livrable final sera un véhicule démonstrateur roulant, destiné à être utilisé :

- soit pour des essais de caractérisation sur banc à rouleaux (suivi de cycle, analyse de consommation),
- soit pour des essais sur route, selon les besoins du projet.

Le périmètre des prestations inclut notamment :

- une analyse préliminaire du cahier des charges et une étude d'intégration (mécanique, électrique et fonctionnelle),
- la conception et la fabrication des adaptations mécaniques et des faisceaux électriques nécessaires,
- l'approvisionnement, l'adaptation et l'intégration des boîtiers, dispositifs électroniques et électriques requis pour la reconfiguration de l'architecture électrique du véhicule, pour permettre la modification de la tension d'alimentation de la machine de traction, y compris pour les fonctions associées à la recharge,
- la validation des interfaces et des inter-systèmes,
- l'intégration mécanique et électrotechnique de la nouvelle chaîne de traction,
- la validation fonctionnelle du véhicule démonstrateur.

1.2 Contexte

IFPEN développe des composants pour une chaîne de traction 48V (eDrive48V) pour des applications véhicules électriques pour les segments L6/L7 ou M1. Ce document a pour objet la définition des besoins et les exigences techniques pour l'intégration de la chaîne de traction électrique IFPEN dans un véhicule électrique (BEV) de référence fournie par IFPEN.

1.3 Objectifs

Le livrable final sera un véhicule démonstrateur roulant qui sera utilisé pour une caractérisation sur banc à rouleaux (suivi de cycle, analyse consommation) ou sur route. Les travaux nécessaires à la réalisation du démonstrateur seront organisés en 5 phases, décrits dans les sections suivantes.

1.3.1 PHASE 1 Analyse préliminaire du CdC et étude d'intégration

Les principaux travaux à réaliser dans le cadre de cette phase sont :

- Réaliser une expertise du véhicule de référence (architecture système, CAO, CAN)
- Définir l'architecture de la nouvelle chaîne de traction avec composants approvisionnés par l'IFPEN
- Définir tous les sous-systèmes/composants nécessaires à l'intégration mécanique de la chaîne de traction IFPEN, y inclus l'adaptation du circuit de refroidissement et intégration de nouveaux systèmes électriques et électroniques.

- Concevoir des pièces d'adaptation / plans faisceaux / interfaces électrotechniques, sélection en vue de leur approvisionnement de tout composant électrique et/ou électronique nécessaire à l'implémentation des fonctions de traction électrique ou de recharge de la batterie 48V.
- Etudier l'intégration des modules identifiés par IFPEN pour le pack batterie 48V.
- Etudier l'allègement du véhicule en ciblant la masse définie par IFPEN (cf. Annexe technique).
- Effectuer une analyse des risques sur l'ensemble du périmètre de la prestation
- Livraison des livrables demandés par l'IFPEN.

1.3.2 PHASE 2 Fabrication des adaptations mécaniques / faisceaux électriques

Sur la base de l'étude réalisée dans la phase n°1, les travaux de cette phase consisteront dans :

- Réaliser toutes les pièces mécaniques nécessaires à l'intégration mécanique de la chaîne de traction IFPEN (transmission intégrée avec machine électrique IFPEN, convertisseur de puissance IFPEN, packaging d'une batterie 48V à partir de composants fournis par IFPEN).
- Réaliser les faisceaux électriques, de puissance et de contrôle (y inclus l'assemblage du pack batterie) nécessaires au fonctionnement du véhicule (traction électrique et recharge).

1.3.3 PHASE 3 Validation des inter-systèmes

Le périmètre des travaux de cette phase concernera l'ensemble des tests fonctionnels qui permettront de valider les échanges entre les différents calculateurs présents sur le démonstrateur :

- Développer les fonctions logicielles nécessaires à l'intégration des nouveaux calculateurs IFPEN dans l'environnement véhicule existant (calibrations, passerelles entre ECUs véhicule et ECUs IFPEN)
- Effectuer la validation électrotechnique et fonctionnelles des inter-systèmes (liaisons ECUs / procédure réveil / arrêt / ... gestion des défauts).
- A défaut de disposer des informations concernant les échanges entre ECUs, réaliser le reverse engineering pour reconstruire les messages indispensables à l'intégration des ECUs IFPEN.

1.3.4 PHASE 4 Intégration mécanique et électrotechnique

Les travaux suivants seront à réaliser dans le cadre de cette phase :

- Intégration mécanique de la chaîne de traction 48V (pack batterie, machine électrique, de l'électronique de puissance et de contrôle, transmission).
- Intégrations du câblage (faisceaux puissance et contrôle) nécessaire au fonctionnement du véhicule

1.3.5 PHASE 5 Validation du véhicule

L'objectif de cette phase est de valider le bon fonctionnement du véhicule en vue de son exploitation pour des essais de qualification réalisés par IFPEN. Les principales procédures indispensables à l'utilisation du véhicule (réveil / mode drive / arrêt / gestion des modes dégradés / ...) seront à valider pour permettre l'exploitation du véhicule à des fins de démonstration.

1.4 Annexes au cahier des charges

Documents	Référence	Date	Rév.	version jointe ¹	
				Informatique	Papier
A1 Descriptif chaîne de traction IFPEN			V1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Questionnaire HSE	vf			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2 Définitions

Equipement	Véhicule de démonstration modifié avec intégration d'une nouvelle chaîne de traction électrique.
Soumissionnaire	Personne physique ou morale qui soumissionne à la présente consultation.
FAT - Factory Acceptance Test	Réception en atelier/usine
SAT - Site Acceptance Test	Réception in situ, sur le site IFPEN
Titulaire	Titulaire du marché à l'issue de la présente consultation

3 Expression des besoins

3.1 Expression fonctionnelle des besoins

Dans le tableau qui suit, le niveau de priorité des fonctions attendues est indiqué comme suit :

- **A - Incontournable**

Fonction directement liée aux besoins, elle doit être impérativement assurée

- **B - Importante**

Fonction utile mais pas à n'importe quel prix

- **C - Souhaitable/Optionnelle**

Pratique ou de confort, la fonction ne sera retenue que si elle n'engendre pas de coût ou de modifications importants.

¹ Cocher si le document est joint au cahier des charges.

Diffusion Externe	Référence 2026-0013	Version 1	Date 19/02/2026	Page 6/15
----------------------	------------------------	--------------	--------------------	--------------

Chaîne de traction 48V			
P	Fonctions attendues	Performances attendues	Acceptabilité min max
A	Tensions admissible batterie de traction après intégration dans BEV	Batterie 48V exploitable pour le roulage électrique sur la plage de tension 40V-60V	40V – 60V
A	Puissance admissible batterie de traction après intégration dans BEV	Batterie 48V exploitable pour le roulage électrique avec une puissance DC de 52 kW @40V	50 kW
A	Circuit de précharge du bus DC	Temps de précharge < 1s	0,5 – 2 s
A	Couple maximum à la roue	C _{max} = 1000 Nm @ 3000 rpm (machine électrique)	1000 Nm
A	Puissance maximale à la roue	P _{max} = 33 kW @ 3000 rpm / @48V alimentation DC	30 kW
A	Détection et isolation défaut batterie / eDrive	Temps de réaction < 100 ms	< 200 ms

Intégration mécanique/électrique/électronique			
P	Fonctions attendues	Performances attendues	Acceptabilité min max
A	Maîtrise du niveau de vibration de la chaîne de traction intégrée	Niveau vibratoire global $\leq 2 \text{ m/s}^2$ RMS mesuré au point de fixation principal de la chaîne de traction Absence de résonance mécanique critique dans la plage 20–500 Hz en fonctionnement nominal	+0.5 m/s ² RMS sans dégradation fonctionnelle Pics vibratoires ponctuels tolérés si durée < 0.5 s et hors zones de résonance identifiées
A	Compatibilité électromagnétique de la chaîne de traction intégrée au véhicule	Immunité CEM assurée sans défaut fonctionnel ni dégradation de performance. Niveaux d'émissions conduites et rayonnées compatibles avec un fonctionnement nominal des systèmes véhicule	Conformité aux niveaux limites définis par les normes applicables ou référentiels véhicule
A	Débit du circuit de refroidissement de la machine et de l'onduleur	12 L/min	8 – 16 L/min
A	Pression du circuit de refroidissement de la machine et de l'onduleur (absolu)	1,5 bar	1,2 – 2,5 bar

¹ La DSI IFPEN impose l'utilisation de l'antivirus sur tous les postes et s'occupe de son installation. Le produit utilisé par IFPEN est McAfee VirusScan 8.8 et le composant McAfee Agent 4.6. Le soumissionnaire devra préciser si des incompatibilités sont connues entre cet antivirus et le logiciel (ou application) proposé et/ou s'il nécessite des optimisations au niveau de son paramétrage pour en réduire l'impact.

Diffusion Externe	Référence 2026-0013	Version 1	Date 19/02/2026	Page 8/15
----------------------	------------------------	--------------	--------------------	--------------

Démonstrateur Véhicule			
P	Fonctions attendues	Performances attendues	
			Acceptabilité min max
A	Assurer la communication et l'échange d'information fiables entre ECU existantes et ECU des nouveaux composants	Conforme (Taux d'erreur et latences observées n'empêchent pas le correct fonctionnement du véhicule)	Conforme
A	Diagnostic embarqué : capacité à identifier, gérer et effacer les défauts des ECU	Logiciel avec interface vers ECUs véhicule	Conforme
A	Sécurité véhicule	Conformité aux normes 48V, sécurité électrique	Conforme
A	Coupure automatique du bus DC en cas d'ouverture / défaut	Tous les points de sécurité doivent interrompre la ligne avec un temps de réaction < 100 ms	Temps de réaction < 200 ms
A	Consommation accessoires (hors chauffage PTC/climatisation)	$P_{aux} < 500 \text{ W}$ en continu	+10%

Diffusion Externe	Référence 2026-0013	Version 1	Date 19/02/2026	Page 9/15
----------------------	------------------------	--------------	--------------------	--------------

Documentation technique			
P	Fonctions attendues	Performances attendues	Acceptabilité min max
A	Livraison de l'étude d'intégration par une présentation de synthèse (PHASE 1)	<ul style="list-style-type: none"> Synthèse de l'étude archivées sous format informatique (fichiers powerpoint) : Présentation qui résume les choix d'intégration de la chaîne de traction (mécanique/électrique/hydraulique) 	
A	Analyse des risques (PHASE 1)	<ul style="list-style-type: none"> Archivées sous format informatique (fichiers excel/powerpoint) : Identification des risques liés à l'intégration 	
A	Livraison de l'étude des pièces d'adaptation / plans faisceaux / interfaces électrotechniques des présentations de synthèse et documents de référence à la livraison de l'étude (PHASE 2)	<ul style="list-style-type: none"> Archivées sous format informatique (fichiers powerpoint, plans pdf). 	
A	Livraison de l'ensemble du code informatique et d'une présentation de synthèse à la livraison des passerelles de communication entre ECUs véhicule (PHASE 3)	<ul style="list-style-type: none"> Archivées sous format informatique (fichiers excel/powerpoint/dbc/code source). 	
A	Fourniture des présentations de synthèse à l'issue de l'intégration des composants IFPEN dans le véhicule (PHASE 4)	<ul style="list-style-type: none"> Archivées sous format informatique (fichiers excel/powerpoint). 	
A	Fourniture des acquisitions des grandeurs CAN pour l'ensemble des tests fonctionnels spécifiés à l'issue de la validation fonctionnelle du véhicule et de présentations de synthèse (PHASE 5).	<ul style="list-style-type: none"> Archivées sous format informatique (fichiers excel/powerpoint). 	

Diffusion Externe	Référence 2026-0013	Version 1	Date 19/02/2026	Page 10/15
----------------------	------------------------	--------------	--------------------	---------------

Prestations associées d'assistance, de support, ou de formation			
P	Fonctions attendues	Performances attendues	Acceptabilité min max
A	Assistance à l'exploitation du véhicule à IFPEN	Le Titulaire a en charge de mettre en œuvre l'ensemble des moyens et des ressources nécessaires au démarrage de l'Équipement jusqu'à la prononciation de la réception définitive.	
A	Formation des opérateurs IFPEN	Cette étape de formation aura pour résultat de former les utilisateurs à l'utilisation de l'Équipement.	

Diffusion Externe	Référence 2026-0013	Version 1	Date 19/02/2026	Page 11/15
----------------------	------------------------	--------------	--------------------	---------------

Prestations d'entretien, maintenance, SAV				
P	Fonctions attendues	Performances attendues		Acceptabilité min max
A	Garantie	<p>Durée minimale de garantie : 12 mois à compter de la date de réception qualitative, sans réserve, de l'Équipement.</p> <p>Au titre de la garantie, le Titulaire est tenu :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de maintenir l'Équipement en état de disponibilité, • de réaliser l'ensemble des opérations d'entretien préventif de l'Équipement, • de remplacer l'ensemble des matériels et pièces détachées livrés et reconnus défectueux, • de procéder à l'ensemble des actions nécessaires permettant la réparation des dommages et/ou le rétablissement des conditions normales d'utilisation. <p>Couverture : diagnostic, démontage, remplacement et remontage des parties reconnues défectueuses, et tous les frais afférents au déplacement du personnel, à l'emballage et au transport de matériel nécessaires à la remise en état de l'Équipement.</p> <p>Pendant la période de garantie, le Titulaire s'engage aux délais suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Délai de réponse assistance téléphonique : 24h • Délai d'intervention sur site : 48h • Délai de changement de pièce : à préciser par le fournisseur de manière contractuelle 		
	SAV	<p>Dans son offre, le soumissionnaire devra préciser le délai de prise en compte de toute demande ainsi que le délai de diagnostic.</p>		

4 Expression des contraintes

4.1 Législation, réglementation, normes en vigueur

L'Équipement fourni et les prestations assurées par le titulaire devront respecter la réglementation en vigueur.

4.2 Sécurité

La Sécurité est une préoccupation permanente de la Direction générale d'IFP Energies nouvelles. Le personnel appelé à travailler sur les sites d'IFP Energies nouvelles devra se conformer aux consignes définies dans les documents suivants :

- Mémo Sécurité des Entreprises Extérieures
- Ecart aux Règles d'Or

5 Livrables

Hypothèse T0 : 01/04/2026

Livrables	Libellé	Descriptif	Date
PHASE N°1	Etude d'intégration	Dossier technique complet (schémas, nomenclature, implantation des composants, plans des pièces), Analyse des risques	T0 + 1 mois
PHASE N°2	Pièces d'adaptation	Interfaces mécaniques / hydrauliques / électrotechniques. Faisceaux électriques conformes aux exigences et aux normes applicables	T0 + 3 mois
PHASE N°3	Validation fonctionnelle EE	Documentation technique	T0 + 5 mois
PHASE N°4	Rapport d'intégration véhicule	Documentation technique	T0 + 7 mois
PHASE N°5	Rapport de tests et validation fonctionnelle	Documentation technique	T0 + 9 mois

6 Modalités de réception de l'Équipement et des prestations associées

6.1 Réception en atelier/usine (FAT)

Ce jalon doit permettre à IFPEN de pouvoir constater le bon avancement des travaux liés à la conception de l'Équipement et sa conformité en regard des fonctionnalités et performances décrites au Cahier des Charges Fonctionnel.

Les tests à réaliser sont décrits ci-dessous :

Tests	Fonctions testées	Performances attendues	Conditions d'acceptabilité
Test n°1	Mise sous tension batterie	Tension conforme aux bornes de l'onduleur de traction / Stabilité tension	Selon les conditions définis au préalable par les deux parties.
Test 2 Procédure de démarrage / arrêt véhicule	Séquence de mise sous tension bus DC Fonctionnement du circuit de précharge Fermeture / ouverture des contacteurs bus DC Activation / désactivation eDrive Gestion des défauts au démarrage Arrêt normal et arrêt d'urgence Conformité communication entre ECUs	Absence de défauts Temps de démarrage véhicule ≤ 2 s Temps de précharge bus DC ≤ 0.2 s Arrêt véhicule sans à-coup ni défaut résiduel	Absence de défauts bloquants
Test 3 Mise hors tension sur défaut	Arrêt d'urgence	Tous les interlocks bus DC fonctionnels Mise hors tension bus DC $t \leq 200$ ms en arrêt d'urgence	Absence de défauts bloquants
Test 4 Roulage véhicule	Fonctionnement en charge Pilotage transmission bi-rapport	Vitesse max atteinte sans défaut. Vibrations / bruit dans limites acceptables Changement de rapport réalisé selon préconisations IFPEN Stabilité couple/vitesse Comportement répétable.	Cf Spécifications demandées

6.2 Réception in situ (SAT)

Les tests de réception associés à cette étape s'effectueront sur le site IFP Energies nouvelles selon les conditions opératoires définies ci-dessous :

Tests	Fonctions testées	Performances attendues	Conditions d'acceptabilité
Test n°1 Validation véhicule	Inspection & intégrité post-transport	Aucun point bloquant visible à l'extérieur du véhicule et à l'intérieur. Aucun défaut bloquant Versions SW conformes	Véhicule roulant sans défaut. Version IFPEN chargée dans le Soft.
Test n°2 Roulage Véhicule sur banc à rouleaux	Transmission de couple et puissance Communication inter-ECU en dynamique Gestion thermique chaîne de traction Stabilité contrôle moteur / onduleur Détection et gestion des défauts en charge	Fonctionnement stable jusqu'à 100 % puissance nominale. Roulage continu ≥ 60 min sans défaut critique Température composants < limites définies. Absence de coupure durant les tests.	Puissance nominale : 30 kW. Roulage continu ≥ 60 min sans défaut critique Température composants < limites définies. Absence de coupure durant les tests.
Test n°3 Roulage Véhicule sur route	Fonctionnement global chaîne de traction en conditions réelles Interaction avec systèmes véhicule (freinage, traction, ABS/ESP) Robustesse mécanique, thermique et électrique Diagnostic et gestion des défauts en usage réel	Démarrage / arrêt répétés sans défaut Accélérations conformes aux attentes Absence de défaut critique en roulage Températures stabilisées en conditions réelles Comportement véhicule jugé maîtrisé	Parcours ≥ 20 km sans défaut critique Aucun passage en mode dégradé non commandé Aucune alerte sécurité Bus DC

IFPEN s'engage à réaliser les tests SAT sous 60 jours à réception des pièces par le Titulaire

La réception définitive est prononcée après signature par IFP Energies nouvelles du Procès-Verbal de réception.

La réception telle que définie ci-dessus entraîne le début de la période de garantie.

7 Conditions Logistiques

7.1 Planning prévisionnel de réalisation attendu

	04/2026	05/2026	06/2026	07/2026	08/2026	09/2026	10/2026	11/2026	12/2026
PHASE 1									
PHASE 2									
PHASE 3									
PHASE 4									
PHASE 5									

Livrables : cf. section 5

7.2 Adresse de livraison

IFP Energies nouvelles, 1 - 4 Avenue de Bois Préau, 92500 Rueil-Malmaison, France

7.3 Emballage - Transport - Livraison

7.3.1 Emballage - Transport

Le Titulaire prend à sa charge :

- le transport de l'Équipement et de ses accessoires, depuis ses ateliers jusqu'au lieu de livraison indiqué sur la commande.
- L'assistance de la prise en main du véhicule sur le site de l'IFPEN

7.3.2 Déchargement – Manutention – Transfert intra site IFPEN

Dès lors que le Titulaire est en charge de l'installation de l'Équipement, ainsi que dans les cas de conditions particulières de chargement, déchargement ou manutention, celui-ci devra assurer :

- la livraison de l'Équipement sur son lieu d'utilisation, la personne assurant la livraison devra au préalable se présenter au service Réception et remettre le bordereau de livraison,
- les opérations de déballage de l'Équipement.