

PROJET VIRTUOZ

DOCUMENT DE SPÉCIFICATIONS FONCTIONNELLES ET TECHNIQUES

LOT 1 ROBOTISATION

Glossaire

- Ramping ou rampage : comportement d'avancement automatique à basse vitesse lorsque la marche avant est engagée.
- Robomobiliste : Conducteur expérimental

Abréviations & Définitions

- DBW : Drive by Wire
- IPC : Industrial Personal Computer
- API : (Interface de Programmation d'Application, ou Application Programming Interface
- CAN : Controller Area Network
- DBC : DataBase CAN
- NDA : Accord de non-divulgence. Non-Disclosure Agreement
- IHM/HMI : Interface Homme-Machine / Human-Machine interface
- P-R-N-D : Commandes de transmission (Parking – Reverse – Neutral – Drive)
- RHD : Right Hand Drive (Véhicule à conduite à droite)
- ECU : Electronic Control Unit
- AD : Autonomous Driving

Table des matières

1.	Introduction.....	5
1.1.	Contexte et objectifs du projet.....	5
1.2.	Portée du projet	5
1.3.	Parties prenantes sur les lots de travaux.....	6
1.4.	Références normatives et réglementaires	6
2.	Objectifs et périmètre	6
2.1.	Description générale / Définition du scope de la robotisation	6
2.2.	Intégration/Interdépendance avec les autres lots (Architecture E/E, cockpit, instrumentation)	7
3.	Spécifications fonctionnelles.....	7
3.1.	Modes de conduite	7
3.2.	Contrôle longitudinal	8
3.3.	Contrôle latéral.....	9
3.4.	IHMs de conduite.....	9
3.5.	Sécurité, reprise de contrôle immédiate par le conducteur et sûreté de fonctionnement.....	10
3.6.	Détection et gestion de défauts (capteurs/actionneurs).....	11
3.7.	Réversibilité du système.....	11
3.8.	Diagramme système	12
4.	Spécifications techniques.....	12
4.1.	Architecture physique	12
4.1.1.	Topologie du câblage partie commande	12
4.1.2.	Topologie du câblage partie alimentation électrique	13
4.1.3.	Implantation et encombrement des composants, calculateurs et capteurs.	13
4.2.	Exigences techniques	15
4.2.1.	Actionneurs pédales d'accélérateur et frein.	16
4.2.2.	Actionneur de direction.	16

4.2.3.	Interfaces, commandes, messagerie calculateurs/actionneurs/capteurs.	
	16	
4.2.4.	Cybersécurité.....	17
4.3.	Dossier technique, recette et tests	17
4.4.	Prise en charge et restitution des véhicules.....	18
4.5.	Garanties, maintenance et service après-vente	18
4.6.	Planning	18

1. Introduction

1.1. Contexte et objectifs du projet

Dans le cadre de l'Equipex+ Tirrex financé *via* des investissements d'avenir et de France 2030, le laboratoire Heudiasyc est le partenaire leader du volet « véhicules intelligents » avec 4 autres laboratoires CNRS et 2 équipes INRIA. L'objectif du projet, à terme, est de bénéficier d'une plateforme de recherche nationale sur la thématique des véhicules intelligents et en particulier du véhicule autonome privatif, partenaire de conduite.

La plateforme sera composée dans un premier temps de deux véhicules appelés « Virtuoz » avec conduite à droite (RHD), de type Renault Scenic E-Tech de série. Ces véhicules sont robotisés et instrumentés pour mener des expérimentations de recherche.

À bord d'un Virtuoz, trois personnes peuvent être impliquées lors des expérimentations :

- Un conducteur de sécurité assis à l'avant droit et en charge de la sécurité des expérimentations. Il a accès aux commandes d'origine du véhicule en RHD et à l'arrêt d'urgence. Sa présence est obligatoire ;
- Si besoin (dans le cas de la conduite partagée), un conducteur expérimental (appelé aussi « Robomobiliste ») assis à l'avant gauche et en DBW, avec un cockpit interactif qui est la personne expérimentant de nouvelles façons de conduire ;
- Si besoin, un expérimentateur (appelé aussi opérateur) assis à l'arrière qui gère les expérimentations (démarrage des systèmes, enregistrements, etc.) et suit les protocoles expérimentaux.

1.2. Portée du projet

Les expérimentations de recherche seront les plus versatiles possibles dans le domaine de la navigation autonome (développement de systèmes de perception, de décision ou de contrôle), avec une ouverture vers les sciences humaines et sociales (cogniticiens, ergonomes, psychologues de la conduite, etc.). Les expérimentations pourront être réalisées sur un site propre sécurisé ou bien sur routes ouvertes à la circulation publique.

Les plateformes techniques (véhicules) seront accessibles au niveau national aux laboratoires de recherche travaillant sur ces thématiques.

Les spécifications, développements, documentations et plans seront publics pour toute structure académique souhaitant dupliquer la plateforme.

1.3. Parties prenantes sur les lots de travaux

- Laboratoire Heudiasyc - UMR CNRS 7253 – Université de Technologie de Compiègne (UTC)
- Laboratoire Cristal - UMR CNRS 9189 – Université de Lille
- Institut Pascal – UMR CNRS 6602 – Université Clermont Auvergne (UCA)

1.4. Références normatives et réglementaires

- ISO 26262 : Sécurité fonctionnelle
- ISO 21434 : Véhicules routiers — Ingénierie de la cybersécurité
- ECE-R10 : Exigences de compatibilité électromagnétique (CEM) applicables aux véhicules et à leurs composants électriques et électroniques

2. Objectifs et périmètre

2.1. Description générale / Définition du scope de la robotisation

- Permettre à un système extérieur (ordinateur embarqué IPC) d'accéder aux fonctions d'accélération, freinage et direction,
- Fournir une interface de conduite drive-by-wire (DBW),
- Intégrer une/des commande(s) haptique(s) (type joystick, par exemple) qui équipera le cockpit de conduite expérimental qui fait l'objet du lot 2, et qui pourrait utiliser l'interface de conduite pour s'interfacer avec le véhicule.
- Le système de robotisation bas niveau (qui pilote les actionneurs) doit être piloté par un IPC embarqué selon les modes de conduite listés plus loin.

2.2. Intégration/Interdépendance avec les autres lots (Architecture E/E, cockpit, instrumentation)

Le répondant veillera à ce que la solution et les équipements proposés dans le cadre du présent lot soit intégrable et puisse être interfacée avec les aménagements et précâblages prévus au lot 2 ainsi qu'avec les équipements embarqués complémentaires prévus au projet (PC embarqué avec interfaces CAN et ethernet, équipements réseaux, système GNSS, etc(cf document SYNTHESE_VIRTUOZ)).

Lot 2 – Cockpit interactif et habitacle	Intégration dans l'architecture du cockpit et interfaçage avec son précâblage développé et mis en œuvre dans le lot 2
Lot 2 - Cockpit interactif et habitacle	Installation des systèmes de DBW dans le coffre arrière
Instrumentation/Équipements embarqués	IPC embarqué – Spécifications / Performances / Interfaces / Système d'exploitation

3. Spécifications fonctionnelles

3.1. Modes de conduite

- En mode pilotage manuel par le conducteur de sécurité avec la fonction de conduite d'origine du véhicule (installation de série).
- En mode pilotage manuel par le Robomobiliste (conducteur expérimental) avec la solution de robotisation DBW.
- En mode de conduite partagée (ou encore mode de conduite coopératif), les consignes sont envoyées par l'IPC embarqué à la solution de robotisation pilotant les actionneurs.
- En mode de conduite partagée ou en mode de pilotage manuel par le conducteur expérimental, le véhicule doit pouvoir évoluer en continu depuis des vitesses de -10km/h (marche arrière lente sur des applications de parking automatisé par exemple) jusqu'à des vitesses d'évolution d'a minima 90 km/h.

- En mode de conduite partagée, le système doit permettre de n'engager que le contrôle longitudinal seul (le contrôle latéral reste piloté par le conducteur expérimental).
- En mode de conduite partagée, le système doit permettre de n'engager que le contrôle latéral seul (le contrôle longitudinal reste piloté par le Robomobiliste - conducteur expérimental).
- En mode conduite autonome, le système doit permettre d'engager le contrôle latéral et le contrôle longitudinal.

Que ce soit en mode de pilotage par le Robomobiliste (conducteur expérimental) via la solution de robotisation DBW ou en mode de conduite partagée via l'IPC embarqué, toutes les commandes doivent être concentrées vers l'IPC embarqué qui assurera un rôle de contrôle partagé et qui gèrera le partage d'autorité.

Le système de robotisation proposé ne doit pas remettre en cause l'homologation du véhicule.

3.2. Contrôle longitudinal

La commande d'accélération DBW doit pouvoir utiliser toute la capacité d'accélération du véhicule.

La commande de freinage DBW doit pouvoir utiliser toute la capacité de décélération et de freinage du véhicule.

Le système doit permettre d'exploiter toute la plage de vitesse de -10km/h à 90km/h minimum ce qui implique que. :

- Les fonctions de transmission « P-R-N-D » doivent pouvoir être pilotées par l'IPC embarqué.
- Le ramping doit être géré.

Les fonctions de frein de parking/frein de secours doivent pouvoir être pilotées par l'IPC embarqué.

Les informations proprioceptives liées au déplacement longitudinal doivent être accessibles grâce à l'API (odométrie / vitesse des roues, gyromètre ESP, ...) ainsi que les consignes appliquées aux véhicules (accélération, freinage).

La messagerie CAN ou les APIs permettant de piloter le contrôle longitudinal devront pouvoir être partagés entre les utilisateurs potentiels du véhicule (sous couvert d'un NDA si requis). L'API (qui pourrait prendre la forme d'une bibliothèque C++ permettant d'envoyer les consignes au véhicule, de recevoir les informations du véhicule et de piloter les accessoires) devra être fournie.

3.3. Contrôle latéral

La direction doit pouvoir être contrôlée sur toute la plage possible du véhicule

Les informations relatives au couple appliqué par l'actionneur au volant/direction doivent pouvoir être disponibles et communiquées au système embarqué.

La commande de direction robotisée doit fournir les informations nécessaires pour assurer un retour haptique au conducteur expérimental.

Les informations relatives à l'angle de braquage des roues par rapport au point milieu de la direction, ainsi que l'information du couple appliqué au volant par le conducteur de sécurité (qui souhaite reprendre la main, par exemple) doivent être disponibles et communiquées au système embarqué via l'API

La messagerie ou les APIs permettant de piloter le contrôle longitudinal devront être partagées sous couvert d'un NDA si requis.

3.4. IHMs de conduite

Une IHM doit permettre au conducteur expérimental (via un joystick ou sur une boîte à boutons) d'indiquer ses décisions (ex : engagement/désengagement du système autonome, décision de manœuvre, etc.).

Une IHM dédiée doit permettre de commander les fonctions « secondaires » telles que : clignotants, essuie-glaces, phares, avertisseur sonore. Les messageries/trames CAN relatives à ces fonctions doivent être mises à disposition pour permettre de les piloter également par l'IPC embarqué.

Si une pédale d'accélérateur est proposée dans la solution de robotisation, celle-ci doit idéalement proposer un retour d'effort haptique.

Des commandes DBW (direction, accélération, freinage) basiques doivent être prévues et faire parties intégrantes du présent lot (Lot 1 robotisation).

Différentes interfaces complémentaires et interchangeables devront être proposées afin de multiplier les possibilités d'expérimentations : Volant ↔ joystick ↔ guidon, tous avec retour de force. La solution DBW qui sera retenue devra être opérationnelle.

3.5. Sécurité, reprise de contrôle immédiate par le conducteur et sûreté de fonctionnement

En mode de conduite partagée, le conducteur de sécurité doit pouvoir appliquer des commandes d'accélération, de freinage ou de volant temporaires qui lui permettent de garder le contrôle du véhicule en cas de besoin via les commandes d'origine du véhicule.

Un système d'indication visuelle extérieure doit pouvoir permettre au conducteur expérimental et au conducteur de sécurité d'avoir connaissance du mode de fonctionnement engagé :

- Véhicule piloté par les commandes d'origine du véhicule uniquement par le conducteur de sécurité (« *Manual mode* ») ;
- Véhicule piloté en mode manuel DBW par le conducteur expérimental (« *Manual DBW mode* ») ;
- Véhicule piloté en conduite partagée via le système embarqué (« *Shared control Mode* »).

Cette information visuelle doit être explicite, intuitive et très visible (feux, barres de LED, etc).

Le mode de conduite partagée piloté par le système embarqué, ne peut être activé que si le conducteur de sécurité applique un effort sur la pédale de frein. Il n'est pas demandé de vérifier que l'éventuel conducteur expérimental est bien assis sur le siège avant gauche.

L'application d'une consigne de freinage par le conducteur de sécurité sur la pédale de frein d'origine du véhicule doit désengager le mode de pilotage de conduite partagée. Le couple de freinage exercé par le conducteur de sécurité sur la pédale de frein d'origine du véhicule doit être supérieur au couple que le système de DBW peut appliquer. En d'autres termes, le conducteur de sécurité doit pouvoir toujours arrêter le véhicule.

L'application d'une consigne de direction par le conducteur de sécurité sur le volant d'origine du véhicule doit désengager le mode de pilotage de conduite partagée. Dans ce cas, le seuil de couple appliqué par le conducteur de sécurité pour désengager le mode de pilotage robotisé doit pouvoir être configurable. Si le conducteur expérimental est en « *Manual DBW mode* », le conducteur de sécurité doit toujours être en capacité de maîtriser le contrôle latéral, c'est-à-dire pouvoir appliquer un couple sur le volant mécanique plus important que celui généré par le DBW. Ainsi, le couple maximum appliqué par l'actionneur du DBW sur la colonne de direction doit lui aussi être configurable.

Un dispositif d'arrêt d'urgence permettant de tout désactiver doit être intégré, type arrêt « coup de poing » ou tout autre solution d'arrêt d'urgence intuitive.

Les fonctions de pilotage des contrôles longitudinal et latéral ne doivent pas nécessairement répondre à un niveau ASIL spécifique. Cependant, il est demandé de préciser le niveau ASIL

que la solution proposée peut atteindre ainsi que les redondances proposées (actionneurs, bus de communication, alimentation électrique...).

Les bus de communication pilotant la solution de robotisation doivent être distincts des bus de communication d'origine du véhicule. Seules les fonctions liées au pilotage de la transmission (P-R-N-D), frein de parking et fonctions secondaires (clignotants, phares, avertisseur sonore...) seront en lien direct avec les bus de communication d'origine du véhicule.

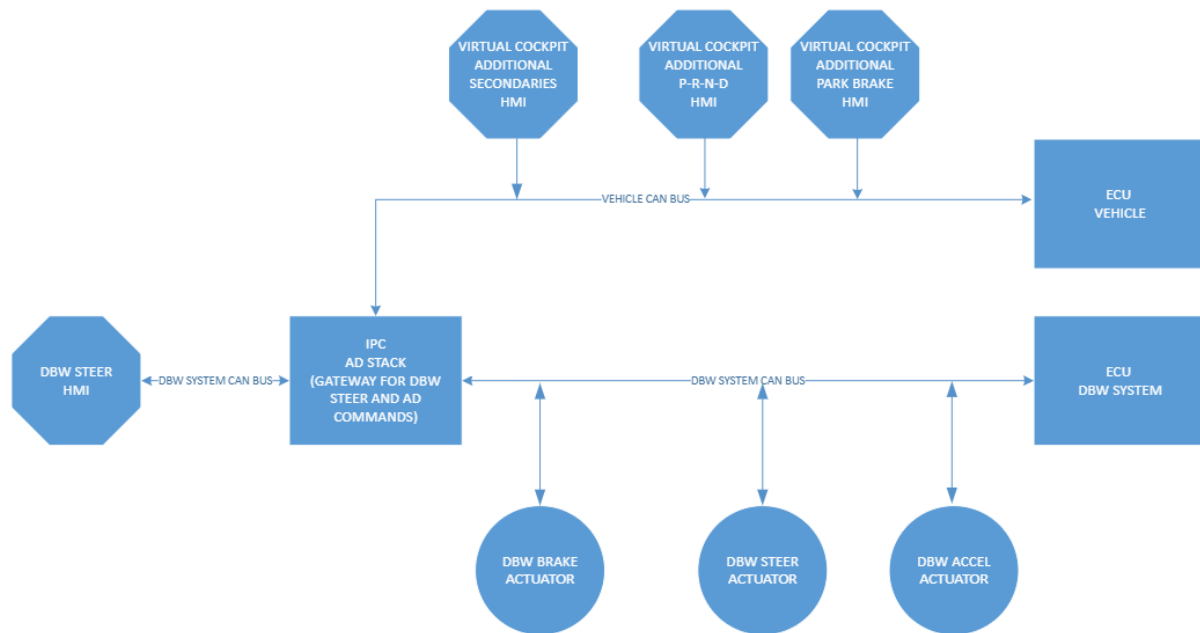
3.6. Détection et gestion de défauts (capteurs/actionneurs)

Les différents composants, capteurs et actionneurs de la solution robotisée doivent pouvoir être monitorés avec possibilité d'afficher un tableau de bord d'état/alerte/défaut des composants. Leur état doit pouvoir être exploité par le système embarqué de pilotage et doit donc être rendu disponible et décodable sur un bus de communication accessible au reste du système.

3.7. Réversibilité du système

La solution de robotisation souhaitée est une solution réversible (permettant de retrouver l'état standard du véhicule). Elle pourrait par exemple être basée sur des composants DBW « add on » du type de ceux proposés par des acteurs comme : BOZZIO, PARAVAN, SONCEBOZ, ARNOLD G, ...). Cette liste est utilisée à titre illustratif et n'est pas exhaustive. Elle ne constitue en aucun cas un shortlist de fournisseurs potentiels. Le répondant a toute latitude de proposer la solution qu'il jugera la plus pertinente.

3.8. Diagramme système



4. Spécifications techniques

4.1. Architecture physique

4.1.1. Topologie du câblage partie commande

Le câblage de la partie commande du système de robotisation DBW devra être complètement intégré au véhicule dans les règles de l'art en évitant tout câble apparent.

Le répondant devra préciser le nombre et les caractéristiques techniques des interfaces de bus de communication nécessaires à l'intégration d'un IPC embarqué dans le système DBW (CAN...).

4.1.2. Topologie du câblage partie alimentation électrique

Le câblage de la partie alimentation électrique du système de robotisation DBW devra être complètement intégré au véhicule, dans les règles de l'art en évitant tout câble apparent.

Le réseau d'alimentation électrique devra être protégé contre les surintensités.

Les équipements de protection et/ou boîtes à fusibles devront être accessibles facilement pour toute action de maintenance ou de diagnostic.

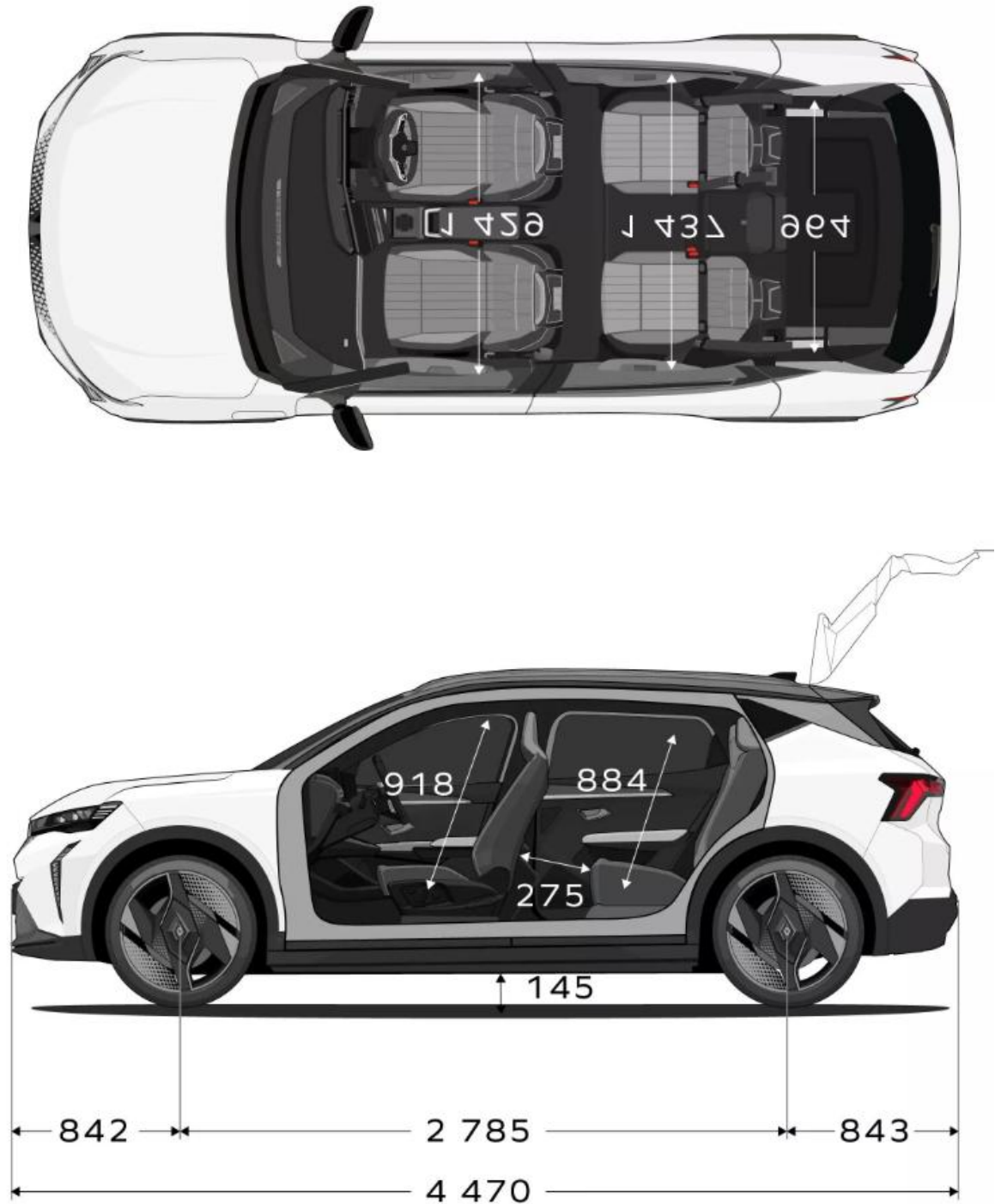
Le répondant devra fournir un tableau récapitulatif ou bilan de puissance de l'ensemble du système.

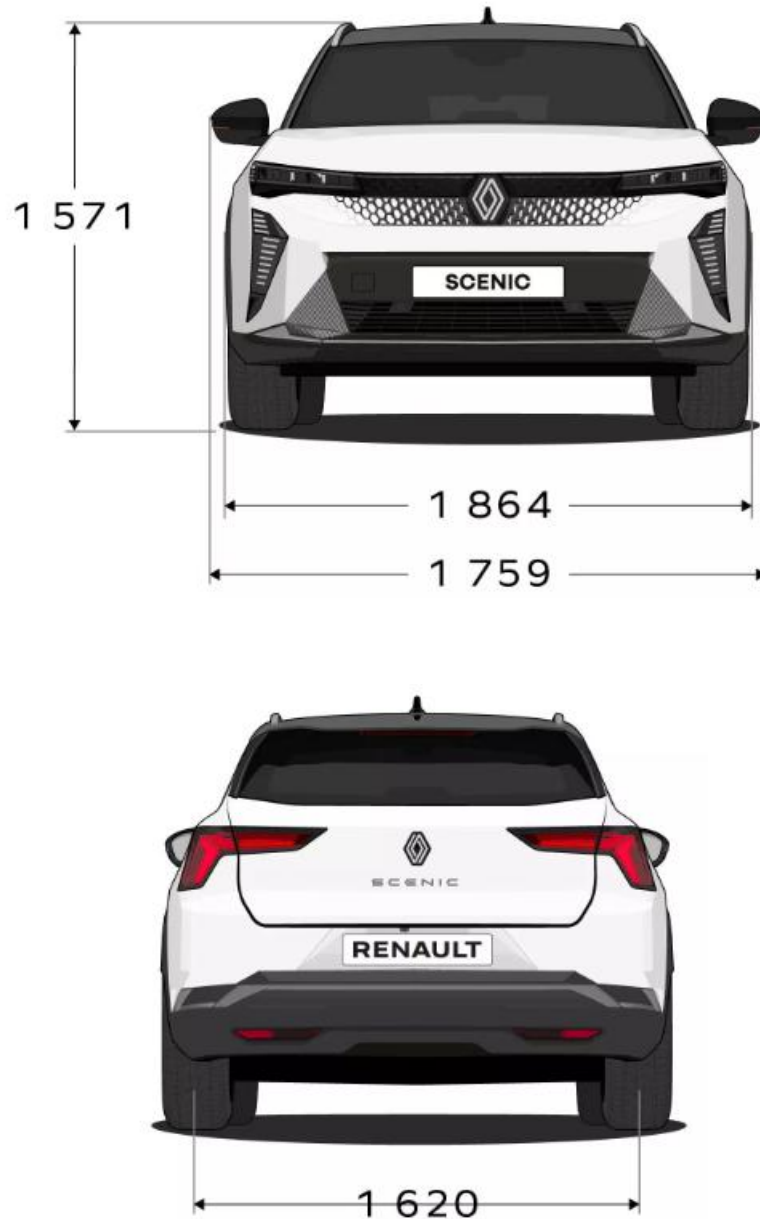
4.1.3. Implantation et encombrement des composants, calculateurs et capteurs.

Le répondant doit garder à l'esprit que les véhicules expérimentaux sont des véhicules à conduite à droite (RHD) et que le siège de gauche constituera le poste de conduite/cockpit expérimental interactif et modulable. Cet espace (siège avant gauche et partie de planche de bord qui lui fait face) doit rester libre pour intégrer les équipements et interfaces prévus dans ce cockpit expérimental qui fait l'objet du Lot 2.

Par ailleurs, le coffre sera équipé d'équipements réseau, d'un IPC embarqué, d'instrumentation diverse. Par conséquent, cet espace aura une disponibilité limitée pour accueillir par exemple les batteries d'alimentation du système DBW.

Ainsi, le répondant précisera sur un plan les espaces d'implantation des divers modules, actionneurs et batteries d'alimentation. Si un espace devait devenir trop confiné, un système de ventilation devra être prévu afin de garantir des températures de fonctionnement acceptables.





4.2. Exigences techniques

Les composants de la solution de robotisation DBW doivent être conformes à la norme ECE-R10.

Le répondant devra préciser le système d'exploitation sur lequel les logiciels de configuration/calibrage/et monitoring des composants du système DBW peuvent fonctionner (Windows, Linux...).

4.2.1. Actionneurs pédales d'accélérateur et frein.

Les actionneurs et/ou ECU doivent permettre l'utilisation de toute la plage ou amplitude d'accélération et de freinage du véhicule.

Le module d'accélération doit permettre l'utilisation du protocole SENT.

La fonction de freinage doit pouvoir être contrôlée en position ou en force/couple appliqué.

Les systèmes et platines de fixation devront être complètement intégrés et ne pas endommager l'intégrité structurelle/mécanique du véhicule.

4.2.2. Actionneur de direction.

Une consigne devra pouvoir être donnée à minima en position angulaire ou éventuellement en couple.

La réponse à une sollicitation d'angle volant doit se faire avec une latence maximale de 50ms.

La vitesse angulaire d'orientation des roues doit être supérieure à 40° par seconde.

4.2.3. Interfaces, commandes, messagerie calculateurs/actionneurs/capteurs.

Le répondant doit être en mesure d'assurer la rétro-ingénierie de la messagerie CAN du véhicule afin de pouvoir :

- identifier les trames et les messages CAN correspondant au « Top roue », la vitesse, le sens de rotation, et la position angulaire instantanée de la roue.
- identifier les trames et les messages CAN correspondant aux fonctions secondaires du véhicule (pilotage des phares/feux de signalisation, clignotants, essuie-glaces, avertisseur sonore).
- identifier les trames et les messages CAN correspondant au pilotage de la transmission pour les fonctions P-R-N-D.
- identifier les trames et les messages CAN correspondant au frein de parking.

Le répondant devra utiliser ces informations pour proposer des IHM ergonomiques et intuitives (boîte à boutons ou toute autre proposition) pour piloter ces fonctions en mode pilotage par le conducteur expérimental via le système DBW.

Toutes ces trames et messages CAN devront également être fournis au format DBC pour utilisation en mode de conduite AD via le stack AD qui sera intégré sur l'IPC embarqué.

4.2.4. Cybersécurité.

Une conformité à la norme ISO 21434 n'est pas exigée. La solution doit même pouvoir permettre des tests d'intrusion ou de perturbation du système.

4.3. Dossier technique, recette et tests

4.3.1 Dossier technique

Un dossier technique devra être fourni.

Ce dossier contiendra a minima

- Fiches techniques des composants
- Plan de câblage
- Plan d'intégration

4.3.2 Cahier de recettes et plan de tests

L'attributaire du lot devra proposer :

- **Cahier de recette** : Document principal regroupant tous les tests à effectuer pour vérifier la conformité du système aux besoins fonctionnels et techniques. Il contient :
 - Introduction, objectifs, contexte et portée des tests
 - Planification et stratégie de tests (types de tests, environnement, ressources)
 - Description détaillée des cas de tests (scénarios, prérequis, données d'entrée, résultats attendus)
 - Résultats obtenus et suivi des anomalies

- Synthèse et approbations finales
- **Plan de tests** : Document qui précise les conditions d'application, les rôles des personnes impliquées, le planning, et la méthodologie pour exécuter les tests.

4.4. Prise en charge et restitution des véhicules

Le répondant devra inclure dans son offre les frais de prise en charge des véhicules dans les ateliers du répondant ou de son/ses sous-traitants ainsi que les frais éventuels de restitution des véhicules.

La livraison des véhicules devra être effectuée dans les six (6) mois au maximum après la notification du marché.

4.5. Garanties, maintenance et service après-vente

Le répondant indiquera dans son offre les durées de garantie, les modalités de prise en charge, et inclura une offre forfaitaire de maintenance et service après-vente de 3 ans après la livraison et la recette des livrables.

Le répondant distinguera la garantie contractuelle d'un an minimum (pour laquelle les conditions devront être précisées pour les différents équipements, matériels et prestations) et le contrat de maintenance qui couvrira, pour une durée de 3 ans à compter de la validation des tests, l'entretien et le dépannage des équipements, l'installation pour assurer leur bon fonctionnement ainsi que l'accès aux éventuelles mises à jour logicielles.

4.6. Planning

Les travaux d'étude, de réalisation/d'intégration, les tests ainsi que la recette et validation des « services faits » devront absolument être terminés pour la mi-novembre 2026.

