



# Expérimentation du véhicule routier automatisé

## Valet de parking automatisé

Expérimentation pilotée par :



Opération réalisée avec le concours  
des Investissements d'avenir de  
l'Etat confiés à l'ADEME

## Valet de parking automatisé

### Description de l'expérimentation / du service

**Localisation :** Ile de France

**Organisation des acteurs :**

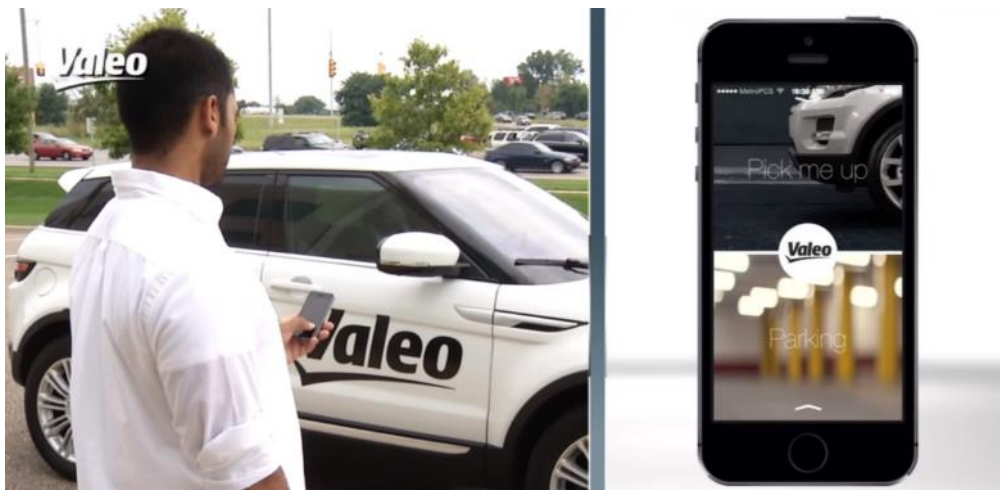
- Pilote(s) de l'expérimentation : Valeo, co-pilote : Renault
- Autres partenaires impliqués (territoriaux notamment) : -
- Cadre de financement : AAP EVRA – Opération réalisée avec le concours des Investissements d'avenir de l'Etat confiés à l'ADEME

**Type de service :** passagers

**Type de zone / parcours :** stationnement collectif (public ou privé)

**Description de l'expérimentation ou du service :**

Le service Automated Valet Parking (AVP) vise à réaliser de façon automatisée, à partir d'une zone de dépose du véhicule, les tâches fastidieuses de recherche de place et de stationnement dans des infrastructures de parkings. Le service AVP réalise cette tâche également en sens inverse, c'est à dire la sortie du véhicule de sa place de parking jusqu'à la zone de reprise du véhicule.



*Figure 1 : Service Automated Valet Parking et son application smartphone*

Les avantages liés à ce service AVP sont

- Pour le conducteur :
  - Gain de temps pour déposer et reprendre son véhicule
  - Moins d'effort et de stress pour personnes à mobilité réduite ou lorsqu'on transporte des enfants ou bagages ou paquets

Sécurisation de l'opération de stationnement : accrocs de carrosserie (contacts avec poteaux ou barrières, plus besoin d'ouvrir les portes, plus de chariot circulant dans les parkings, etc.)

- Pour l'opérateur du parking :
  - Sécurisation de l'opération de stationnement :
  - Moins d'accident avec des personnes circulant dans les parkings
  - Réduction du coût OPEX du parking avec plus de véhicules stationnés à surface identique
  - Meilleur usage des terrains avec possibilité de stationner les véhicules sur un terrain éloigné
  - Possibilité d'intégrer de nouveaux services comme livraison de colis dans le coffre du véhicule, nettoyage de la carrosserie, recharge électrique.

Il existe deux manières de réaliser cette fonction: type 1, dite "smart vehicle", où la voiture est équipée des capteurs et du calculateur nécessaires pour se situer dans l'environnement, classifier les objets et potentiels obstacles, identifier une place libre et calculer la trajectoire - c'est à dire opérer l'opération de stationnement en toute autonomie - et type 2, dite "smart infrastructure" où c'est le parking qui dispose des capteurs (notamment de très nombreuses caméras) pour communiquer les instructions au véhicule qui de ce fait ne plus être que connecté.

Valeo travaille depuis 2012 sur le service AVP, et contribue aux travaux de l'ISO 23374 visant à standardiser cette fonction catégorisée 'Automated Driving Level 4'.

Au début du projet SAM, Valeo et Renault ont réalisé des essais préliminaires avec une architecture système de type 1 'smart vehicle'. Mais la plupart des OEMs et Tier1 travaillant sur cette fonction, nous avons ensuite travaillé et démontré la fonction AVP avec une architecture système type 2 'smart infrastructure'. Celle-ci présente en effet l'avantage d'être déployable à plus court terme, en n'étant pas tributaire des taux d'équipements des voitures : elles doivent être connectées, c'est tout.

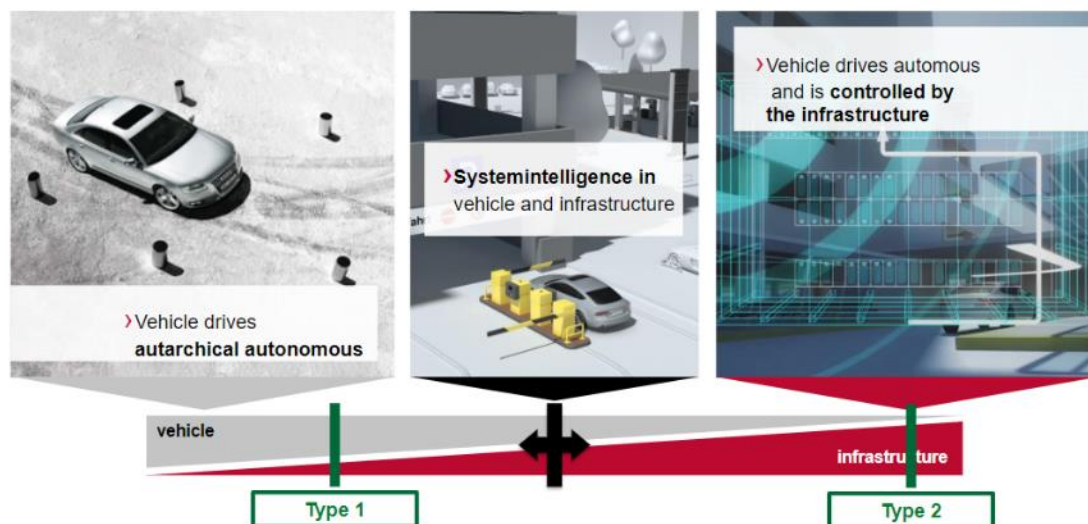


Figure 2 : Service Automated Valet Parking – ISO 23374 type 1 et type 2

La fonction permet au conducteur de laisser la voiture à une zone prédéfinie par exemple en entrée / sortie de parking, d'activer la fonction et de quitter les lieux, alors que la voiture se gare toute seule sans personne à bord. Dès qu'il le souhaite, il lui suffit, via une application dédiée sur son smartphone, "d'appeler" sa voiture que celle-ci retourne à une place également prédéfinie.

Pour cela, le système qui comprend des équipements et logiciels sur le véhicule et aussi dans l'infrastructure du parking était à déterminer. Nos recherches se sont donc tournées vers :

- L'ingénierie système
- Le scénario technique à bord du véhicule, ainsi que
- Le scénario technique dans l'infrastructure qui permet la réalisation de la fonction envisagée.

Nous avons accordé une importance particulière à la réalisation de la partie contrôle latérale et longitudinale qui permet au véhicule de se garer sans personne à bord sur la place de parking, en toute sécurité.

**Zone d'expérimentation :**

- Longueur et description du parcours (ex : types de voies, intersections, éléments saillants, etc.) : parking R-1 du bâtiment Valeo VMTC situé au 6 rue Daniel Costantini, 94000 Créteil. Longueur du parking 142m, largeur 35m. Parking du personnel Valeo, équipé de zones pour personnes handicapées, et de bornes de recharge pour véhicules électriques.
- Cartographie : Une cartographie 2D du parking a été réalisée, avec ses zones de dépose/reprise, les places de stationnement, les infrastructures du bâtiment, la position et les identifiants des marqueurs Aruco. La carte du parking est référencée en relatif par rapport à une origine liée à la structure du bâtiment.

**Eléments de volumétrie :**

- Nb de jours d'expérimentation du service : 7 jours
- Nb de véhicules testés : 1
- Nb de km prévus et parcourus : environ 150 manœuvres dépose/reprise véhicule
- Nb d'utilisateurs ou d'usagers transportés : 4

**Description des véhicules :**

- Renault :  
Le véhicule Renault qui a été utilisé est un **prototype Espace phase 2**. Ce prototype a bénéficié grâce à des études métiers menées avant le démarrage du projet FOT Valet Parking pour SAM d'une préparation à l'emploi pour des systèmes de parking autonome. Un set de capteurs de série pour fonctions ADAS de Valeo a été intégré avec quatre corner-radars, une ceinture de 12 capteurs ultrasons et quatre caméras 'Around View Monitor'. Un écran de 9 pouces, un boîtier télématique wifi/4G ainsi qu'une unité de commande électronique 'Automated Parking Gen3' de Valeo avec une intelligence dédiée aux fonctions parking ont également été intégrés sur le véhicule d'essais.

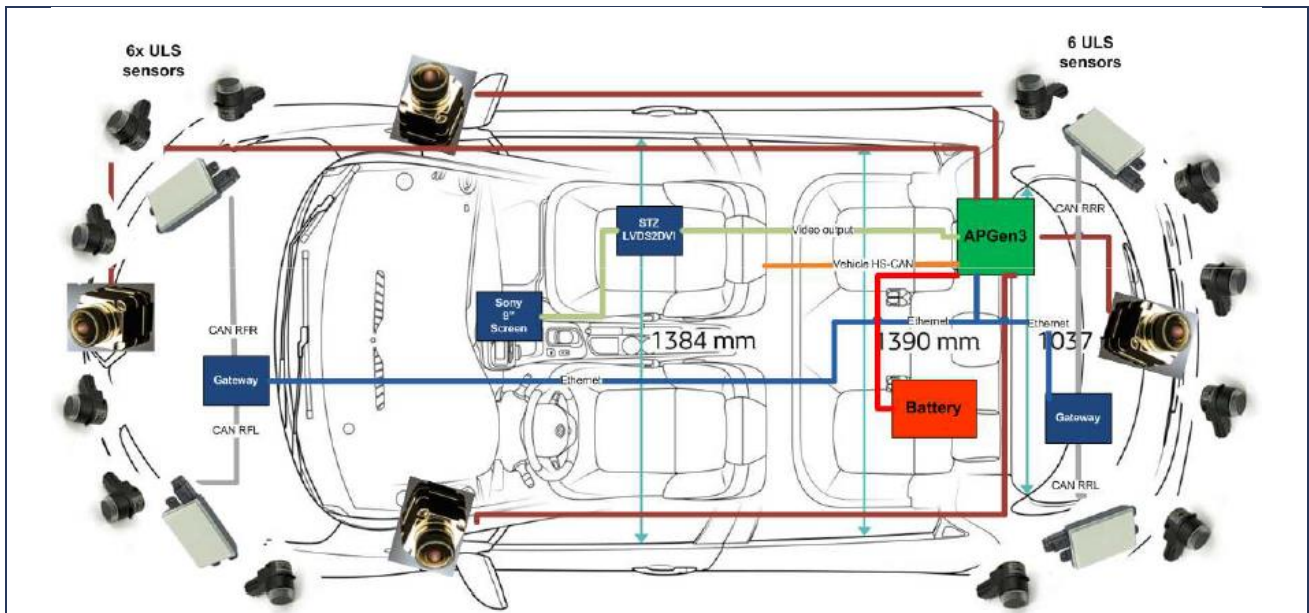


Figure 3 : Implantation des capteurs ADAS dans le véhicule Renault Espace



Figure 4 : Instrumentation et IHM du véhicule

Basé sur un véhicule proche de la série, le prototypage nécessitait de créer une passerelle pour prendre la main sur des actionneurs en utilisant des algorithmes et machines d'état développés pour la conduite autonome en basse vitesse.

### Description de l'infrastructure et des équipements déployés

Trois types d'infrastructure ont été équipés : le centre d'essais de Renault à Aubevoye pour les essais préliminaires, le parking de Valeo à Créteil pour les essais côté véhicule, ainsi que l'infrastructure back-end de l'opérateur pour le côté système.

#### 1. Infrastructure de parking pour essais préliminaires

Au centre d'essais de Renault à Aubevoye (CTA), des tests préliminaires ont été conduits. Ces tests étaient concentrés sur le fonctionnement côté véhicule. L'architecture de système choisie pour ces tests ne correspondaient donc pas à l'architecture finalement choisie pour le FOT qui devrait être réalisé dans le parking souterrain de Valeo Créteil.



Au travers de ces tests, nous tentions de savoir si avec des capteurs de perception côté véhicule utilisés « comme les yeux du conducteur » un bon nombre de cas d'usage peuvent être couverts en garantissant la sécurité.

Une première série de tests a été réalisée sur différents sites du partenaire Valeo en extérieur afin de calibrer le système embarqué puis des essais ont été menés sur les pistes du centre technique d'Aubevoye (CTA, Renault) pour évaluer la performance dudit système dans un environnement maîtrisé permettant de faire des études de répétabilité.



Figure 5 : Valet Parking avec capteurs de perception embarqués sur le véhicule/ infrastructure avec Aruco codes - VMTC



Figure 6 : pistes d'essais dédiées aux activités parking au CTA

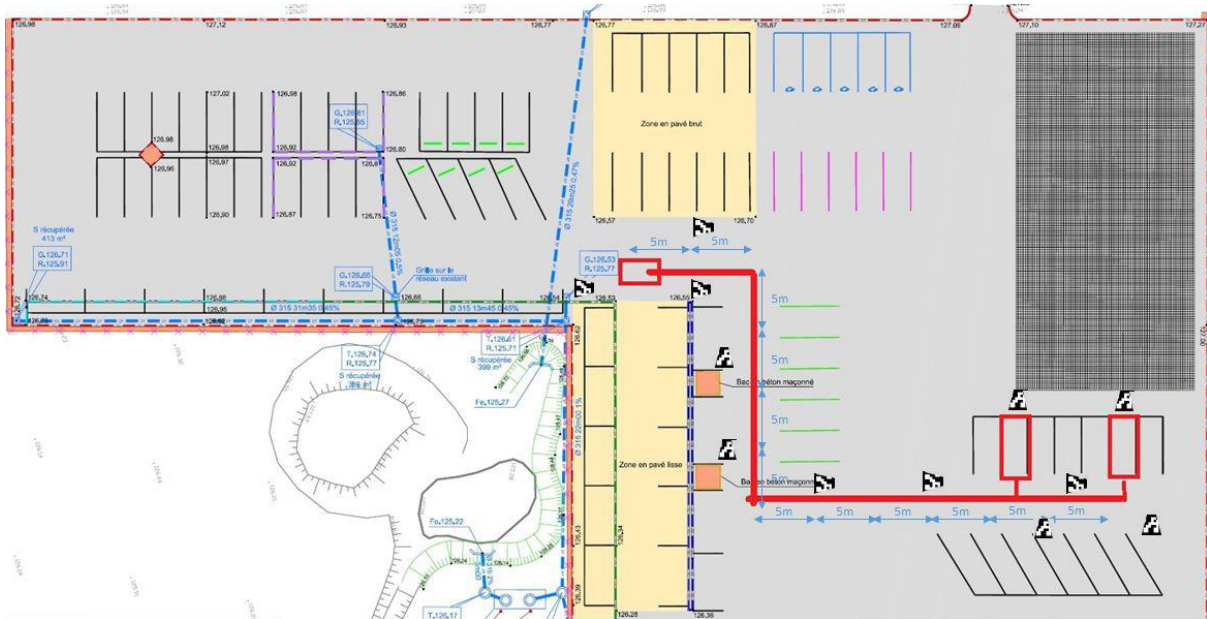
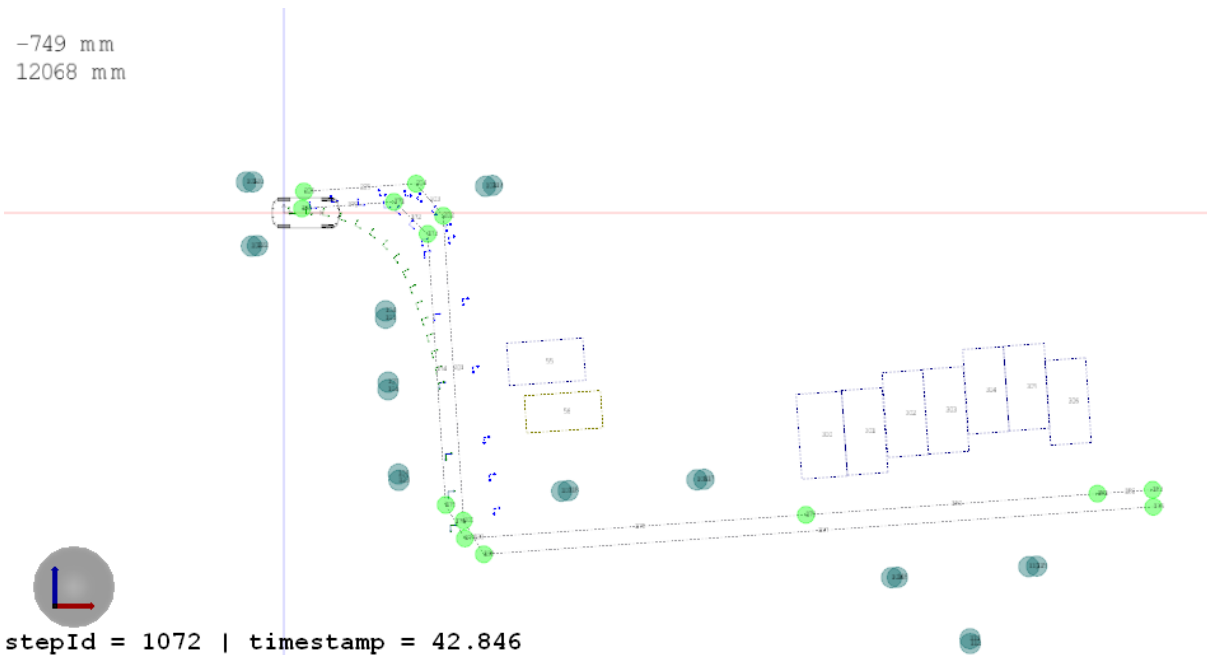


Figure 7 : Trajectoire de la manœuvre AVP et position des marqueurs Aruco

Résultats :

-749 mm  
12068 mm



stepId = 1072 | timestamp = 42.846

Figure 8 : Calcul des trajectoires et way points

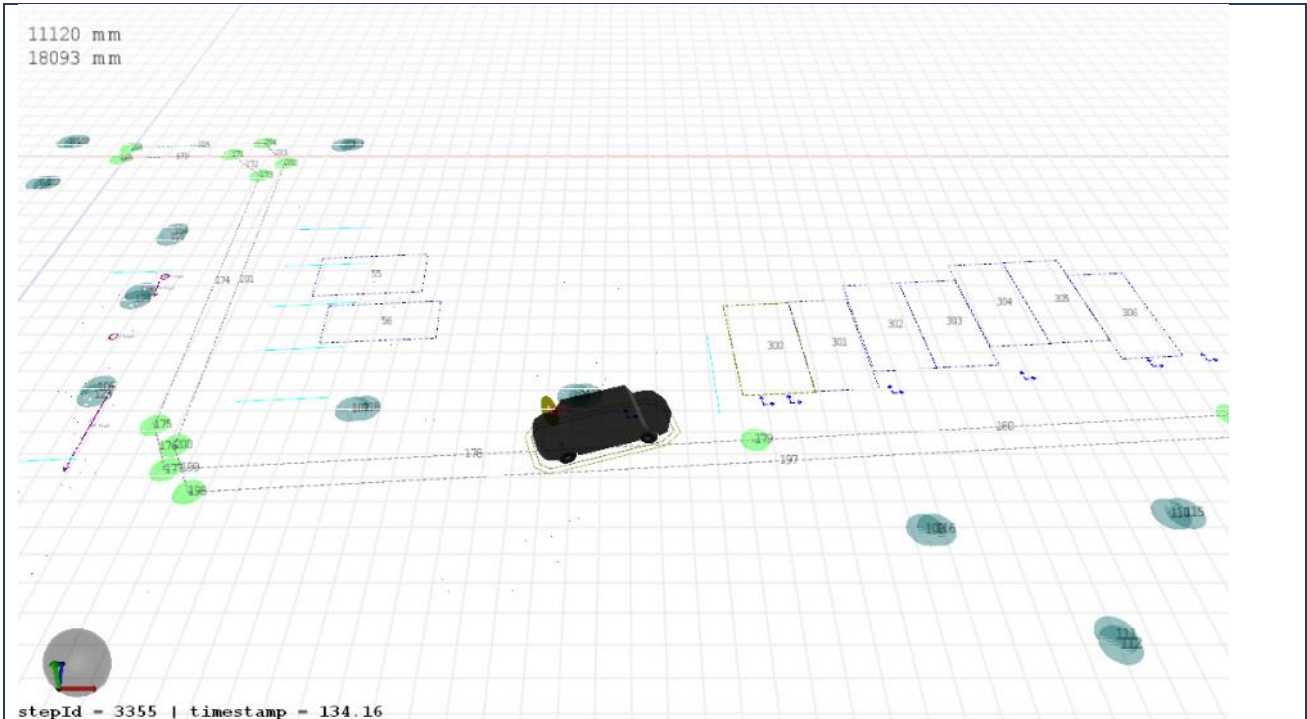


Figure 9 : Suivi du parcours – trajectoire de dépose

Les premiers essais ont permis d’obtenir de bons résultats sur courtes distances (< ~15 m), les Aruco codes qui sont des amers artificiels étant disposés de manière stratégique, espacés entre eux de quelques mètres. Sur des distances plus longues, la performance n’a pu être démontrée dans cette courte phase de tests préliminaires.

Lors de ces tests, les obstacles (statiques ou dynamiques) ne faisant pas partie de la carte sont relativement bien détectés (via les capteurs ultra-sons) mais l’évitement de ceux-ci est nettement moins bien réussi, ceci pouvant être dû à une détection tardive des obstacles ou une remontée tardive d’obstacles limitant les stratégies de replanification de trajectoires.

Pour les tests préliminaires, les parkings et l’infrastructure parking choisi ont été des parkings extérieurs.

## 2. Infrastructure de parking pour expérimentation SAM



Figure 10 : Bâtiment Valeo VMTC Créteil – Parking R-1

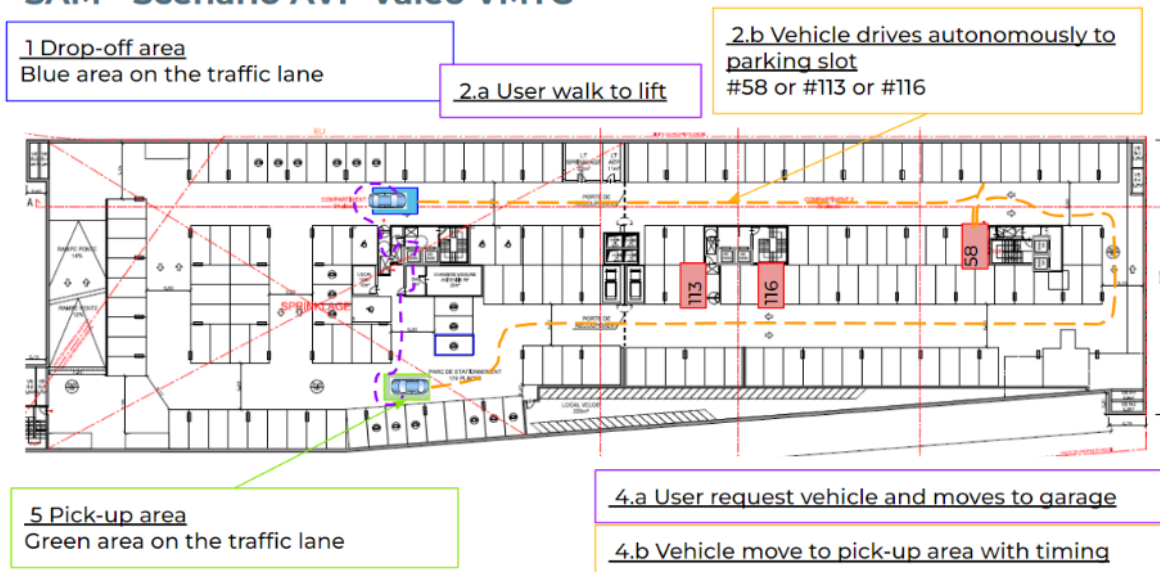
Le scénario du service Automated Valet Parking a été mis en place au parking R-1 du site de développement de R&D de Valeo à Créteil. 1000 personnes travaillent sur ce site.



Le service rendu dans ce cas est de permettre aux personnes handicapées de déposer et reprendre leur voiture le plus près possible des ascenseurs permettant de rejoindre leur zone de travail. Ce service permet aussi aux autres employés de gagner du temps en arrivant sur leur site de travail. Les 3 places de parkings utilisées pour l'expérimentation AVP (#58, 113 et 116) sont réservées aux personnes à mobilité réduite.

Dans ce parking, d'autres véhicules, ou motos ou vélos peuvent circuler, ainsi que des piétons. Même si l'état général du parking est neuf et propre, on peut y trouver des objets ou obstacles au sol tels que papiers, sacs, cônes de balisage. Pour ce scénario AVP, le sens de circulation dans le parking et la vitesse limite sont inchangés par rapport à l'usage normal.

### SAM - Scenari AVP Valeo VMTC



VALEO for SAM/XP2 project



June 2022 | 15

Figure 11 : Scenari experimentation SAM – Valeo VMTC Créteil – Parking R-1

Pour cette expérimentation, la perception de la pose du véhicule effectuant les manœuvres AVP est basée sur une fusion de données. Les 29 caméras d'infrastructure sont calibrées et relocalisées par les marqueurs Aruco vis-à-vis de la carte numérique. Leurs flux vidéo permettent grâce à un logiciel de traitement d'images de l'infrastructure d'estimer une pose du véhicule. D'autre part, le véhicule transmet son odométrie au bloc de fusion qui détermine la pose du véhicule, à chaque 1/10<sup>ème</sup> de seconde, qui sera intégrée dans le calcul de la trajectoire en temps réel. Les communications entre le véhicule et l'infrastructure sont réalisées avec un réseau WiFi 802.11g. Les processus et les équipements intégrés dans l'infrastructure sont illustrés ci-dessous.

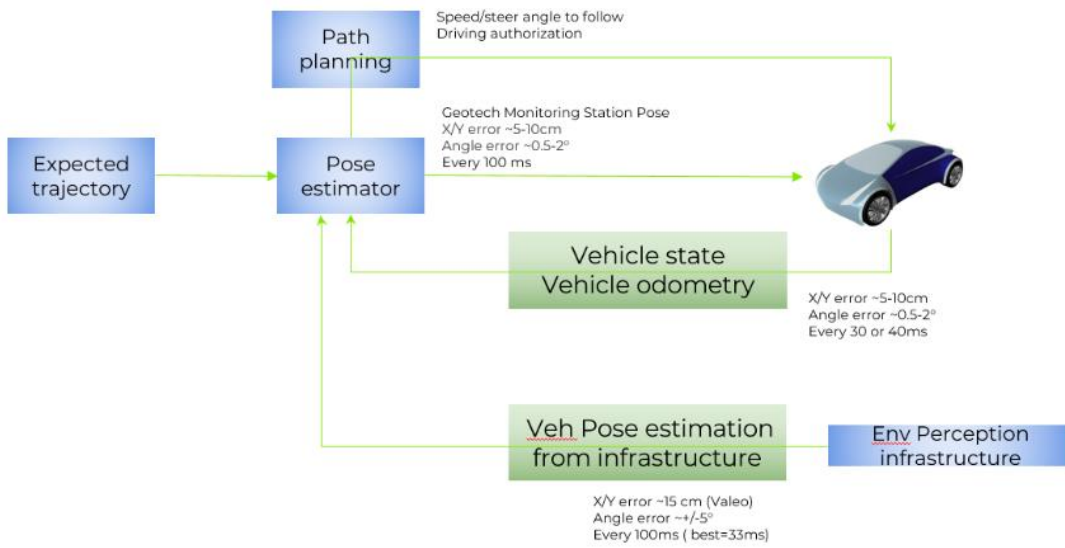


Figure 12 : Estimation de la pose du véhicule pendant les manœuvres AVP

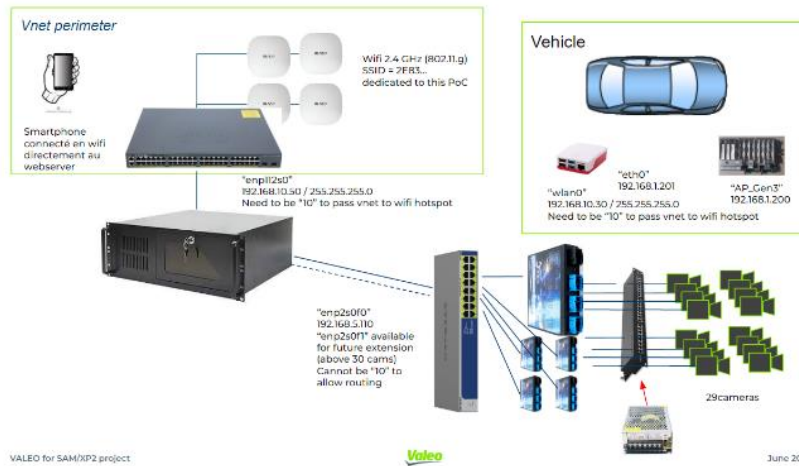


Figure 13 : Architecture du sous-système infrastructure

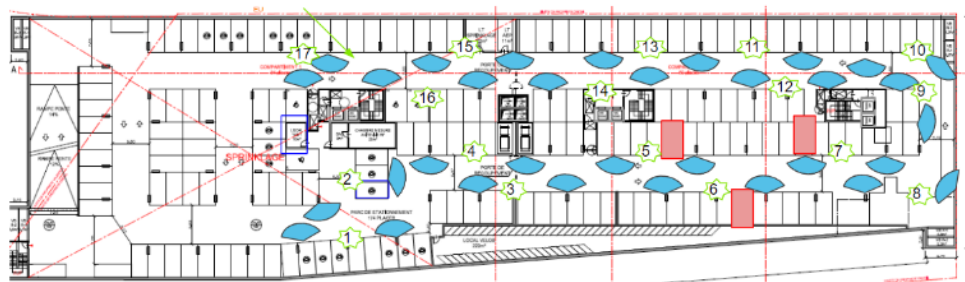


Figure 14 : Position des marqueurs Aruco et des caméras d'infrastructure

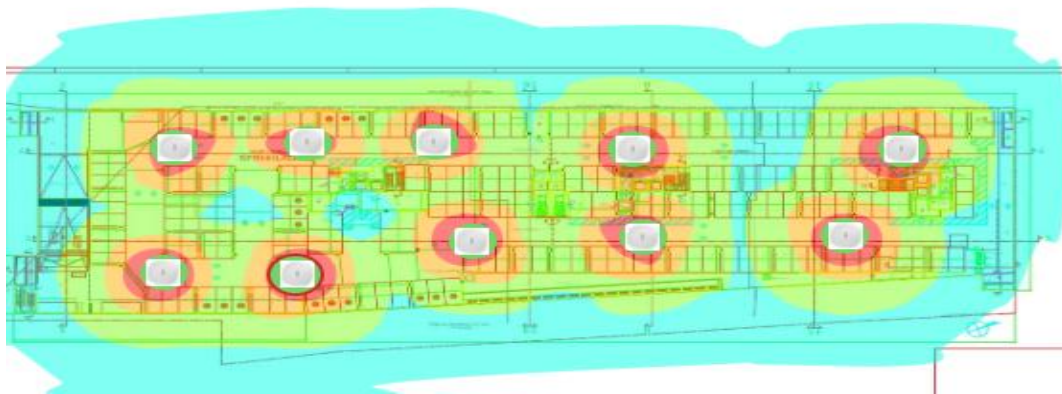


Figure 15 : Position et couverture des bornes WiFi 802.11g



Figure 16 : Test du service AVP - Valeo VMTC Créteil

### 3. Back-end de l'opérateur de service AVP

Comme illustré en 1), l'opérateur de service dispose d'un outil appelé DASTE permettant de calculer la trajectoire à exécuter sous forme de 'waypoints'. Cet outil permet aussi de rejouer des enregistrements réalisés en conditions réelles pour débogage ou améliorations du service AVP.

Afin de mettre en œuvre le service AVP pour le démonstrateur du projet SAM, un back-end sur serveur Valeo-AWS a été utilisé.

Ce serveur contient 3 pages d'interfaces : interface du conducteur, interface de l'opérateur du service AVP, et une page de paramétrages du système. Ces interfaces permettent d'émuler les différentes actions humaines nécessaires pour le fonctionnement du système telles que 'Park In' ou 'Pick Up' ou 'Engine Off' ou 'Engine On'. L'action 'Inside of facility' déclenche l'envoi de la carte du parking vers le véhicule. La définition du 'Slot ID' détermine le numéro de la place de parking où le véhicule ira se stationner.

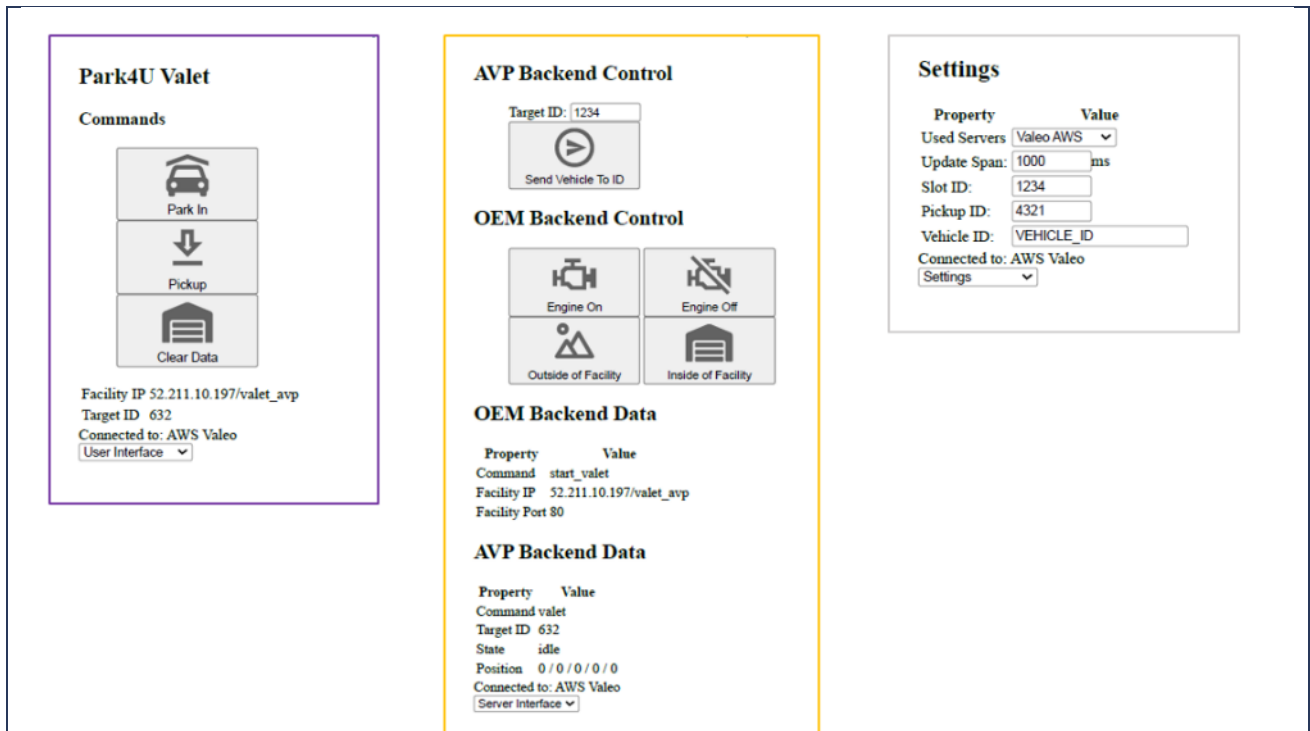


Figure 17 : Back-end - Interfaces pour le conducteur, l'opérateur du service et le paramétrage du système

#### Planning de l'expérimentation :

- Date de début des roulages (DT) : Mai 2022
- Date de début de l'expérimentation avec enregistrement de données (DXp) : Octobre 2022
- Date de début du service avec passagers : Octobre 2022
- Date de fin de l'expérimentation (FXp) : Juin 2023

#### Niveau de performances atteint :

- Vitesse maxi d'opération : 15 km/h
- Vitesse commerciale : 10 km/h
- Taux de fréquentation (passager /km) : N/A
- Présence d'un superviseur à bord : oui

#### Retours d'expérience sur l'évaluation du service

#### Type de données collectées :

Mesure de débit, volume data pour l'analyse de cycle de vie

Trajectoire mesurée (pas réelle car pas de « ground truth ») vs trajectoire souhaitée (sur les trajectoires finies en auto)

- Nombre de prises de place OK vs abandon
- Positionnement sur place OK versus décalé, ....



<p>Reprise en main par le "safety driver" (nombre et moment/position) vs nombre de manœuvre finie en auto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Perception / odometry / state estimator / commandes en log qui soient lisibles</li> </ul>
<p><b>ODD atteint :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Infrastructure routière : site privé, parking R-1 du personnel de Valeo travaillant au Valeo Mobility Tech Center de Créteil</li> <li>Contraintes opérationnelles (vitesse, trafic) : 15 km/h maxi, trafic mixte avec les autres véhicules et personnel de Valeo.</li> <li>Objets (signalétique, usagers de la route, obstacles) : marqueurs Aruco pour le positionnement dans la carte numérique</li> <li>Connectivité (véhicule, info trafic, capteurs, fleet management): wifi 802.11g, 29 caméras d'infrastructures</li> <li>Conditions environnementales (météo, éclairage, etc.) : parking sous-terrain éclairé</li> <li>Zones d'intérêt : N/A</li> </ul>
<p><b>Contributions de l'expérimentation aux domaines d'évaluation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sécurité : Sécurité : Scénarios fonctionnels (3) / Scénarios logiques (9) / Scénarios concrets (0)</li> <li>Domaine d'emploi : Infrastructure / Météo / Environnement / Connectivité / Perception embarquée</li> <li>Acceptabilité : Utilisateurs / Autres usagers / Mesurée sur l'expérimentation</li> <li>Sécurité routière et comportement des usagers : Utilisateurs / Autres usagers de la route</li> <li>Evaluations socio-économiques : Analyse de la demande / Coûts et bénéfices sociétaux / Modèles d'affaires / Passage à l'échelle / Gouvernance</li> </ul>
<p><b>Enseignements positifs, bénéfiques obtenus :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Etude technique</li> </ul> <p>Deux architectures différentes de la réalisation du système ont pu être implémentées. Le contrôle du véhicule pour circulation et manœuvre en autonome à basse vitesse a pu être implémenté, simulé, calibré et testé. Nous avons donc pu identifier les moyens nécessaires à la réalisation de cette fonction (capteurs, connectivité, ...), et les risques sécuritaires associés.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Etude de l'utilisation par les clients</li> </ul> <p>Le principal enseignement de cette étude coté prestation client a été le constat qu'après le bon fonctionnement du système, l'interaction du conducteur avec la fonction passant principalement par une application sur un objet connecté (smartphone, montre, ...) sera donc un principal vecteur de satisfaction client.</p> <p>Il sera également nécessaire d'établir la confiance du client dans le système afin qu'il se sente utiliser le service de Valet Parking et de laisser partir sa voiture seule sans qu'il la surveille.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Etude de l'ODD</li> </ul>

Dans l'infrastructure du parking sous-terrain à Créteil (réalisation d'une architecture avec intelligence et capteurs dans l'infrastructure), des bornes Wi-Fi ont été utilisés pour l'échange de données avec le véhicule. Nous avons pu mesurer que le Wi-Fi n'occasionne qu'une latence limitée et peut donc servir à l'usage des expérimentations sur le système de Valet Parking.

- Etude sécuritaire

Les procédures internes de Renault et Valeo pour maîtriser la sécurité des expérimentations et démonstrations de véhicule autonome ont pu être appliquées à ce FOT. L'expérimentation a pu être sécurisée.

Le besoin d'un "safety driver" a été mis en évidence pour notre constellation de test. Des contraintes de sécurisation d'un système à mettre en série (donc sans "safety driver") ont pu être formulées. Pour la sécurisation du calculateur de prototypage ajouté pour les essais au véhicule, plusieurs exigences de sécurité ont été rédigées et des safe states ont été définis. Puis cela a été codé dans le calculateur. Des essais ont validé son fonctionnement.

#### Liste des risques identifiés :

Les 2 principaux risques identifiés pour le système Valet Parking sont :

- Percuter un piéton
- Percuter un obstacle / une voiture

Ensemble nous avons décidé de traiter des différents risques en les classant par catégories :

- Risques fonctionnels liés à une défaillance (scope ISO26262)
- Risques fonctionnels liés à un mis-use
- Risques mécaniques et autres technologies
- Risques liés à la cybersécurité
- Risques SOTIF

Risques sanitaires (liés au COVID et à la demande de désinfection en cas d'appel à un "safety driver")

- Risques liés à la transformation du véhicule

#### **Enseignements négatifs, difficultés rencontrées :**

Pour raison de complexité du système AVP, les sous-systèmes liés à la réservation de place de parking, ou au paiement, ou à la recharge électrique, ou au nettoyage, ou à la livraison de colis, ou à l'ouverture des barrières étaient exclus de l'expérimentation pour le projet SAM. Le service AVP était sur un seul niveau, donc représentatif d'un parking à plat sans rampe d'accès aux autres étages.

Il était par ailleurs difficile de réaliser les essais dans un parking public, tel qu'envisagé en début de projet : ni la mairie de Paris ni le partenaire parking ne pouvaient mettre à disposition de parking correspondant aux spécifications du projet (zone de dépose et de reprise dédiée à l'intérieur du parking) ni ne pouvait réaliser les investissements infrastructure (connectivité) nécessaires. De cette façon, Valeo et Renault ont finalement réalisé les essais sur leur propre parking d'entreprise.

Enfin, l'expérimentation s'est concentrée sur la partie calcul de la trajectoire et opération du véhicule en mode autonome dans les allées du parking. Or, les trois parties suivantes n'ont pas été incluses dans l'expérimentation :

1. Le raccordement de cette partie au stationnement proprement dit – c'est-à-dire les manœuvres pour se positionner sur l'emplacement même – n'a pas été raccordé à la trajectoire.

2. Il est par ailleurs indispensable d'obtenir une clé virtuelle afin de pouvoir verrouiller mais surtout redémarrer le véhicule en fin de stationnement. Cette partie a été démontrée en 2017 avec le projet Inblue\*, et en 2021 à l'IAA avec la connexion au back end serveur des constructeurs automobiles.
3. Enfin, il est impératif de détecter la présence d'une personne ou d'un animal à l'intérieur de l'habitacle. Cette détection est possible avec des capteurs placés à l'intérieur de l'habitacle du véhicule tels que radars, cameras ou caméras thermiques.

Il est à noter que Valeo dispose d'une solide expertise dans ces trois domaines – manœuvre de stationnement, clé virtuelle, analyse de l'habitacle – confirmée par des introductions en série ou des prises de commandes.

\*) Valeo InBlue<sup>®</sup> est un système d'accès et de démarrage basée sur la technologie Bluetooth. Commercialisé à partir de 2017 pour les véhicules de location / en autopartage, il permet une communication entre le smartphone et la voiture grâce à une clé virtuelle stockée dans le téléphone via une plateforme sécurisée dédiée.

#### **Suite donnée à l'expérimentation :**

Valeo continue les développements préindustriels sur une fonction AVP avec un OEM dans une application B2B.

Valeo effectue des tests aussi en utilisant un téléopérateur comme 'fall-back driver' au cas où le véhicule est stoppé ou inopérant pendant le fonctionnement en mode AVP.

L'Automated Valet Parking fait partie de la mobilité automatisée, connectée et digitale, secteur dans lequel Renault et Valeo ont approfondi leur partenariat afin d'adresser d'autres fonctionnalités de la mobilité de demain.

