

CHALLENGE MOBILEX
REGLEMENT GENERAL
Référence : DGA01I22016634



TABLE DES MATIERES

1	Acronymes.....	4
2	Définitions	4
3	Contexte et enjeux	5
4	Organisation générale du Challenge	6
5	Démonstrateur robotisé mis à disposition.....	7
6	Organisation d'un Défi	9
6.1	Réunion de lancement.....	9
6.2	Réunions de présentation	9
6.3	Revue d'avancement	10
6.4	Revue de validation	10
6.5	Les épreuves	10
7	Organisation et déroulement des épreuves.....	11
7.1	Organisation	11
7.2	Déroulement.....	11
8	Gestion autonome de la trajectoire locale.....	12
8.1	Fonctions principales	12
8.2	Compréhension de l'environnement.....	13
8.3	Contrôle de la trajectoire	14
8.3.1	Mode pilote automatique	14
8.3.2	Mode téléopération assistée	14
8.4	Indépendance des briques technologiques.....	14
9	Contraintes d'intégration	15
9.1	Contraintes énergétiques	15
9.2	Contraintes de volume et de masse	15
9.3	Contraintes de fixation	15
9.4	Contraintes environnementales	15
9.5	Contraintes d'intégration pour les évaluations	16
9.6	Contraintes sur les communications	16
9.7	Contraintes sur les conditions de sécurité	16
10	Notation	17
11	Communication et valorisation	17
12	ANNEXE I – brochure technique du BARAKUDA.....	18
13	ANNEXE II – Exemple d'une épreuve type.....	27
14	ANNEXE III – Extrait du TNRBF.....	30

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 – Déroulement du Challenge MOBILEX	6
Illustration 2 – Démonstrateur robotisé Barakuda	7
Illustration 3 – Schéma d’interface du démonstrateur robotisé.....	8
Illustration 4 – Déroulement d’un Défi	9
Illustration 5 – Principaux jalons d’un Défi	9
Illustration 6 – Déroulement des épreuves pour une équipe	11
Illustration 7 – Représentation de la gestion autonome de la trajectoire	12
Illustration 8 – Exemple des logigrammes de quelques fonctions principales	13
Illustration 9 – Exemple d’un retour visuel du terrain et de la progression	16

1 Acronymes

AID :	Agence Innovation Défense
AIT :	Agence de l'Innovation pour les Transports
ANR :	Agence Nationale de la Recherche
BLT :	Battle-Lab Terre
BTP :	Bâtiment et Travaux Publics
DGA :	Direction Générale de l'Armement
DGA TT :	DGA Technique Terrestre
CHSCT :	Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail
CNES :	Centre National d'Etudes Spatiales
MOBILEX :	MOBILité en environnement complexe
MUT :	Manuel Utilisateur
PCC :	Poste de Contrôle et de Commande
RETEX :	RETour d'EXperience
TBT :	Très Basse Tension
UDP :	User Datagram Protocol
WIFI :	Wireless Fidelity

2 Définitions

Bas-côté négatif : bas-côté continu en dessous de la surface du terrain (par exemples : une rivière, un caniveau).

Bas-côté positif : bas-côté continu dépassant de la surface du terrain (par exemples : une lisière, une clôture).

Brique technologique : élément d'un produit ou d'un processus qui remplit une fonction définie, ou qui dispose d'une propriété spécifique.

Brique MOBILEX : Brique technologique assurant la fonction de gestion autonome de la trajectoire locale dans un démonstrateur.

Démonstrateur : Plateforme robotisée mise à disposition des porteurs des projets sélectionnés pour participer au challenge MOBILEX, servant d'emport des briques de gestion de la trajectoire locale.

Environnement complexe : Il s'agit d'un environnement non-structuré constitué de chemins parsemés d'obstacles statiques ou dynamiques de différentes natures rendant la planification de l'itinéraire « du véhicule » ainsi que sa progression difficile et pouvant porter atteinte à l'intégrité « du véhicule ».

Obstacle positif : Elément physique, artificiel ou naturel, dépassant de la surface du terrain (par exemples : une brique, une barrière, un rocher, une carcasse de véhicule).

Obstacle négatif : Dépression en dessous de la surface du terrain (par exemples : un nid de poule, le bord d'une falaise).

Planification de la mission : Préparation de la mission à réaliser les jours des épreuves.

Règlement général : Règlement applicable à l'ensemble du challenge MOBILEX intégrant tous les Défis. Le règlement général cadre le challenge MOBILEX dans sa globalité. Il est partagé avec toutes les équipes projet qui postulent au challenge.

Règlement particulier : Règlement applicable uniquement à un Défi. Il est partagé uniquement aux porteurs des projets sélectionnés pour participer au challenge MOBILEX.

Terrain déstructuré : Zone de terrain déformée dont l'origine peut être naturel (en exemple un éboulement ou l'érosion) ou non naturel (en exemple un accident ou une destruction d'un bâtiment).

3 Contexte et enjeux

L'évolution technologique, au regard des conflits du futur, permet de rechercher des solutions innovantes pour le pilotage intelligent des systèmes terrestres de l'armée de terre. Les véhicules militaires sont mis en œuvre en environnement peu ou pas structuré, non coopératif (visibilité réduite, difficulté de localisation, chemins non viabilisés, obstacles divers, choix des trajectoires contraints par la mission) et hostiles.

Les pilotes doivent simultanément gérer : leur plan de navigation, la trajectoire court terme du véhicule et l'ensemble des tâches nécessaires à l'accomplissement de leur activité et à leur sécurité. Cette gestion mobilise des ressources cognitives et physiques considérables. Cette mobilisation, qui induit fatigue, risque accru d'erreur et baisse de performance pour les tâches critiques, pourrait être allégée.

Dans l'industrie civile, de nombreuses fonctions automatisées ou autonomes sont disponibles ou sont à l'état de prototype avec des objectifs de commercialisation à court terme : contrôle longitudinal, contrôle transversal, park assist, contrôle en conduite basse vitesse, localisation, reconnaissance de la signalisation, déplacement semi autonome d'engins agricoles, chariots logistiques autonomes en usine ou encore camions de transport logistique ou BTP autonomes.

Les constructeurs automobiles et leurs partenaires civils relèvent des défis de conduite autonome qui les amènent cependant à se focaliser sur des situations où l'environnement est structuré (interagissant directement avec le comportement des véhicules). Or, l'enjeu pour de nombreuses professions est de disposer d'un niveau d'assistance qui gère la trajectoire d'un véhicule en tenant compte des capacités de celui-ci à progresser dans un environnement complexe (terrain non-structuré, déstructuré, accidenté), qui peut être évolutif (aléas météorologiques pouvant neutraliser certains capteurs ou modifier les caractéristiques du terrain pendant la mission), plus ou moins couvert par les réseaux de communication et de localisation (perte de signal) et plus ou moins connu (cartographie incomplète ou erronée, modèle topographique obsolète).

L'intégration d'une assistance avancée, à l'instar d'un pilote automatique pour véhicule terrestre, permettrait de décharger les pilotes et de libérer des ressources cognitives et physiques. Ce type de capacité s'adresse, notamment, aux véhicules militaires, aux véhicules de lutte contre les incendies, aux véhicules de chantier et plus largement aux véhicules évoluant dans les environnements décrits.

Dans ce cadre, l'Agence de l'Innovation de Défense (AID) et l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR), en partenariat avec l'Agence d'Innovation pour les Transports et le Centre National d'Etude Spatiale, mettent en place le Challenge MOBILEX (MOBILité en environnement complEXE). Celui-ci a pour objectif principal d'accélérer la recherche et la montée en maturité technologique sur la thématique de la mobilité autonome des véhicules en environnement complexe. Les résultats de ce challenge préfigurent ainsi une assistance avancée au pilotage à bord ou déporté sous forme d'un pilote automatique pour tous véhicules terrestres dans le domaine militaire, civil ou spatial, que le pilote soit embarqué ou à distance.

Le Challenge MOBILEX met en compétition plusieurs équipes composées d'acteurs de la recherche académique et d'acteurs de l'industrie française (issus du domaine militaire ou civil). Les innovations technologiques duales (civiles/militaires) dont les travaux seront évalués lors de plusieurs Défis de difficulté croissante.

L'objectif du Challenge MOBILEX est donc de progresser dans le domaine de la gestion autonome de la trajectoire locale des véhicules terrestres. Il doit permettre :

- D'évaluer différentes solutions technologiques intégrant l'ensemble des fonctions et des contraintes à prendre en compte pour gérer la trajectoire locale d'un véhicule terrestre de manière autonome dans des environnements complexes, types route endommagée, route forestière, présence d'obstacles, pistes faiblement structurées, etc. Il s'agit des briques technologiques MOBILEX proposées dans le cadre de l'appel à projet et mises en compétition lors du Challenge ;
- De faire progresser la recherche et l'innovation dans le domaine de la compréhension de l'environnement local autour des véhicules et de la gestion autonome de la trajectoire.

4 Organisation générale du Challenge



Illustration 1 – Déroulement du Challenge MOBILEX

Le Challenge se réalisera en trois Défis de 1 an chacun sur une durée d'environ 36 mois à partir de la date de convention :

- Défi #1** (sur une durée d'environ 12 mois) : première conception-réalisation de la brique MOBILEX de gestion autonome de la trajectoire locale, à intégrer sur la plate-forme mise à disposition et validation de bon fonctionnement de l'ensemble. Ce Défi se concrétise en une mise à l'épreuve dans des environnements dont la complexité est limitée (par exemple : présence d'obstacles positifs aisément détectables). Les briques technologiques seront évaluées et notées au regard des gaps technologiques et techniques à franchir pour les étapes suivantes.
- Défi #2** (sur une durée d'environ 12 mois) : Amélioration et compléments de la brique MOBILEX et validation de bon fonctionnement. Ce Défi se concrétise en une mise à l'épreuve soit dans des environnements dont la complexité est modérée (par exemple : présence d'obstacles plus variés, des enchainements de pentes et dévers) et avec l'apparition d'évènements redoutés (par exemple : perte de signal GPS, des interruptions, de l'éblouissement). Les briques technologiques seront évaluées et notées au regard des gaps technologiques et techniques à franchir pour l'étape suivante.
- Défi #3** (sur une durée d'environ 12 mois) : Dernières améliorations de la brique MOBILEX et validation de bon fonctionnement. Ce Défi se concrétise par la mise à l'épreuve des briques technologiques dans des environnements dont la complexité est proche de l'environnement opérationnel (par exemple : combinaisons d'obstacles de pentes et dévers, téléopération dynamique, des conditions environnementales dégradées). Les briques technologiques seront évaluées et notées, permettant de désigner le gagnant du Challenge.

Un démonstrateur robotisé sera mis à disposition de chaque équipe afin de permettre de concentrer les efforts sur la gestion autonome de la trajectoire et de comparer toutes choses égales par ailleurs lors des Défis.

Chaque démonstrateur mis à disposition des équipes participantes sera strictement identique. Les porteurs de projet devront intégrer leurs solutions technologiques sur ce démonstrateur.

Les caractéristiques de ce démonstrateur sont résumées dans le présent règlement afin de permettre aux porteurs d'élaborer leur projet de recherche. Une information détaillée sera fournie aux porteurs des projets sélectionnés.

Aucune autre plateforme ne pourra être utilisée dans le cadre du challenge.

5 Démonstrateur robotisé mis à disposition

Un démonstrateur robotisé BARAKUDA de la société SHARK ROBOTICS et son interface de contrôle (*tablette démonstrateur*) seront mis à disposition gracieusement de chaque équipe à partir du 3^{ème} trimestre 2023.

Livraison : Le démonstrateur, l'interface de contrôle, les batteries et le manuel utilisateur seront livrés à chaque équipe. Les modalités de livraison seront précisées à la suite de la sélection des projets.

Formation : Une formation sera dispensée par Shark Robotics auprès de chaque équipe.

Mise à disposition : La mise à disposition d'un démonstrateur robotisé, permet de focaliser les efforts sur les briques technologiques MOBILEX et de comparer leurs performances sans les biais induits par l'emploi de plateformes différentes.

Sa mise à disposition auprès d'une équipe fera l'objet d'une convention de prêt. Les modalités de restitution seront communiquées au cours du challenge.

Le démonstrateur robotisé et tous ses composants restent la propriété de l'Etat durant toute la durée du challenge et devront être restitués à l'issue.

Maintien en conditions opérationnelles/soutien : La maintenance est limitée aux conditions d'utilisation précisées dans le manuel utilisateur qui sera fourni aux équipes. Une brochure technique simplifiée est toutefois disponible en ANNEXE I afin de permettre aux équipes participantes d'élaborer leur projet.



Illustration 2 – Démonstrateur robotisé Barakuda

Description : Le démonstrateur robotisé est une plateforme mobile robotisée pilotable à distance. Il est doté de quatre roues non directionnelles pour une masse de 500 Kg, une autonomie indicative de 8h (recharge de batterie comprise) et portant comme appellation commerciale Barakuda de la société Shark Robotics.

Le protocole de communication entre la brique MOBILEX et le démonstrateur est l'UDP (User Datagram Protocol). Il permet d'envoyer des commandes de haut niveau (vitesse et direction) et de récupérer des informations de contrôle par instruction type GET (Vitesses et puissances des roues, inclinaisons, charge batteries, températures). Ce protocole est compatible de la plupart des Operating Systems (OS).

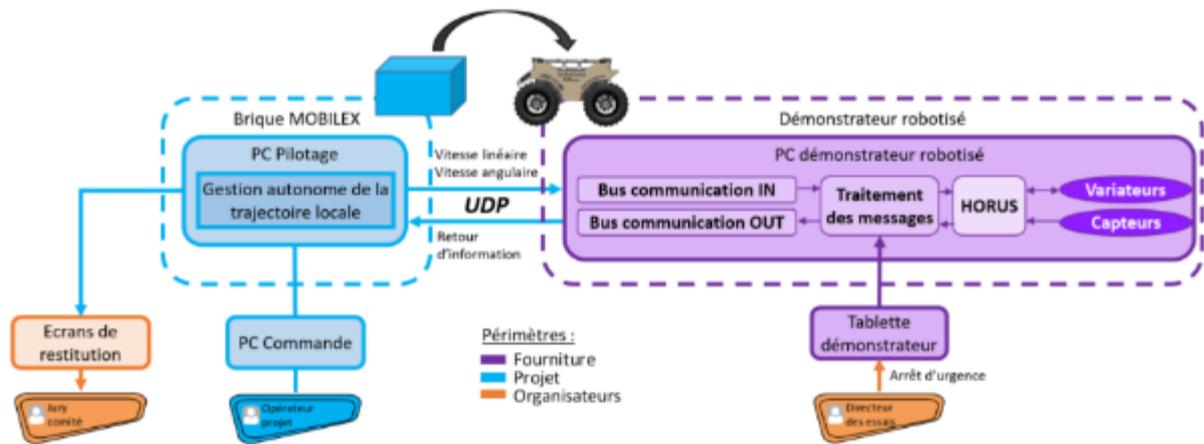


Illustration 3 – Schéma d'interface du démonstrateur robotisé

Les informations nécessaires à l'interfaçage avec les démonstrateurs robotisés seront transmises aux équipes dont les projets auront été sélectionnés avant leur mise à disposition à travers le manuel utilisateur au format numérique.

6 Organisation d'un Défi

Pour chaque Défi, les organisateurs établiront un règlement particulier disponible lors du lancement du Défi, soit environ 12 mois avant la fin de l'évaluation. Il précisera a minima :

- Le planning général du Challenge,
- Le planning détaillé,
- Le déroulement détaillé du Défi,
- L'environnement d'évolution : lieux, difficultés prévisionnelles,
- Les critères d'évaluation,
- Les exigences à respecter,
- Le site étatique sur lequel se dérouleront les épreuves,
- Les aspects pratiques et logistiques.

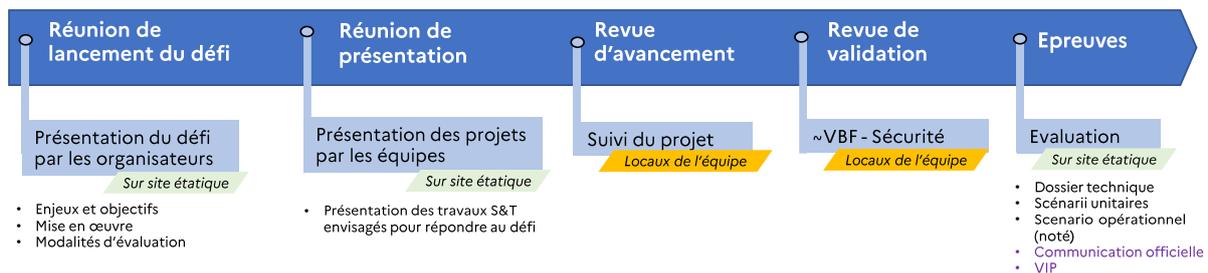


Illustration 4 – Déroulement d'un Défi

Dans l'ordre chronologique, pour une équipe, un Défi est constitué des jalons suivants :

Jalons	Planification
Réunion de lancement du défi	Au lancement du Défi
Réunion de présentation du Défi	Dans les 2 mois après le lancement
Revue d'avancement du Défi	Environ 6 mois après le lancement
Revue de validation du Défi	Environ 11 mois après le lancement
Epreuves du Défi	Environ 12 mois après le lancement

Illustration 5 – Principaux jalons d'un Défi

Les modalités d'organisation des différents jalons, dont les dates et les lieux, seront définies par les organisateurs et précisées aux équipes avec un délai de prévenance suffisant pour permettre à chaque équipe de s'organiser.

Des réunions d'avancement pourront être organisées pour suivre le bon avancement des projets en dehors des principaux jalons du Défi en tant que de besoin.

6.1 Réunion de lancement

Une **réunion de lancement** pour chaque Défi sera organisée avec l'ensemble des équipes sélectionnées.

Les organisateurs présenteront l'organisation détaillée du Défi, les conditions de mise en œuvre des briques technologiques développées ainsi que les modalités d'évaluation.

Les modalités d'organisation de la réunion de lancement seront précisées dans le règlement du Défi.

6.2 Réunions de présentation

Des **réunions de présentation** seront organisées durant lesquelles chaque équipe sera invitée à présenter son projet de recherche (objectifs, axes de recherche, risques et actions correspondantes) et vérifier sa compréhension des enjeux et objectifs.

Cette réunion ne contribue pas à la notation des équipes.

Les modalités d'organisation des réunions de présentation seront précisées dans le règlement du Défi.

6.3 Revue d'avancement

Pendant la phase de développement, l'équipe participe à une **revue d'avancement**, afin de vérifier le bon avancement des travaux de recherche. La revue aborde à minima :

- Le tableau de bord (suivi des tâches décrites dans les projets sélectionnés et révision du planning, points durs, risques et actions de mitigation),
- Une démonstration fonctionnelle (sera détaillé dans le règlement de chaque défi).

Cette revue contribue à la notation des équipes.

Les modalités d'organisation de la revue d'avancement seront précisées dans le règlement du Défi.

6.4 Revue de validation

Une **revue de validation** sera organisée dans les locaux de chaque équipe. Celle-ci a pour objectif de présenter le dossier de sécurité et d'apprécier l'avancement du projet avant la réalisation des épreuves du Défi (démonstrateur + brique MOBILEX). Elle contribue donc à l'approbation d'un dossier de sécurité¹, condition indispensable pour se présenter aux épreuves.

Les organisateurs évalueront une soutenance orale et des démonstrations réalisées par le porteur du projet.

Des démonstrations seront imposées afin de vérifier que l'ensemble démonstrateur robotisé/système de gestion autonome de la trajectoire locale permettent bien la réalisation des fonctions principales de la brique MOBILEX décrites dans le chapitre 5.

Des démonstrations libres pourront également être proposées par chaque équipe afin de permettre aux organisateurs d'apprécier leurs travaux.

Cette revue contribue à la notation des équipes.

Les modalités d'organisation de la revue de validation seront précisées dans le règlement du Défi.

6.5 Les épreuves

Les équipes démontrent, avec le démonstrateur robotisé et la brique MOBILEX développée, l'accomplissement du travail de recherche en jouant des scénarios imposés par les organisateurs pendant les épreuves. Le lieu est un site étatique et sa localisation est précisée dans le règlement particulier du Défi

Ces épreuves contribuent à la notation des équipes.

Les modalités d'organisation de la revue de validation seront précisées dans le règlement du Défi.

¹ Il s'agira notamment de permettre aux organisateurs de s'assurer du respect des exigences de sécurité décrites dans le règlement général et dans le règlement de chaque Défi. Le contenu du dossier de sécurité sera détaillé dans le règlement du Défi.

7 Organisation et déroulement des épreuves

7.1 Organisation

Chaque Défi se concrétise par la réalisation d'épreuves sur le terrain. Ces épreuves doivent permettre à chaque équipe de faire la démonstration des performances de sa brique MOBILEX, intégrée sur le démonstrateur robotisé.

Chaque équipe disposera d'une étape de préparation, d'une étape de démonstration et d'une étape de réintégration.

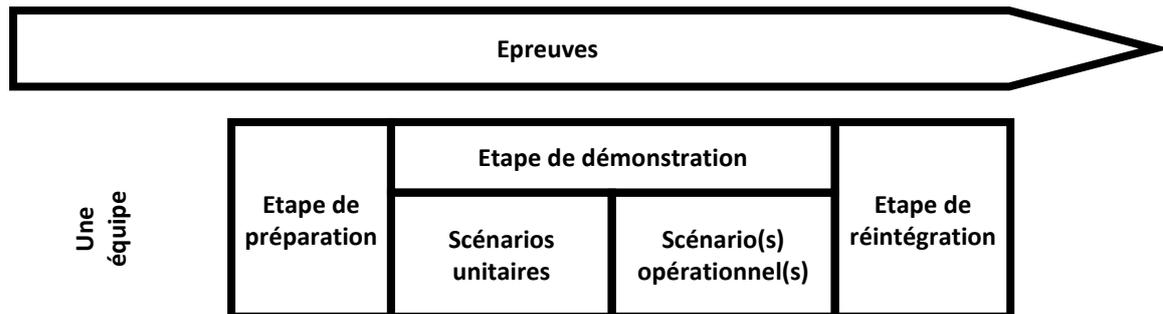


Illustration 6 – Déroulement des épreuves pour une équipe

A l'étape de **préparation**, l'équipe transporte le matériel jusqu'au site étatique sur lequel sont organisées les épreuves.

A l'étape de **démonstration**, l'équipe doit mettre en œuvre sa brique MOBILEX intégrée sur le démonstrateur robotisé lors de *scénarios unitaires* (tests d'une fonction isolée/même une nature d'obstacles dont les caractéristiques seront différentes) et lors de *scénarios globaux* (enchaînement de fonctions/d'obstacles de nature et de caractéristiques différentes) plus représentatifs.

Un bouton d'arrêt d'urgence devra être fonctionnel (éliminatoire) et sera mis à disposition du jury. Ce bouton d'arrêt d'urgence est accessible sur la *tablette démonstrateur* fournie avec le démonstrateur robotisé.

A l'étape de **réintégration**, ce matériel est récupéré par l'équipe.

Les parcours, obstacles et caractéristiques détaillées ne seront pas connus des équipes avant le déroulement des épreuves afin d'éviter les effets de « sur apprentissage ».

En fin de phase d'évaluation, l'équipe fournira un retour d'expérience sur le Défi concerné.

7.2 Déroulement

Lors de la revue de validation, les organisateurs fournissent aux équipes des coordonnées géoréférencées sur les zones d'exclusion et les points stratégiques (par exemples : positions de départ-arrivée, points de passage) afin de préparer les épreuves sur site étatique. Les zones d'exclusion délimitent majoritairement les zones d'épreuves.

Les organisateurs n'agiront jamais directement sur le démonstrateur ni sur la brique MOBILEX à l'exception de l'arrêt d'urgence et de la restitution pour évaluation.

Un exemple d'épreuve est décrit dans l'Annexe II.

8 Gestion autonome de la trajectoire locale

La brique de gestion autonome de la trajectoire locale MOBILEX doit permettre d'assister l'opérateur (mode *téléopération assistée*) et doit permettre au démonstrateur d'évoluer sans intervention de l'opérateur (mode *pilote automatique*) dans un environnement réaliste.

À tout moment l'opérateur (porteur de projet) peut reprendre le contrôle de la trajectoire.

A tout moment le directeur d'essai (organisateur du challenge) peut interrompre la progression du démonstrateur (bouton d'arrêt d'urgence sur la *tablette démonstrateur*).

8.1 Fonctions principales

L'opérateur planifie la mission, et met à jour la planification de mission en temps réel, selon les conditions imposées par les organisateurs du challenge.

Le système devra percevoir et comprendre l'environnement local autour du démonstrateur. Il devra gérer sa trajectoire afin de réaliser la mission planifiée par l'opérateur : partir d'un point A pour arriver à un point B situés sur une carte de la zone aussi rapidement que possible. Durant sa mission, le démonstrateur devra être capable d'éviter des obstacles, de ne pas rentrer dans des zones d'exclusion, de passer par des points de passage à la demande des organisateurs, de fonctionner en autonomie sous la supervision de l'opérateur et fonctionner en téléopération en assistant l'opérateur.

Pour ce faire, le système devra a minima :

- Détecter et gérer localement des obstacles positifs et négatifs,
- Détecter et gérer localement des bas-côtés positifs et négatifs,
- Détecter et gérer les pentes et les dévers,
- Adapter la trajectoire pour prise en compte des zones d'exclusion et des points de passage imposés,
- Effectuer des retours sur trace,
- Effectuer des rejeux de trajectoire.

Les obstacles, pentes, dévers et tous les éléments pouvant être présent sur la trajectoire du démonstrateur pourront être objectivement franchissables ou non franchissables en regard des caractéristiques du démonstrateur, sans que cette information ne soit fournie au préalable aux équipes. A titre d'exemple, les organisateurs pourront introduire des obstacles particulièrement complexes en regard de l'état de l'art comme des obstacles dont la surface est réfléchissante (par exemple : trou rempli d'eau), des obstacles peu denses (buisson peu feuillu et traversable) voire translucide (plaque de plexiglas, vitres), des conditions de visibilité réduites (fumée, brouillard, vent de sable).

La nature variable et imprévisible de l'environnement dans lequel un véhicule terrestre peut évoluer devra être pris en compte pour orienter les choix technologiques, les travaux de recherche et les travaux de développement.

La complexité des environnements dans lesquels le démonstrateur devra évoluer sera croissante du Défi #1 au Défi #3 de sorte à accompagner la montée en maturité technologique.

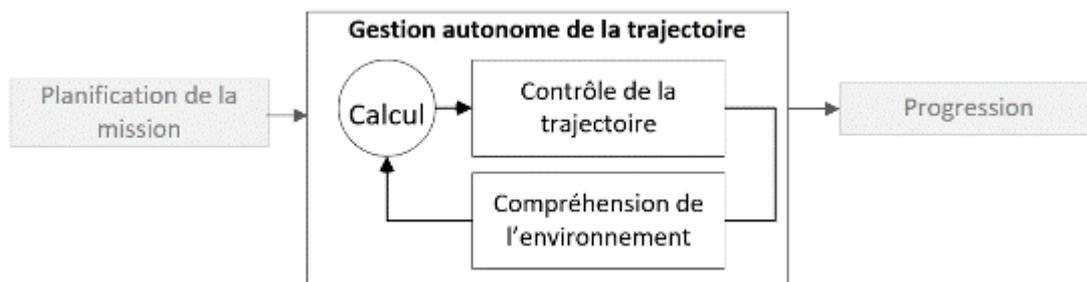


Illustration 7 – Représentation de la gestion autonome de la trajectoire

La brique technologique MOBILEX "Gestion autonome de la trajectoire" intègre la fonction "Compréhension de l'environnement" et "Contrôle de la trajectoire". Ces deux fonctions sont décrites dans la suite de ce chapitre. Leur complémentarité sert la progression du véhicule. Les modalités de réalisation de ces fonctions, les technologies employées et les interactions entre ces fonctions sont laissées à la libre appréciation des porteurs de projet de sorte à ne pas brider l'innovation.

La "planification de la mission" et la "progression" sont extérieures à la brique MOBILEX mais contribuent à la réalisation de la mission.

Les fonctions peuvent être construites suivant ces exemples de logigrammes simplifiés :

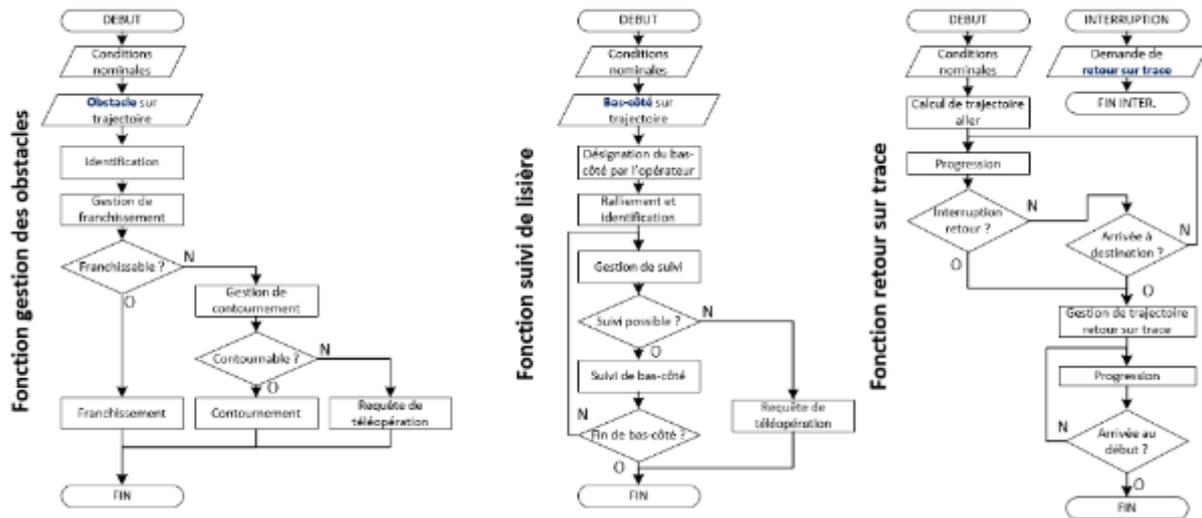


Illustration 8 – Exemple des logigrammes de quelques fonctions principales

8.2 Compréhension de l'environnement

Le système doit percevoir l'environnement local autour du démonstrateur, détecter si des éléments sont sur sa trajectoire, comprendre si ces éléments sont franchissables par comparaison avec les caractéristiques du démonstrateur et adapter la trajectoire le cas échéant pour atteindre la destination cible.

Des évènements perturbateurs seront introduits dans l'environnement afin d'augmenter la complexité des situations rencontrées au cours des trois défis. L'objectif in fine est d'atteindre une situation représentative d'une situation réelle. Cette représentativité pourra être atteinte en dégradant la fiabilité de la cartographie, en modifiant les points de passage et les zones d'exclusion en cours de défi, en modifiant les obstacles lors d'un retour sur trace, en proposant des obstacles artificiels potentiellement traversables ou en perturbant les réception GPS par exemple. Les éléments pouvant perturber la trajectoire d'un véhicule sont par nature imprévisibles et l'environnement dans lequel le démonstrateur évoluera ne peut être décrit en totalité. Les porteurs de projet sont invités à prendre cette caractéristique en considération.

Les performances de la brique MOBILEX devront être robustes dans des conditions environnementales contraignantes : conditions de luminosité (faible luminosité, éblouissement, etc...), conditions météorologiques (pluie, vent, etc...) et leurs conséquences sur les terrains (sol mouillé, boue, poussière, etc.), aux perturbations voire indisponibilité des réseaux (GNSS, communication).

Le choix des technologies et des senseurs est laissé à la libre appréciation des porteurs de projets pour permettre la gestion autonome de la trajectoire en environnement complexe. Ils peuvent être complémentaires en fonction de l'évolution de la complexité des défis, ils doivent cependant tenir les contraintes environnementales (Chapitre 9.4).

8.3 Contrôle de la trajectoire

8.3.1 Mode pilote automatique

La brique technologique MOBILEX prend en compte la planification de la mission par l'opérateur et la gestion autonome de la trajectoire locale du démonstrateur. Ainsi, la brique MOBILEX définit et donne les consignes de mobilité au démonstrateur.

8.3.2 Mode téléopération assistée

Le système peut solliciter l'opérateur pour une reprise en main du contrôle du démonstrateur en cas de nécessité, notamment lorsqu'il ne parvient pas à gérer sa trajectoire ou en raison de difficultés de compréhension de l'environnement.

L'opérateur peut à tout moment reprendre le contrôle du démonstrateur y compris lorsque celui-ci est hors vue.

En téléopération, l'opérateur doit être pleinement assisté dans son activité de pilotage. Pour ce faire, les moyens suivants devront a minima être proposés à l'opérateur :

- Une restitution de la compréhension de l'environnement et du caractère franchissable/non franchissable des éléments présents dans l'environnement,
- Des propositions de modification du comportement du démonstrateur (par exemple : modification de la trajectoire pour éviter un obstacle, anticollision, etc.).

8.4 Indépendance des briques technologiques

Si le challenge MOBILEX ne vise pas à produire *in fine* des solutions techniques immédiatement exploitables, les solutions proposées ne devraient pas être spécifiques du démonstrateur mis à disposition (effet de spécialisation ou de sur-apprentissage).

La brique MOBILEX de chaque équipe doit donc, à terme, être adaptable à tout type de véhicule terrestre.

Les organisateurs pourront donc imposer une modification du volume du démonstrateur, modifier les capacités de franchissement du démonstrateur ou de la configuration du démonstrateur. Il pourra s'agir, par exemples, d'ajouter un gabarit artificiel sur le démonstrateur augmentant sa hauteur et/ou sa largeur ou de brider les capacités de franchissement.

Pour simuler cette indépendance, les caractéristiques du démonstrateur pourront évoluer au cours du challenge : volume, masse, centre de masse et vitesse. La prise en compte de ces évolutions sera optionnelle lors des Défis #1 et #2. Elle fera cependant partie intégrante du Défi #3. Les porteurs de projet sont fortement invités à intégrer ces contraintes avant le Défi #3 afin de tester ces briques en situation. La prise en compte des évolutions des caractéristiques du démonstrateur devra avoir lieu en début d'épreuves lors de la préparation de la mission par le porteur de projet.

9 Contraintes d'intégration

La brique technologique de gestion autonome de la trajectoire locale ne doit pas gêner ou ralentir l'ensemble des déplacements et mouvements du démonstrateur robotisé.

Les technologies employées doivent suivre les contraintes ci-dessous et ne pas présenter de risques manifestes pour les personnes et les biens. Ce dernier point sera à documenter dans le dossier de sécurité demandé aux équipes.

Les contraintes sont détaillées dans le règlement particulier du Défi.

9.1 Contraintes énergétiques

Le système de gestion autonome de la trajectoire locale dispose de sa propre source d'énergie et ne doit pas être raccordée aux batteries du démonstrateur robotisé.

Le domaine de tension du réseau électrique est celui de la Très Basse Tension (TBT).

En dehors des épreuves, le rechargement ou le remplacement des batteries est autorisé.

Pendant les épreuves, le remplacement des batteries est autorisé.

Une attention particulière sera portée à la consommation énergétique de la brique MOBILEX afin qu'elle ne constitue pas un facteur limitant des épreuves. Les organisateurs pourront inclure ce critère dans l'évaluation.

9.2 Contraintes de volume et de masse

L'ensemble du matériel installé sur le démonstrateur a une masse inférieure à la charge admissible du démonstrateur robotisé indiquée dans la brochure technique du BARAKUDA (ANNEXE I).

Le matériel installé peut dépasser jusqu'à 25 cm des extrémités du démonstrateur (largeur et longueur). L'ensemble doit rester en dessous des 250 cm en hauteur. Tout dépassement doit être justifié et approuvé par les organisateurs.

Son encombrement est libre mais doit rester compatible des épreuves (par exemple : prise en compte du centre de masse pour les franchissements), y compris en cas de modification artificielle du gabarit du démonstrateur telle qu'indiquée au chapitre 8.4.

9.3 Contraintes de fixation

Le démonstrateur robotisé est doté de plusieurs points de fixation dont les caractéristiques sont données dans le manuel utilisateur.

Aucun point de fixation supplémentaire autres que ceux définis par le fabricant ne peut être envisagé sans consultation du fabricant et acceptation par les organisateurs.

9.4 Contraintes environnementales

Le matériel intégré, dont les senseurs et le matériel informatique embarqué, doit être robuste en cas d'exposition :

- A des poussières et autres résidus microscopiques ;
- A des projections d'eau de toutes directions ;
- A des projections de boue ;
- A un vent d'environ 40Km/h.

La robustesse du matériel informatique et des senseurs pouvant être critique pour le bon fonctionnement de la brique MOBILEX, elle pourra être évaluée et intégrée à la notation.

Les épreuves se dérouleront de jour.

9.5 Contraintes d'intégration pour les évaluations

Afin d'évaluer la gestion autonome de la trajectoire locale par les organisateurs, l'équipe enregistre et diffuse en temps réel :

- Une restitution visuelle permettant de rendre compte des résultats des fonctions décrites dans le présent règlement. Des précisions seront fournies dans le règlement particulier du Défi.
- Une cartographie comportant a minima : la position et les coordonnées du démonstrateur, la position et les coordonnées des obstacles détectés, le caractère franchissable ou non de ces obstacles, les états du démonstrateur, la planification de la mission réalisée voire mise à jour par l'opérateur, le mode de contrôle (mode *téléopération assistée*, *mode pilote automatique*) les contraintes imposées par les organisateurs (par exemples : points de passage imposés, zones d'exclusion, zone d'activation du mode *téléopération assistée*).

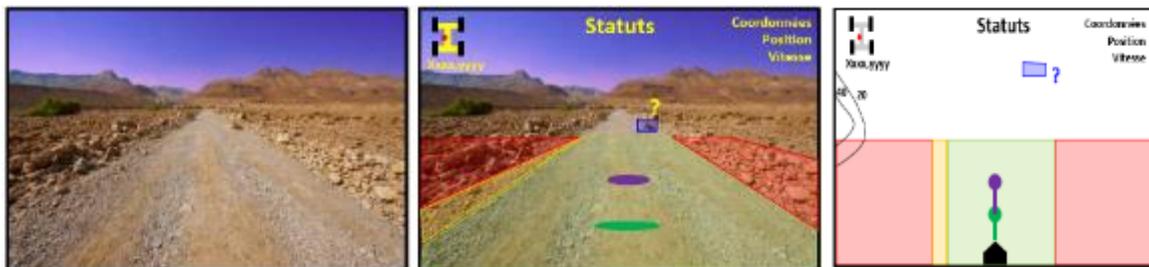


Illustration 9 – Exemple d'un retour visuel du terrain et de la progression

Un fichier texte des événements (fichier log) est également généré et enregistré par le système.

À la fin des épreuves, l'équipe récupère les vidéos et le fichier log sur support USB et le transmet aux organisateurs.

9.6 Contraintes sur les communications

Le ou les réseaux de transmissions de données sont compatibles des règles en vigueur liées à la puissance et à la fréquence d'émission. Ainsi les communications doivent être conformes aux consignes de l'annexe 7 du tableau national de répartition des bandes de fréquences (TNRBF) (extrait en annexe III).

L'emploi d'un réseau moins standardisé devra être détaillé dans le document technique.

L'emploi du réseau 4G ou 5G n'est pas recommandé. Le challenge ne porte pas sur des nouvelles technologies de communication et ne sera pas autorisé (satellite, laser, ultrasons, etc..).

Contrainte de sécurité associée : Le maintien de la communication entre le démonstrateur robotisé et la *tablette démonstrateur* participe de la sécurité des personnes et des biens. Ainsi, quand la *tablette démonstrateur* et le démonstrateur ne communiquent plus (tablette hors de portée par exemple) : le démonstrateur s'arrête.

La perte de communication entre le *PC pilotage* et le *PC Commande* (En référence du schéma d'interface au chapitre 5) est cependant possible et pourra être imposé à titre de contrainte lors des épreuves.

9.7 Contraintes sur les conditions de sécurité

Le schéma d'interface (illustration 4) indique que le pilotage du démonstrateur peut se faire par la brique MOBILEX. Le démonstrateur n'est cependant pleinement opérationnel que si la communication est établie entre la *tablette démonstrateur* équipée de l'arrêt d'urgence. Lors des épreuves, le directeur d'essai ou son délégué doit être en capacité d'agir sur le bouton d'arrêt d'urgence de la tablette. L'équipe détaille l'accessibilité et la capacité d'action de l'arrêt d'urgence pour le directeur d'essai ou son délégué lors des épreuves.

Le dossier de sécurité est un élément critique pour avoir l'autorisation de participer aux épreuves.

L'équipe se conforme aux règles détaillées dans le règlement particulier du Défi sur les risques des biens et des personnes. Le système de gestion autonome de la trajectoire locale est conforme aux règles d'Hygiène, Sécurité et de Conditions de travail du site étatique aux épreuves ainsi qu'aux règles de sécurité des personnes.

Le dossier de sécurité et les contraintes en vigueur sur le site des épreuves sera détaillées aux porteurs de projet dans le règlement du Défi.

10 Notation

Les projets sélectionnés pour participer au challenge MOBILEX feront l'objet d'une notation permettant de comparer les projets entre eux.

La notation portera notamment sur les éléments suivants :

- La revue d'avancement,
- La revue de validation,
- La réalisation des épreuves.

Chaque élément faisant l'objet d'une notation sera pondéré dans la notation finale. Les performances lors des épreuves de terrain seront, par exemple, plus valorisées que la revue d'avancement.

La méthode de notation sera détaillée dans le règlement particulier du Défi.

En particulier, lors des épreuves la notation pourra, par exemples, porter sur les critères suivants :

- Temps d'exécution d'une épreuve par rapport à un temps de référence,
- Quantité de reprises en main par l'opérateur (En référence du chapitre 8.3),
- Quantité de détections de faux positifs,
- Quantité d'obstacles détectés,
- Temps de caractérisation et de franchissement d'un obstacle,

Les critères de notation seront précisés dans le règlement particulier du Défi.

11 Communication et valorisation

Pour les épreuves du Défi, l'équipe génère et livre un kit de communication grand public comportant :

- Un poster du projet de recherche,
- Une plaquette de présentation du projet de recherche,
- Une vidéo de présentation du projet de recherche (environ 3 minutes, présentant à minima l'implication, la stratégie, les applications et l'équipe).

L'ensemble des supports doit afficher les logos du Challenge MOBILEX et de chaque membre de l'organisation : Agence de l'Innovation de Défense, Agence Nationale pour la Recherche, Agence de l'Innovation des Transports et Centre Nationale d'Etudes Spatiales. Ces logos seront fournis par les organisateurs.

Les organisateurs souhaitant valoriser les communications associées au Challenge MOBILEX, il est recommandé aux équipes de proposer leurs communications avant diffusion.

Les communications scientifiques pourront également être prises en compte dans la notation des projets.

12 ANNEXE I – brochure technique du BARAKUDA



Brochure technique



Robot BARAKUDA

Projet MOBILEX

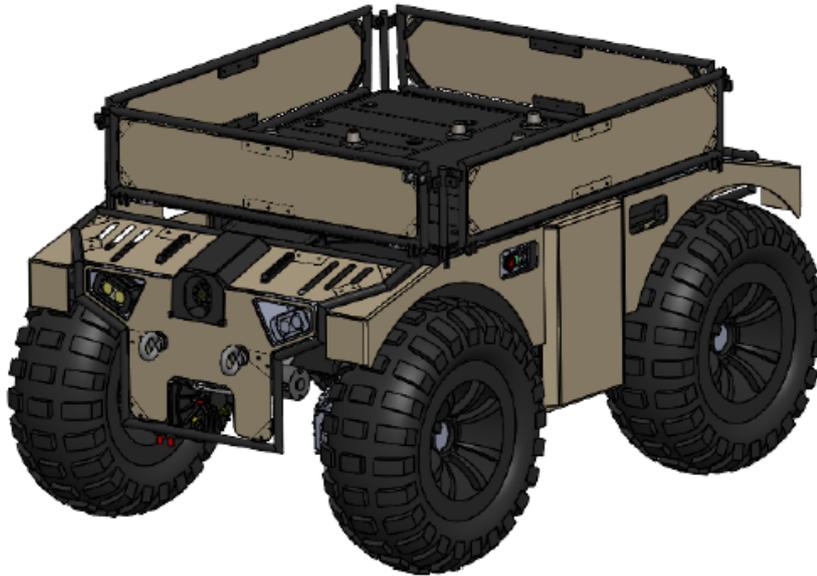
Version 3

SHARK ROBOTICS SARL
SARL au capital de 1 563 219 Euros – 823 372 909 00031 RCS La Rochelle
8 rue des Rivauds - 17000 LA ROCHELLE - France

T +33 (0)5 46 5224 83

www.shark-robotics.com

Caractéristiques de la plateforme :



Interfaçage complet : modifications mécaniques, électriques et software

CARACTERISTIQUES

Dimensions (L x l x H) :

- Sans matériel : L x l x H : 185 x 120 x 110 cm
- Centre de gravité à 950mm X 640mm X 600mm

Poids :

- Sans matériel : 500 kg
- Charge utile : 500 kg

Vitesse : De 0 à 20 km/h

Autonomie : Jusqu'à 10 heures en situation opérationnelle

Franchissement : Jusqu'à 30 cm

Pente : Jusqu'à 40°

Dévers : Jusqu'à 35°

Étanchéité : IP 65

Batterie : 58,8 V 27Ah

Temps de charge : Chargement des batteries dans le robot, jusqu'à 6 heures de rechargement

Distance de pilotage : Jusqu'à 500 mètres à vue

Manipulation du robot

Franchissement d'obstacle

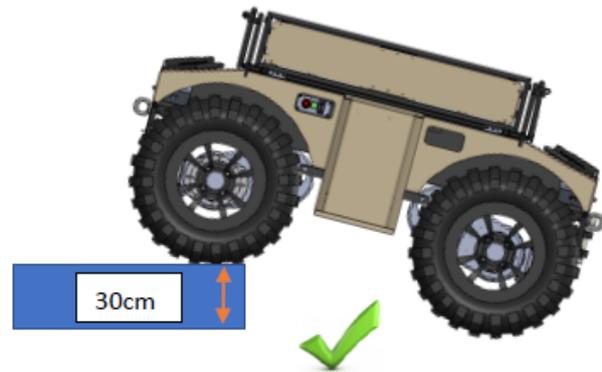
Lors des franchissements d'obstacles, faire très attention au basculement du robot.



Une marche de plus de 30 cm peut faire basculer le robot très violemment vers l'avant ou sur le côté. De même si le robot descend un obstacle de plus de 30 cm, il risque de basculer très violemment vers l'avant.



Lorsque le robot descend un obstacle, il est très important de ne pas activer les freins du robot. C'est-à-dire qu'il est impératif de continuer de faire avancer celui-ci lors du franchissement.



Etape 1 (en télé-opération) – L'utilisateur doit faire avancer le robot jusqu'à ce qu'il soit en contact avec l'obstacle.

Etape 2 (en télé-opération) – L'utilisateur doit piloter le robot en faible vitesse (5km/h), lorsque le robot est en contact avec l'obstacle, pour lui faire gravir lentement celui-ci. Cela permettra au pilote de mieux contrôler la manœuvre.

Etape 1 (challenge MOBILEX – pilotage autonome du robot) : franchissement continu (sans l'arrêt du robot au préalable sur l'obstacle) → 5 km/h sur un obstacle de 15cm.

Ne pas créer de choc violent entre le robot et l'obstacle pendant la manœuvre.

Mobilité du robot

Les roues du robot ne sont pas directrices. En inversant le sens de rotation des roues de gauche par rapport aux roues de droite, le robot effectue une rotation à la manière d'un char. De cette manière, le robot peut effectuer des rotations sur lui-même et ne possède donc pas d'angle de braquage limite. La vitesse de chaque roue d'un même côté est toujours synchronisée.

Suspensions

Le système de suspension est basé sur un bras oscillant. Le débattement de la suspension sera de 100 mm maximum. La garde au sol du robot sera de 400 mm (robot à vide, sans matériel) et sera au plus bas à 300 mm (robot chargé). Les amortisseurs seront dotés d'un vérin hydraulique avec son ressort intégré. La suspension n'est pas pilotée mais purement mécanique. L'ajout de ces amortisseurs va permettre de réduire les chocs et vibrations sur la plateforme, ce qui préservera la partie électronique ainsi que les capteurs intégrés.

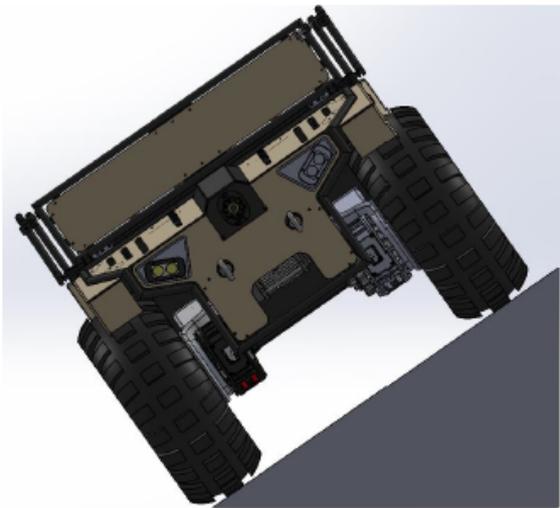
RÈGLES OBLIGATOIRES :

Ne pas laisser tomber le robot ou ses accessoires de plus de 10 cm (lorsque le robot ou ses accessoires ne sont plus en contact avec le sol).

Ne pas laisser le robot et ses équipements tomber des obstacles à franchir.

Devers

Jusqu'à 35° maximum



Pente

Jusqu'à 40° maximum



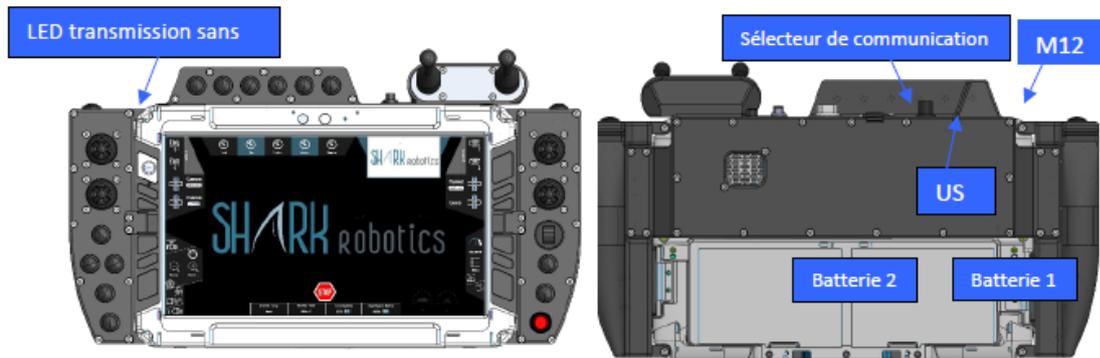


FIGURE 1 : VUE 3D DE LA SHARKSTATION

Le contrôle commande permet d'utiliser au mieux les fonctionnalités des robots Shark Robotics. Il est composé de

1. 4 Joysticks 2 voies
2. 17 boutons
3. 1 bouton d'arrêt d'urgence
4. 1 bouton ON/OFF
5. 1 sélecteur de vitesse 3 positions
6. 1 sélecteur de communication
7. 1 connecteur USB 2.0
8. 1 connecteur Jack 2.5mm (optionnel)
9. 1 connecteur M12
10. 2 connecteurs antenne



FIGURE 2 : INTERFACE PHYSIQUE

Envoi des informations : Les commandes doivent être envoyées en UDP au PC interne sous la forme d'une trame JSON.

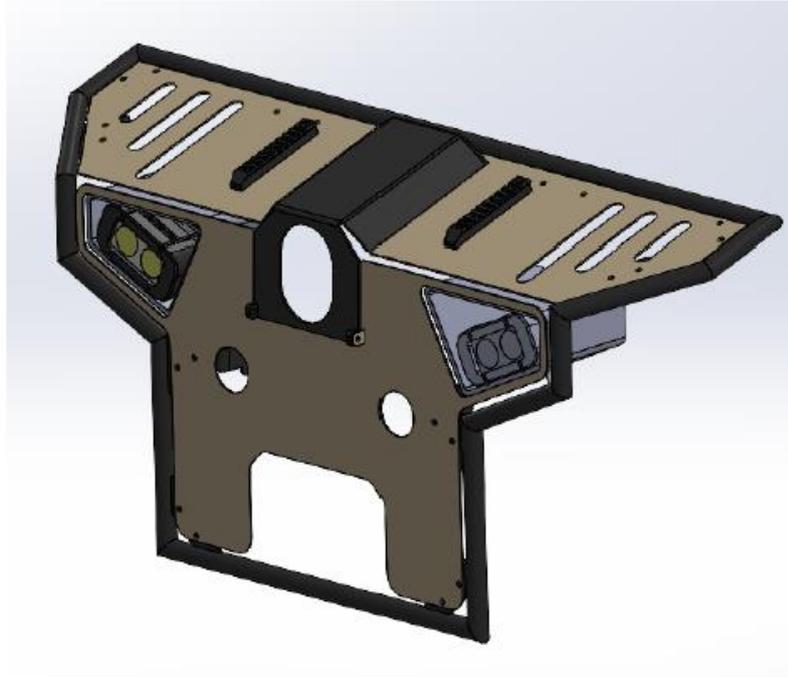
La trame JSON comprendra la vitesse angulaire et linéaire désirée.

Récupération des informations : Les informations sont récupérables via un serveur WEB intégré au robot via une requête http. L'utilisateur recevra une trame JSON contenant le retour de tous les capteurs équipés, ainsi que les informations de bon fonctionnement des services internes au robot.

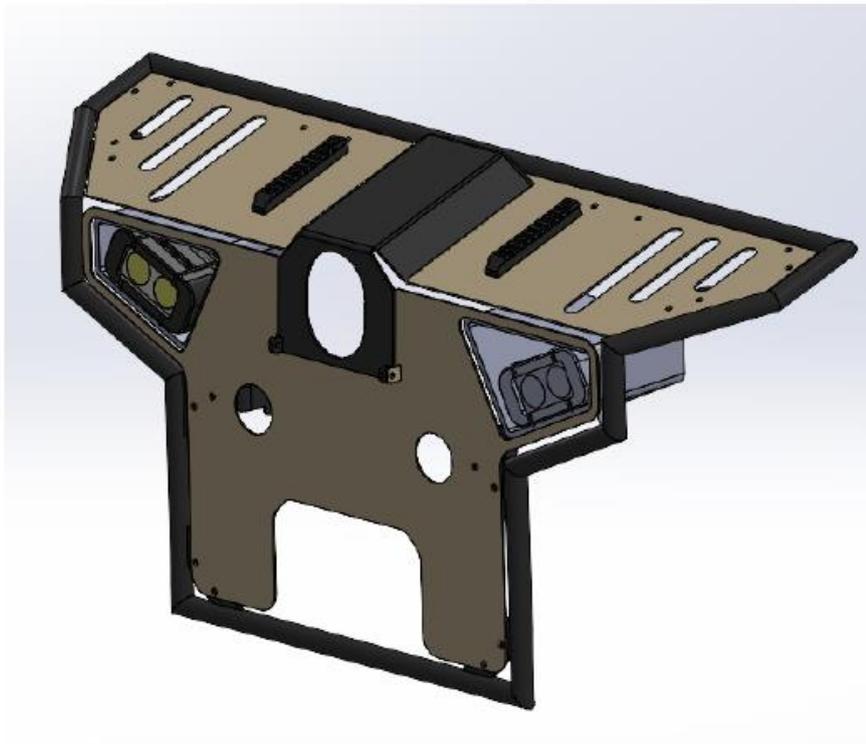
Par exemple : la puissance des moteurs, retours codeurs, températures internes...

B07	Appui court : Allumage / Extinction LEDs robot
B08	Affichage de la mosaïque (Voir paragraphe « Mode mosaïque »)
B09 -> B13	Appui court : Affichage de la caméra en plein écran/rotation à 180° de l'image Appui long : Affichage de la caméra en mode PIP (Voir paragraphe « Mode PIP »)
B16	Menu
B17	Appui court : Prendre une capture d'écran. Appui long : Lancement / Arrêt de la capture vidéo.
S01	Sélecteur de vitesse. Il possède 3 positions : lent (5km/h), moyen (10km/h), rapide (20km/h). PC-Candidat : pas affecté par la position de ce sélecteur.
ES	Arrêt d'urgence. Il permet de couper toute commande des joysticks (J1 à J4)
B03	Switch PC-Shark → PC-Candidat
J4	Contrôle de la locomotion du robot.

Tôle avant : perçage possible dans l'intégralité de la tôle.

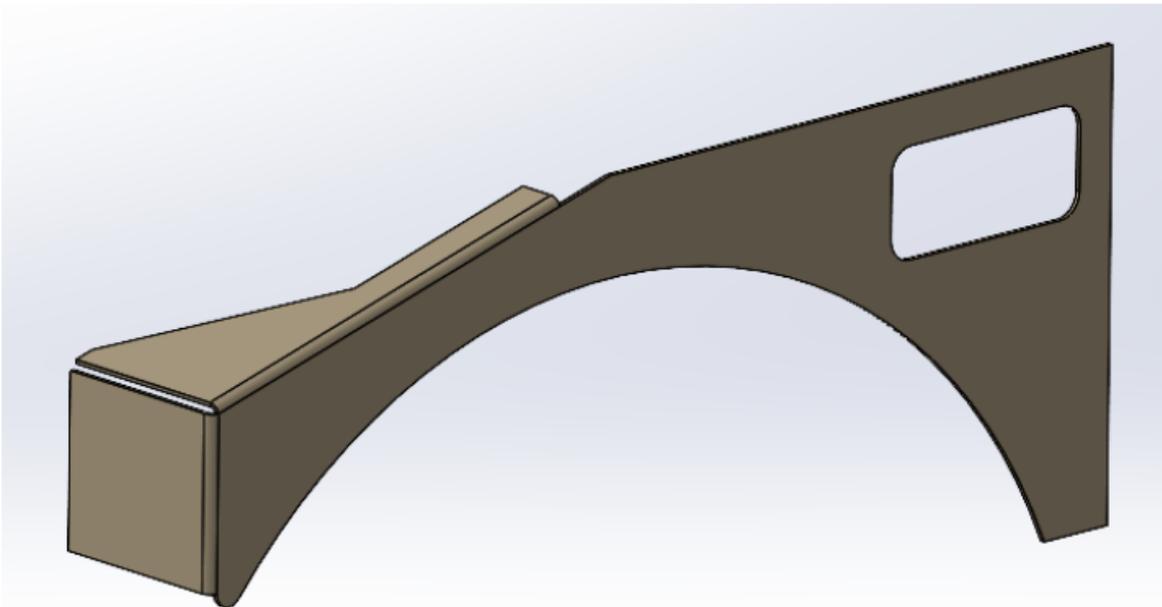
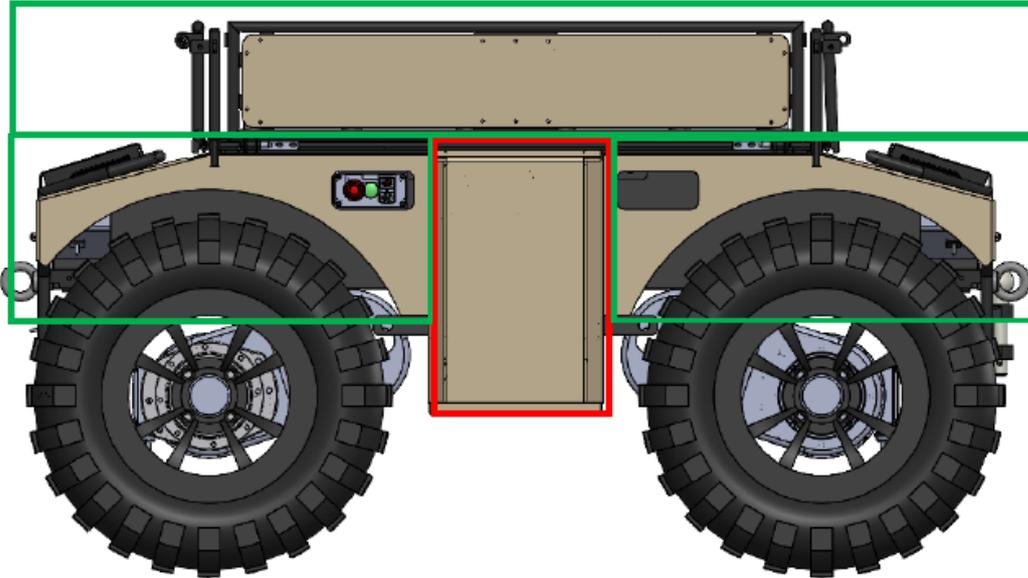


Tôle arrière : perçage possible dans l'intégralité de la tôle.



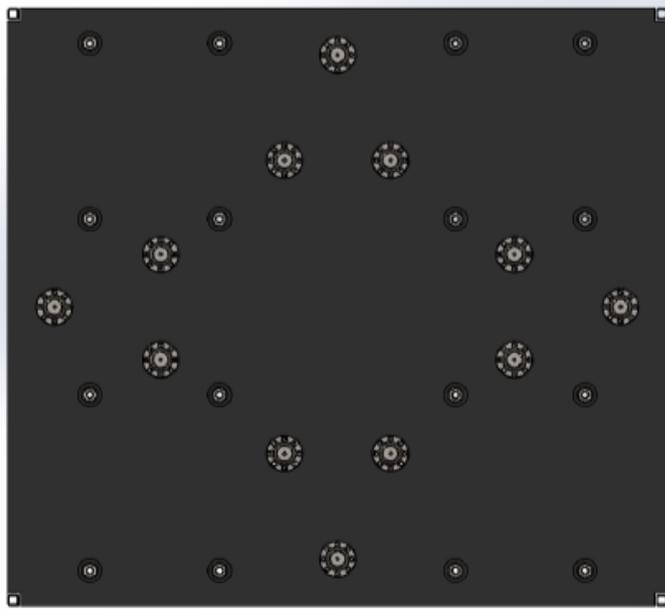
Flanc de côté du robot : perçage possible dans la zone encadrée en vert.

ATTENTION DANGER : NE PAS PERCER DANS LA ZONE ENCADREE EN ROUGE (BLOC BATTERIE).

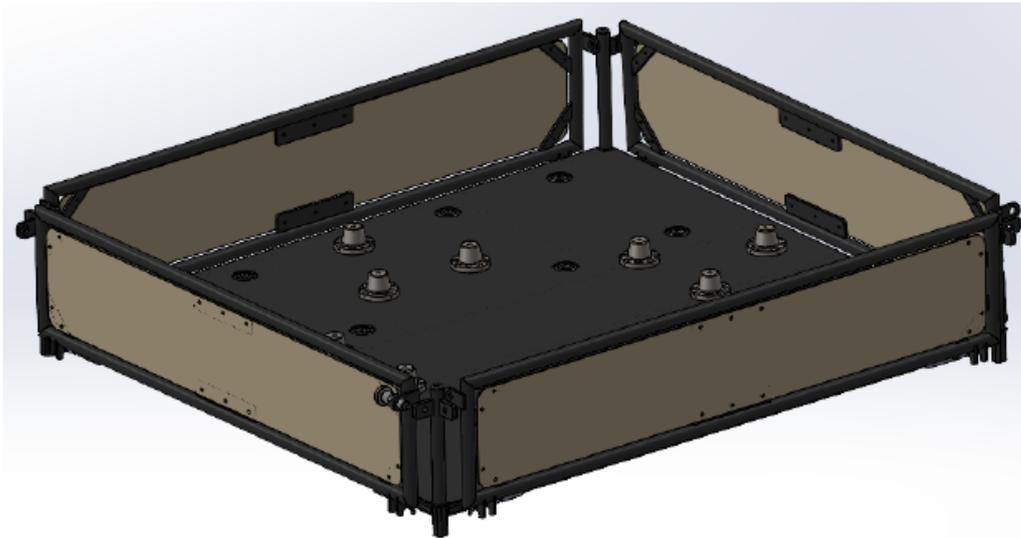


Plateau : perçage possible dans la totalité du plateau mais prévoir démontage du plateau préalablement.

- Élément de fixation de série : broches à billes.
- Possibilité de rajouter des cônes de fixation jusqu'à 12 cônes.



Tubulaire pour la panier : sanglage et intégration de fixation possible sur le tubulaire.

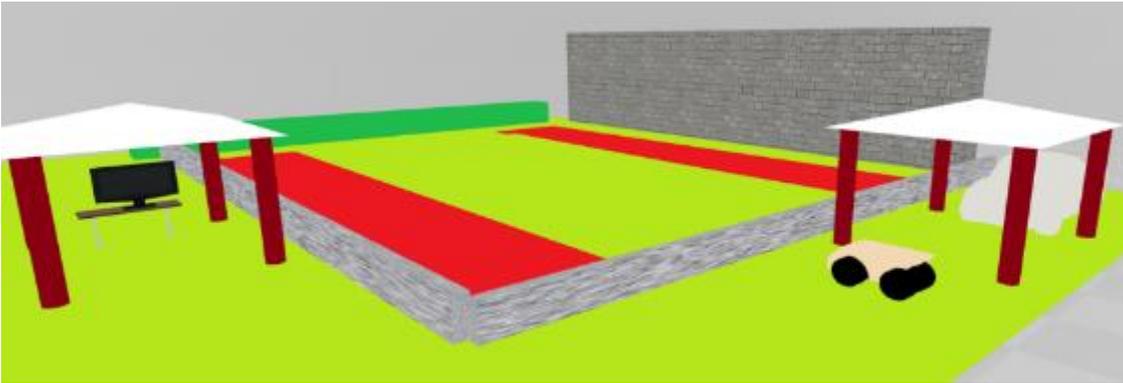


13 ANNEXE II – Exemple d’une épreuve type

Obstacles positifs

1 - Fourniture préalable cartographique

Avant l’épreuve les organisateurs fourniront des coordonnées géographiques (GPS) des zones d’exclusion du site étatique afin de définir les zones des épreuves.



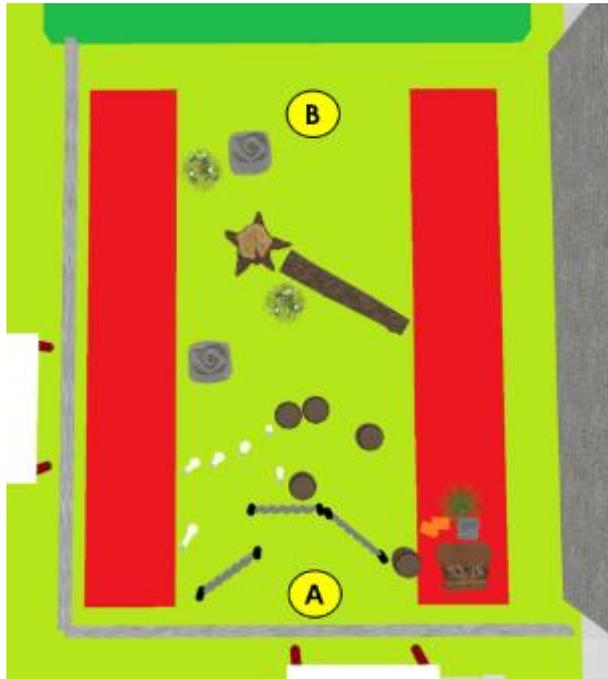
2 – Présentation à l’épreuve

Aux épreuves, l’équipe découvrira les obstacles ainsi que les points de départ et d’arrivée.



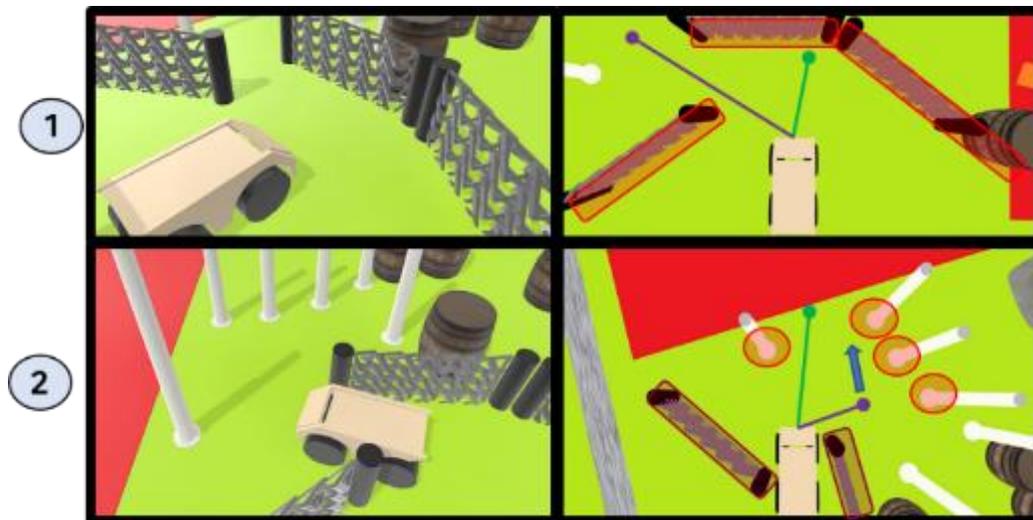
3 – Préparation de la trajectoire en mode automatique

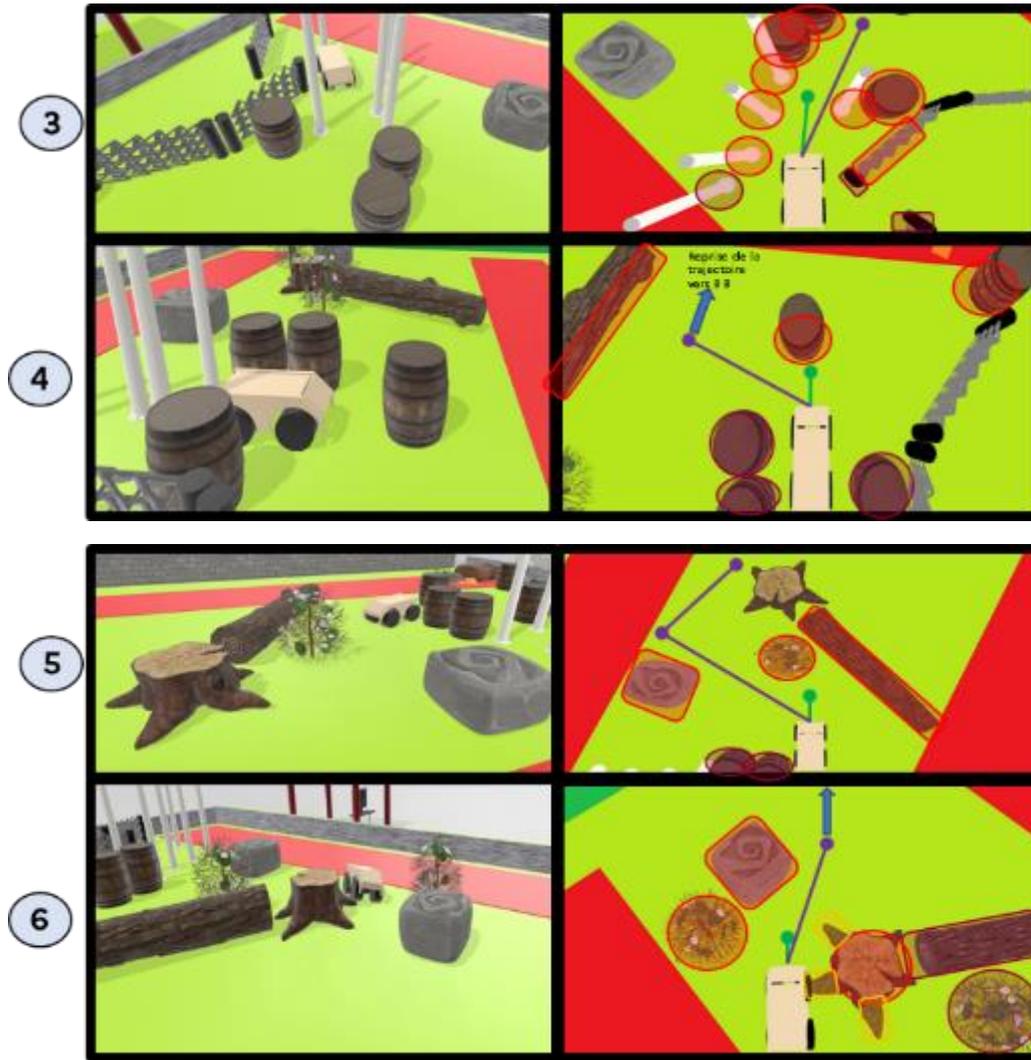
L'équipe disposera d'un temps bref de préparation avant l'exécution de l'épreuve.



4 – Exécution de l'épreuve

Le visuel temps réel doit retourner la trajectoire initiale et la trajectoire recalculée ainsi que les obstacles et leurs caractères franchissable ou non.





- | | |
|---------------------------------------|------------------------|
| Obstacle non franchissable actuel | Trajectoire initiale |
| Obstacle non franchissable en mémoire | Trajectoire recalculée |
| Obstacle franchissable | |

Le passage au point d'arrivée termine l'épreuve.

14 ANNEXE III – Extrait du TNRBF

Source : <https://www.anfr.fr/>

Tableau national de répartition des bandes de fréquences

Annexe à l'arrêté du Premier ministre du 4 mai 2021
(publiée au Journal officiel du 7 mai 2021)

Version consolidée après la modification du 31 août 2022
(publiée au Journal officiel du 7 septembre 2022)



Annexe 7

Fréquences utilisables pour certains matériels de faible puissance et de faible portée

La présente annexe indique les bandes de fréquences disponibles en France pour les appareils de faible puissance et de faible portée (AFP) et les conditions techniques de partage avec les services de radiocommunications dans ces bandes.

Les conditions d'utilisation de ces bandes de fréquences par les AFP sont précisées :

- en Régions 1 et 2, par des décisions de l'ARCEP en application des articles L. 33-3 et L. 36-6 du code des postes et des communications électroniques et homologuées par le ministre chargé des communications électroniques ; en l'absence de telles décisions, ces bandes de fréquences ne sont pas autorisées pour cet usage ;
- en Région 3, par des décisions des Gouvernements de Nouvelle-Calédonie ou de Polynésie Française ; en l'absence de telles décisions, les conditions d'utilisation de ces bandes de fréquences par les AFP sont celles mentionnées dans les tableaux ci-dessous.

Les indications concernant les conditions d'utilisation de bandes de fréquences pour lesquelles l'ARCEP bénéficie du statut EXCL ne relèvent pas de l'application de l'article 21 de la loi du 30 septembre 1986 relative à la liberté de communication. Ces indications sont donc données à titre seulement informatif.

La présente annexe tient compte des décisions de la Commission européenne adoptées en application de la décision 676/2002/CE (décision spectre radioélectrique), de la recommandation ERC/REC 70-03 du Comité des communications électroniques (ECC) sur les appareils à faible portée et des décisions ECC associées. Lorsque ces décisions ou recommandations européennes sont référencées dans l'annexe, elles ne le sont qu'à titre indicatif. La présente annexe inclut le cas échéant la mention générale d'exigences telles que la mise en œuvre de techniques d'accès au spectre et d'atténuation des interférences. Ces exigences sont spécifiées dans les normes reconnues pour évaluer la conformité au cadre réglementaire pour la mise sur le marché d'équipements radioélectriques.

Toute personne intéressée par l'utilisation des fréquences destinées aux applications décrites dans cette annexe, qui sont susceptibles d'évoluer postérieurement à l'adoption du présent document, est invitée à se rapprocher :

- en Régions 1 et 2, de l'unité Fréquences de l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes, ou à consulter la base de données fréquences sur son site internet à l'adresse www.arcep.fr ;
- en Région 3, de la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services, Sous-direction de la réglementation et des affaires européennes et multilatérales, ou de l'affectataire TTOM selon le territoire concerné.

Aucune garantie de protection n'est accordée à ces dispositifs radioélectriques. De plus, ces appareils ne doivent en aucun cas causer des brouillages aux installations autorisées par les affectataires de la bande concernée au titre du Tableau national de répartition des bandes de fréquences.

[...]

3. Équipements de transmission de données large bande y compris les systèmes d'accès sans fil & réseaux locaux radioélectriques (WAS/RLAN)
3.a Équipements de transmission de données large bande

Bande de fréquences	Puissance max.	Paramètres additionnels	Références / observations
863 à 868 MHz	25 mW p.a.r.	Canalisation : entre 600 kHz et 1 MHz Coefficient d'utilisation limité : 2,8% (10% pour les points d'accès au réseau) Mise en œuvre de techniques d'accès au spectre et d'atténuation des interférences	Décision 2006/771/CE modifiée (bande n° 84) Applications de transmission de données large bande dans les réseaux de données.
917,4 à 919,4 MHz	25 mW p.a.r.	Canalisation : entre 600 kHz et 1 MHz Coefficient d'utilisation limité : 2,6% (10% pour les points d'accès au réseau) Mise en œuvre de techniques d'accès au spectre et d'atténuation des interférences.	Décision 2018/1538 (UE) (bande n° 2) Applications de transmission de données large bande dans les réseaux de données. Tous les dispositifs nomades et mobiles dans le réseau de données sont placés sous le contrôle de points d'accès au réseau (dispositifs maître).
2 400 à 2 483,5 MHz	100 mW p.i.r.e.	Mise en œuvre de techniques d'accès au spectre et d'atténuation des interférences.	Décision 2006/771/CE modifiée (bande n° 57c)
57 à 71 GHz	40 dBm p.i.r.e. Densité spectrale : 23 dBm/MHz p.i.r.e.	Mise en œuvre de techniques d'accès au spectre et d'atténuation des interférences.	Décision 2006/771/CE modifiée (bande n° 75) Les installations extérieures fixes sont exclues.
71 à 72 GHz	40 dBm p.i.r.e. Densité spectrale : 23 dBm/MHz p.i.r.e.	Mise en œuvre de techniques d'accès au spectre et d'atténuation des interférences.	

[...]