

ROBEX

ROBotique d'Exploration Autonome

Positionnement scientifique

Une équipe du LabSTICC :

- Lionel LAPIERRE
- Luc JAULIN
- Simon ROHOU
- Fabrice LE BARS
- Benoit ZERR
- Natacha CAOUREN
- Christophe VIEL
- Franck RUFFIER
- Damien MASSE



- Outils ensemblistes pour la robotique
- Navigation référencée terrain, robuste sans GNSS & SLAM ensembliste en milieux contraints
- Commande non linéaire reconfigurable & locomotion bio-inspirée
- Coopération multi-robots
- Garantie de performance & autonomie décisionnelle

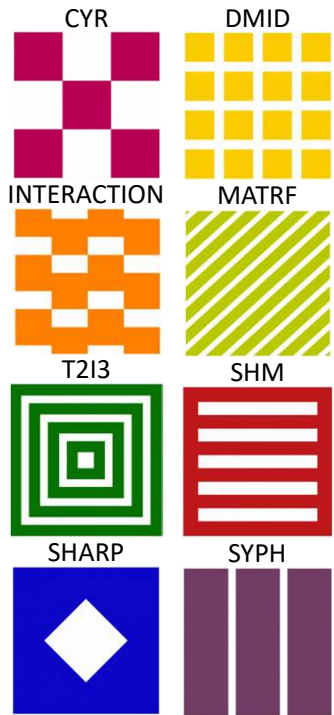
5 défis applicatifs, en robotique marine :

- RAMP : *Rapid Assessment of Marine Pollution*
- FAUV : Flottille d'AUVs Furtifs
- AUV Nourrice : Cartographie Collaborative Grand Fond
- REK : *Karst Exploration with Robots*
- LAD : Lutte Anti-Drone

Laboratoire, UMR 6285



9 pôles



IA&OCEAN

3 équipes

M³

Marine Mapping
& Metrology

OSE

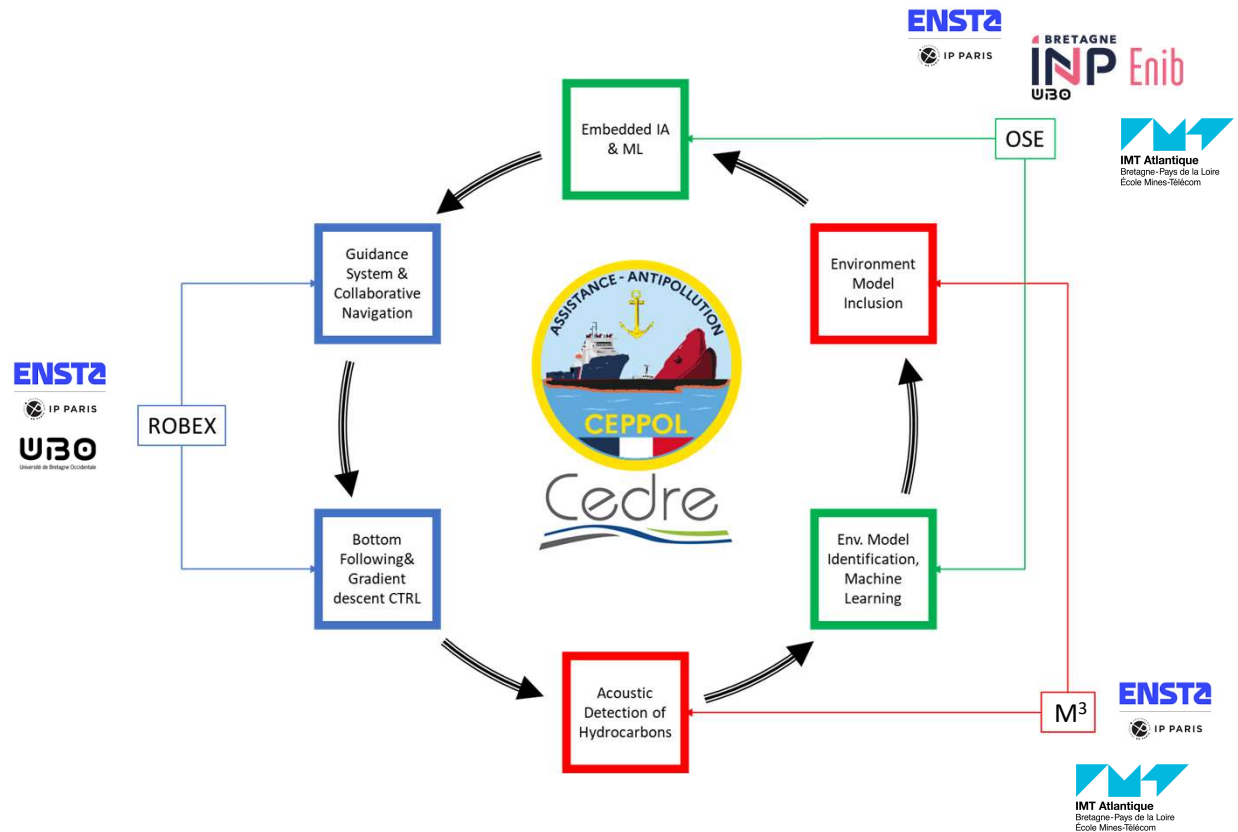
Observations Signal
& Environnement

ROBEX

Robotique
d'Exploration

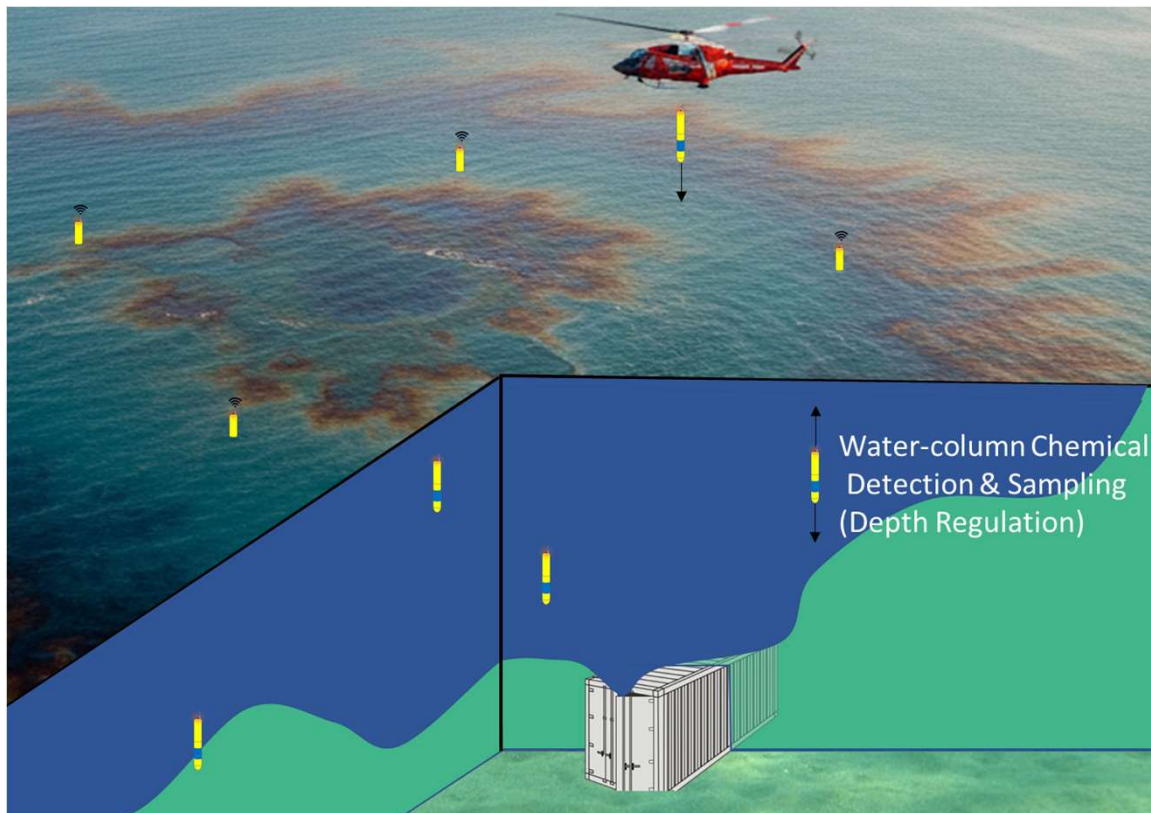
Rapid Assessment of Marine Pollution

RAMP, un projet structurant du pôle IA & Ocean du LabSTICC.



Défi 1 : *Rapid Assessment of Marine Pollution*

RAMP, phase 1 : obtention d'un modèle V0

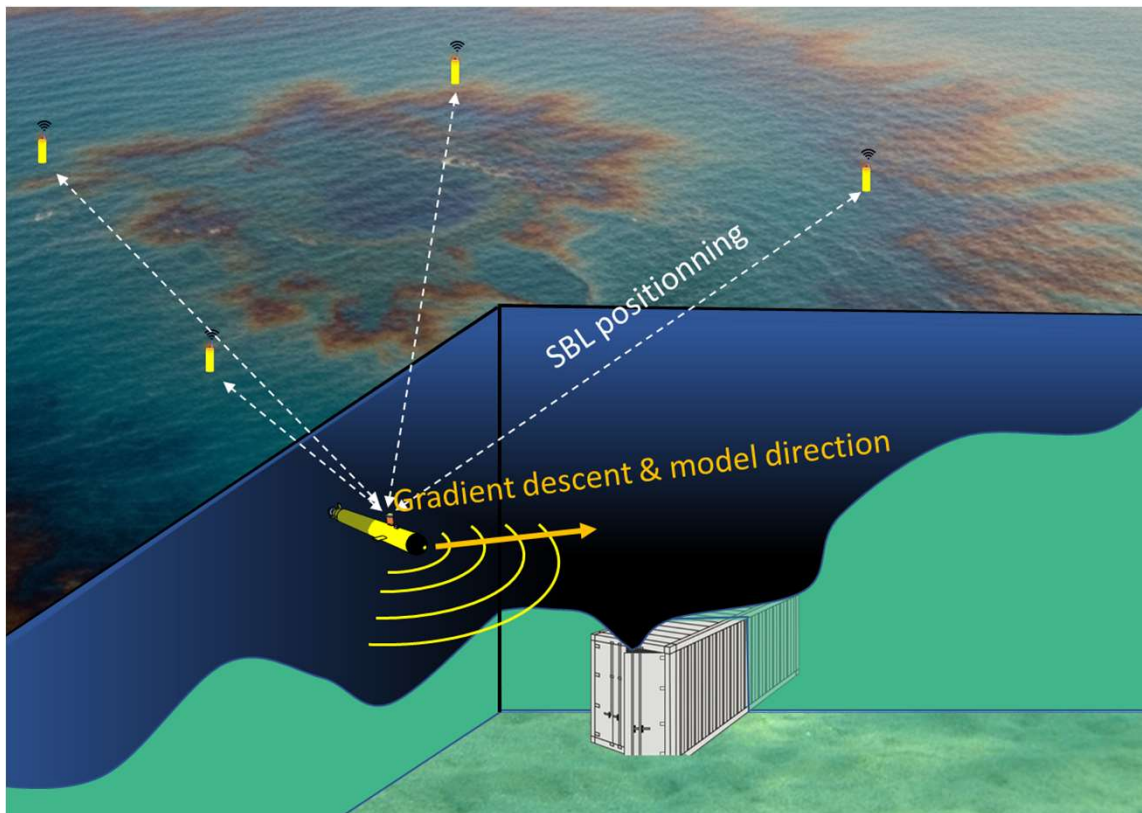


Défis scientifiques et techniques

- Echantillonneurs verticaux autonomes
 - Techno ENSTA
 - Adaptation aux GFM et largage / hélico
- Régulation robuste et nouvelles technos de ballasts hybrides
- Observabilité :
 - Adaptation des techniques de Krigeage
 - Exploitation données satellitaires (CLS)
- Reconstruction de modèles environnementaux contraints
 - mobilisation de techniques d'apprentissage
- Nouveaux capteurs de polluants
 - Acoustique / hydrocarbures?
 - Autres ?
- Prélèvements

Défi 1 : *Rapid Assessment of Marine Pollution*

RAMP, phase 2 : localisation de la source

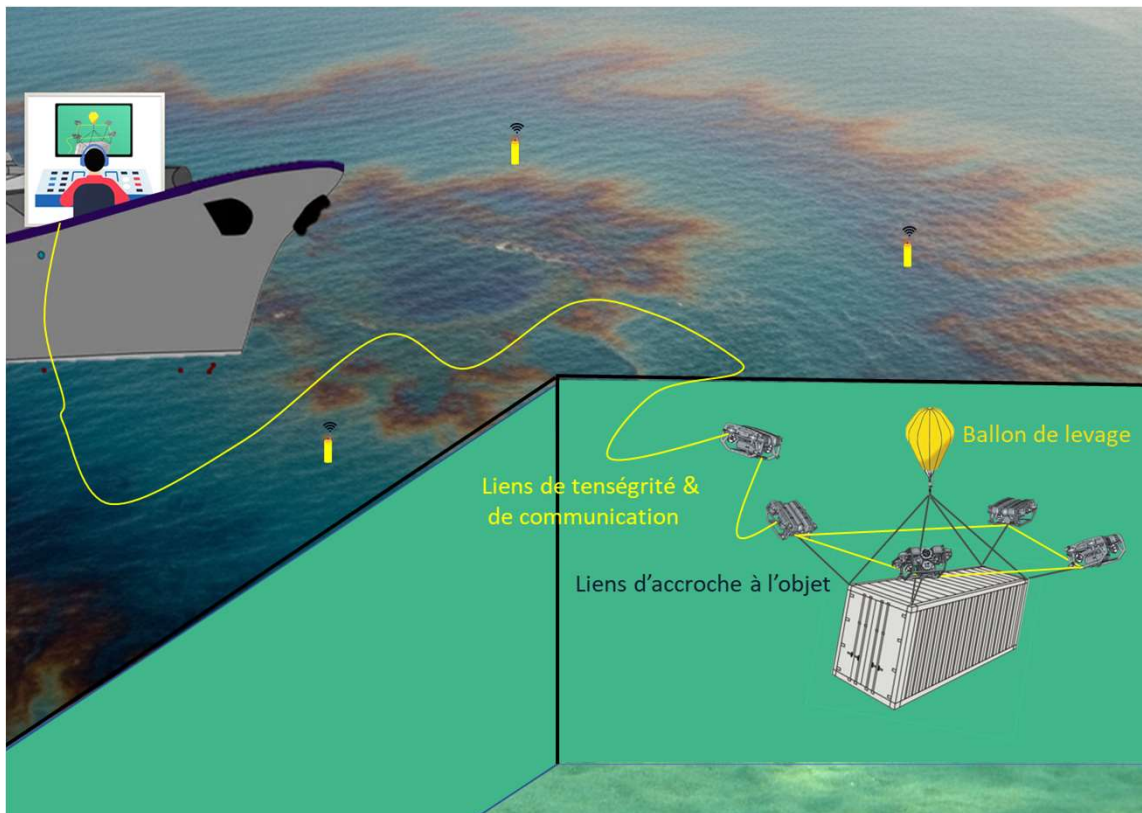


Défis scientifiques et techniques

- Guidage intelligent d'AUV
 - Guidage suivant modèle d'environnement (*Physical Intelligence*)
 - Echantillonnage 3D prédictif
 - Intégration des variations environnementales (prédiction de la dynamique du panache)
 - Emport d'une IA embarquée pour adapter la stratégie de mesures (planification de chemin)
- Commande robuste d'AUV
- Adaptation de la navigation aux contraintes des capteurs
- Navigation collaborative multi véhicules
- Cartographie chimique de l'environnement

Défi 1 : *Rapid Assessment of Marine Pollution*

RAMP, phase 3 : récupération de la source

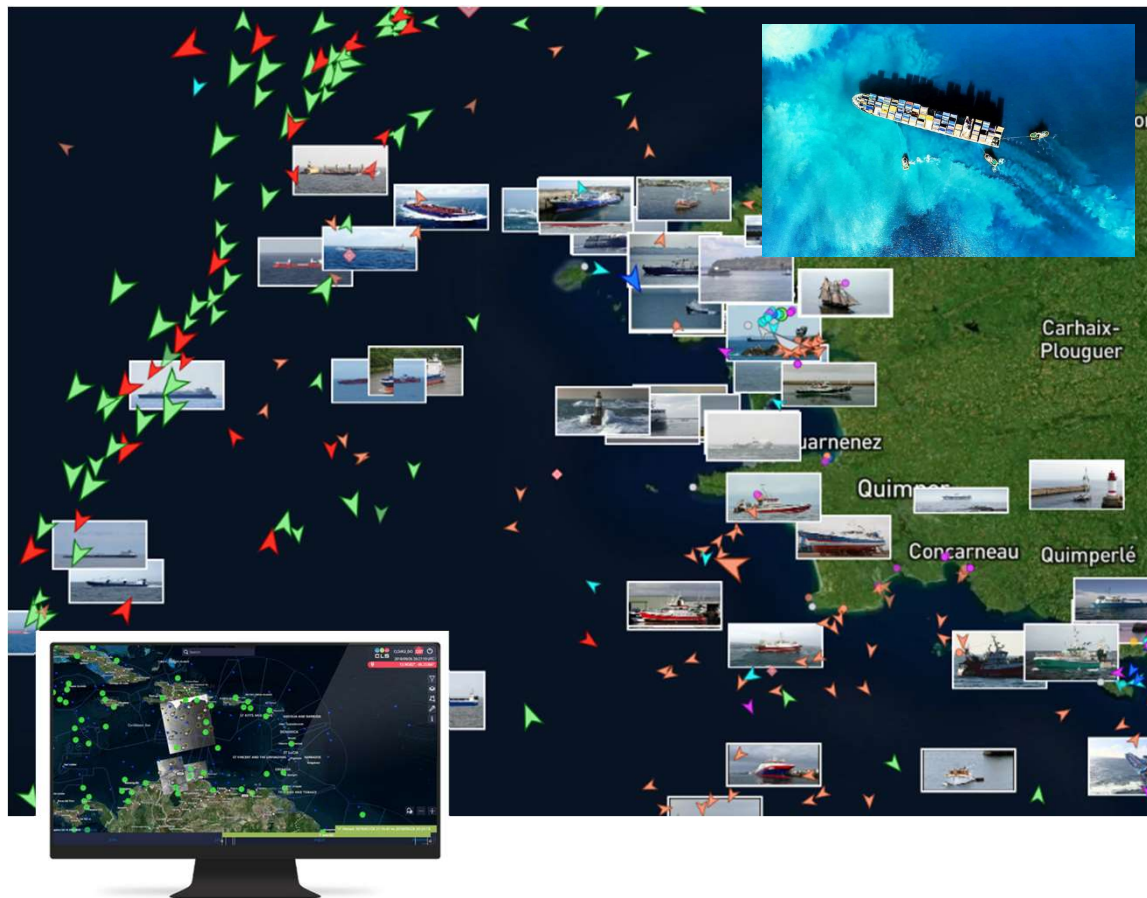


Défis scientifiques et techniques

- Manipulation sous-marine assistée par une flotte de ROV / AUV
- Exploitation des principes de Tenségrité
- Interaction H/M
- Repousser les horizons d'intervention
- Dérisqueage des opérations humaines

Défi 1 : *Rapid Assessment of Marine Pollution*

RAMP, phase 4 : identification du pollueur



Défis scientifiques et techniques

- Analyse des prélèvements
- Analyse des routes déclarées
- Production d'éléments de preuves
 - Exploitation des garanties de localisation
 - Association avec CLS
- Exploitation des modèles environnementaux

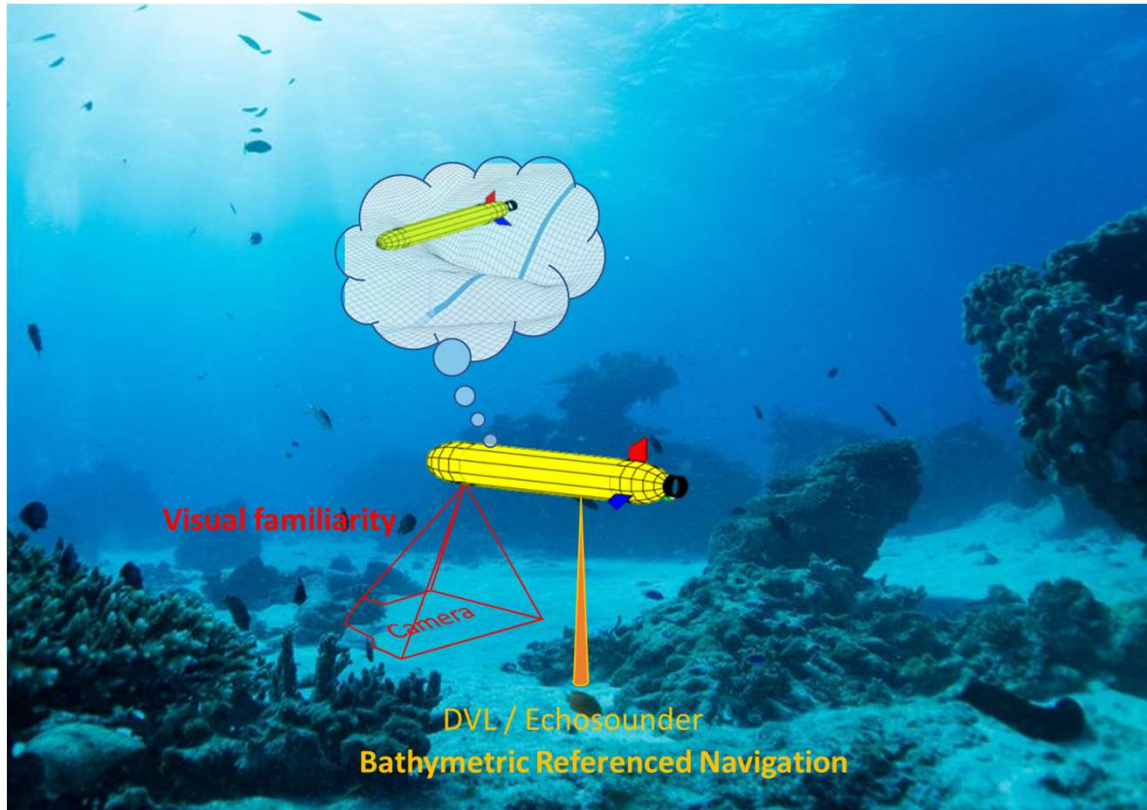
Financement

- BPI IDMO
 - Multi-régions
 - Recherche de porteurs industriels (/ phase) : Seaber, Alseamar, CLS,...
- Phasage du projet
 - Multi-guichets
 - Feuille de route pluriannuelle

Défi 2 : Navigation discrète sous-marine pour la défense navale

« SLAM collaboratif appliqué à une meute d'AUVs »

F-AUV, Phase 1 : Navigation référencée terrain

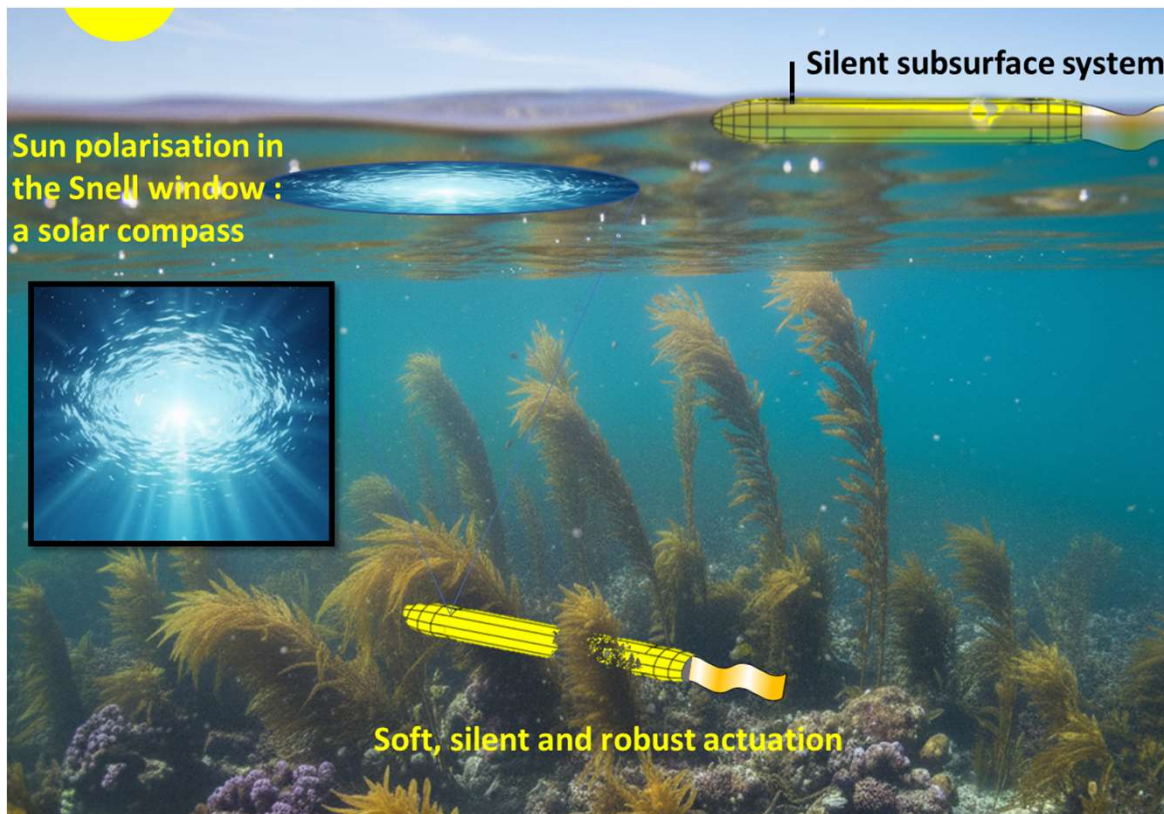


Défis scientifiques et techniques

- Navigation référencée terrain
 - Approche ensembliste pour acquérir des garanties
 - *GNSS denied*
- Adaptation des principes de familiarité à l'environnement marin
- Démonstration d'une traversée de la rade (A/R) sans faire surface (DGA TN)

Défi 2 : Navigation discrète sous-marine pour la défense navale

F-AUV, Phase 2 : Navigation référencée terrain

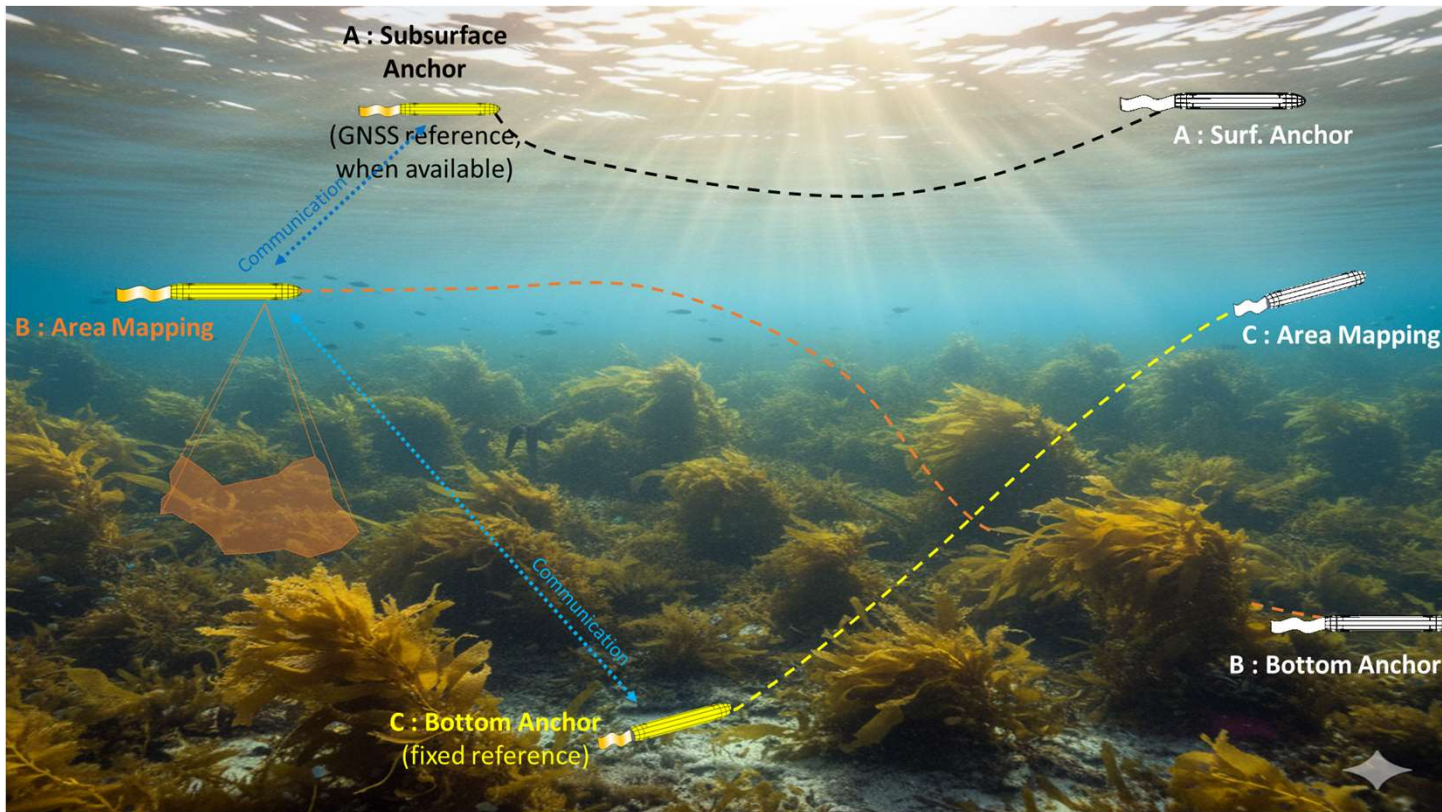


Défis scientifiques et techniques

- Actionnement souple, discret et robuste
- Navigation au plus près du fond
 - Environnement encombré
 - Évitement d'obstacles
 - Traversée de champ d'algues
- Navigation discrète dans le clapot
 - Accès GNSS opportuniste
- Exploitation des amers solaires dans la fenêtre de Snell
 - Localisation de la position solaire par analyse de la polarisation des rayons solaires

Défi 2 : Navigation discrète sous-marine pour la défense navale

F-AUV, Phase 3 : La Marche des Robots



Défis scientifiques et techniques

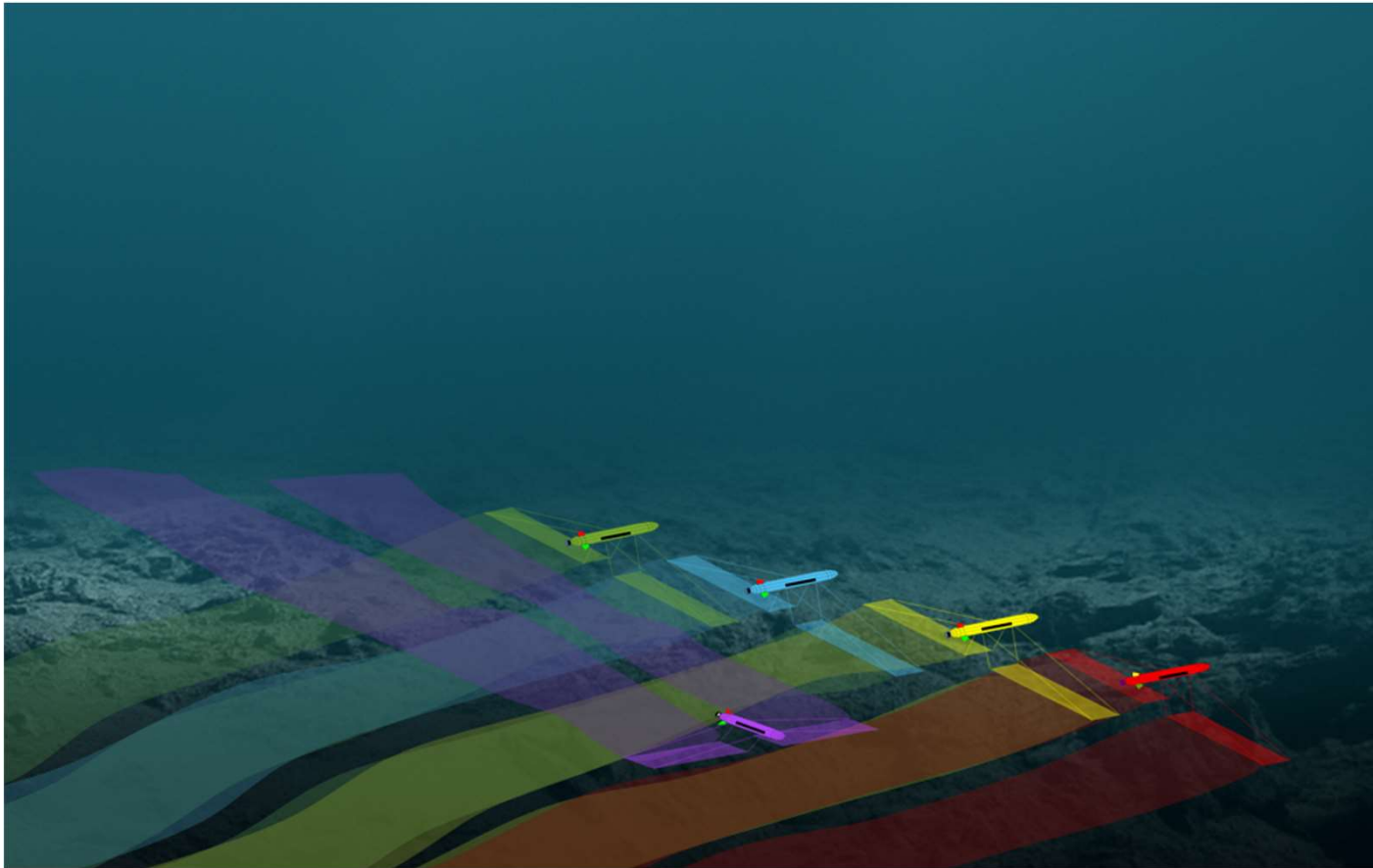
- Navigation collaborative référencée terrain
- Inclusion des amers indiscernables

Financements

- Dépôts CIMO:
 - 2025 : NRT + Familiarité
 - 2026 : Actionneurs souples + Navigation Solaire
 - 2027 : La marche des robots
- Contrat Cadre DGA TN / ENSTA

Défi 3 : Cartographie Collaborative grand fond, AUV Nourrice

AUV-N : Cartographie Collaborative

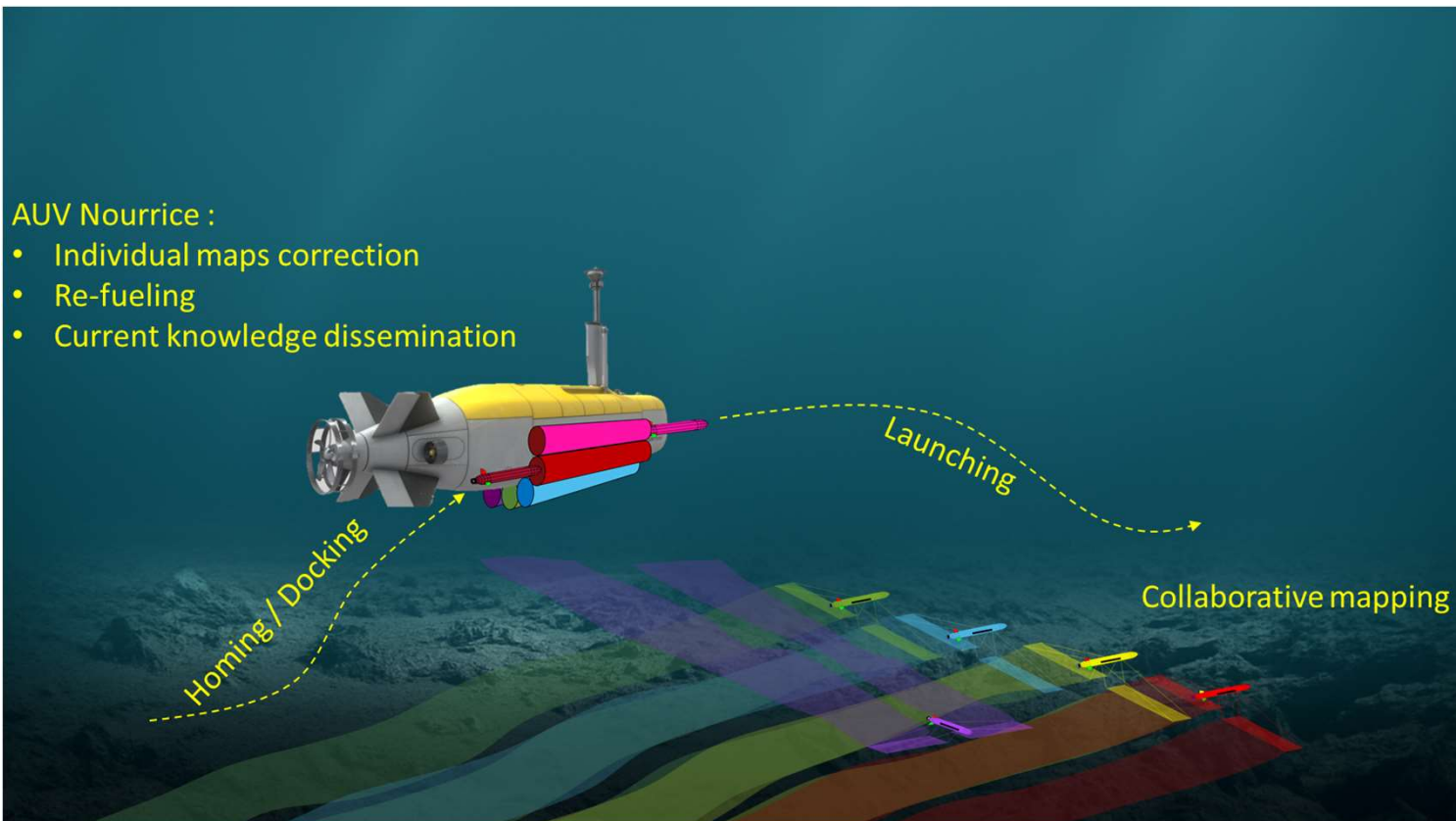


Défis scientifiques et techniques

- Dresser des cartes individuelles avec une cohérence d'ensemble
- Redressement des cartes individuelles et production d'une carte globale
- Traitement hors ligne

Défi 3 : Cartographie Collaborative grand fond, AUV Nourrice

AUV-N : AUV Nourrice



Défis scientifiques et techniques

- Dresser des cartes individuelles avec une cohérence d'ensemble
- Redressement des cartes individuelles et production d'une carte globale
- Traitement automatique en ligne
- Docking de flotte
 - *Deconflicting paths*
- Recherche de garanties de performance

Défi 3 : Cartographie Collaborative grand fond, AUV Nourrice

AUV-N : Terrains



Saint Pierre et Miquelon :
cartographie des habitats
du crabe des neiges

Brest : mise au point

Terre Adélie : Cartographie Polaire



Défis scientifiques et techniques

- Missions expérimentales
 - Brest
 - St Pierre et Miquelon
 - Terre Adélie
- Absence de GPS et de compas
- Navigation sous-glaciaire
- Implication de l'IPEV
- Déclaration d'intérêt du capitaine de l'Astrolabe
 - Mapping des mouillages potentiels

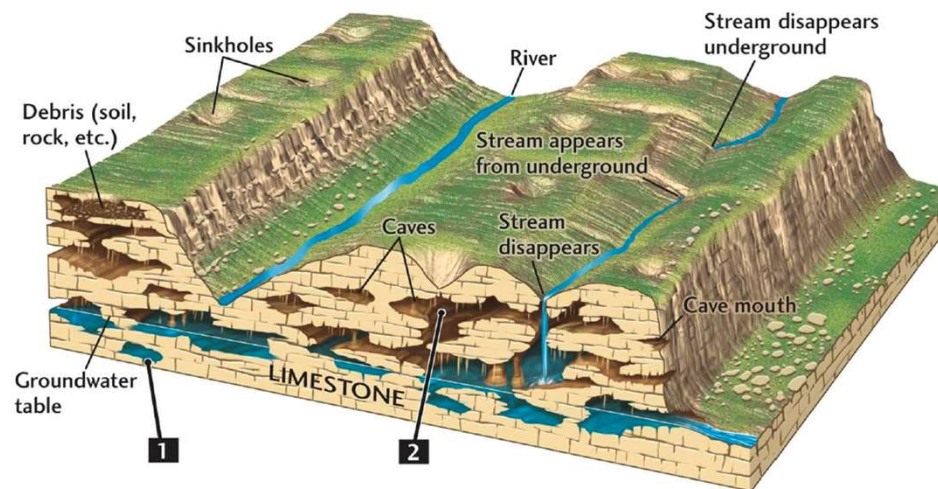
Financements

PEPR Grands Fonds Marins
Idée déposé

Défi 4 : Robotique d'Exploration de réseaux Karstiques

KARST : DEFINITION

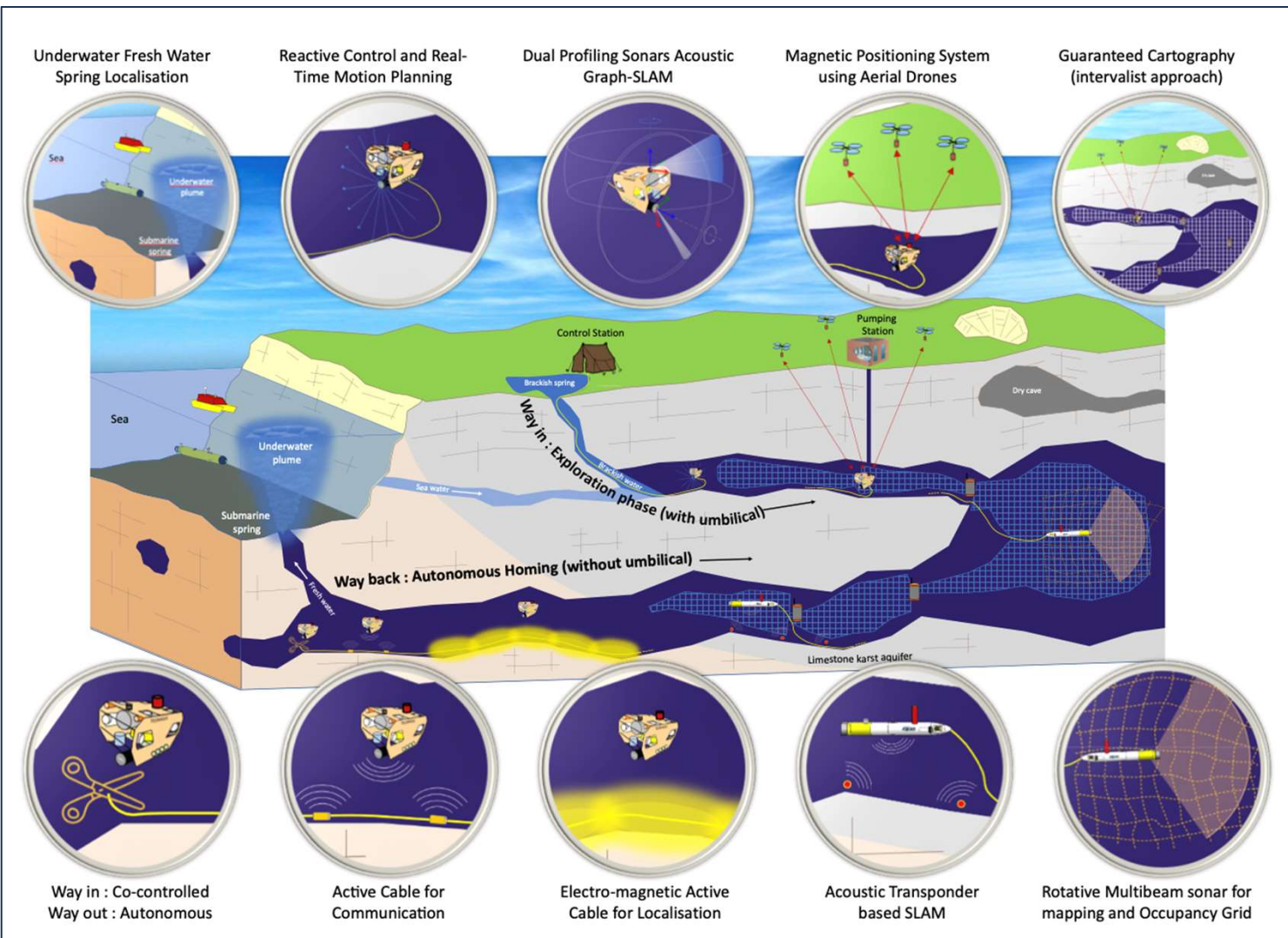
- A topography formed from the dissolution of soluble rocks such as limestone, dolomite, and gypsum,



- Characterized by **underground drainage hydrosystems** with sinkholes and caves.



Défi 4 : Robotique d'Exploration de réseaux Karstiques



Défis scientifiques et techniques

- Commande Robuste
- Navigation & Guidage Réactif référencés (modèle de) terrain
- SLAM
- *Physical Intelligence*
- Locomotion
- Autonomie
- Architecture de Commande
- **Garantie de Performance**

Nouveaux capteurs

- Architectures informatiques
- MNT Hydrogéologique

Financements
ANR, HORIZON EU

Défi 5 : Lutte Anti-Drones marins

LADM, chasse et blanchiment de zone

Zone blanchie si :
 $v_{op} < v_1 < v_2 < v_3 < v_4 < v$

Détection assurée si:
 $v > v_4 > v_3 > v_2 > v_1 < v_{op}$

Détection courante

Escorte 1

Escorte 2

Unité Préceuse

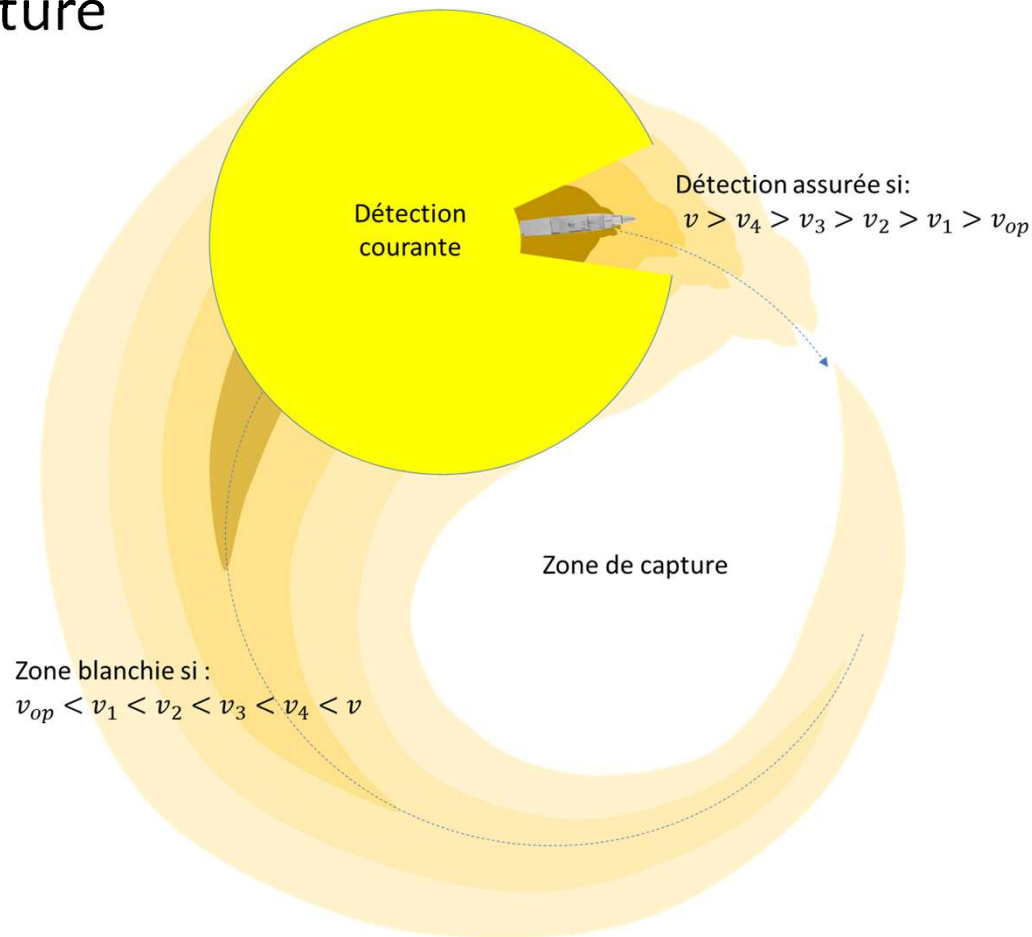
Escorte 3

Défis scientifiques et techniques

- Exhaustivité de couverture
- Théorie des jeux différentiels
- Modèles de détection
- Capture d'AUV
 - CHROMM
- Mise en évidence des vulnérabilités
 - DGA TN (Site de Lanvéoc)

Défi 5 : Lutte Anti-Drones marins

LADM, Capture



Défis scientifiques et techniques

- Capture d'AUV
 - CHROMM
- Mise en évidence des vulnérabilités
 - DGA TN (Site de Lanvéoc)

Défi 5 : Lutte Anti-Drones marins

LADM, Mise en évidence des vulnérabilités

Défis scientifiques et techniques

- Capture d'AUV
 - CHROMM
- Mise en évidence des vulnérabilités
 - DGA TN (Site de Lanvéoc)

Feuille(s) de route scientifique de ROBEX

