



HAL
open science

Etat des lieux en robotique marine et sous-marine. Cas particulier de la commande des mini-véhicules sous-marins.

Vincent Creuze

► **To cite this version:**

Vincent Creuze. Etat des lieux en robotique marine et sous-marine. Cas particulier de la commande des mini-véhicules sous-marins.. JNRR: Journées Nationales de la Recherche en Robotique, Oct 2013, Annecy, France. lirmm-00877524

HAL Id: lirmm-00877524

<https://hal-lirmm.ccsd.cnrs.fr/lirmm-00877524v1>

Submitted on 28 Oct 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etat des lieux en robotique marine et sous-marine

Cas particulier de la commande des mini-véhicules sous-marins

Vincent Creuze (MCF), LIRMM, Montpellier
Animateur axe robotique marine et sous-marine du GT2



Laboratoire
Informatique
Robotique
Microélectronique
Montpellier

Types de robots marins et applications

ROV

crawler

AUV

glider

bio-insp

ASV

ROV : Remotely Operated Vehicle

- télé-opéré, partiellement automatisé
- observation ou manipulation (workclass)



Observer, Subsea Tech



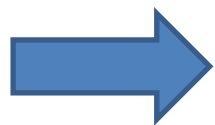
L2ROV, LIRMM



H2000, ECA Hytec



Victor 6000, Ifremer



industrie offshore, inspection,
science, déminage...



K-Ster MineKiller, ECA

Types de robots marins et applications

ROV

crawler

AUV

glider

bio-insp

ASV

Crawler : véhicule à chenilles/roues et propulseurs

- Uniquement télé-opéré



AC-CELL 100, AC-CESS



LBC, Seabotix



Roving BAT, ECA Hytec



Inspection/nettoyage : canalisation, coque, riser.
Enfouissement de câbles, exploitation minière.



SeabedCrawler, Nautilus Minerals,
Australie

Types de robots marins et applications

ROV

crawler

AUV

glider

bio-insp

ASV

AUV : Autonomous Underwater Vehicle

- entièrement autonome
- observation (vidéo, sonar), mesure, océanographie, déminage



AstrX et IdefX, IFREMER



Daurade, ECA/GESMA



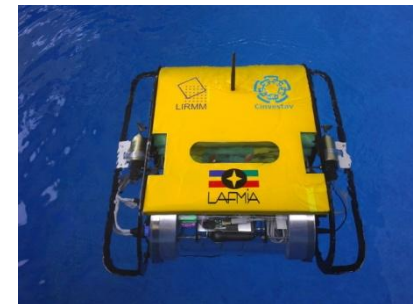
Remus, HYDROID



Sardine, Lab-STICC/ENSTA Bretagne



Aquatis, ESIEA



Lirmia 2, LAFMIA/LIRMM

Types de robots marins et applications

ROV

crawler

AUV

glider

bio-insp

ASV

Glider : Planeur sous-marin à flottabilité variable

- Autonomie accrue, comm. sat. en surface
- Océanographie

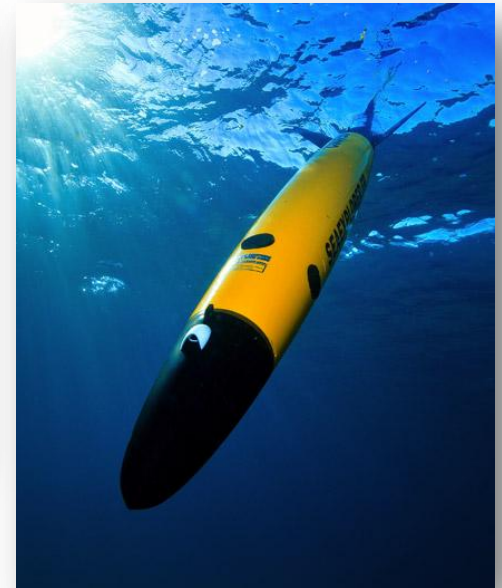


Slocum glider, Teledyne / WHOI

Record Atlantique, 2011



1KA Seaglider, iRobot



SeaExplorer, ACSA

Types de robots marins et applications

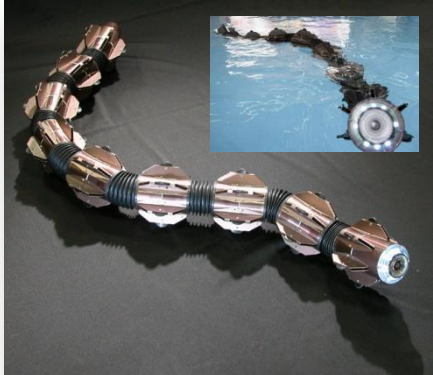


Bio-inspirés

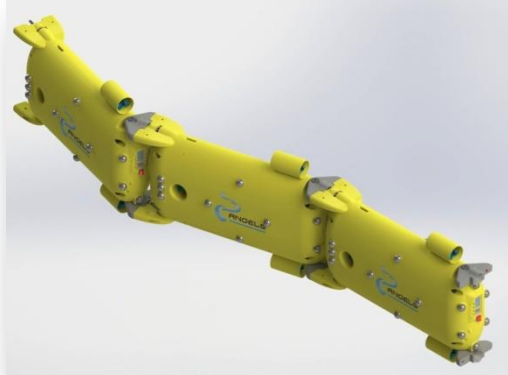
- Méduses, poissons, anguilles/serpents



Aquajelly, Festo



ACM-R5, Tokyo Inst. of Tech.



Angels, IRCCyN/Mines de Nantes



Ludique/esthétique,
militaire (terre/eau),
modulaire



Crabster CR200, KIOST, Corée



Jessiko, Robotswim

Types de robots marins et applications



ASV : Autonomous Surface Vehicle

- Propulsion: moteur, vent, houle



Inspector, ECA



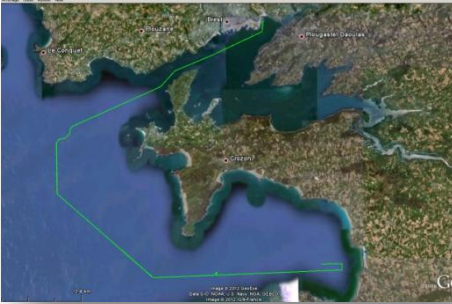
Vaimos, ENSTA Bretagne/Ifremer



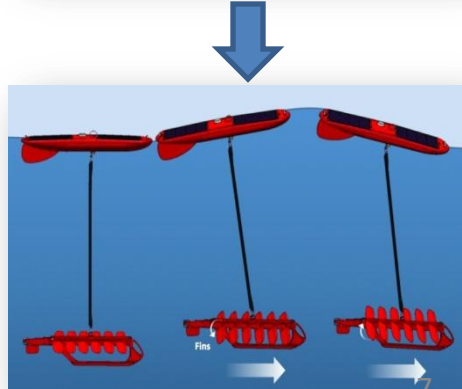
PacX wave glider, Liquid Robotics



défense,
océanographie,
climatologie



Brest-Douarnenez, 2012



Problématiques scientifiques associées

Perception

SLAM

logiciel

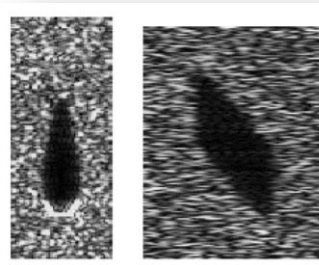
Communication

Swarm

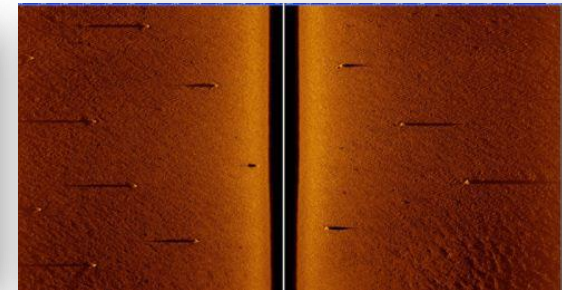
Commande

Acoustique (sonar)

- Caractérisation de cible, évitement d'obstacle, suivi de structures (pipeline, coque)
 - segmentation, reconnaissance de formes
 - méthodes probabilistes
 - reconstruction 3D



Mine (I. Quidu, ENSTA)



Détection de mines par sonar latéral

➔ Difficultés et verrous

- progrès fortement contraints par la technologie
- faible fiabilité / précision

Problématiques scientifiques associées

Perception

SLAM

logiciel

Communication

Swarm

Commande

Vision

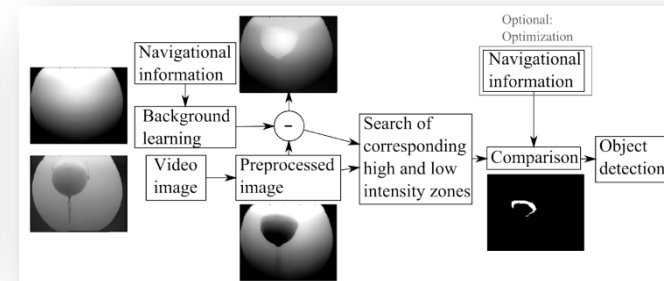
- Caractérisation de cible, suivi de structures
 - reconnaissance de formes
 - reconstruction 3D



Reconstruction 3D, LIRMM



Mine



Détection de mine, ISEN

➔ Difficultés et verrous

- Turbidité, absorption des couleurs, éclairage
- Méthodes terrestres inadaptées (SIFT...)

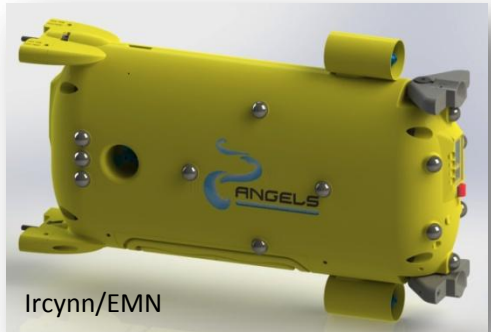
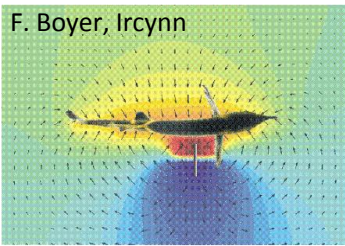


Détection de mine, I3S

Problématiques scientifiques associées



Bio-inspirée

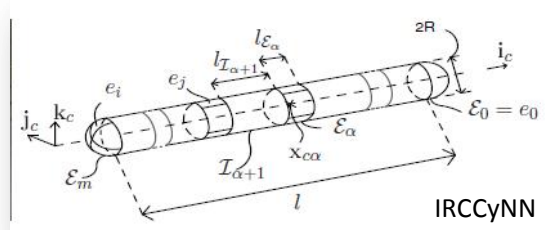


- Électro-location

- création d'un champ électrique
- mesure des déformations du champ
- détection des obstacles conducteurs ou non.

➔ Difficultés et verrous

- Modélisation
- Etendre la communauté



Problématiques scientifiques associées

Perception

SLAM

logiciel

Communication

Swarm

Commande

- SLAM, principalement sur petits véhicules pour:
 - borner les erreurs de positionnement
 - garantir la couverture sonar complète d'une zone (déminage)

➔ Difficultés et verrous

- Faible résolution des images sonar
- Peu d'amers, différents selon point de vue

Problématiques scientifiques associées

Perception

SLAM

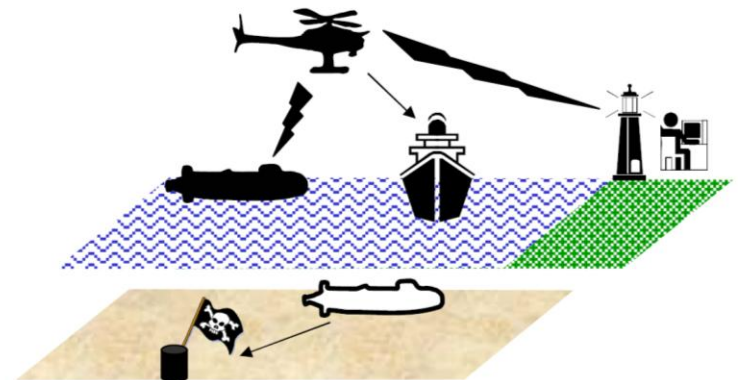
Logiciel

Communication

Swarm

Commande

- **Autonomie décisionnelle et sûreté de fonctionnement**
 - Architecture logicielle distribuée permettant de faire coopérer une flottille hétérogène.
 - Supervision
 - Replanification de mission
 - Architecture tolérante aux fautes



PEA Action, ONERA/LAAS/DGA

Problématiques scientifiques associées

Perception

SLAM

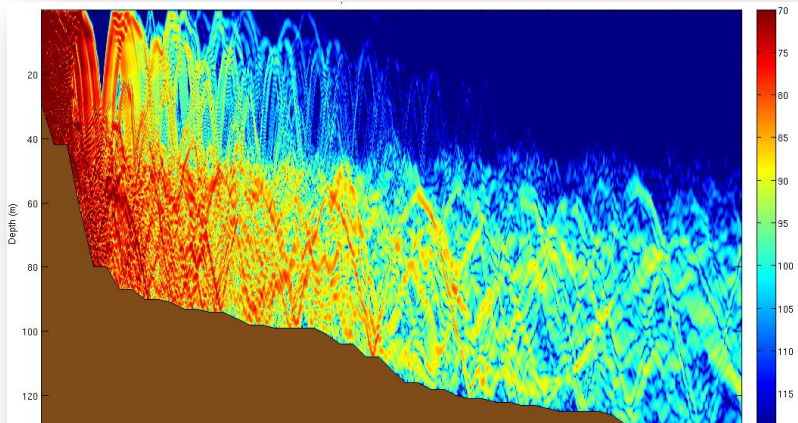
logiciel

Communication

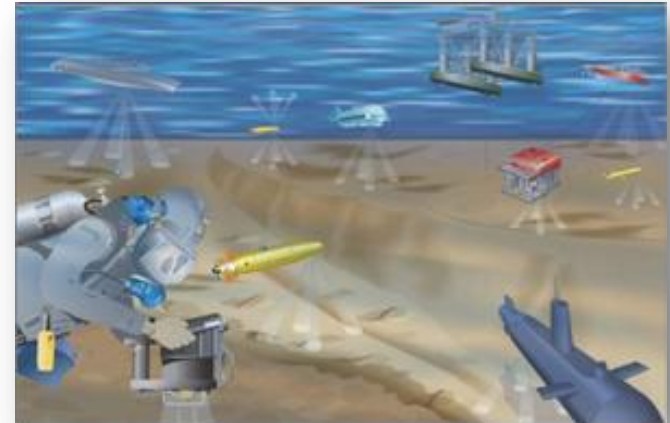
Swarm

Commande

- Indispensable pour la mise en œuvre de flottilles
 - ➔ Difficultés et verrous
 - Diffraction, réfraction, atténuation, réflexions
 - Très faibles débits (de qqes octets/s à qqes ko/s)
 - Utiliser de nouvelles modulations



Simulations de réfractions et réflexions sous-marines, NURC



Interférences acoustiques

Problématiques scientifiques associées

Perception

SLAM

logiciel

Communication

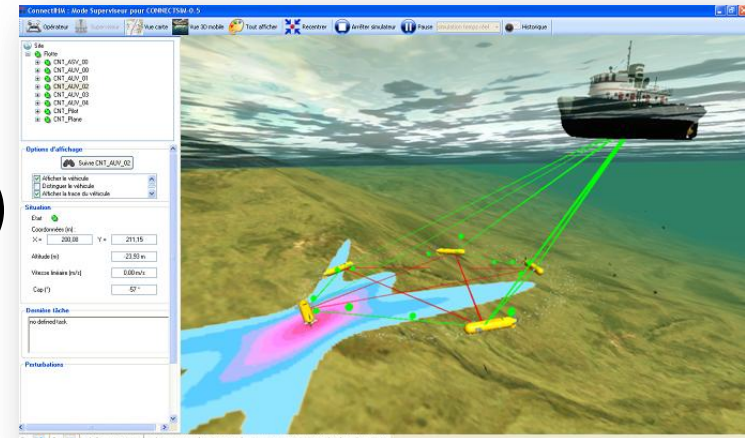
Swarm

Commande

- **Swarm = meute ou flottille**
 - Accélérer l'exploration d'une zone (déminage)
 - Saisir simultanément les aspects temporels et géographiques d'un phénomène
 - Porter des instruments complémentaires
 - Coordonner un ASV et un AUV, améliorer le positionnement et relayer l'information

➔ Difficultés et verrous

- Communications (qui?, quand?)
- Perte d'un des membres
- Planification des trajectoires
- Mise en œuvre...



MASIM – Connect, Robotsoft / GIPSA Lab

Problématiques scientifiques associées

Perception

SLAM

logiciel

Communication

Swarm

Commande

Les très petits véhicules sous-marins (<30kg) disposent d'un rapport puissance/poids très grand.

Leur faible inertie les rends plus sensibles aux :

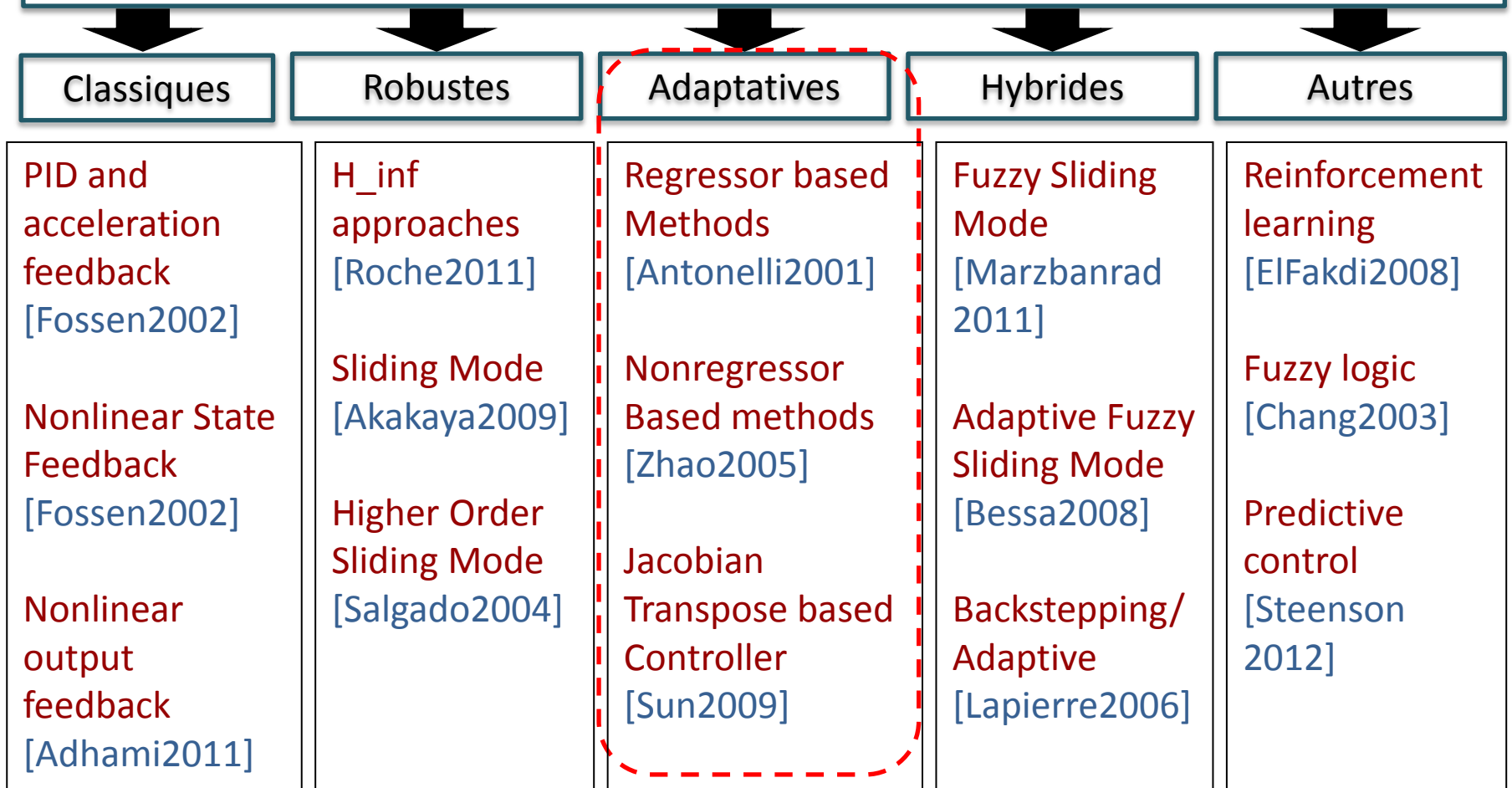
- perturbations (ombilical, tourbillons...)
- variations des paramètres du modèle (capteur embarqué, salinité)
- effets dynamiques et gyroscopiques des moteurs



Les approches classiques (PID, retour d'état...) ne suffisent plus.

Etat de l'art

Principales commandes utilisées pour les robots sous-marins



Commandes adaptatives classiques

Efficaces, mais:

- les paramètres à estimer doivent être bien initialisés
- on doit choisir entre robustesse et rapidité

Il faudrait découpler adaptation et robustesse

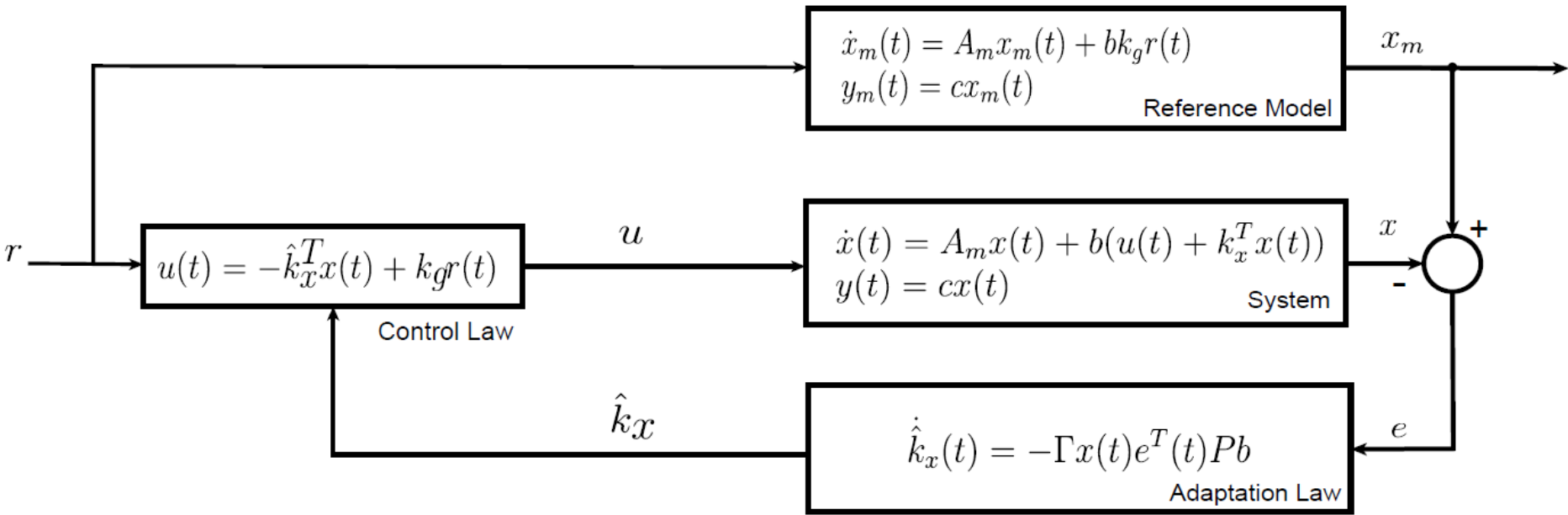
- très grands gains d'adaptation
- rapidité de convergence des paramètres
- paramètres initialisés à 0

 commande adaptative L1

Commande adaptative L1 [Hovakimyan 2010]

Les origines...

Direct MRAC (Model Reference Adaptive Controller)

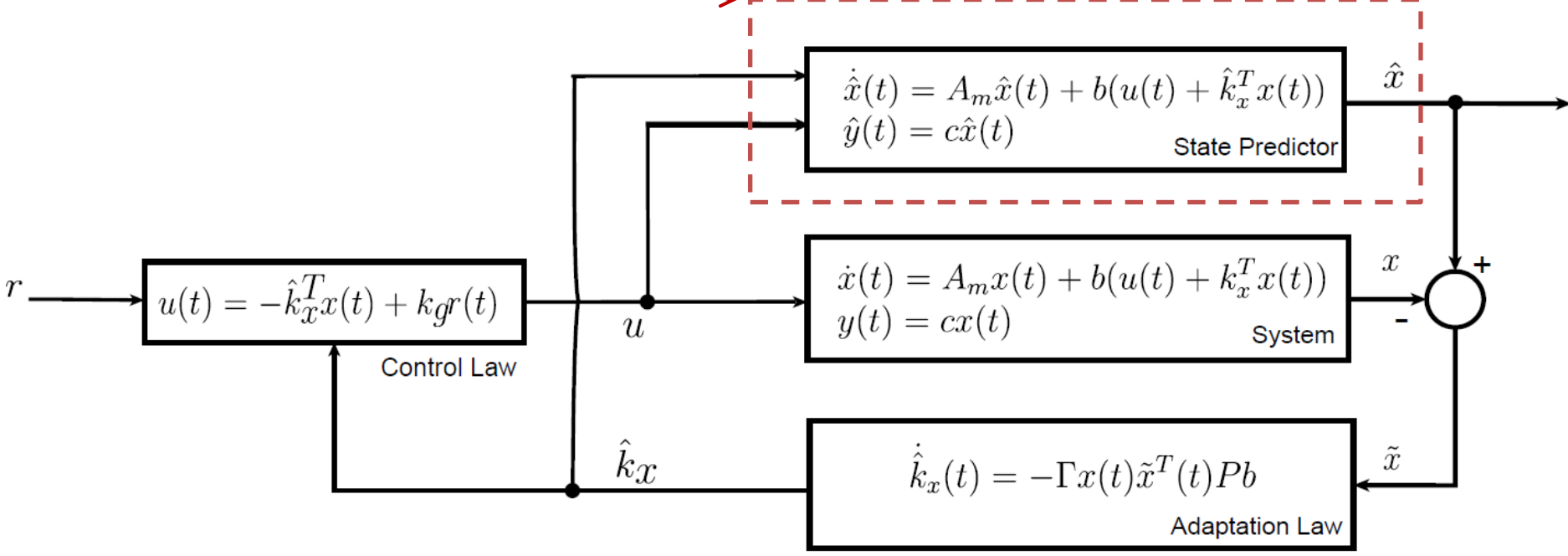


avec $k_g = \frac{-1}{c A_m^{-1} b}$

Commande adaptative L1 [Hovakimyan 2010]

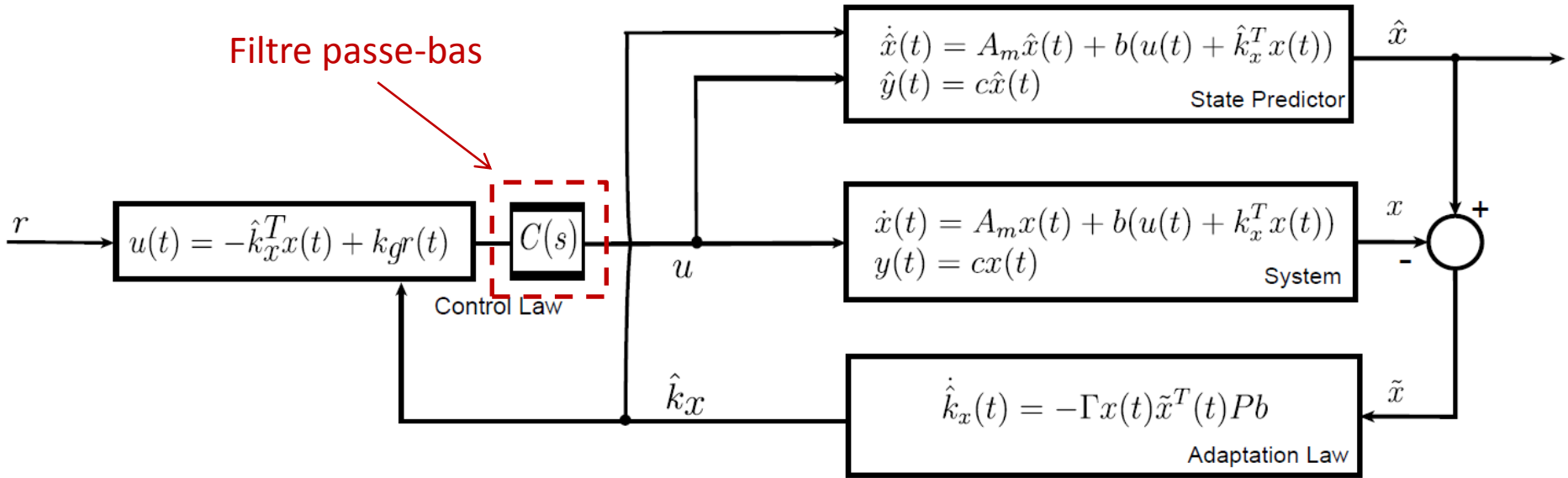
Les origines...

Direct MRAC (Model Reference Adaptive Controller)
avec estimateur d'état



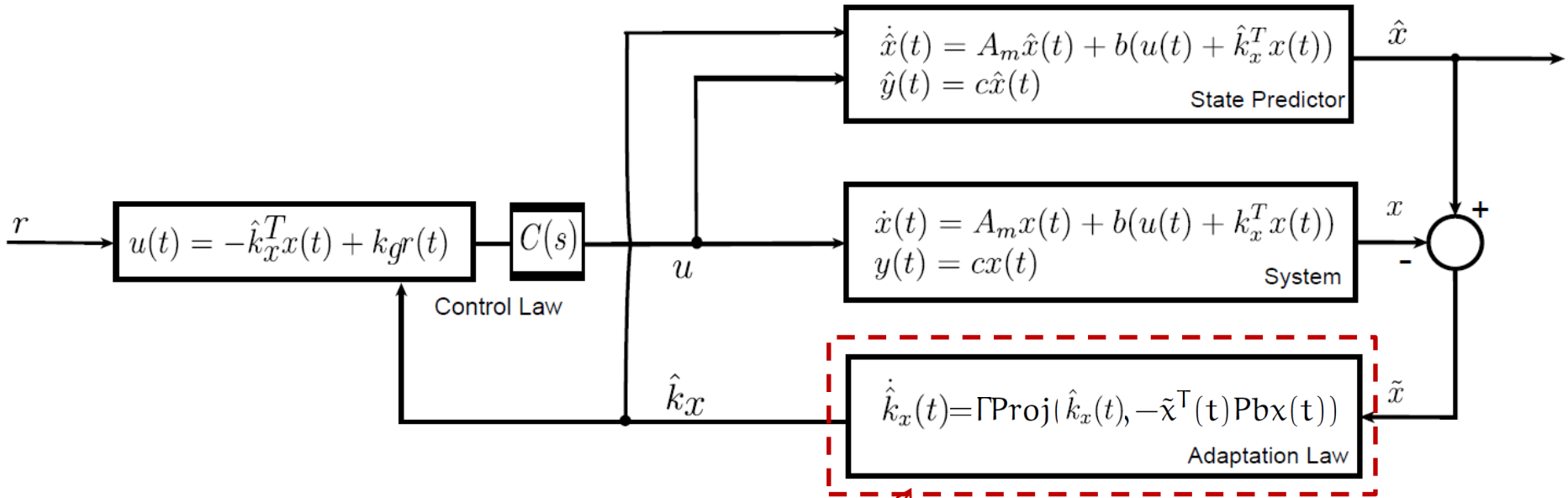
Commande adaptative L1 [Hovakimyan 2010]

Commande L1 :



Commande adaptative L1 [Hovakimyan 2010]

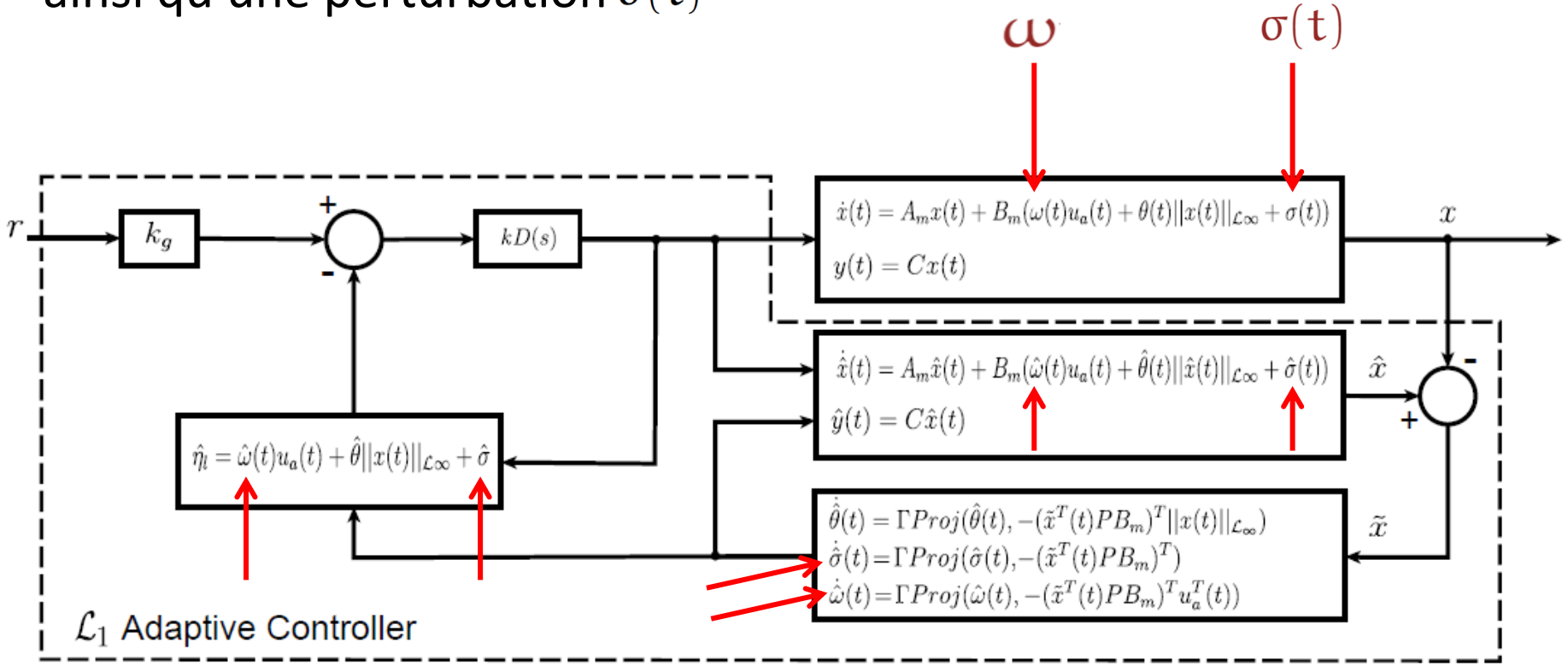
Commande L1 :



Projection pour empêcher les paramètres de diverger.

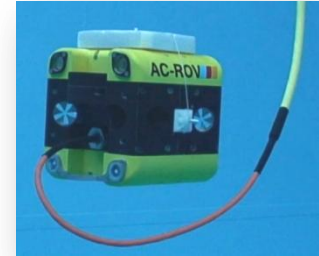
Commande adaptative L1 [Hovakimyan 2010]

Il est possible de considérer aussi un gain ω inconnu en entrée ainsi qu'une perturbation $\sigma(t)$



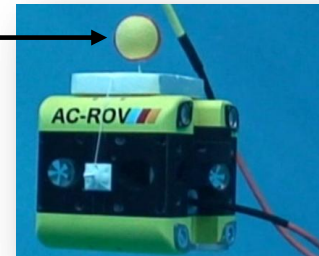
Expérimentations

Scenario 1 : Conditions nominales
Profondeur et tangage constants



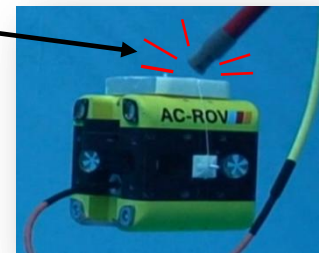
Scenario 2 : Test de robustesse
Augmentation de la flottabilité

balle flottante



Scenario 3 : Réjection de perturbation
Choc mécanique

choc

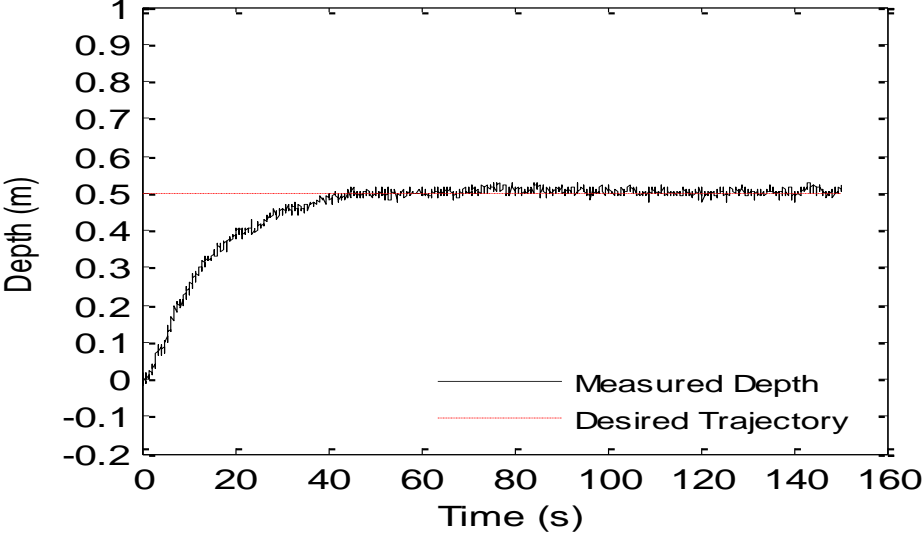


Expérimentations

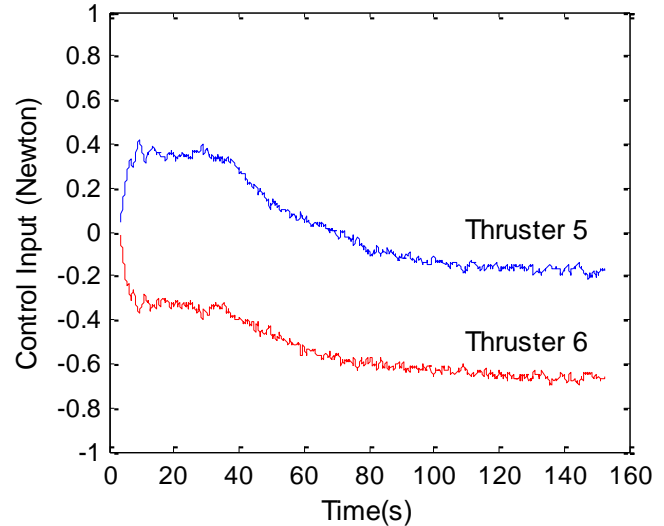
Scenario 1 Cas nominal



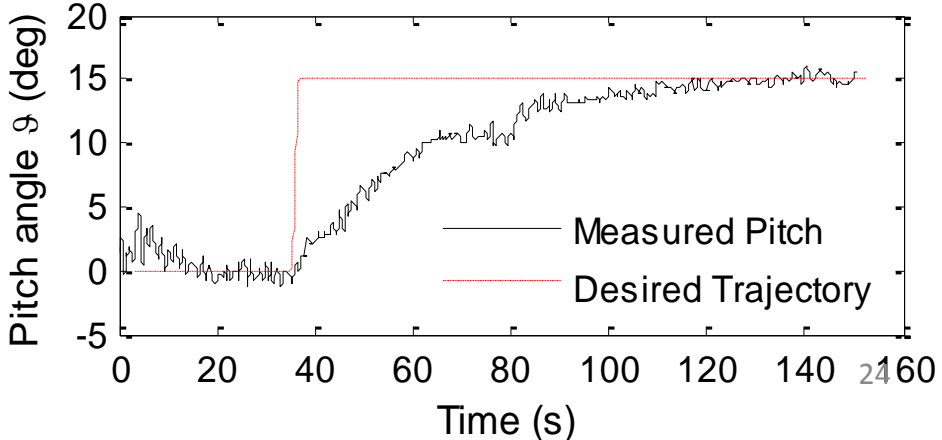
Depth (z)



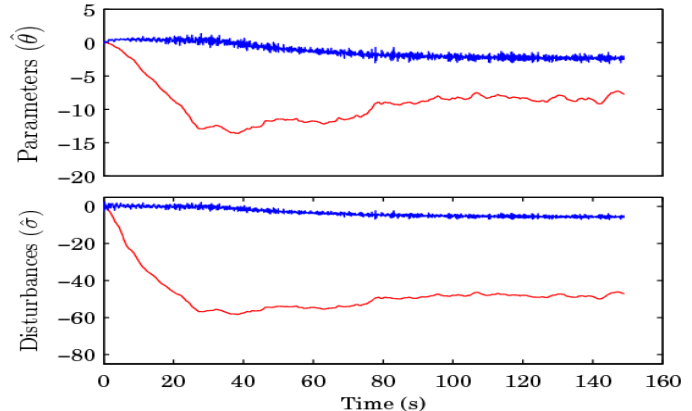
Control inputs



Pitch ϑ

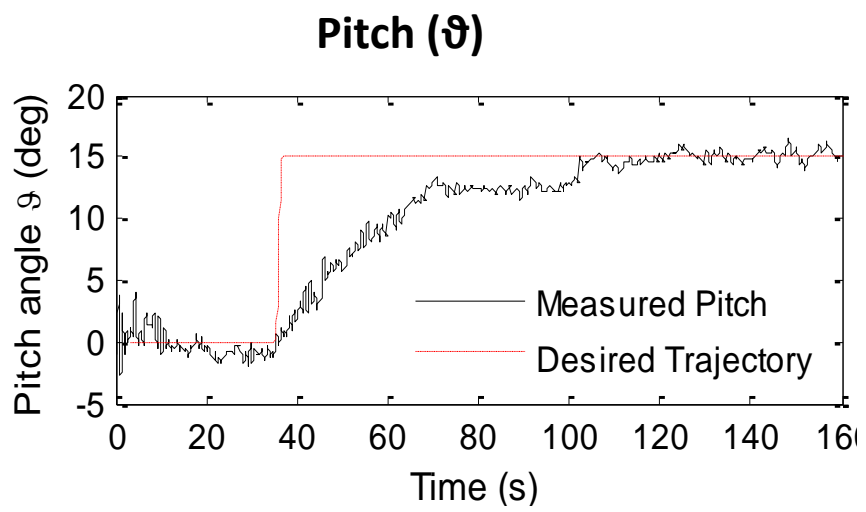
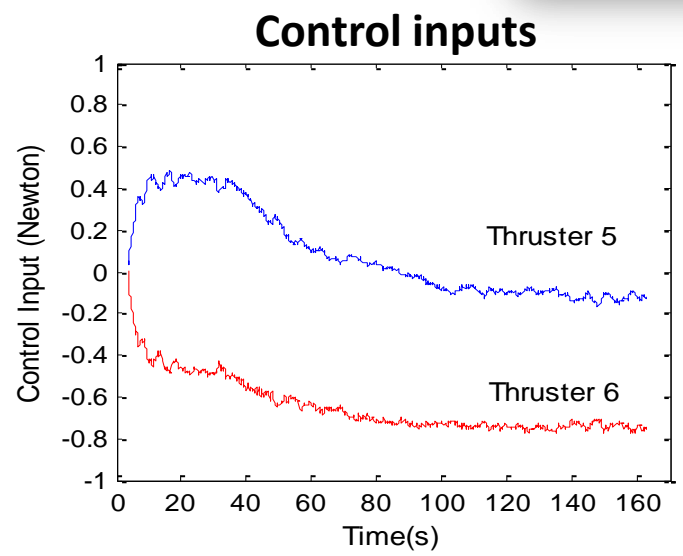
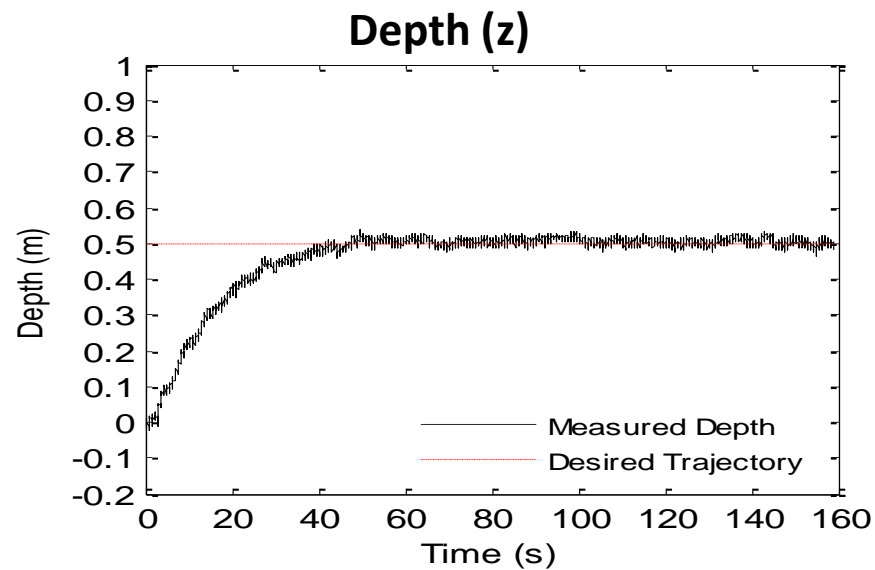
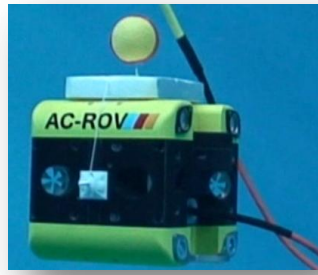


Estimated parameters and disturbances

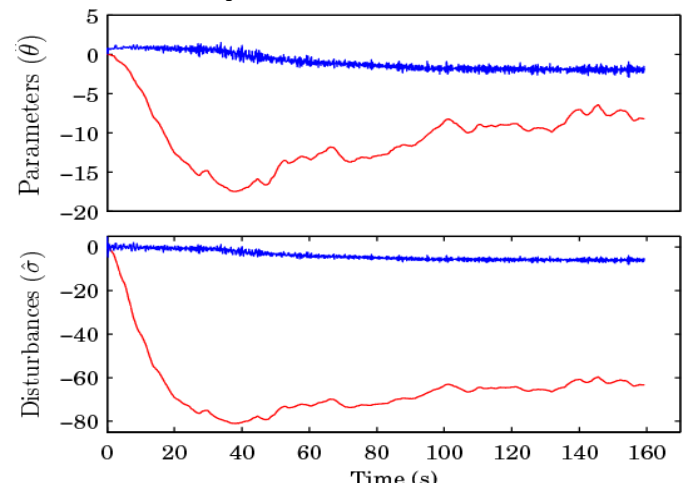


Expérimentations

Scenario 2 Flottabilité augmentée de 32%



Estimated parameters and disturbances

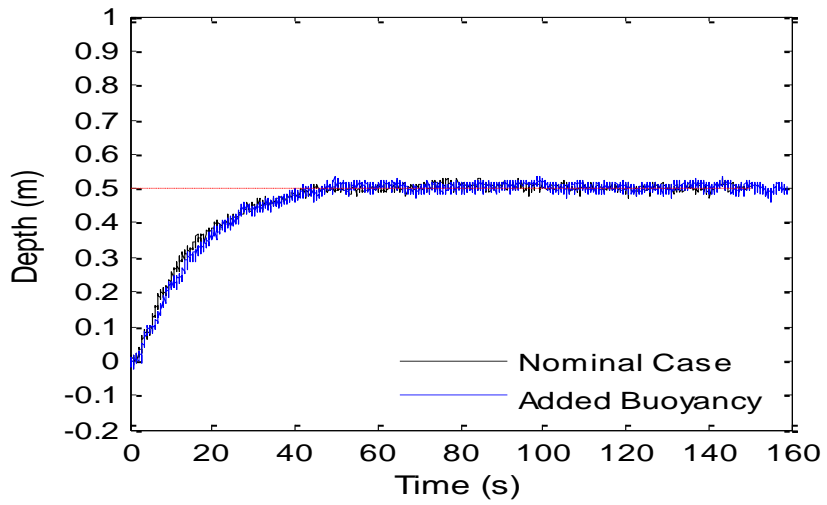


Expérimentations

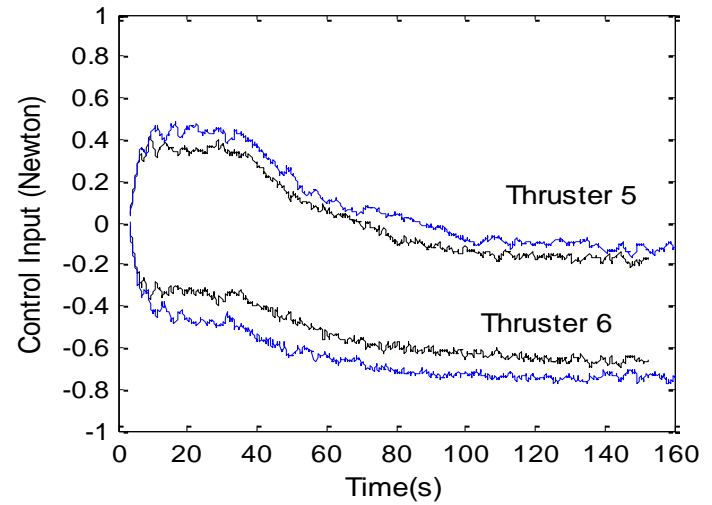
Superposition Scenario 1 & 2



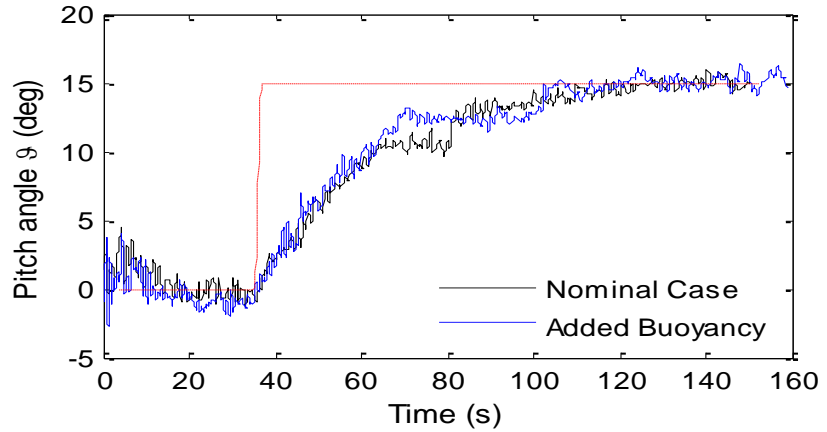
Depth (z)



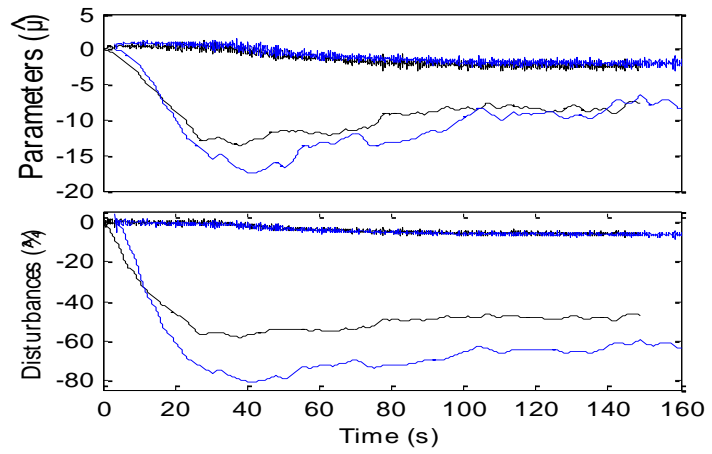
Control inputs



Pitch (ϑ)

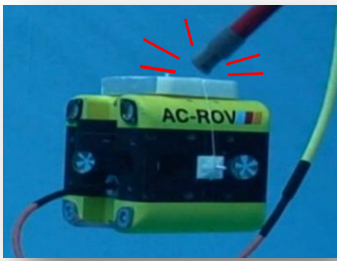


Estimated parameters and disturbances

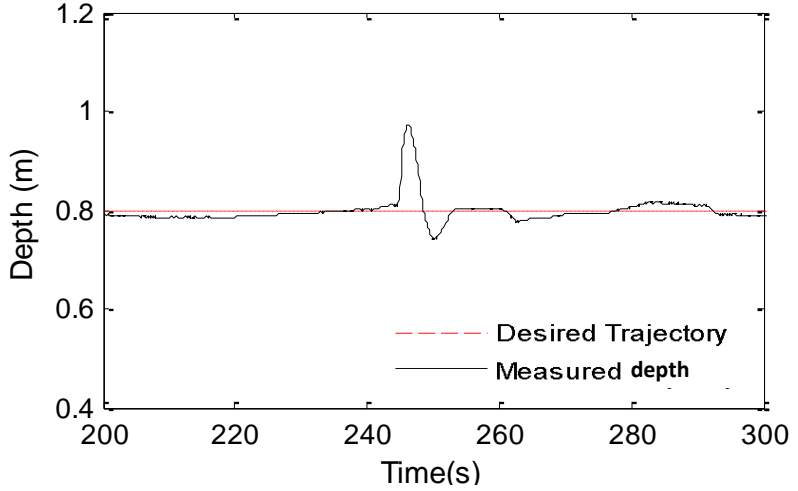


Expérimentations

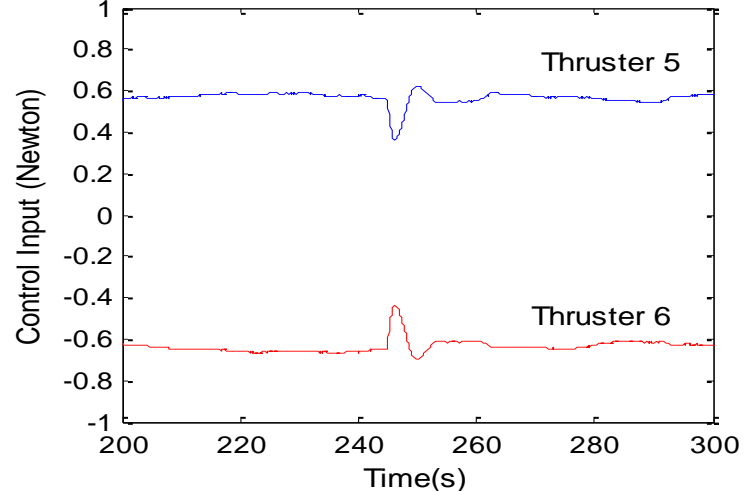
Scenario 3 Rejet de chocs



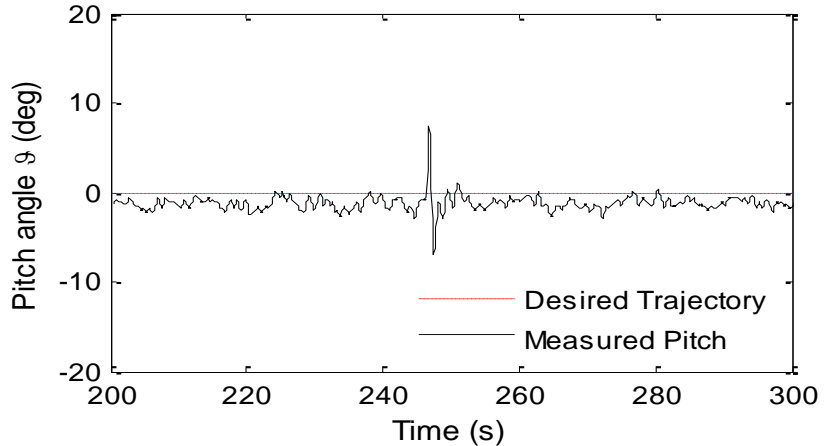
Depth (z)



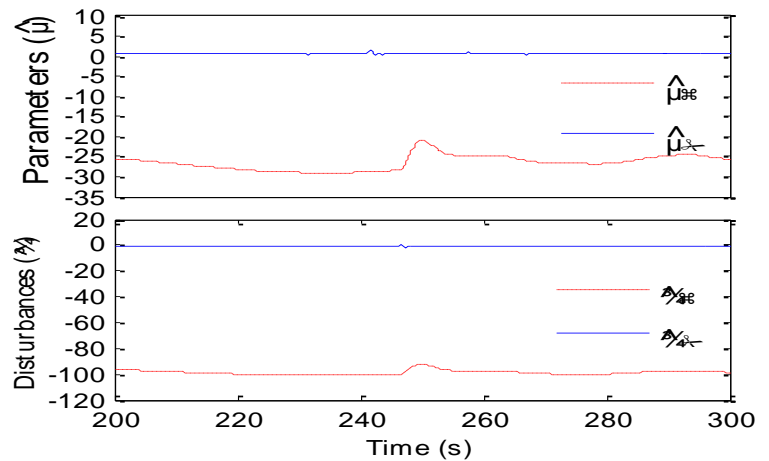
Control inputs



Pitch (ϑ)



Estimated parameters and disturbances

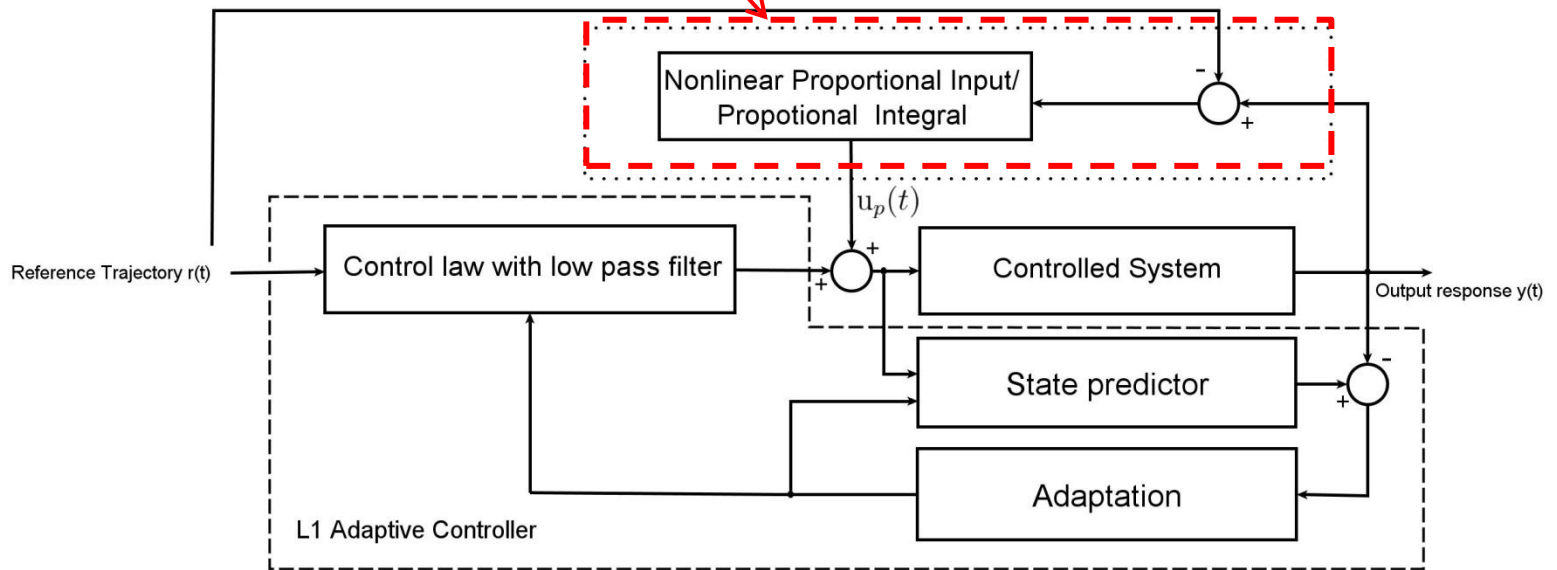
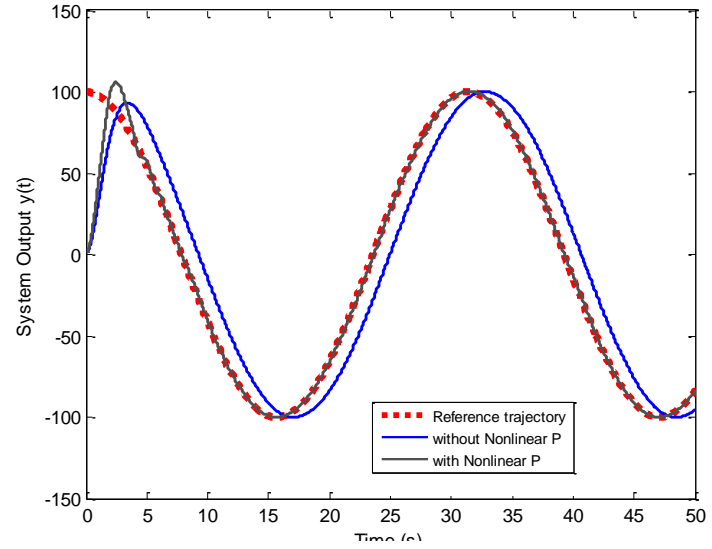


Commande L1 augmentée [Maalouf 2013]

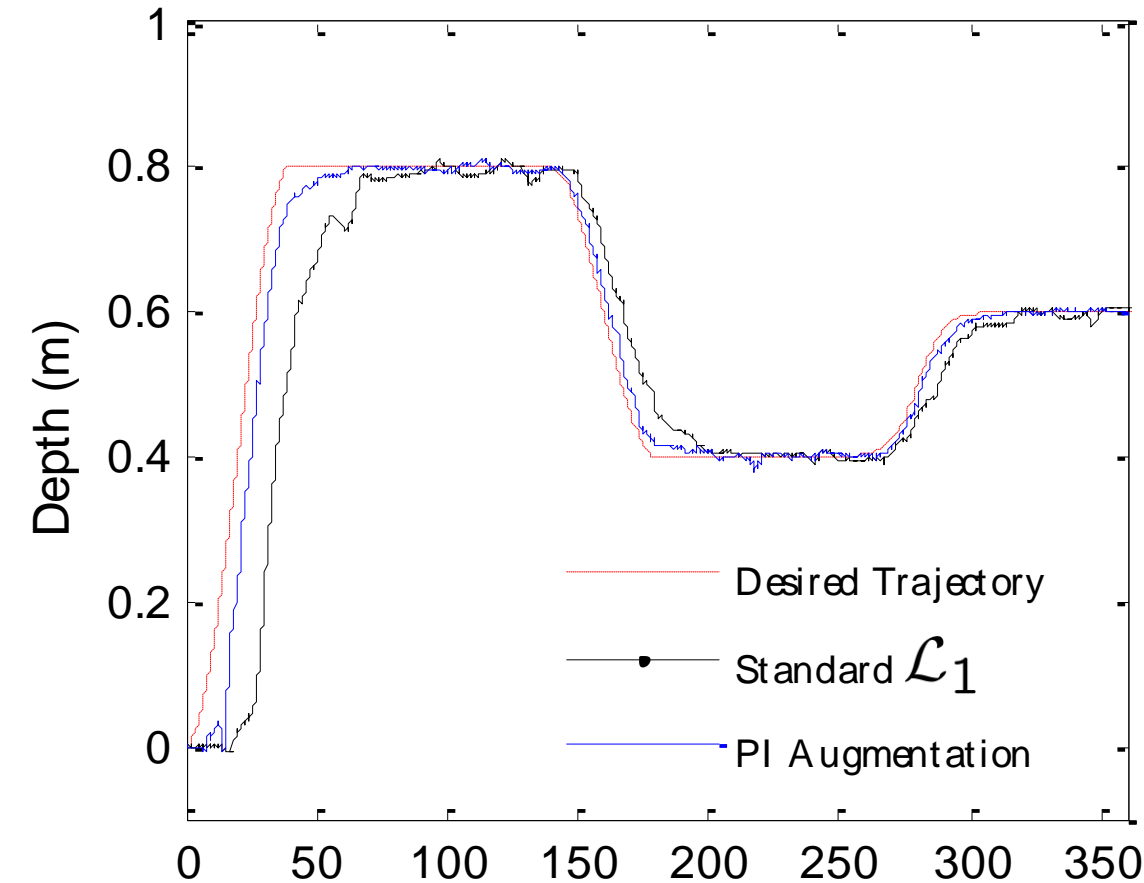
La commande L1 souffre de retard lors du suivi de trajectoires variables.



Nous avons proposé une extension permettant de diminuer ce retard.



Commande L1 augmentée [Maalouf 2013]



Réduction du retard

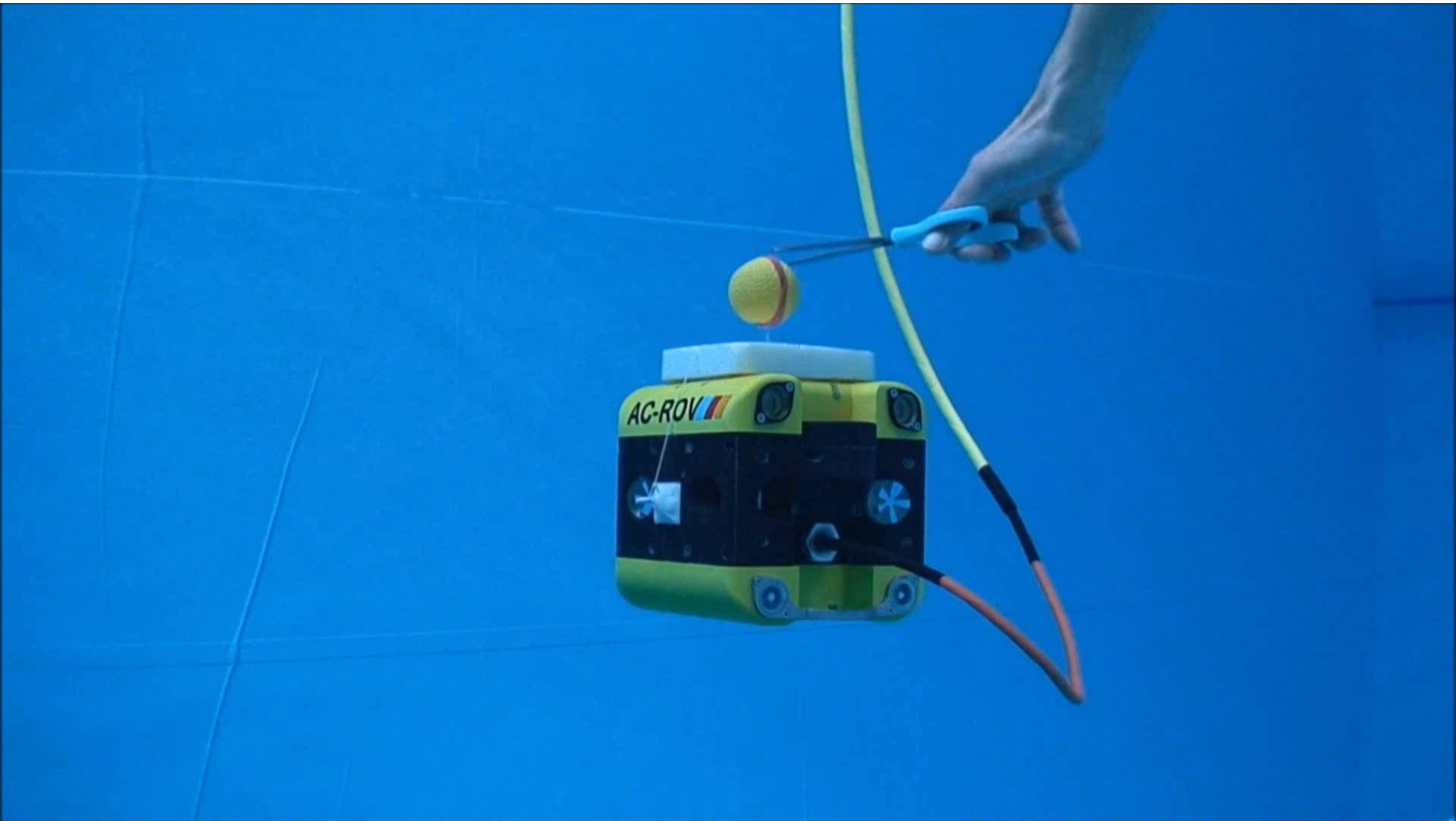


Adaptation maintenue



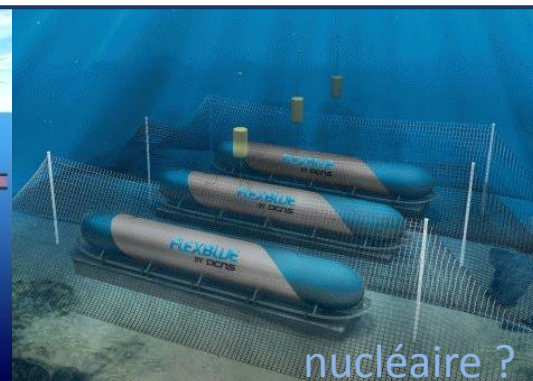
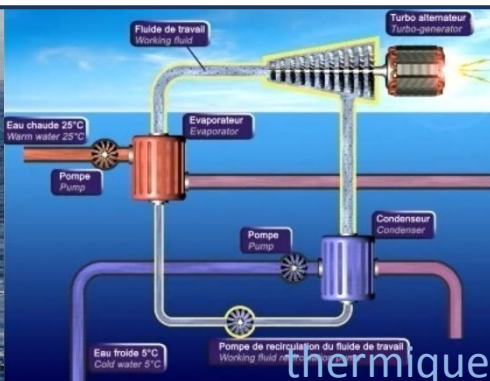
Légèrement plus sensible aux perturbations

Expérimentations commande L1

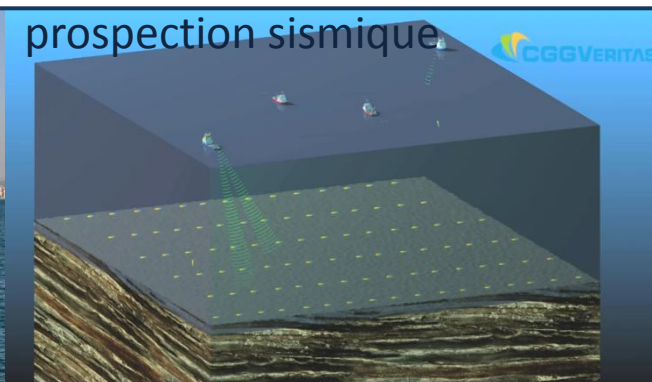


Nouveaux besoins industriels...

- énergie



- défense, pétrole



Nouveaux besoins industriels...

- énergie



2013

2020

2030

- défense, pétrole

