

Contributions à la maîtrise de la dynamique des robots parallèles

Sébastien BRIOT

École Doctorale SPIGA, Université de Nantes, IRCCyN

8 janvier 2016

Soutenance d'Habilitation à Diriger des Recherches

Rapporteurs :

M. ANDREFF Nicolas
M. DOMBRE Étienne
M. ZEGHLOUL Saïd

Professeur des universités
Directeur de recherche émérite
Professeur des universités

Univ. Franche Comté - FEMTO-ST
CNRS - LIRMM
Univ. Poitiers - PPRIME

Examineurs :

M. Aoustin Yannick
M. Merlet Jean-Pierre

Professeur des universités
Directeur de recherche

Univ. Nantes - IRCCyN
INRIA Sophia-Antipolis

Directeur de recherche :

M. Martinet Philippe

Professeur des universités

École Centrale Nantes - IRCCyN

Plan de la présentation



- 1 Synthèse des activités
- 2 Travaux de recherche
- 3 Conclusions et perspectives de recherche

Plan de la présentation



- 1 Synthèse des activités
- 2 Travaux de recherche
- 3 Conclusions et perspectives de recherche

Bref historique

- 1999–2004** **Diplôme d'Ingénieur**, INSA de Rennes, spécialité Génie Mécanique et Automatique
- 2004** **DEA**, Univ. Rennes 1, spécialité Mécanique des Matériaux et des Fluides, Génie Mécanique et Génie Civil
- 2004–2007** **Thèse de Doctorat**, INSA de Rennes
Analyse et Optimisation d'une Nouvelle Famille de Manipulateurs Parallèles aux Mouvements Découplés
- 2007–2008** **Post-doctorat**, ETS Montréal
- 2008–2009** **Post-doctorat**, IRCCyN, EMN
- 2009–...** **Chargé de recherche CNRS**, IRCCyN

Thèmes de recherche

- Maîtrise de la dynamique des robots parallèles
- Conception et commande de nouveaux robots parallèles aux performances statiques et dynamiques améliorées

Bref historique

- 1999–2004** **Diplôme d'Ingénieur**, INSA de Rennes, spécialité Génie Mécanique et Automatique
- 2004** **DEA**, Univ. Rennes 1, spécialité Mécanique des Matériaux et des Fluides, Génie Mécanique et Génie Civil
- 2004–2007** **Thèse de Doctorat**, INSA de Rennes
Analyse et Optimisation d'une Nouvelle Famille de Manipulateurs Parallèles aux Mouvements Découplés
- 2007–2008** **Post-doctorat**, ETS Montréal
- 2008–2009** **Post-doctorat**, IRCCyN, EMN
- 2009–...** **Chargé de recherche CNRS**, IRCCyN

Thèmes de recherche

- Maîtrise de la dynamique des robots parallèles
- Conception et commande de nouveaux robots parallèles aux performances statiques et dynamiques améliorées

Encadrements



Etudiants en thèse de doctorat

| | Doctorant(e) | Début | Soutenance | % encadrement |
|----|--------------------------|-----------|--------------------|---------------|
| 1 | Coralie GERMAIN | sep. 2010 | 9 déc. 2013 | 30 |
| 2 | Georges PAGIS | oct. 2011 | 13 jan. 2015 | 30 |
| 3 | Victor ROSENZVEIG | oct. 2012 | 25 sep. 2015 | 60 |
| 4 | Vamshi Krishna VUNDEKODE | oct. 2014 | arrêt en juin 2015 | 30 |
| 5* | Lila KACI | oct. 2015 | prévue en 2018 | 40 |
| 6 | Adrien KOESSLER | oct. 2015 | prévue en 2018 | 25 |
| 7* | Damien SIX | oct. 2015 | prévue en 2018 | 40 |

Etudiants en thèse de master

| | % encadrement |
|-------------|---------------|
| 2 étudiants | 100 |
| 2 étudiants | 80 |
| 7 étudiants | 50 |

Encadrements



Etudiants en thèse de doctorat

| | Doctorant(e) | Début | Soutenance | % encadrement |
|----|--------------------------|-----------|--------------------|---------------|
| 1 | Coralie GERMAIN | sep. 2010 | 9 déc. 2013 | 30 |
| 2 | Georges PAGIS | oct. 2011 | 13 jan. 2015 | 30 |
| 3 | Victor ROSENZVEIG | oct. 2012 | 25 sep. 2015 | 60 |
| 4 | Vamshi Krishna VUNDEKODE | oct. 2014 | arrêt en juin 2015 | 30 |
| 5* | Lila KACI | oct. 2015 | prévue en 2018 | 40 |
| 6 | Adrien KOESSLER | oct. 2015 | prévue en 2018 | 25 |
| 7* | Damien SIX | oct. 2015 | prévue en 2018 | 40 |

Etudiants en thèse de master

| | % encadrement |
|-------------|---------------|
| 2 étudiants | 100 |
| 2 étudiants | 80 |
| 7 étudiants | 50 |

Coordination de projets

- **ANR ARROW** : “Accurate and rapid Robots with large operational workspace” (10/2011 à 04/2016)
Partenaires : IRCCyN, LIRMM, Tecnalìa. *Budget* : 823 k€, IRCCyN 320 k€.
- Région PDL : “Banc d’essai pour la robotique rapide et précise” (10/2012 à 10/2015)
Partenaire : IRCCyN. *Budget* : 156 k€.
- Échange chercheurs CNRS France-Russie : “Optimal design and motion planning for parallel robots in the neighbourhood of singularities” (01/2012 à 12/2013)
Partenaire : IRCCyN, Académie des Sciences de Russie. *Budget* : 7.4 k€.
- AtlanSTIC ARMOR-ROB : “Asservissement visuel des robots parallèles” (10/2014 à 12/2015)
Partenaire : IRCCyN. *Budget* : 10 k€.
- Région PDL RobEcolo : “Conception et Commande d’un robot industriel en bois” (10/2015 à 10/2018)
Partenaires : IRCCyN, ESB. *Budget* : financement 243 k€, IRCCyN 213 k€.

Coordination de projets

- **ANR ARROW** : “Accurate and rapid Robots with large operational workspace” (10/2011 à 04/2016)
Partenaires : IRCCyN, LIRMM, Tecnalìa. *Budget* : 823 k€, IRCCyN 320 k€.
- **Région PDL** : “Banc d’essai pour la robotique rapide et précise” (10/2012 à 10/2015)
Partenaire : IRCCyN. *Budget* : 156 k€.
- **Échange chercheurs CNRS France-Russie** : “Optimal design and motion planning for parallel robots in the neighbourhood of singularities” (01/2012 à 12/2013)
Partenaire : IRCCyN, Académie des Sciences de Russie. *Budget* : 7.4 k€.
- **AtlanSTIC ARMOR-ROB** : “Asservissement visuel des robots parallèles” (10/2014 à 12/2015)
Partenaire : IRCCyN. *Budget* : 10 k€.
- **Région PDL RobEcolo** : “Conception et Commande d’un robot industriel en bois” (10/2015 à 10/2018)
Partenaires : IRCCyN, ESB. *Budget* : financement 243 k€, IRCCyN 213 k€.

Coordination de projets

- **ANR ARROW** : “Accurate and rapid Robots with large operational workspace” (10/2011 à 04/2016)
Partenaires : IRCCyN, LIRMM, Tecnalìa. *Budget* : 823 k€, IRCCyN 320 k€.
- **Région PDL** : “Banc d’essai pour la robotique rapide et précise” (10/2012 à 10/2015)
Partenaire : IRCCyN. *Budget* : 156 k€.
- **Échange chercheurs CNRS France-Russie** : “Optimal design and motion planning for parallel robots in the neighbourhood of singularities” (01/2012 à 12/2013)
Partenaire : IRCCyN, Académie des Sciences de Russie. *Budget* : 7.4 k€.
- **AtlanSTIC ARMOR-ROB** : “Asservissement visuel des robots parallèles” (10/2014 à 12/2015)
Partenaire : IRCCyN. *Budget* : 10 k€.
- **Région PDL RobEcolo** : “Conception et Commande d’un robot industriel en bois” (10/2015 à 10/2018)
Partenaires : IRCCyN, ESB. *Budget* : financement 243 k€, IRCCyN 213 k€.

Coordination de projets

- **ANR ARROW** : “Accurate and rapid Robots with large operational workspace” (10/2011 à 04/2016)
Partenaires : IRCCyN, LIRMM, Tecnalìa. *Budget* : 823 k€, IRCCyN 320 k€.
- **Région PDL** : “Banc d’essai pour la robotique rapide et précise” (10/2012 à 10/2015)
Partenaire : IRCCyN. *Budget* : 156 k€.
- **Échange chercheurs CNRS France-Russie** : “Optimal design and motion planning for parallel robots in the neighbourhood of singularities” (01/2012 à 12/2013)
Partenaire : IRCCyN, Académie des Sciences de Russie. *Budget* : 7.4 k€.
- **AtlanSTIC ARMOR-ROB** : “Asservissement visuel des robots parallèles” (10/2014 à 12/2015)
Partenaire : IRCCyN. *Budget* : 10 k€.
- **Région PDL RobEcolo** : “Conception et Commande d’un robot industriel en bois” (10/2015 à 10/2018)
Partenaires : IRCCyN, ESB. *Budget* : financement 243 k€, IRCCyN 213 k€.

Participation à projets en tant que membre

- **FUI IRIMI** : “Imageur Robotisé pour les Interventions Mini-Invasives” (2010–2012)
Tâche : Identification dynamique du bras manipulateur.
Budget : coût projet 12 M€, financement 5.6 M€, part IRCCyN 400 k€.
- **ANR COROUSSO** : “modélisation et COMmande de RObots d’USinage de pièces composites de grandes dimensions et de SOudage FSW” (2010–2014)
Tâche : Identification dynamique du Kuka KR 270.
Budget : 1.2 M€, part IRCCyN 333 k€.
- **Projet PHC FAST** : “Conception Optimale d’une Interface Haptique Dédiée à La Robotique Médicale” (2011–2012)
Tâche : Modélisation et identification dynamique.
Budget : 24 k€, part IRCCyN 12 k€.
- **IRT JV–DFP** : “Dry Fiber Placement” (2013–2016)
Tâche : Identification dynamique. *Budget* : 1.9 M€, part IRCCyN 69.6 k€.
- **IA/Feder EquipEx RobotEx** : “Réseau national de plateformes robotiques d’excellence” (2011–2018)
Tâche : Responsable scientifique de la plate-forme de robotique rapide et précise. *Budget* : IA 10.5 M€, part IRCCyN IA 962 k€, Feder 617 k€.

Participation à projets en tant que membre

- **FUI IRIMI** : “Imageur Robotisé pour les Interventions Mini-Invasives” (2010–2012)
Tâche : Identification dynamique du bras manipulateur.
Budget : coût projet 12 M€, financement 5.6 M€, part IRCCyN 400 k€.
- **ANR COROUSSO** : “modélisation et COMmande de RObots d’USinage de pièces composites de grandes dimensions et de SOudage FSW” (2010–2014)
Tâche : Identification dynamique du Kuka KR 270.
Budget : 1.2 M€, part IRCCyN 333 k€.
- **Projet PHC FAST** : “Conception Optimale d’une Interface Haptique Dédiée à La Robotique Médicale” (2011–2012)
Tâche : Modélisation et identification dynamique.
Budget : 24 k€, part IRCCyN 12 k€.
- **IRT JV–DFP** : “Dry Fiber Placement” (2013–2016)
Tâche : Identification dynamique. *Budget* : 1.9 M€, part IRCCyN 69.6 k€.
- **IA/Feder EquipEx RobotEx** : “Réseau national de plateformes robotiques d’excellence” (2011–2018)
Tâche : Responsable scientifique de la plate-forme de robotique rapide et précise. *Budget* : IA 10.5 M€, part IRCCyN IA 962 k€, Feder 617 k€.

Collaborations et Mobilités



Activités d'intérêt général

- **Membre du comité de prospective** de l'IRCCyN depuis sep. 2014.
- **Chargé de mission AtlanSTIC** de sep. 2012 à sep. 2014.
- **Animateur scientifique** de l'axe **Robotique Industrielle** de l'équipe Robotique en 2012.

Activités d'intérêt général

- **Membre du comité de prospective** de l'IRCCyN depuis sep. 2014.
- **Chargé de mission AtlanSTIC** de sep. 2012 à sep. 2014.
- **Animateur scientifique** de l'axe **Robotique Industrielle** de l'équipe Robotique en 2012.

Responsabilités, comités, expertises

- **Membre du "Program Committee"** d'ICINCO depuis sep. 2015.
- **Expert scientifique** pour l'ANR, le FRQNT.
- **Relecture** d'articles pour MMT, JMR/JMD, IEEE-TRO, IJRR, etc.
- **Examineur** de la **thèse de Doctorat** d'Erol Özgür "*From Lines To Dynamics of Parallel Robots*", Univ. Blaise Pascal, juil. 2012.
- **Membre d'un comité de sélection** pour un poste MCF, Univ. Cergy-Pontoise (2011).

Activités éditoriales

- **Co-rédacteur** de la collection de livres Springer “Parallel Robots: Theory and Applications” lancée en janvier 2015.
- **Associate Editor** pour la conférence ICRA “*International Conference on Robotics and Automation*” (depuis sep. 2015).

Activités éditoriales

- **Co-rédacteur** de la collection de livres Springer “Parallel Robots: Theory and Applications” lancée en janvier 2015.
- **Associate Editor** pour la conférence ICRA “*International Conference on Robotics and Automation*” (depuis sep. 2015).

Organisation de colloques et d'écoles thématiques

- **Co-chair** de l'école de printemps PKM 2016, Montpellier, 2016.
- **General chair** du “*European Workshop on Applications of Parallel and Cable-driven Robots*”, Innorobo 2014.
- **Membre** des comités d'organisation des JNRR 2011, JRA 2012 et EuCoMeS 2016.

Distinctions honorifiques

- Prix de la **Section Française de l'ASME**, décerné le 12 mars 2012 à Paris.
- Prix **Bretagne Jeune Chercheur**, catégorie *Sciences, technologies et interdisciplinarités*, décerné le 6 décembre 2011 à Rennes.
- Premier **Prix de Thèse** pour les thèses soutenues en 2007, décerné par le GDR Robotique le 23 octobre 2008 à Paris.
- Nomination en 2012 en tant que "Reviewer that supplied outstanding and timely reviews" par *IEEE Transactions on Robotics*.

Synthèse des publications

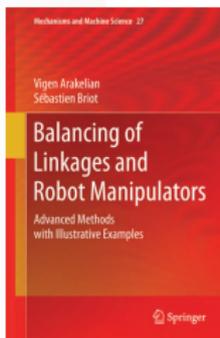
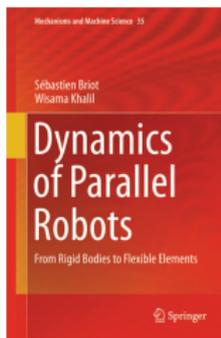


| Type de publications | Nombre |
|---|--------|
| Brevets | 2 |
| Livres | 2 |
| Chapitres d'ouvrages | 3 |
| Revue internationale à comité de lecture | 31 |
| Revue nationale à comité de lecture | 3 |
| Actes de colloques internationaux à comité de lecture | 70 |
| Actes de colloques nationaux à comité de lecture | 6 |
| Séminaires, workshops | 14 |

Synthèse des publications



| Type de publications | Nombre |
|---|----------|
| Brevets | 2 |
| Livres | 2 |
| Chapitres d'ouvrages | 3 |
| Revue internationale à comité de lecture | 31 |
| Revue nationale à comité de lecture | 3 |
| Actes de colloques internationaux à comité de lecture | 70 |
| Actes de colloques nationaux à comité de lecture | 6 |
| Séminaires, workshops | 14 |



Synthèse des publications



| Type de publications | Nombre |
|---|-----------|
| Brevets | 2 |
| Livres | 2 |
| Chapitres d'ouvrages | 3 |
| Reuves internationales à comité de lecture | 31 |
| Reuves nationales à comité de lecture | 3 |
| Actes de colloques internationaux à comité de lecture | 70 |
| Actes de colloques nationaux à comité de lecture | 6 |
| Séminaires, workshops | 14 |

24 articles dans des revues de rang A

- The International Journal of Robotics Research (3 articles)
- IEEE Transactions on Robotics (1 article)
- Multibody System Dynamics (2 articles)
- Mechanism and Machine Theory (8 articles)
- ASME JMR (4), JMD (2), DS (2), CND (1).
- Control Engineering Practice (1 article).

Synthèse des publications



| Type de publications | Nombre |
|--|-----------|
| Brevets | 2 |
| Livres | 2 |
| Chapitres d'ouvrages | 3 |
| Revue internationale à comité de lecture | 31 |
| Revue nationale à comité de lecture | 3 |
| Actes de colloques internationaux à comité de lecture | 70 |
| Actes de colloques nationaux à comité de lecture | 6 |
| Séminaires, workshops | 14 |

37 articles dans des conférences de rang A

- IEEE ICRA (9 articles), IEEE IROS (4 articles)
- ASME IDETC/CIE (10 articles)
- Advanced Robot Kinematics – ARK (4 articles)
- Computational Kinematics – CK (2 articles)
- IEEE ECC/CDC (1 article)
- IFToMM World Congress (7 articles).

Synthèse des activités d'enseignement depuis 2009

École Centrale de Nantes, depuis 2014

- Advanced Modelling of Robots, Master EMARO+/ARIA M2, 12h cours, 4h TP.
En anglais, responsable du cours.
Rédaction d'un support de cours de 200 pages.
- Conception de Robots, Élèves-ingénieurs, Option robotique, 10h cours, 4h TP.
Responsable du cours.

École des Mines de Nantes, 2009–2014

- Principes Variationnels, Élèves-ingénieurs, 12h cours-TD.
- Mécanique générale, Élèves-ingénieurs, 24h cours-TD en 2011.

INSA de Rennes, 2013

- Mécanique générale, Élèves-ingénieurs, 36h cours-TD.

ENS de Rennes, à partir de 2016

- Robotique parallèle, préparation agreg., 9h cours-TD. *Responsable du cours.*

Synthèse des activités d'enseignement depuis 2009

École Centrale de Nantes, depuis 2014

- Advanced Modelling of Robots, Master EMARO+/ARIA M2, 12h cours, 4h TP.
En anglais, responsable du cours.
Rédaction d'un support de cours de 200 pages.
- Conception de Robots, Élèves-ingénieurs, Option robotique, 10h cours, 4h TP.
Responsable du cours.

École des Mines de Nantes, 2009–2014

- Principes Variationnels, Élèves-ingénieurs, 12h cours-TD.
- Mécanique générale, Élèves-ingénieurs, 24h cours-TD en 2011.

INSA de Rennes, 2013

- Mécanique générale, Élèves-ingénieurs, 36h cours-TD.

ENS de Rennes, à partir de 2016

- Robotique parallèle, préparation agreg., 9h cours-TD. *Responsable du cours.*

Synthèse des activités d'enseignement depuis 2009

École Centrale de Nantes, depuis 2014

- Advanced Modelling of Robots, Master EMARO+/ARIA M2, 12h cours, 4h TP.
En anglais, responsable du cours.
Rédaction d'un support de cours de 200 pages.
- Conception de Robots, Élèves-ingénieurs, Option robotique, 10h cours, 4h TP.
Responsable du cours.

École des Mines de Nantes, 2009–2014

- Principes Variationnels, Élèves-ingénieurs, 12h cours-TD.
- Mécanique générale, Élèves-ingénieurs, 24h cours-TD en 2011.

INSA de Rennes, 2013

- Mécanique générale, Élèves-ingénieurs, 36h cours-TD.

ENS de Rennes, à partir de 2016

- Robotique parallèle, préparation agreg., 9h cours-TD. *Responsable du cours.*

Plan de la présentation



- 1 Synthèse des activités
- 2 Travaux de recherche
- 3 Conclusions et perspectives de recherche

Organisation du travail effectué



Contributions à la maîtrise de la dynamique des robots parallèles

Organisation du travail effectué



Contributions à la maîtrise de la dynamique des robots parallèles

Maîtrise de la dynamique
des robots parallèles

Conception / commande de
nouveaux robots parallèles
aux performances statiques
et dynamiques améliorées

Organisation du travail effectué



Contributions à la maîtrise de la dynamique des robots parallèles

Maîtrise de la dynamique
des robots parallèles

Conception / commande de
nouveaux robots parallèles
aux performances statiques
et dynamiques améliorées



Conditions de dégénérescence
du modèle dynamique

Identification des paramètres
dynamiques

Modélisation élastodynamique

Techniques d'équilibrage

Organisation du travail effectué



Contributions à la maîtrise de la dynamique des robots parallèles

Maîtrise de la dynamique
des robots parallèles



Conditions de dégénérescence
du modèle dynamique

Identification des paramètres
dynamiques

Modélisation élastodynamique

Techniques d'équilibrage

Conception / commande de
nouveaux robots parallèles
aux performances statiques
et dynamiques améliorées



Conception de robots
pour le déplacement de
lourdes charges

Conception et commande
de robots rapides et précis

Organisation du travail effectué



Contributions à la maîtrise de la dynamique des robots parallèles

Maîtrise de la dynamique
des robots parallèles



Conditions de dégénérescence
du modèle dynamique

Identification des paramètres
dynamiques

Modélisation élastodynamique

Techniques d'équilibrage

Conception / commande de
nouveaux robots parallèles
aux performances statiques
et dynamiques améliorées



Conception de robots
pour le déplacement de
lourdes charges

Conception et commande
de robots rapides et précis

Organisation du travail effectué



Contributions à la maîtrise de la dynamique des robots parallèles

Maîtrise de la dynamique
des robots parallèles



Conditions de dégénérescence
du modèle dynamique

Identification des paramètres
dynamiques

Modélisation élastodynamique

Techniques d'équilibrage

Conception / commande de
nouveaux robots parallèles
aux performances statiques
et dynamiques améliorées

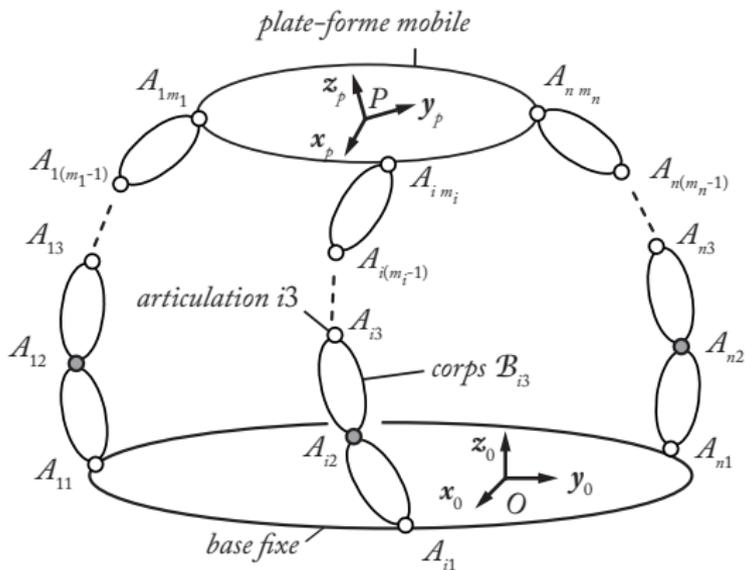


Conception de robots
pour le déplacement de
lourdes charges

Conception et commande
de robots rapides et précis

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Robot parallèle générique



Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Expression du modèle dynamique inverse

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{w}_b - \mathbf{B}_p^T \mathbf{A}_p^{-T} \mathbf{w}_p, \quad \text{avec} \quad \mathbf{A}_p \mathbf{t}_r + \mathbf{B}_p \dot{\mathbf{q}}_a = \mathbf{0}, \quad (1)$$

\mathbf{t}_r : torseur cinématique réduit de la plate-forme

$\dot{\mathbf{q}}_a$: vitesse des articulations actives

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Expression du modèle dynamique inverse

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{w}_b - \mathbf{B}_p^T \mathbf{A}_p^{-T} \mathbf{w}_p, \quad \text{avec} \quad \mathbf{A}_p \mathbf{t}_r + \mathbf{B}_p \dot{\mathbf{q}}_a = \mathbf{0}, \quad (1)$$

\mathbf{t}_r : torseur cinématique réduit de la plate-forme

$\dot{\mathbf{q}}_a$: vitesse des articulations actives

Ainsi,

Le modèle dynamique est proportionnel à $\frac{1}{\det(\mathbf{A}_p)}$

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Expression du modèle dynamique inverse

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{w}_b - \mathbf{B}_p^T \mathbf{A}_p^{-T} \mathbf{w}_p, \quad \text{avec} \quad \mathbf{A}_p \mathbf{t}_r + \mathbf{B}_p \dot{\mathbf{q}}_a = \mathbf{0}, \quad (1)$$

\mathbf{t}_r : torseur cinématique réduit de la plate-forme

$\dot{\mathbf{q}}_a$: vitesse des articulations actives

Ainsi,

Le modèle dynamique est proportionnel à $\frac{1}{\det(\mathbf{A}_p)}$

Donc, si $\det(\mathbf{A}_p) = 0$, (singularités de Type 2 [Gosselin & Angeles, 1990])

- **À proximité des singularités, $\boldsymbol{\tau} \rightarrow \infty$**
- Modèle dynamique dégénéré = **Impossible de traverser**

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Modèle dynamique inverse

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{w}_b - \mathbf{B}_p^T \mathbf{A}_p^{-T} \mathbf{w}_p \quad (2)$$

Contribution

La dynamique ne dégénère pas en singularités de Type 2 ssi

$$\mathbf{t}_s^T \mathbf{w}_p = 0, \quad (3)$$

$$\text{avec } \mathbf{t}_s \text{ défini par } \mathbf{A}_p \mathbf{t}_s = \mathbf{0}, \quad (4)$$

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Contribution

La dynamique ne dégénère pas en singularités de Type 2 ssi

$$\mathbf{t}_s^T \mathbf{w}_p = 0, \quad (2)$$

$$\text{avec } \mathbf{t}_s \text{ défini par } \mathbf{A}_p \mathbf{t}_s = \mathbf{0}, \quad (3)$$

⇒ Lorsque le manipulateur traverse une singularité de Type 2, la somme des torseurs des efforts appliqués sur la plate-forme (par les jambes, les effets d'inertie et de gravitation ainsi que les efforts extérieurs) \mathbf{w}_p doit être réciproque au mouvement incontrôlable de la plate-forme \mathbf{t}_s

Dégénérescence du modèle dynamique en singularités LPJTS
(1ère fois)

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Contribution

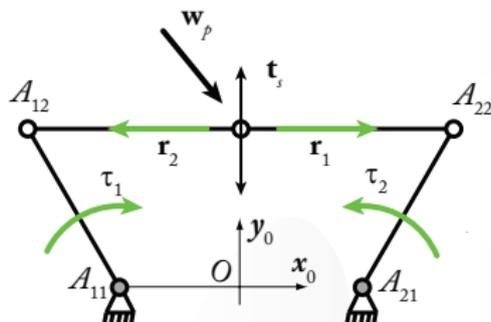
La dynamique ne dégénère pas en singularités de Type 2 ssi

$$\mathbf{t}_s^T \mathbf{w}_p = 0, \quad (2)$$

$$\text{avec } \mathbf{t}_s \text{ défini par } \mathbf{A}_p \mathbf{t}_s = \mathbf{0}, \quad (3)$$

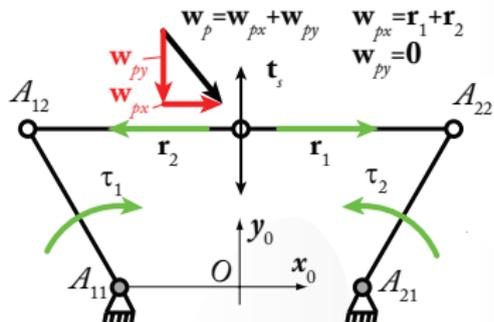
⇒ Lorsque le manipulateur traverse une singularité de Type 2, la somme des torseurs des efforts appliqués sur la plate-forme (par les jambes, les effets d'inertie et de gravitation ainsi que les efforts extérieurs) \mathbf{w}_p doit être réciproque au mouvement incontrôlable de la plate-forme \mathbf{t}_s

**Dégénérescence du modèle dynamique en singularités LPJTS
(1ère fois)**

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique Un exemple illustratif
En singularité

$\mathbf{w}_p = \mathbf{r}_1 + \mathbf{r}_2$ avec

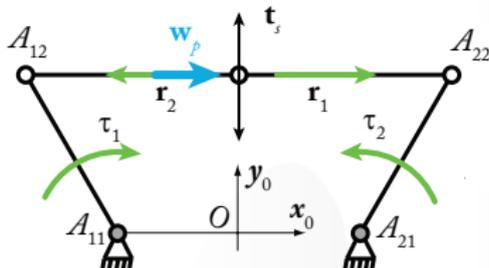
- $\mathbf{r}_1 \times \mathbf{r}_2 = \mathbf{0}$
- $\mathbf{t}_s^T \mathbf{r}_1 = \mathbf{t}_s^T \mathbf{r}_2 = 0$ (\mathbf{t}_s mvt. non contrôlé)

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique Un exemple illustratif
En singularité

$\mathbf{w}_p = \mathbf{r}_1 + \mathbf{r}_2$ avec

- $\mathbf{r}_1 \times \mathbf{r}_2 = \mathbf{0}$
- $\mathbf{t}_s^T \mathbf{r}_1 = \mathbf{t}_s^T \mathbf{r}_2 = 0$ (\mathbf{t}_s mvt. non contrôlé)

Problème si $\mathbf{t}_s^T \mathbf{w}_p \neq 0$

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique Un exemple illustratif
En singularité

$\mathbf{w}_p = \mathbf{r}_1 + \mathbf{r}_2$ avec

- $\mathbf{r}_1 \times \mathbf{r}_2 = \mathbf{0}$
- $\mathbf{t}_s^T \mathbf{r}_1 = \mathbf{t}_s^T \mathbf{r}_2 = 0$ (\mathbf{t}_s mvt. non contrôlé)

Aucun problème si $\mathbf{t}_s^T \mathbf{w}_p = 0$

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Trajectoires à travers les singularités de Type 2

Nécessité de respecter le critère $\mathbf{t}_s^T \mathbf{w}_p = 0$ lorsque le robot est en configuration singulière.

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Trajectoires à travers les singularités de Type 2

Nécessité de respecter le critère $\mathbf{t}_s^T \mathbf{w}_p = 0$ lorsque le robot est en configuration singulière.

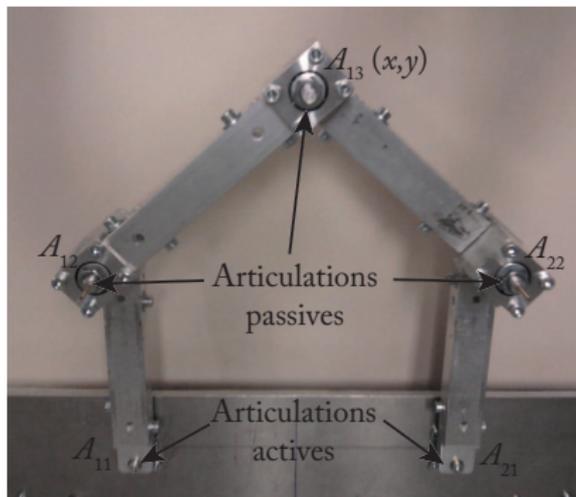
On notera que :

- \mathbf{t}_s dépend de la configuration du robot
- \mathbf{w}_p dépend de la configuration, de la vitesse et de l'accélération du robot

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Trajectoires à travers les singularités de Type 2

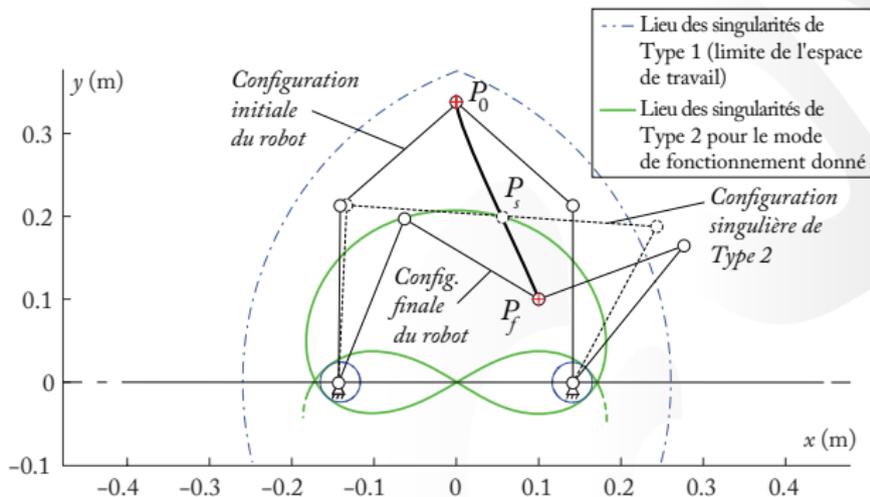
Nécessité de respecter le critère $\mathbf{t}_s^T \mathbf{w}_p = 0$ lorsque le robot est en configuration singulière.



Conditions de dégénérescence du modèle dynamique 

Trajectoires à travers les singularités de Type 2

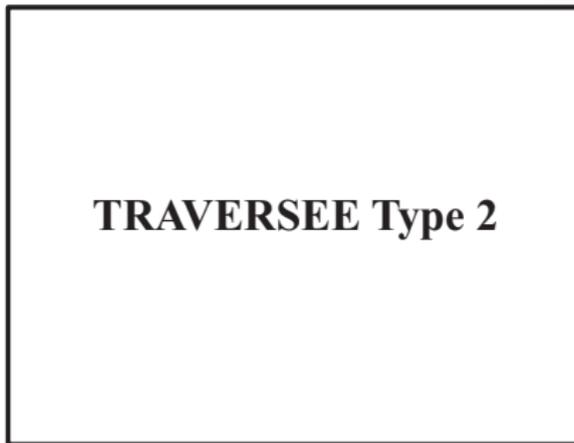
Nécessité de respecter le critère $\mathbf{t}_s^T \mathbf{w}_p = 0$ lorsque le robot est en configuration singulière.



Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Trajectoires à travers les singularités de Type 2

Nécessité de respecter le critère $\mathbf{t}_s^T \mathbf{w}_p = 0$ lorsque le robot est en configuration singulière.

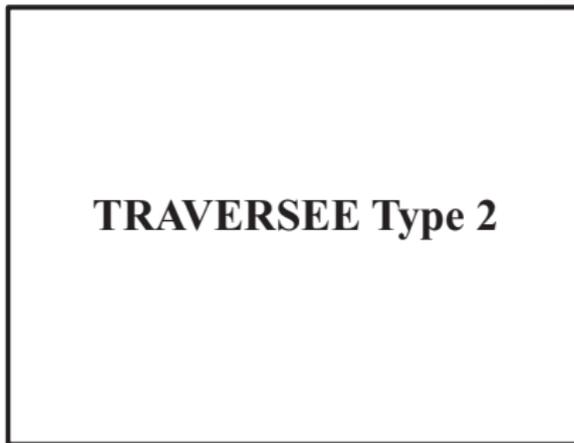


Critère non respecté pour la traversée

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Trajectoires à travers les singularités de Type 2

Nécessité de respecter le critère $\mathbf{t}_s^T \mathbf{w}_p = 0$ lorsque le robot est en configuration singulière.



Critère respecté pour la traversée

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Trajectoires à travers les singularités de Type 2

Nécessité de respecter le critère $\mathbf{t}_s^T \mathbf{w}_p = 0$ lorsque le robot est en configuration singulière.

Trajectoires à travers les singularités LPJTS

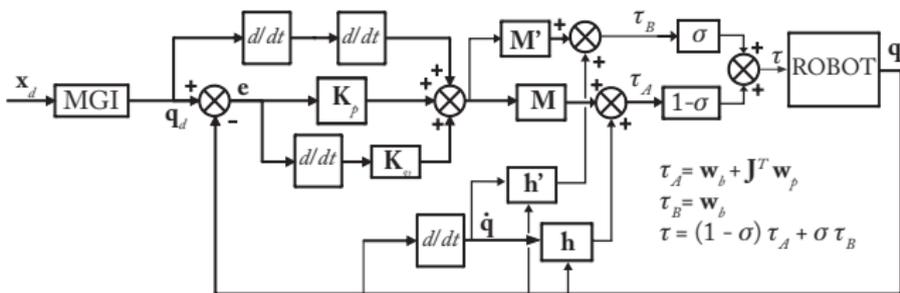
Résultats similaires obtenus :

- en simulation avec ADAMS
- expérimentalement (“émulation” sur mécanisme à cinq barres)

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Problèmes de robustesse

Traités dans le cas de la définition d'un contrôleur multi-modèle
(collab. N. BOUTON)



G. Pagis, N. Bouton S. Briot and P. Martinet, "Enlarging Parallel Robot Workspace through Type-2 Singularity Crossing," Control Engineering Practice, 2015, Vol. 39, pp. 1-11.

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Problèmes de robustesse

Traités dans le cas de la définition d'un contrôleur multi-modèle
(collab. N. BOUTON)

TRAVERSEE Type 2

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Conclusions

- Étude des conditions de dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles rigides
- Définition de critères physiques permettant d'éviter la dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles
- Définition de trajectoires permettant de traverser les singularités de Type 2 et LPTJS
- Définition d'un contrôleur dédié (collaboration IFMA)
- Validation sur plusieurs robots (plans : mécanismes à cinq barres / spatiaux : PAMINSA)
- Travaux étendus à l'étude des conditions de dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles flexibles

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Conclusions

- Étude des conditions de dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles rigides
- Définition de critères physiques permettant d'éviter la dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles
- Définition de trajectoires permettant de traverser les singularités de Type 2 et LPTJS
- Définition d'un contrôleur dédié (collaboration IFMA)
- Validation sur plusieurs robots (plans : mécanismes à cinq barres / spatiaux : PAMINSA)
- Travaux étendus à l'étude des conditions de dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles flexibles

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Conclusions

- Étude des conditions de dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles rigides
- Définition de critères physiques permettant d'éviter la dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles
- Définition de trajectoires permettant de traverser les singularités de Type 2 et LPTJS
- Définition d'un contrôleur dédié (collaboration IFMA)
- Validation sur plusieurs robots (plans : mécanismes à cinq barres spatiaux : PAMINSA)
- Travaux étendus à l'étude des conditions de dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles flexibles

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Conclusions

- Étude des conditions de dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles rigides
- Définition de critères physiques permettant d'éviter la dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles
- Définition de trajectoires permettant de traverser les singularités de Type 2 et LPTJS
- Définition d'un contrôleur dédié (collaboration IFMA)
- Validation sur plusieurs robots (plans : mécanismes à cinq barres spatiaux : PAMINSA)
- Travaux étendus à l'étude des conditions de dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles flexibles

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Conclusions

- Étude des conditions de dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles rigides
- Définition de critères physiques permettant d'éviter la dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles
- Définition de trajectoires permettant de traverser les singularités de Type 2 et LPTJS
- Définition d'un contrôleur dédié (collaboration IFMA)
- Validation sur plusieurs robots (plans : mécanismes à cinq barres / spatiaux : PAMINSA)
- Travaux étendus à l'étude des conditions de dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles flexibles

Conditions de dégénérescence du modèle dynamique

Conclusions

- Étude des conditions de dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles rigides
- Définition de critères physiques permettant d'éviter la dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles
- Définition de trajectoires permettant de traverser les singularités de Type 2 et LPTJS
- Définition d'un contrôleur dédié (collaboration IFMA)
- Validation sur plusieurs robots (plans : mécanismes à cinq barres / spatiaux : PAMINSA)
- Travaux étendus à l'étude des conditions de dégénérescence du modèle dynamique des robots parallèles flexibles

Organisation du travail effectué



Contributions à la maîtrise de la dynamique des robots parallèles

Maîtrise de la dynamique
des robots parallèles



Conditions de dégénérescence
du modèle dynamique

Identification des paramètres
dynamiques

Modélisation élastodynamique

Techniques d'équilibrage

Conception / commande de
nouveaux robots parallèles
aux performances statiques
et dynamiques améliorées



Conception de robots
pour le déplacement de
lourdes charges

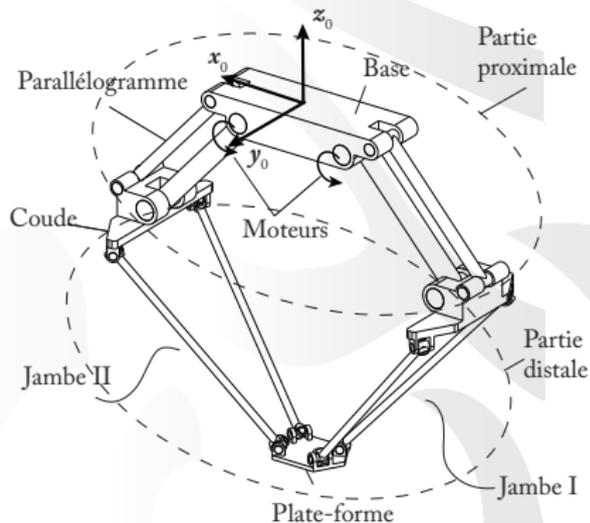
Conception et commande
de robots rapides et précis

Conception / Commande de robots rapides et précis

Conception d'un robot 2T pour des applications de *pick-and-place*

Avantages :

- Raideur intrinsèque
- Moins de jambes que le Par2



Conception / Commande de robots rapides et précis

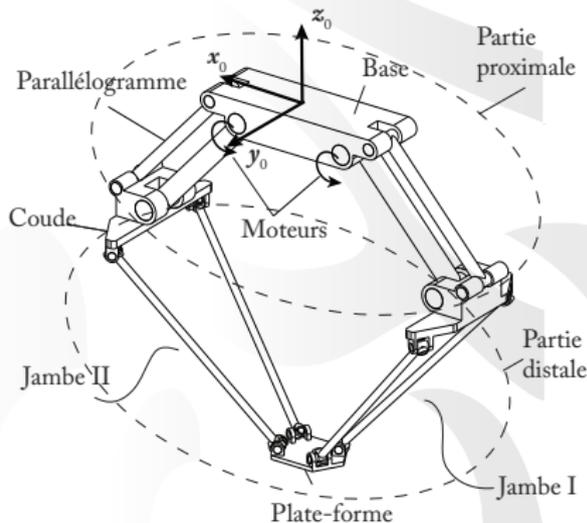
Conception d'un robot 2T pour des applications de *pick-and-place*

Avantages :

- Raideur intrinsèque
- Moins de jambes que le Par2

Inconvénients :

- Complexité de l'architecture
- Singularités



Conception / Commande de robots rapides et précis

Conception d'un robot 2T pour des applications de *pick-and-place*

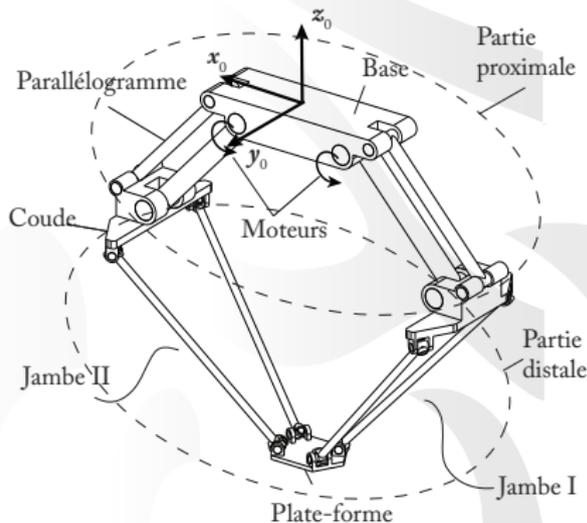
Avantages :

- Raideur intrinsèque
- Moins de jambes que le Par2

Inconvénients :

- Complexité de l'architecture
- Singularités

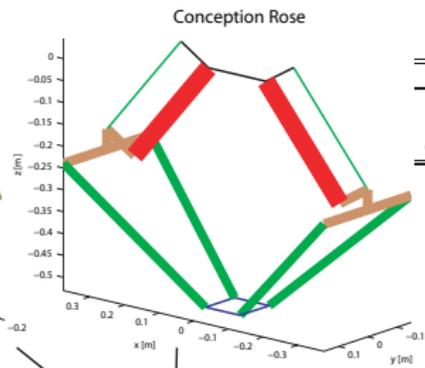
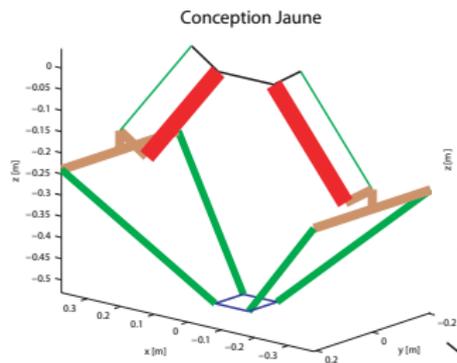
Travail réalisé dans le cadre du projet ANR ARROW
(Collab. S. CARO et P. WENGER)



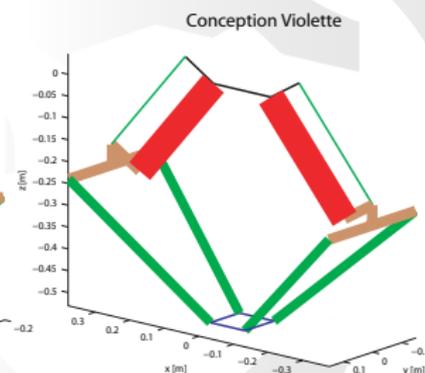
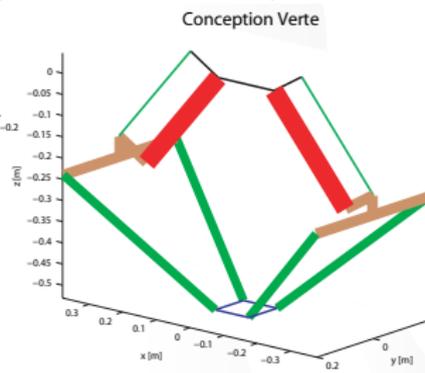
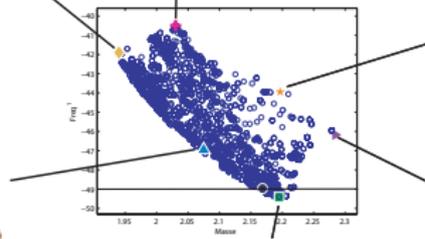
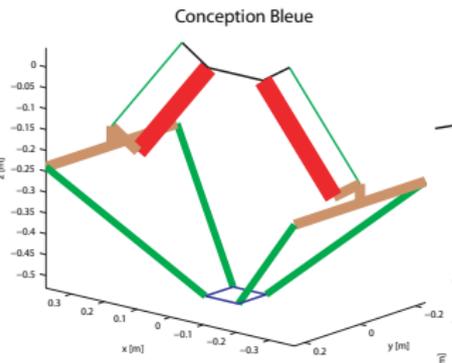
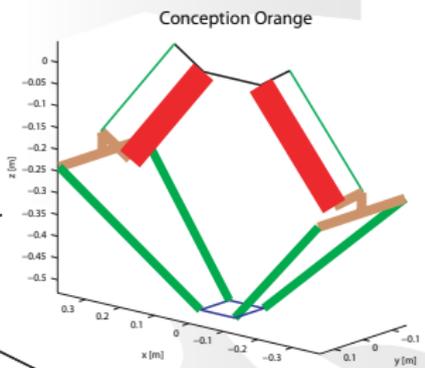
Conception / Commande de robots rapides et précis 

Cahier des charges

| | |
|--|--|
| Type de mouvement | 2T 1R |
| Répétabilité ϵ_{lim} dans (xOz) | 20 μm |
| Résolution r_{lim} | 2 μm |
| Accélération max. | 20 G |
| Temps de cycle | 200 ms |
| Dimension du chemin | 25 mm \times 300 mm \times 25 mm |
| Taille de l'espace de travail régulier | 800 mm \times 100 mm |
| Déformation δ_{tlim} sous une force $\mathbf{f}_s = [0, 20, 0]$ N et un moment $\mathbf{m}_s = [1, 1, 1]$ N.m | [0.2, 0.2, 0.2] mm, [0.1, 0.1, 0.1] deg |
| Charge maximale (incluant le moteur embarqué) | 1.5 kg |



| Conception | bb_w [m] | M_{IRS} [kg] | F_{IRS}^1 [Hz] |
|------------|------------|----------------|------------------|
| Jaune (◆) | 0.20 | 1.94 | 41.9 |
| Rose (+) | 0.15 | 2.03 | 40.5 |
| Orange (★) | 0.15 | 2.19 | 43.9 |

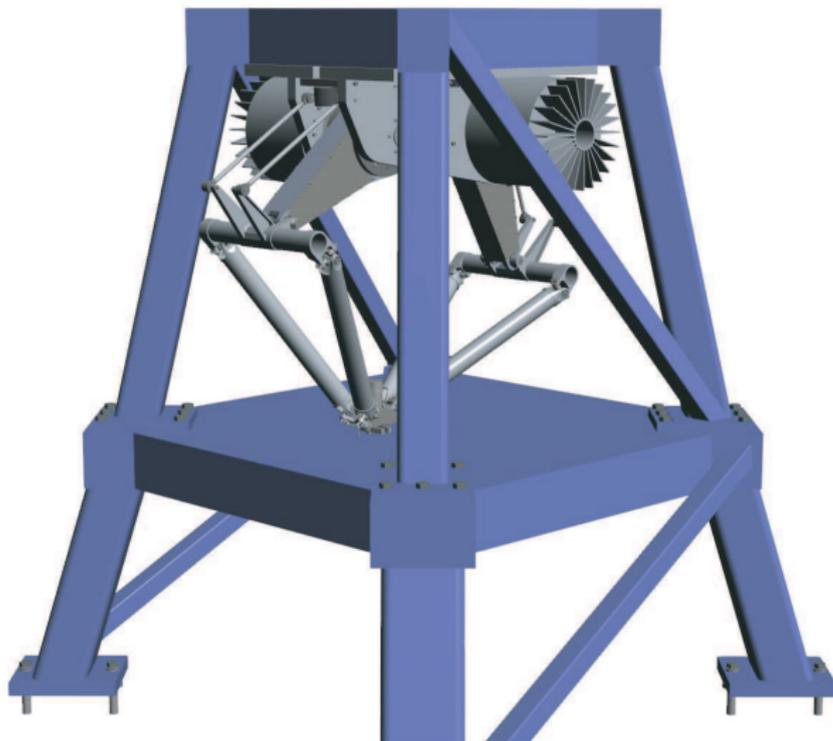


| Conception | bb_w [m] | M_{IRS} [kg] | F_{IRS}^1 [Hz] |
|------------|------------|----------------|------------------|
| Violet (▶) | 0.15 | 2.28 | 46.2 |
| Vert (■) | 0.2 | 2.19 | 49.4 |
| bleu (▲) | 0.23 | 2.07 | 46.9 |

Résultats de l'optimisation



Architecture retenue : prototype de l'IRSBot-2



Tecnalia

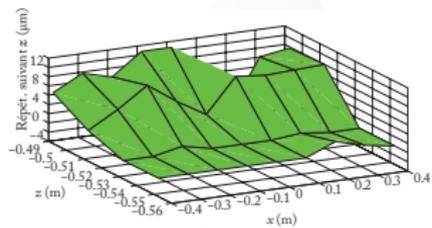
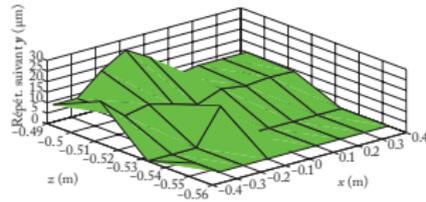
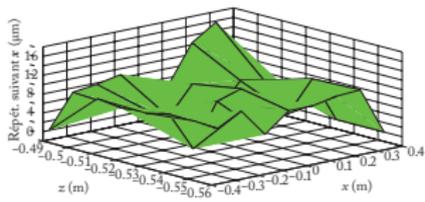
- $\delta_{ty} < 0.17 \text{ mm}$
- $f_{IRS}^1 = 44.9 \text{ Hz}$
(dans le plan)
- $f_{IRS}^2 = 55 \text{ Hz}$
(hors plan)

Architecture retenue : prototype de l'IRSBot-2



Conception / Commande de robots rapides et précis

Caractérisation des performances en répétabilité



30 microns dans l'espace de travail dextre régulier

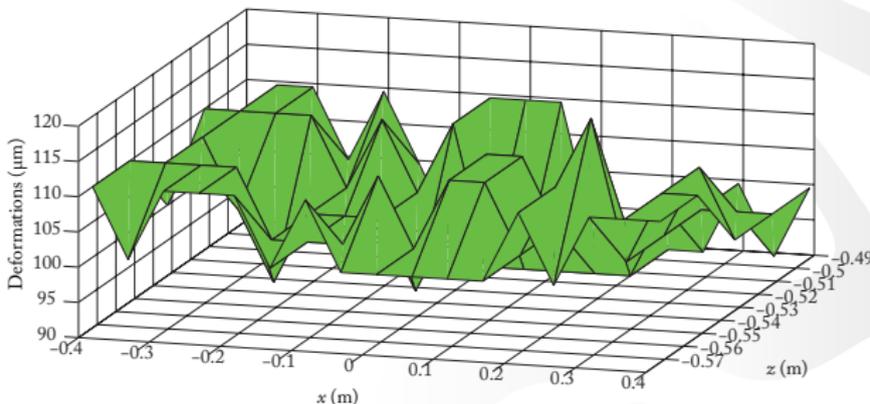
Conception / Commande de robots rapides et précis *IRCY*

Caractérisation des performances en déformations statiques



Conception / Commande de robots rapides et précis

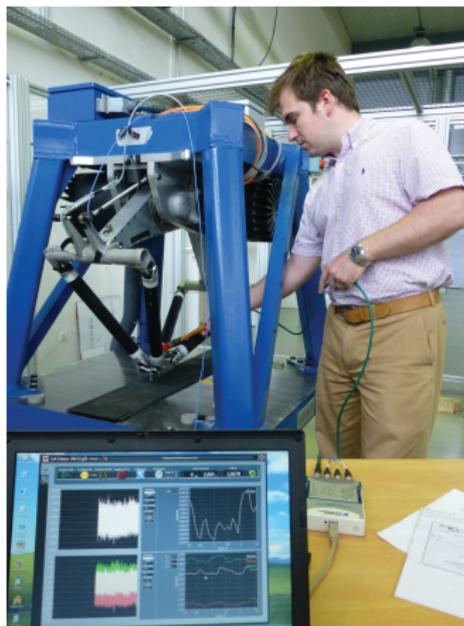
Caractérisation des performances en déformations statiques



120 microns dans l'espace de travail dextre régulier sous une charge de 20 N suivant y_0

Conception / Commande de robots rapides et précis *IRCY*

Caractérisation des fréquences naturelles



Conception / Commande de robots rapides et précis

Caractérisation des fréquences naturelles

| Calculées par CAO | | Obtenues par sonnage | |
|-------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Fréquence | Mode de déplacement | Fréquence | Mode de déplacement |
| 45 Hz | Perp. au mouvement | 40 ± 1 Hz | Perp. au mouvement |
| 53 Hz | Plan du mouvement | 40 ± 1 Hz | Plan du mouvement |
| 60 Hz | Perp. au mouvement | 48 ± 1 Hz | Perp. au mouvement |

Conception / Commande de robots rapides et précis

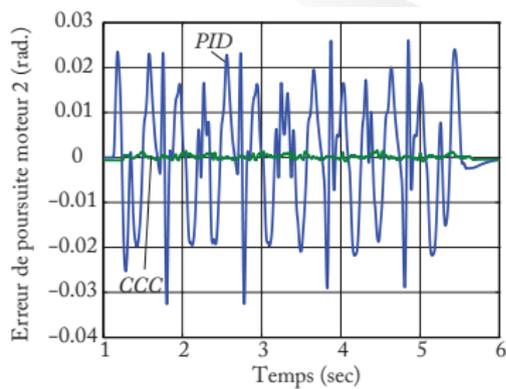
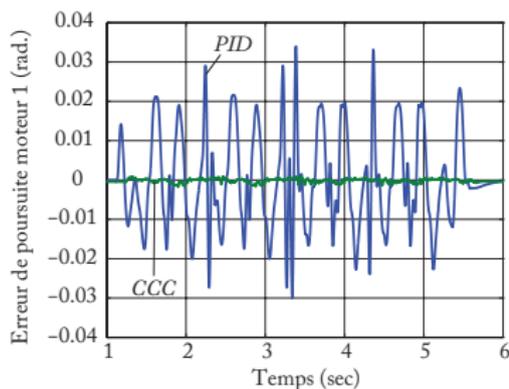
Caractérisation des performances dynamiques

TRAVERSEE Type 2

20 G d'accélération, 6 m/s

Conception / Commande de robots rapides et précis

Caractérisation des performances dynamiques



Erreur de poursuite divisée par 20 entre PID et CCC

Conception / Commande de robots rapides et précis

Ce qui est “caché”

- Étude des singularités
- Problèmes de modélisation / identification

Travaux en cours

- Gestion des vibrations
- Modèles et commande des robots à barres
- Amélioration de la précision des robots
- Contrôle adaptatif

Conception / Commande de robots rapides et précis

Ce qui est “caché”

- Étude des singularités
- Problèmes de modélisation / identification

Travaux en cours

- Gestion des vibrations
- Mise en route du troisième axe
- Modélisation de la dynamique des robots

Conception / Commande de robots rapides et précis

Ce qui est “caché”

- Étude des singularités
- Problèmes de modélisation / identification

Travaux en cours

- Gestion des vibrations
- Mise en route du troisième axe embarqué
- Amélioration de la précision absolue

Conception / Commande de robots rapides et précis

Ce qui est “caché”

- Étude des singularités
- Problèmes de modélisation / identification

Travaux en cours

- Gestion des vibrations
- Mise en route du troisième axe embarqué
- Amélioration de la précision absolue
 - Cartographie de l'erreur en position puis recalage
 - Compensation de base

Conception / Commande de robots rapides et précis

Ce qui est “caché”

- Étude des singularités
- Problèmes de modélisation / identification

Travaux en cours

- Gestion des vibrations
- Mise en route du troisième axe embarqué
- Amélioration de la précision absolue
 - Cartographie de l'erreur en position puis recalage
 - Asservissement basé capteurs extéroceptifs

Conception / Commande de robots rapides et précis

Ce qui est “caché”

- Étude des singularités
- Problèmes de modélisation / identification

Travaux en cours

- Gestion des vibrations
- Mise en route du troisième axe embarqué
- Amélioration de la précision absolue
 - Cartographie de l'erreur en position puis recalage
 - Asservissement basé capteurs extéroceptifs

Conception / Commande de robots rapides et précis

Ce qui est “caché”

- Étude des singularités
- Problèmes de modélisation / identification

Travaux en cours

- Gestion des vibrations
- Mise en route du troisième axe embarqué
- Amélioration de la précision absolue
 - Cartographie de l'erreur en position puis recalage
 - Asservissement basé capteurs extéroceptifs

Conception / Commande de robots rapides et précis

Ce qui est “caché”

- Étude des singularités
- Problèmes de modélisation / identification

Travaux en cours

- Gestion des vibrations
- Mise en route du troisième axe embarqué
- Amélioration de la précision absolue
 - Cartographie de l'erreur en position puis recalage
 - **Asservissement basé capteurs extéroceptifs**

Conception / Commande de robots rapides et précis

Commande basée vision de robots rapides et précis

Différentes approches envisageables :

- observation directe de l'effecteur [Paccot et al., 2008]



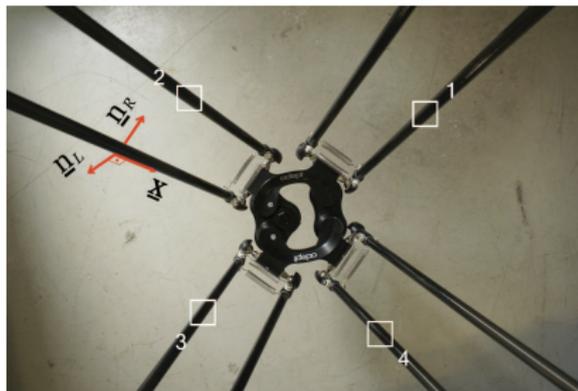
[Paccot et al., 2008] Paccot, Lemoine, Andreff, Chablat, Martinet "A Vision-based Computed Torque Control for PKM," Proc. ICRA 2008

Conception / Commande de robots rapides et précis

Commande basée vision de robots rapides et précis

Différentes approches envisageables :

- observation des jambes [Özgür et al., 2011]

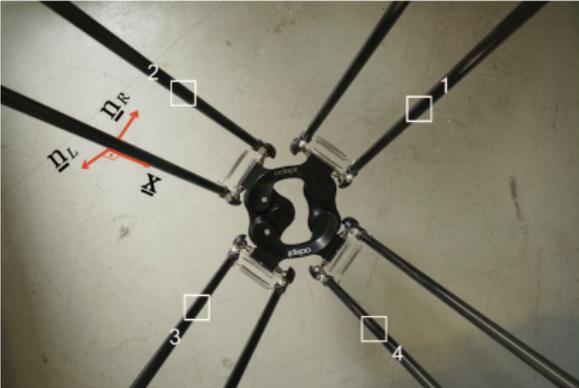


[Özgür et al., 2011] Özgür, Andreff, Martinet "Dynamic Control of the Quattro Robot by the Leg Edgels," Proc. ICRA 2011

Conception / Commande de robots rapides et précis

Commande basée vision de robots rapides et précis
Différentes approches envisageables :

- **observation des jambes** [Özgür et al., 2011]



[Özgür et al., 2011] Özgür, Andreff, Martinet "Dynamic Control of the Quattro Robot by the Leg Edgels," Proc. ICRA 2011

Conception / Commande de robots rapides et précis

Asservissement visuel basé observation des jambes

Problèmes / Questions :

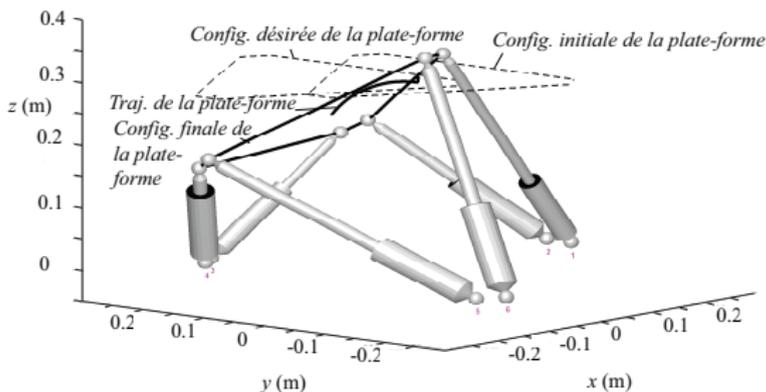
- l'observation m directions de jambes ($m < n$) parmi les n jambes suffit,
- problèmes de convergence de l'effecteur, même si les directions des jambes convergent

Conception / Commande de robots rapides et précis

Asservissement visuel basé observation des jambes

Problèmes / Questions :

- l'observation m directions de jambes ($m < n$) parmi les n jambes suffit,
- problèmes de convergence de l'effecteur, même si les directions des jambes convergent



Conception / Commande de robots rapides et précis

Asservissement visuel basé observation des jambes

Problèmes / Questions :

- l'observation m directions de jambes ($m < n$) parmi les n jambes suffit,
- problèmes de convergence de l'effecteur, même si les directions des jambes convergent
- existence de minima locaux
- singularités du modèle (espace des jambes / espace cartésien)

Conception / Commande de robots rapides et précis

Asservissement visuel basé observation des jambes

Problèmes / Questions :

- l'observation m directions de jambes ($m < n$) parmi les n jambes suffit,
- problèmes de convergence de l'effecteur, même si les directions des jambes convergent
- existence de minima locaux
- singularités du modèle (espace des jambes / espace cartésien)

Conception / Commande de robots rapides et précis

Possibilité de répondre à ces questions grâce au concept du
“Robot caché”

Développé en collaboration avec P. MARTINET

Idée

Comprendre qu'intrinsèquement, commander le robot en observant ses
jambes revient à commander une autre cinématique

Conception / Commande de robots rapides et précis

Possibilité de répondre à ces questions grâce au concept du
“Robot caché”

Développé en collaboration avec P. MARTINET

Idée

Comprendre qu'intrinsèquement, commander le robot en observant ses
jambes revient à commander une autre cinématique

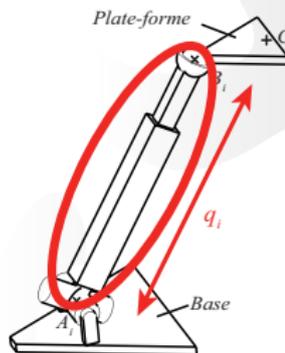
Conception / Commande de robots rapides et précis

Idée

Comprendre qu'intrinsèquement, commander le robot en observant ses jambes revient à commander une autre cinématique

Commande usuelle basée codeurs

$\mathbf{q} \Rightarrow \mathbf{x}$ (\mathbf{q} : mesure correspondant aux moteurs réels)



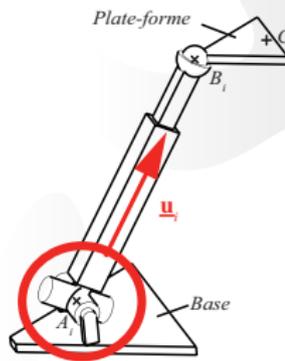
Conception / Commande de robots rapides et précis

Idée

Comprendre qu'intrinsèquement, commander le robot en observant ses jambes revient à commander une autre cinématique

Commande basée observation des jambes

$\underline{u} \Rightarrow \mathbf{x}$ (\underline{u} : mesure correspondant aux moteurs virtuels du "robot caché")



Conception / Commande de robots rapides et précis

Commande basée observation des jambes

Plate-forme de Gough-Stewart :

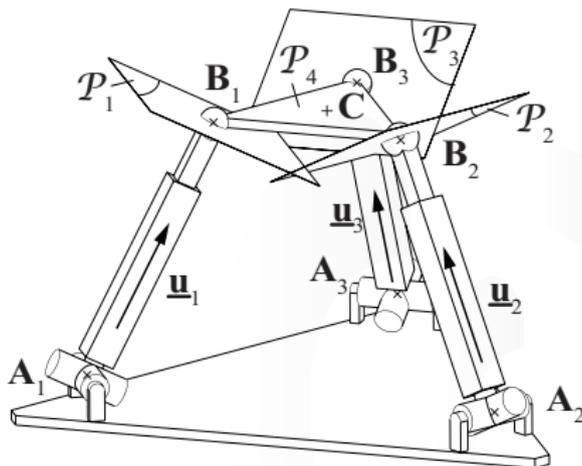
- Robot réel \Rightarrow 6-UPS
- Robot caché (virtuel) \Rightarrow 3-UPS (cas de l'observation minimale)

Conception / Commande de robots rapides et précis

Commande basée observation des jambes

Plate-forme de Gough-Stewart :

- Robot réel \Rightarrow 6-UPS
- Robot caché (virtuel) \Rightarrow 3-UPS (cas de l'observation minimale)

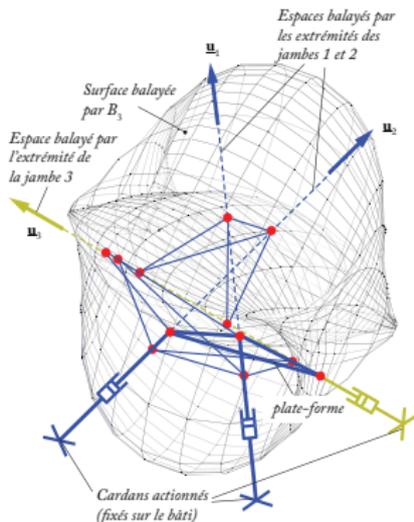


Conception / Commande de robots rapides et précis

Commande basée observation des jambes

Plate-forme de Gough-Stewart :

- Robot réel \Rightarrow 6-UPS
- Robot caché (virtuel) \Rightarrow 3-UPS (cas de l'observation minimale)

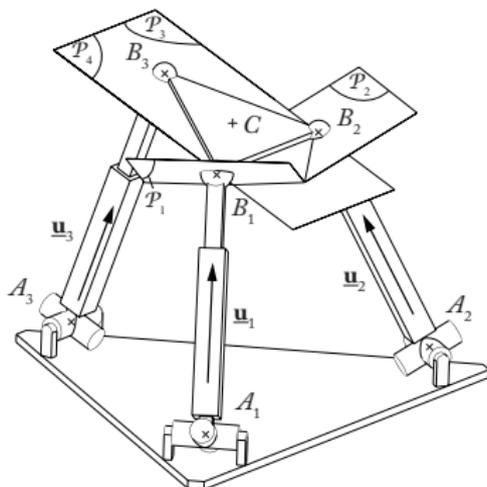


Conception / Commande de robots rapides et précis

Commande basée observation des jambes

Plate-forme de Gough-Stewart :

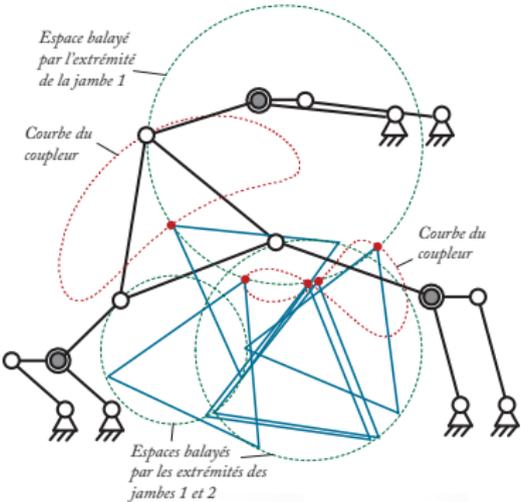
- Robot réel \Rightarrow 6-UPS
- Robot caché (virtuel) \Rightarrow 3-UPS (cas de l'observation minimale)



Conception / Commande de robots rapides et précis

Généralisation et application à des familles de robots

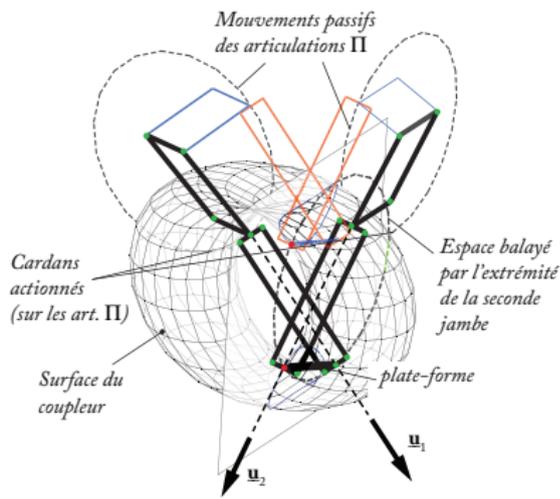
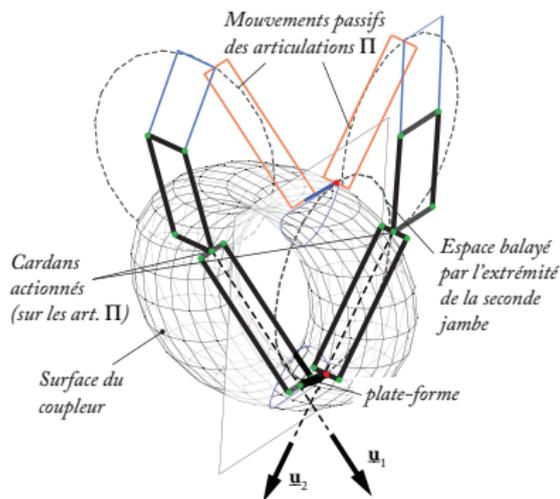
Cas des robots plans : Exemple du 3-RRR



Conception / Commande de robots rapides et précis 

Généralisation et application à des familles de robots

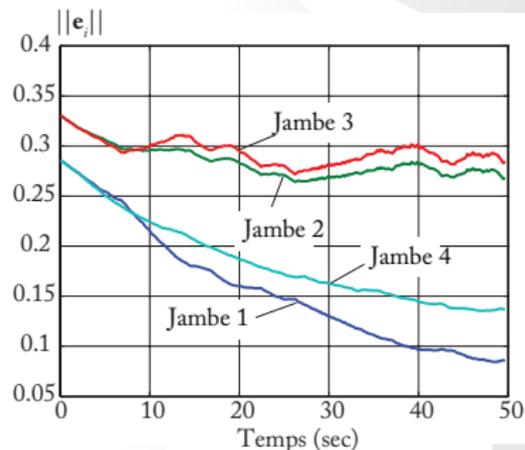
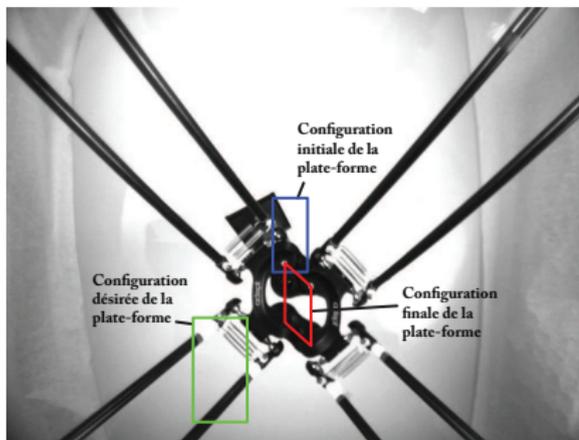
Cas des robots spatiaux : Exemple du Quattro



Conception / Commande de robots rapides et précis

Généralisation et application à des familles de robots

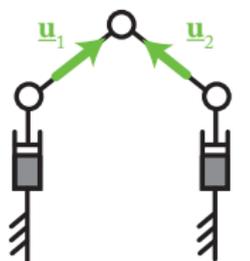
Validation expérimentale



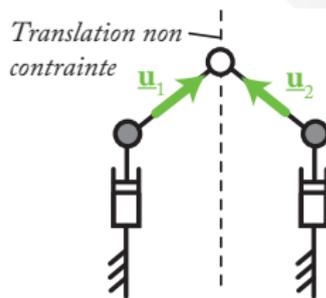
Conception / Commande de robots rapides et précis

Utilisation des robots cachés pour analyser la contrôlabilité

Classe 1 : Robots non contrôlables par l'observation de la direction des jambes



Un robot PRRRP

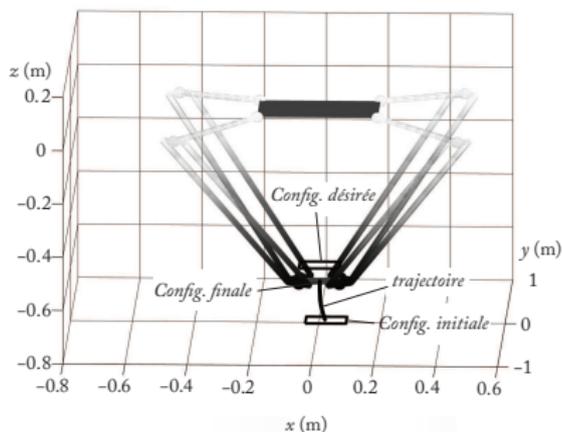


Robot caché :
un robot PRRRP

Conception / Commande de robots rapides et précis 

Utilisation des robots cachés pour analyser la contrôlabilité

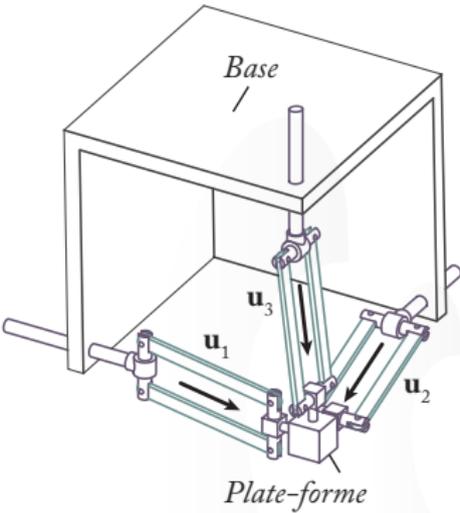
Classe 2 : Robots partiellement contrôlables dans tout leur espace de travail par l'observation de la direction des jambes



Conception / Commande de robots rapides et précis

Utilisation des robots cachés pour analyser la contrôlabilité

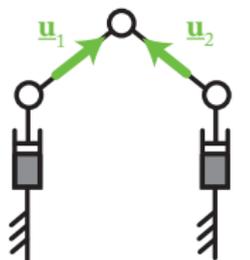
Classe 3 : Robots contrôlables dans tout leur espace de travail par l'observation de la direction des jambes



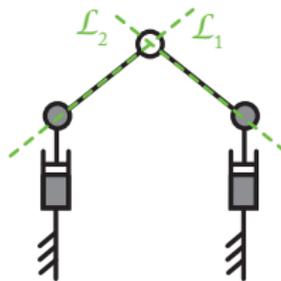
Conception / Commande de robots rapides et précis 

Utilisation des robots cachés pour analyser la contrôlabilité

Classe 4 : Robots contrôlables dans tout leur espace de travail par l'utilisation d'informations additionnelles



Un robot PRRRP



Robot caché :
un robot PRRRP

Conception / Commande de robots rapides et précis

Conclusions

- **Nouvelle architecture de robot 2T “spatiale”**
- Méthodologie de conception optimale pour les robots rapides et précis
- Amélioration de la précision des robots rapides
- Définition d'un outil (concept de robots cachés) permettant d'étudier les performances de certains asservissements visuels
- Utilisation du concept de robots cachés pour l'analyse de la contrôlabilité

Conception / Commande de robots rapides et précis

Conclusions

- Nouvelle architecture de robot 2T “spatiale”
- Méthodologie de conception optimale pour les robots rapides et précis
- Amélioration de la précision des robots rapides
- Définition d'un outil (concept de robots cachés) permettant d'étudier les performances de certains asservissements visuels
- Utilisation du concept de robots cachés pour l'analyse de la contrôlabilité

Conception / Commande de robots rapides et précis

Conclusions

- Nouvelle architecture de robot 2T “spatiale”
- Méthodologie de conception optimale pour les robots rapides et précis
- Amélioration de la précision des robots rapides
- Définition d'un outil (concept de robots cachés) permettant d'étudier les performances de certains asservissements visuels
- Utilisation du concept de robots cachés pour l'analyse de la contrôlabilité

Conception / Commande de robots rapides et précis

Conclusions

- Nouvelle architecture de robot 2T “spatiale”
- Méthodologie de conception optimale pour les robots rapides et précis
- Amélioration de la précision des robots rapides
- Définition d'un outil (concept de robots cachés) permettant d'étudier les performances de certains asservissements visuels
- Utilisation du concept de robots cachés pour l'analyse de la contrôlabilité

Conception / Commande de robots rapides et précis

Conclusions

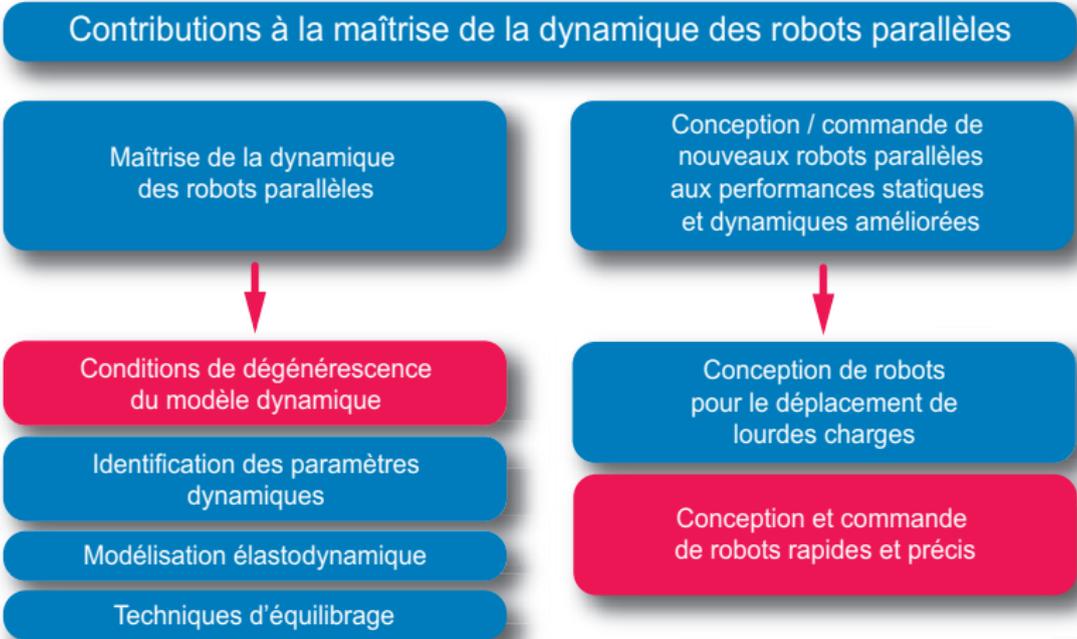
- Nouvelle architecture de robot 2T “spatiale”
- Méthodologie de conception optimale pour les robots rapides et précis
- Amélioration de la précision des robots rapides
- Définition d'un outil (concept de robots cachés) permettant d'étudier les performances de certains asservissements visuels
- Utilisation du concept de robots cachés pour l'analyse de la contrôlabilité

Plan de la présentation

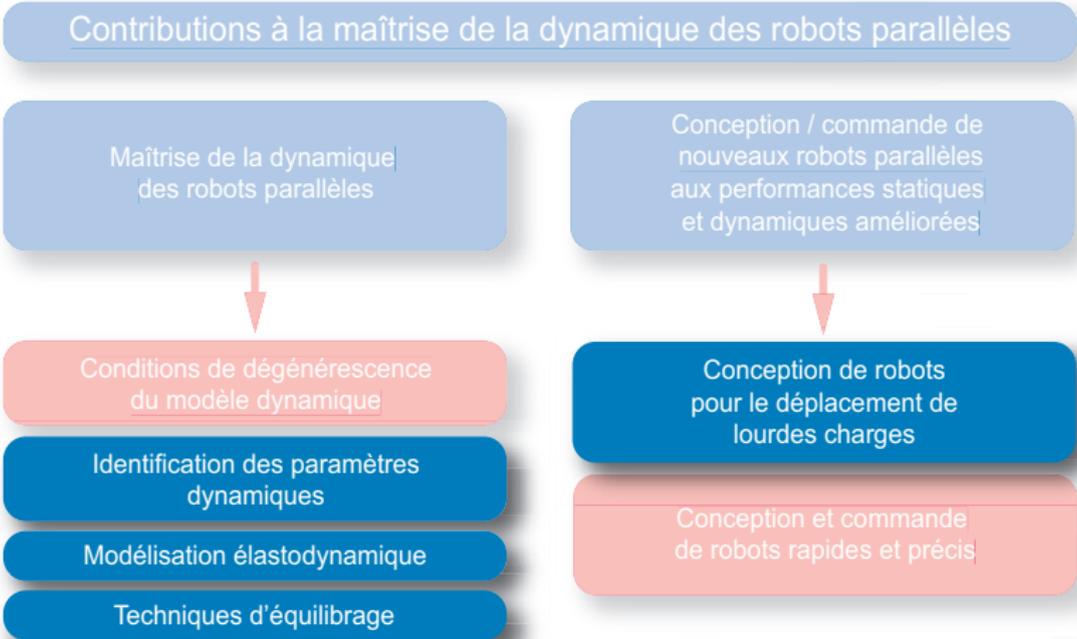


- 1 Synthèse des activités
- 2 Travaux de recherche
- 3 Conclusions et perspectives de recherche

Conclusions sur mes travaux de recherche passés



Conclusions sur mes travaux de recherche passés

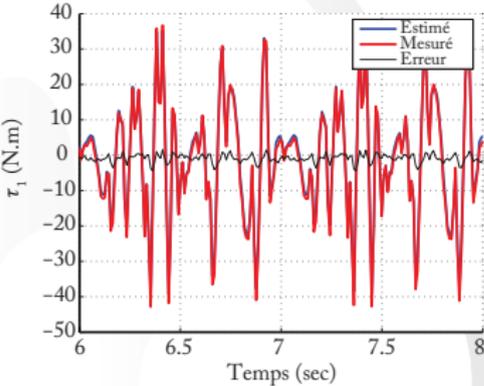
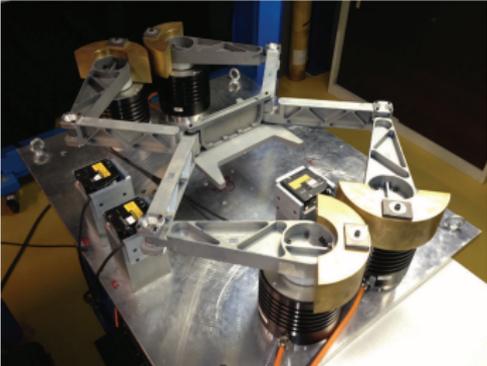


Conclusions sur mes travaux de recherche passés

Identification des paramètres dynamiques

Méthodologies d'identification des paramètres des modèles dynamiques

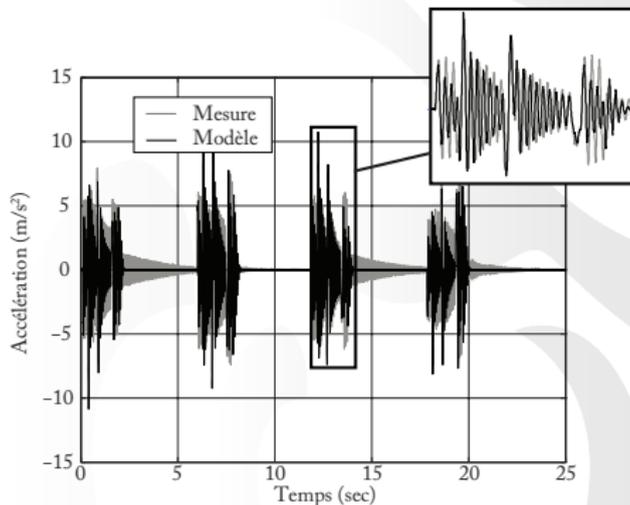
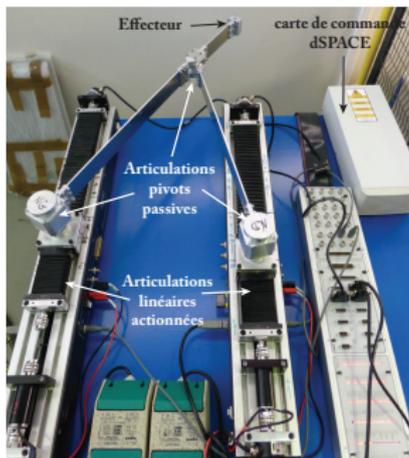
- incluant les gains d'actionnement
- pour les robots redondants en actionnement



Conclusions sur mes travaux de recherche passés

Modélisation élastodynamique

Procédure systématique / automatique pour le calcul symbolique du modèle élastodynamique des robots parallèles

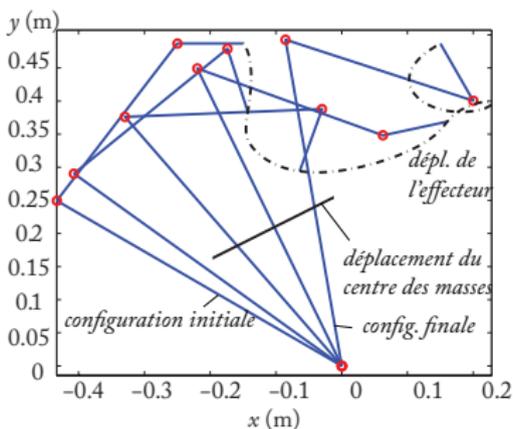


Conclusions sur mes travaux de recherche passés

Techniques d'équilibrage

Proposition de techniques d'équilibrage

- dynamique (par ajouts de groupe d'Assur, par génération de trajectoires optimales, etc.)
- statique (pour les robots manipulant de lourdes charges)



Conclusions sur mes travaux de recherche passés

Conception de robots pour le déplacement de lourdes charges
Proposition d'une nouvelle famille de manipulateurs aux mouvements découplés entre

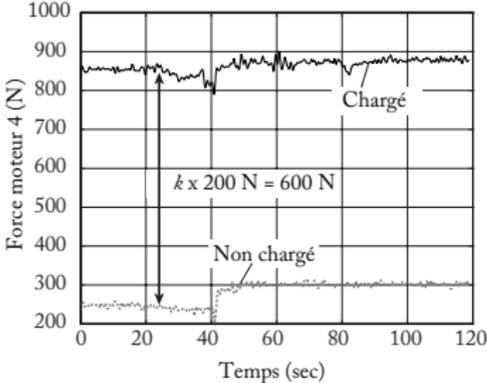
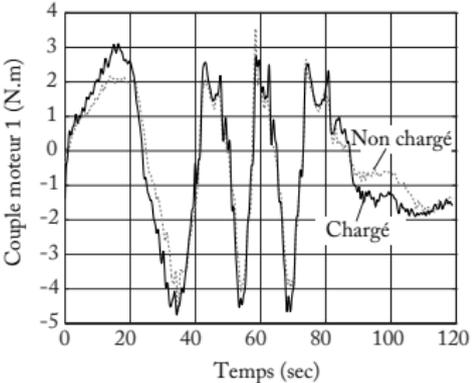
- les déplacements de la plate-forme dans le plan horizontal
- les translations de la plate-forme selon l'axe vertical



Conclusions sur mes travaux de recherche passés

Conception de robots pour le déplacement de lourdes charges
Proposition d'une nouvelle famille de manipulateurs aux mouvements découplés entre

- les déplacements de la plate-forme dans le plan horizontal
- les translations de la plate-forme selon l'axe vertical



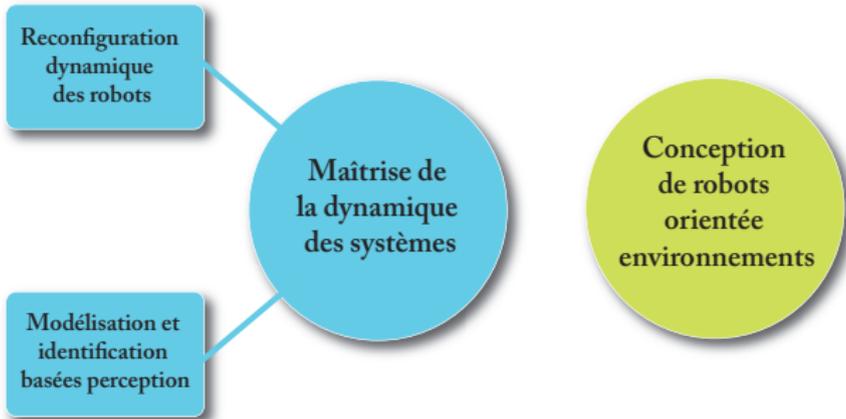


Maîtrise de
la dynamique
des systèmes

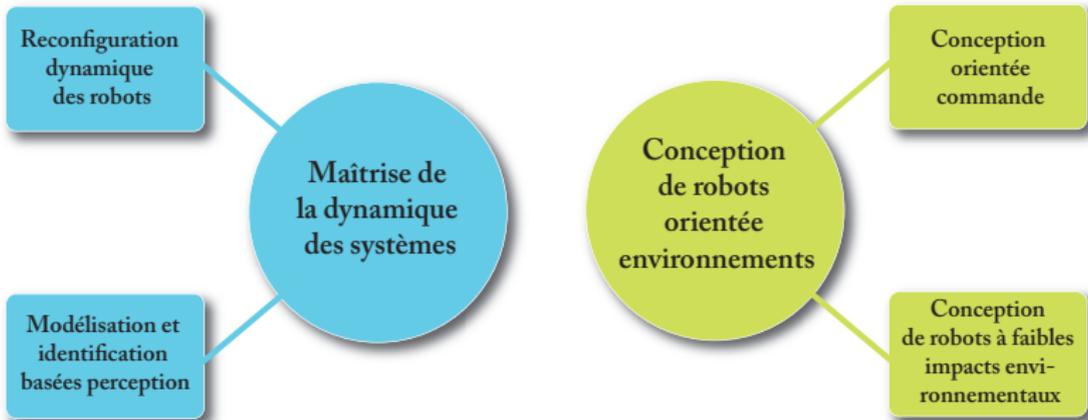


Conception
de robots
orientée
environnements

Perspectives



Perspectives



Perspectives

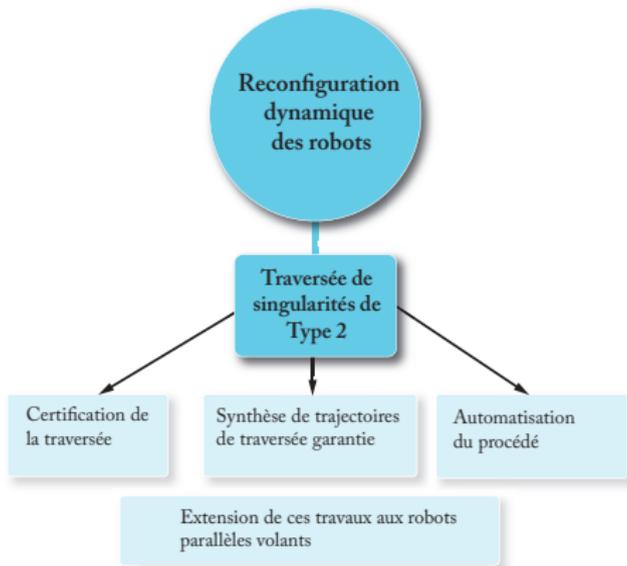


Perspectives en reconfiguration dynamique

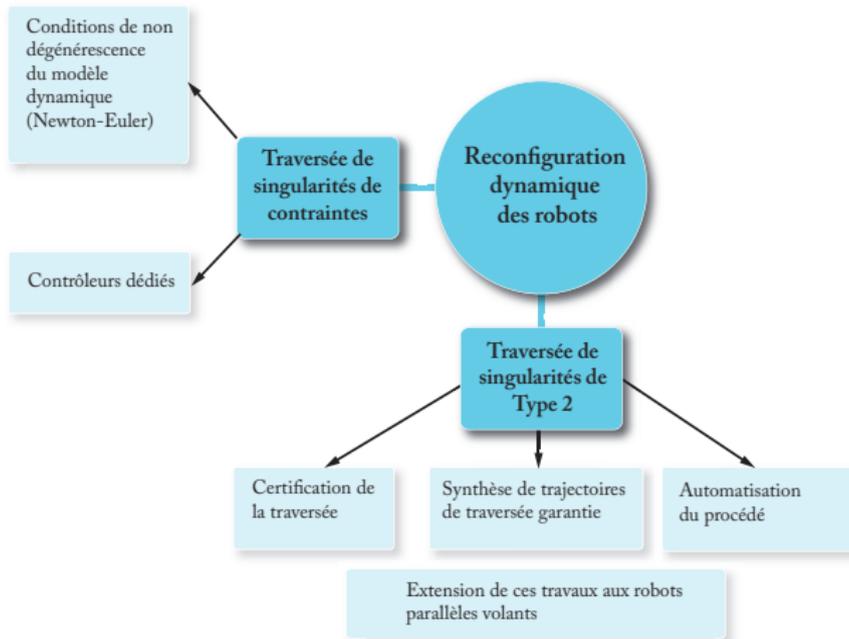


Reconfiguration
dynamique
des robots

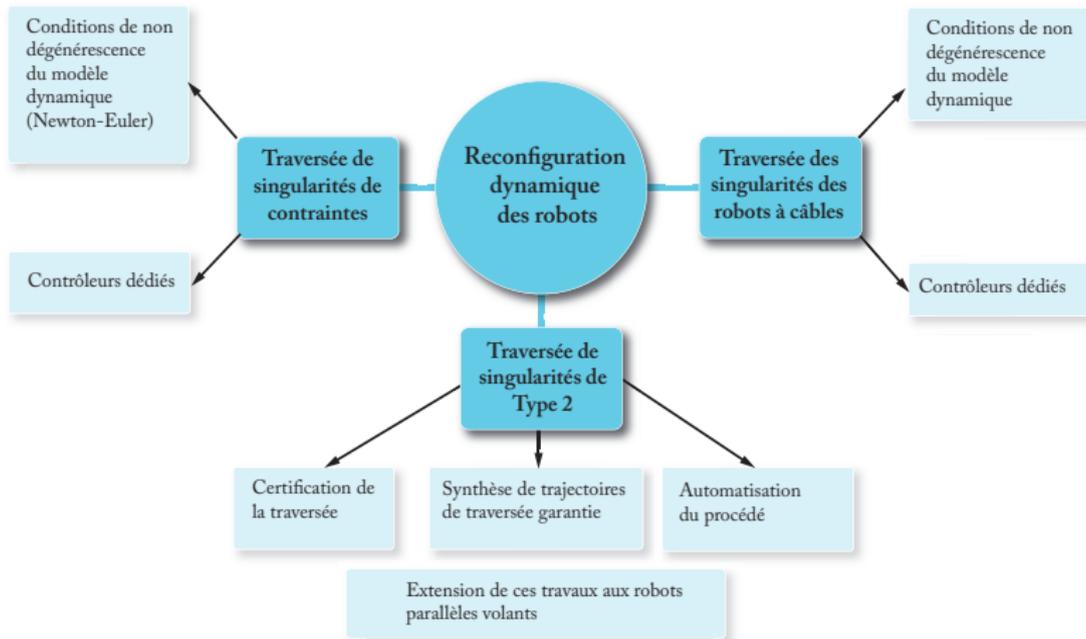
Perspectives en reconfiguration dynamique



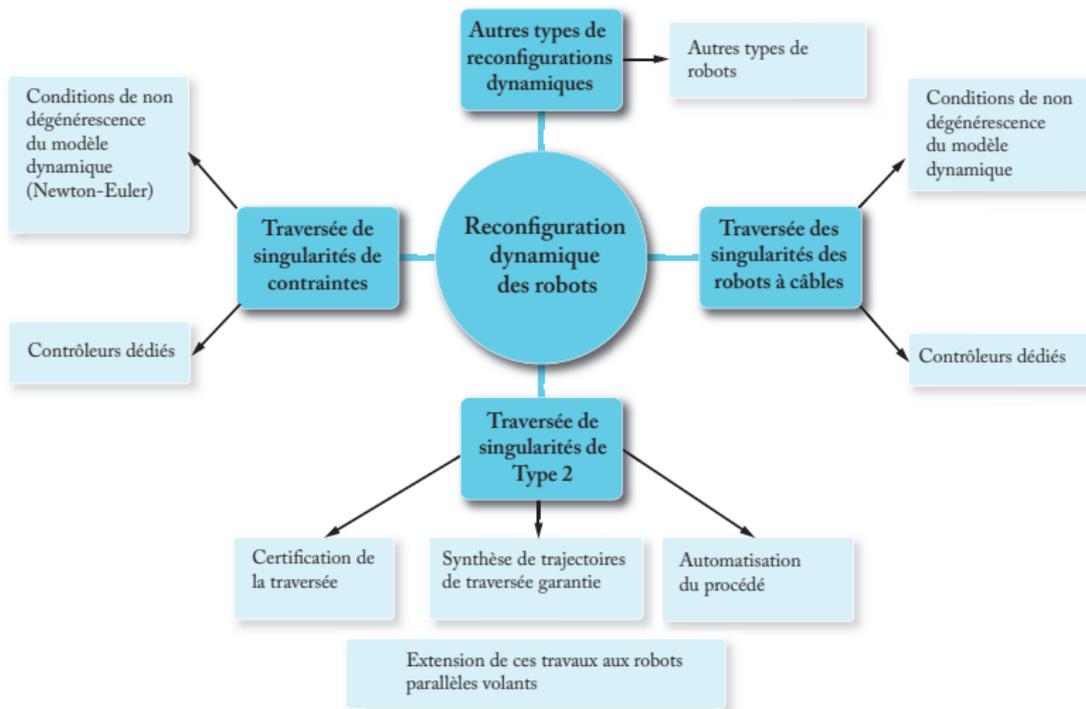
Perspectives en reconfiguration dynamique



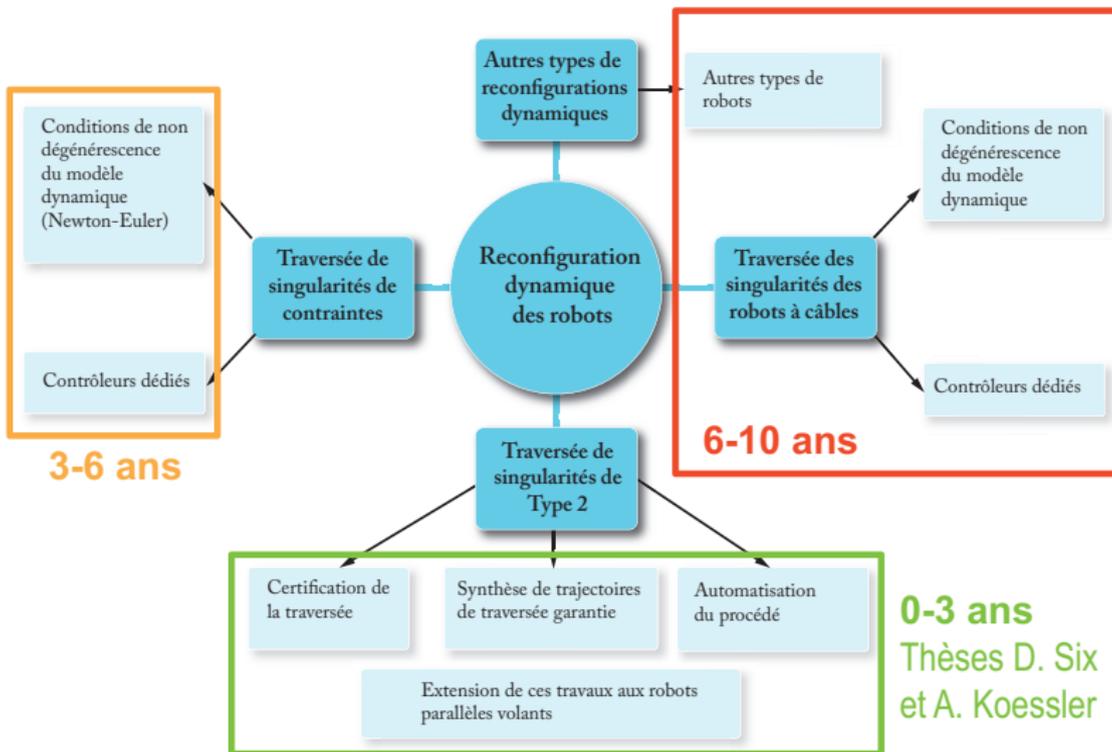
Perspectives en reconfiguration dynamique



Perspectives en reconfiguration dynamique



Perspectives en reconfiguration dynamique

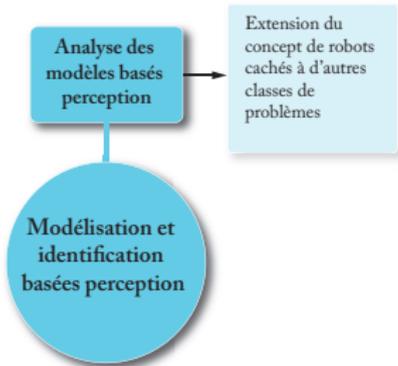


0-3 ans
Thèses D. Six
et A. Koessler

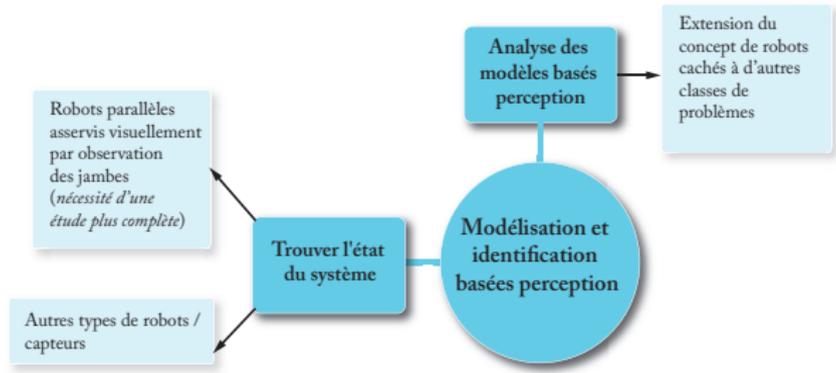
Perspectives en modélisation / identif. basées perception

Modélisation et
identification
basées perception

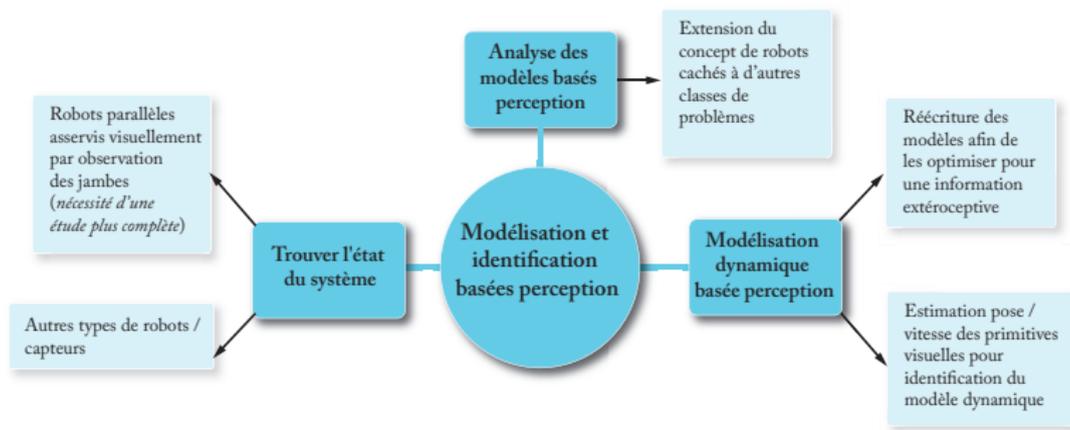
Perspectives en modélisation / identif. basées perception



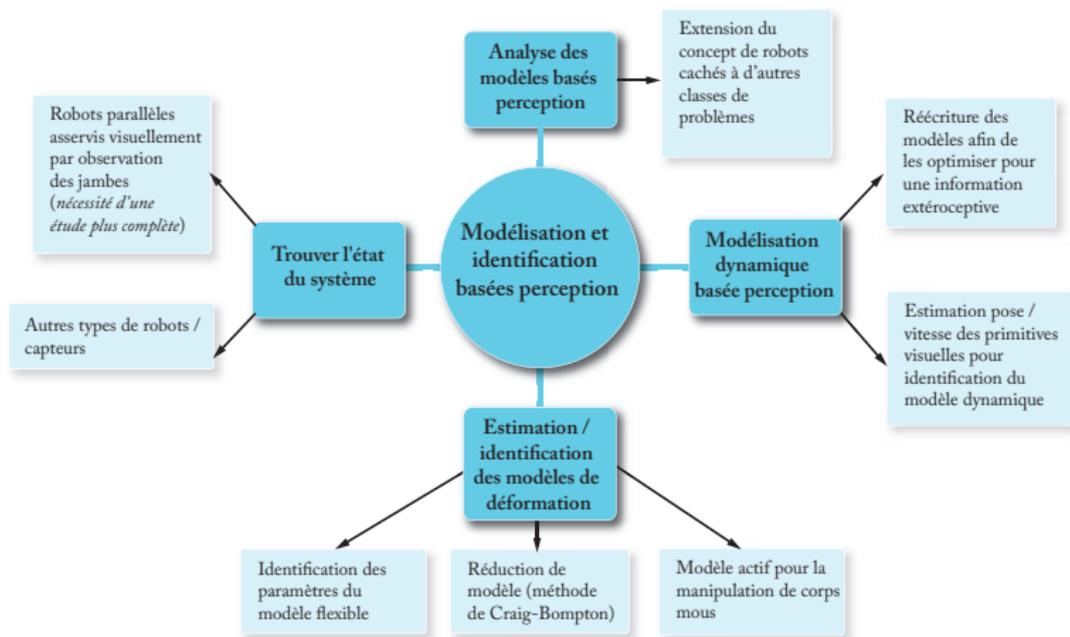
Perspectives en modélisation / identif. basées perception



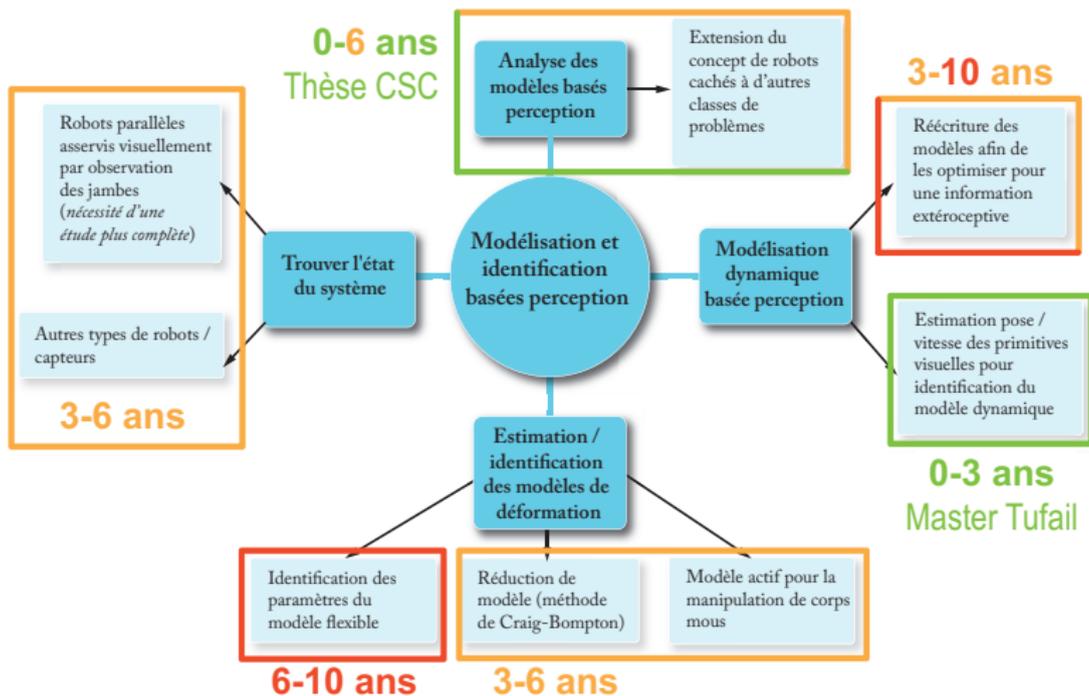
Perspectives en modélisation / identif. basées perception



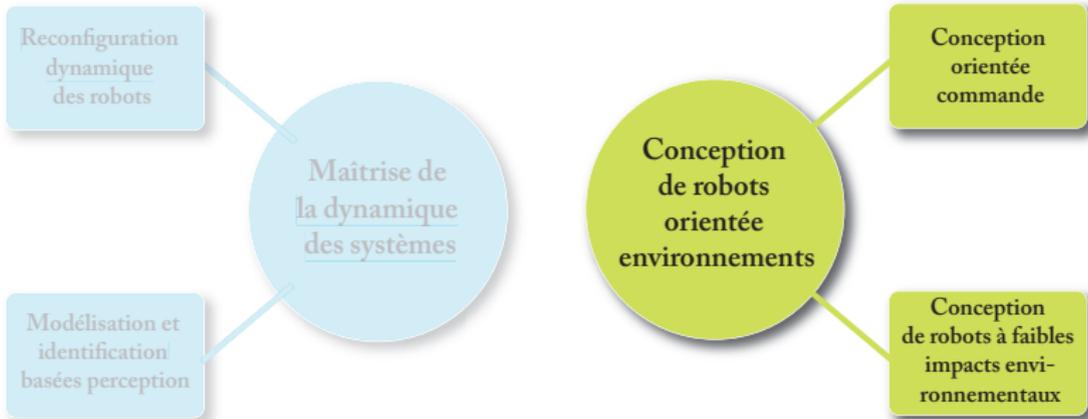
Perspectives en modélisation / identif. basées perception



Perspectives en modélisation / identif. basées perception



Perspectives en conception orientée commande



Modifier le processus de conception pour prendre en compte les performances de la commande

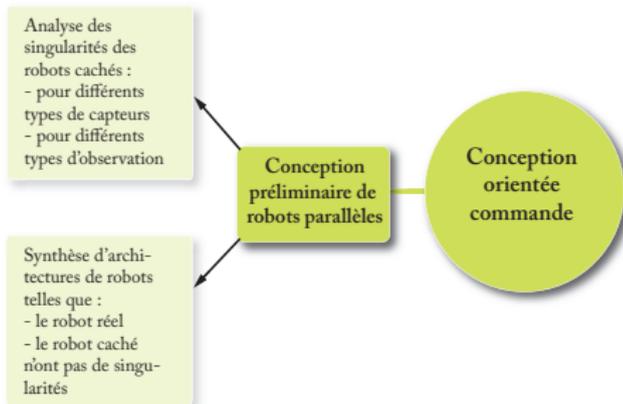
- Prend appui sur le concept du “robot caché”
- Optimiser le binôme {robot réel – robot caché} afin d’obtenir les meilleures performances possibles pour l’asservissement

Perspectives en conception orientée commande

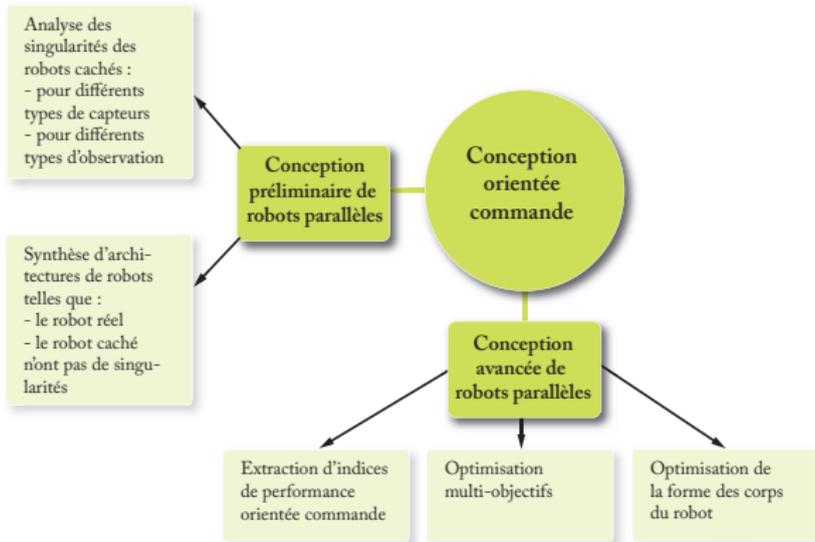


Conception
orientée
commande

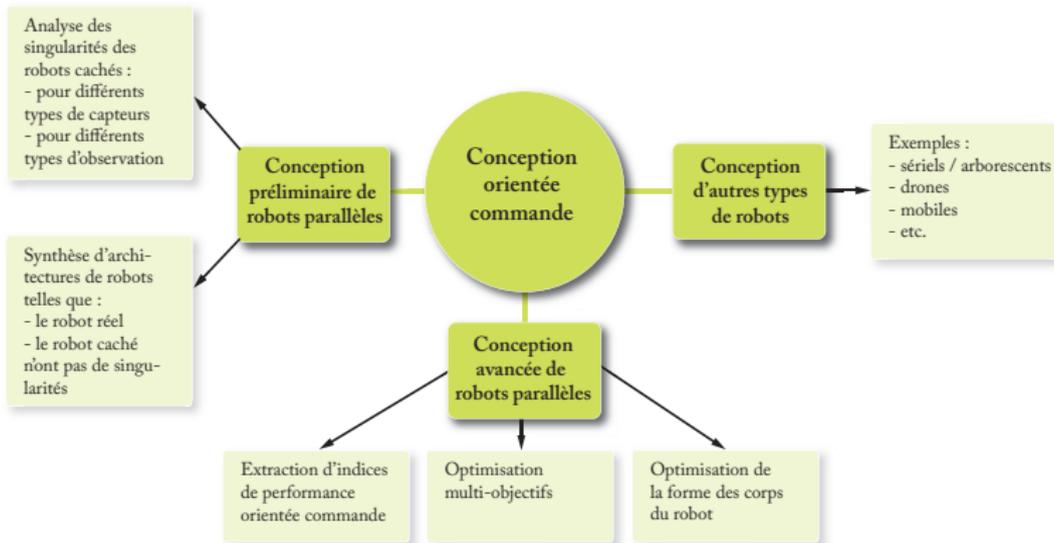
Perspectives en conception orientée commande



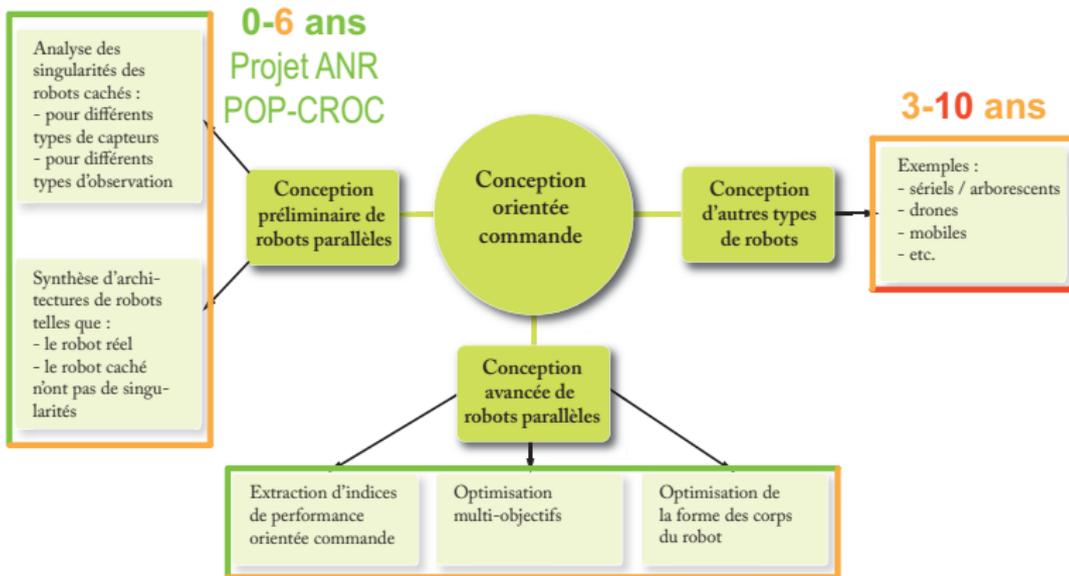
Perspectives en conception orientée commande



Perspectives en conception orientée commande



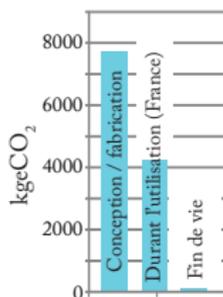
Perspectives en conception orientée commande



Conception de robots à faibles impacts env.

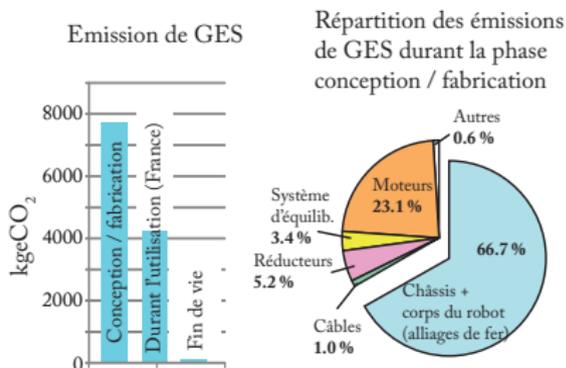


Emission de GES



Les émissions de CO₂ durant la phase d'utilisation dans d'autres pays sont beaucoup plus élevées puisque la plus grande partie de l'énergie produite est nucléaire (relâche moins de CO₂ que d'autres centrales)

Conception de robots à faibles impacts env.

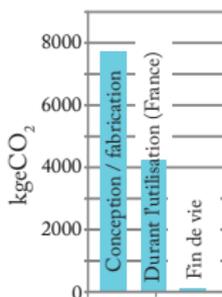


Les émissions de CO₂ durant la phase d'utilisation dans d'autres pays sont beaucoup plus élevées puisque la plus grande partie de l'énergie produite est nucléaire (relâche moins de CO₂ que d'autres centrales)

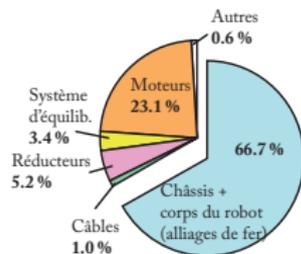
Conception de robots à faibles impacts env.



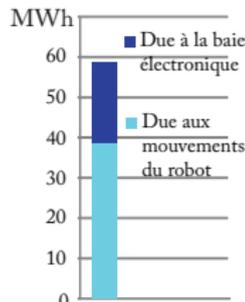
Emission de GES



Répartition des émissions de GES durant la phase conception / fabrication

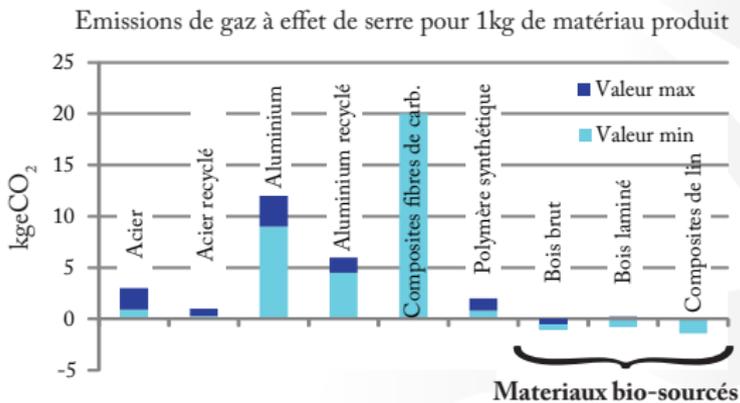


Energie consommée en utilisation



Les émissions de CO₂ durant la phase d'utilisation dans d'autres pays sont beaucoup plus élevées puisque la plus grande partie de l'énergie produite est nucléaire (relâche moins de CO₂ que d'autres centrales)

Conception de robots à faibles impacts env. IR CYN

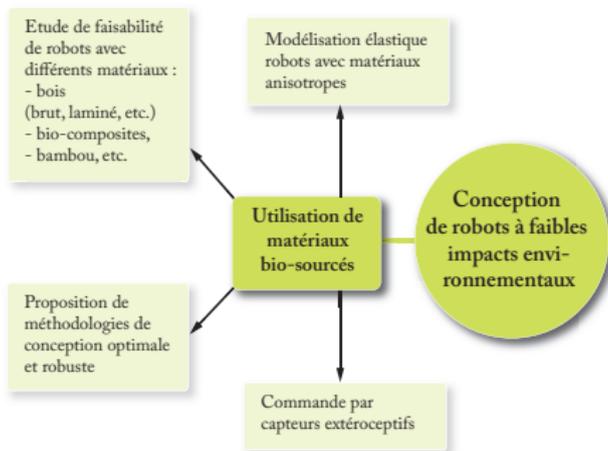


Conception de robots à faibles impacts env.

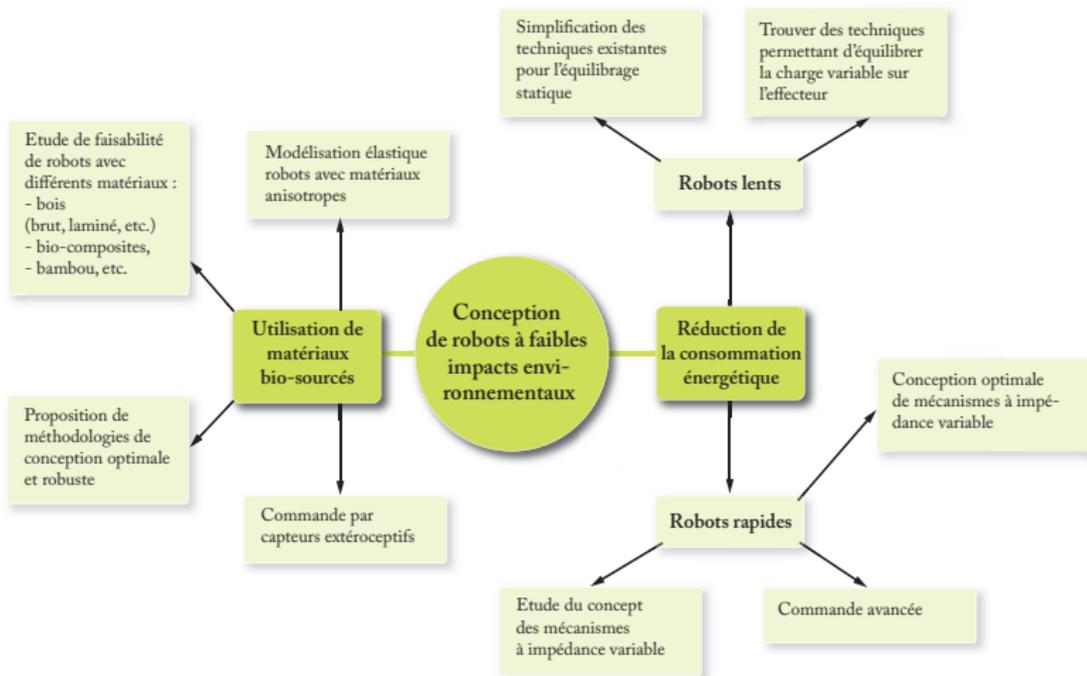


Conception
de robots à faibles
impacts envi-
ronnementaux

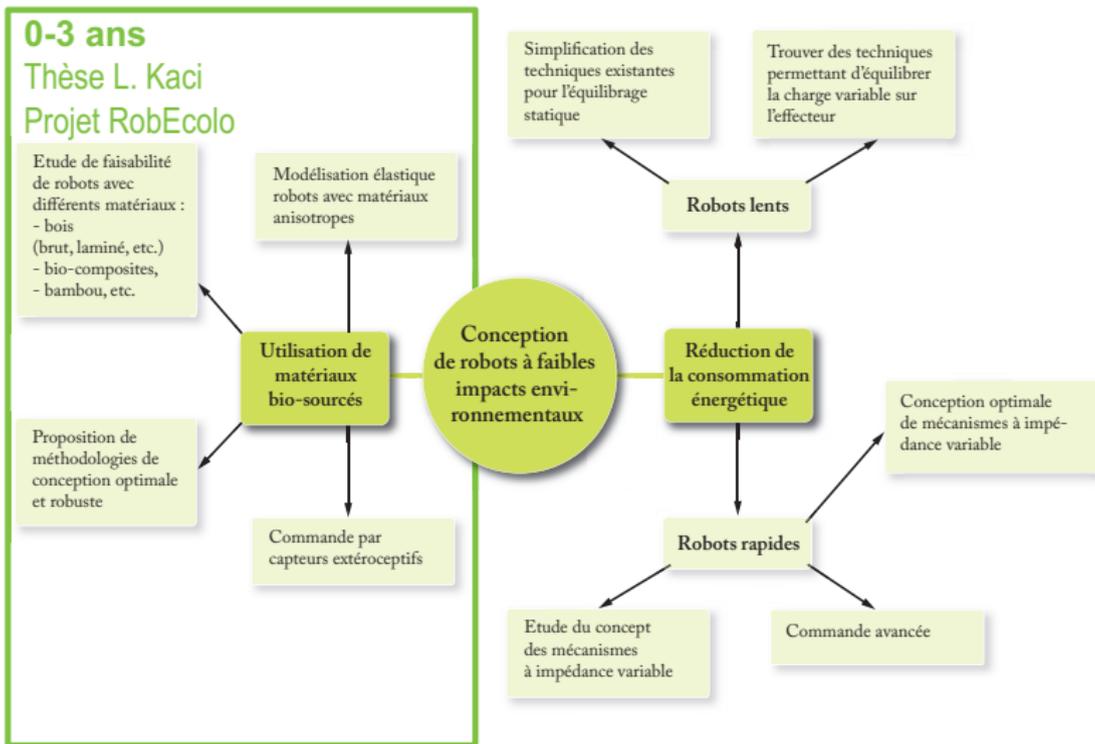
Conception de robots à faibles impacts env.



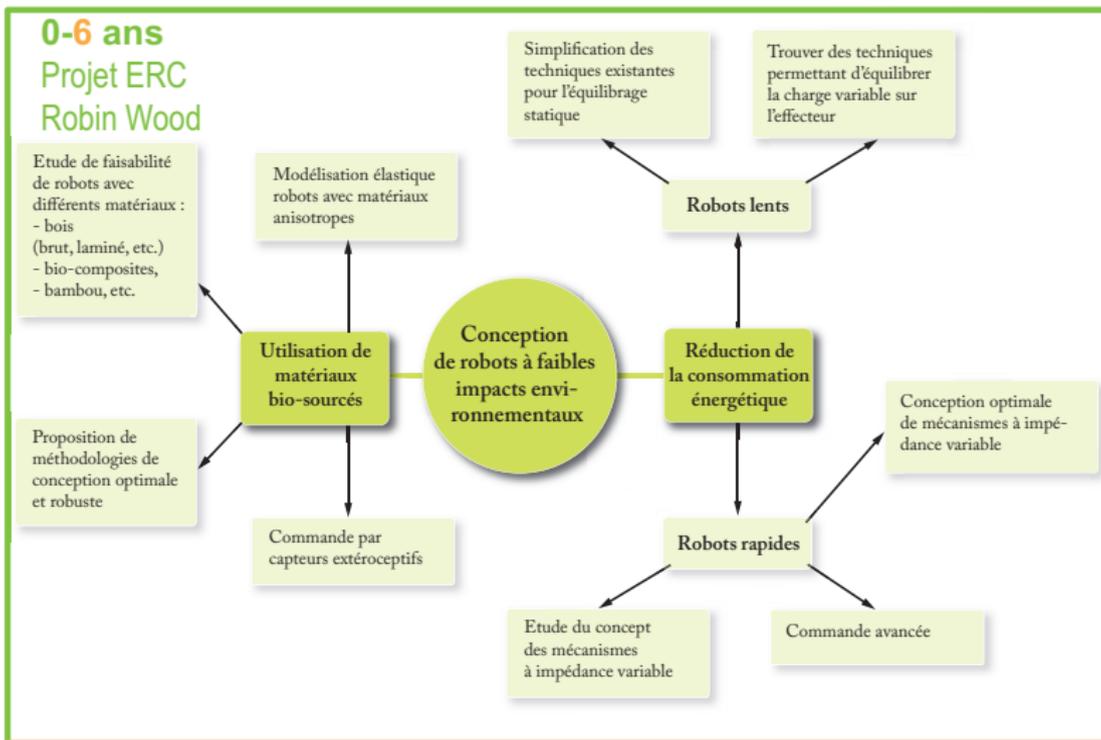
Conception de robots à faibles impacts env.



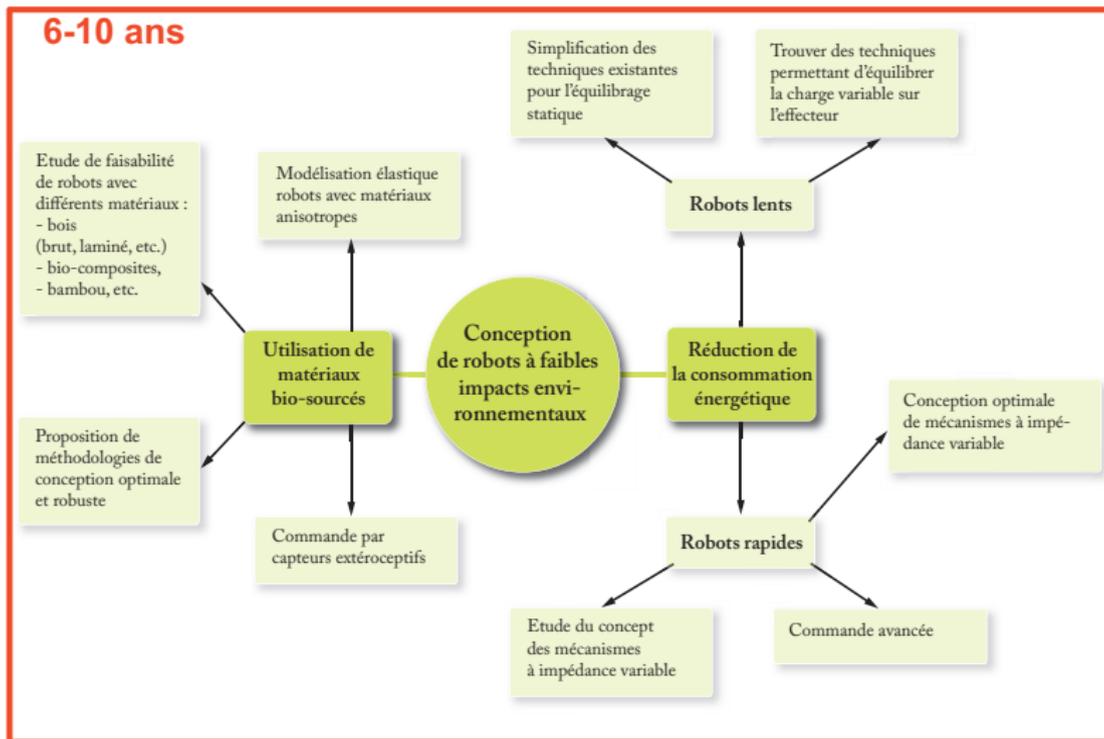
Conception de robots à faibles impacts env.



Conception de robots à faibles impacts env.



Conception de robots à faibles impacts env.



Projection des perspectives dans l'équipe ARMEN Autonomie des Robots et Maîtrise des interactions avec l'ENVironnement

Projection des perspectives dans l'équipe ARMEN Autonomie des Robots et Maîtrise des interactions avec l'ENVironnement

Environnement :

- Milieu dans lequel le robot évolue
- Sens écologique du terme

Projection des perspectives dans l'équipe ARMEN

Autonomie des Robots et Maîtrise des interactions avec l'ENVironnement

Environnement :

- Milieu dans lequel le robot évolue
- Sens écologique du terme

Thèmes scientifiques

- Conception orientée environnements
- Interactions avec l'environnement
- Perception de l'environnement

Projection des perspectives dans l'équipe ARMEN

Autonomie des Robots et Maîtrise des interactions avec l'ENVironnement

Environnement :

- Milieu dans lequel le robot évolue
- Sens écologique du terme

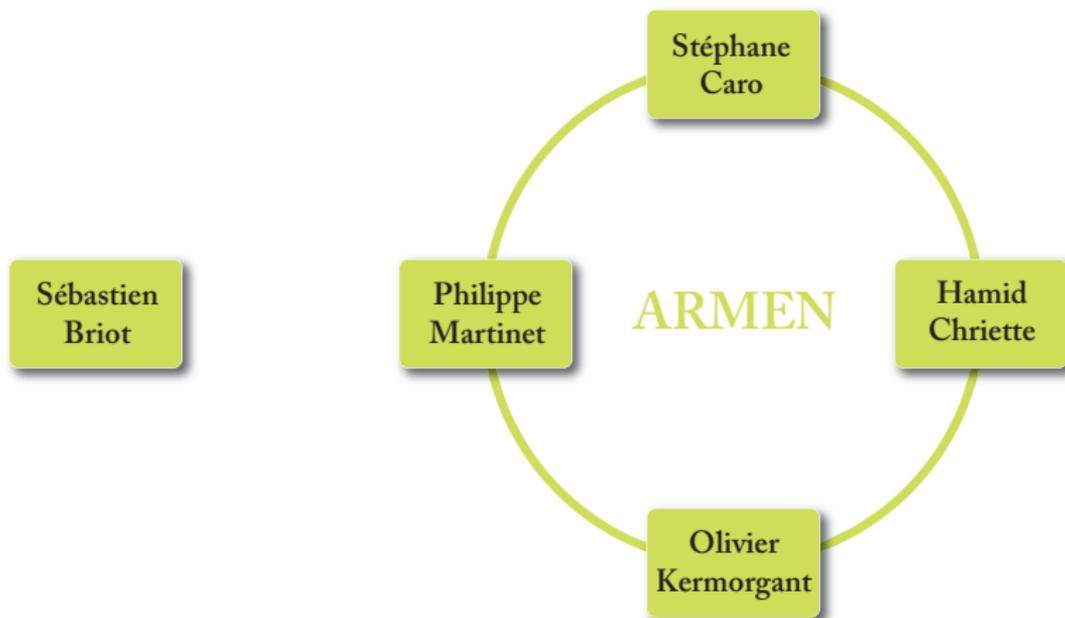
Projets fédérateurs

- Maîtrise des systèmes dynamiques,
- Robotique des grands espaces,
- Conception de robots à faibles impacts environnementaux,
- Maîtrise des systèmes déformables,
- Robots reconfigurables.

Perspectives



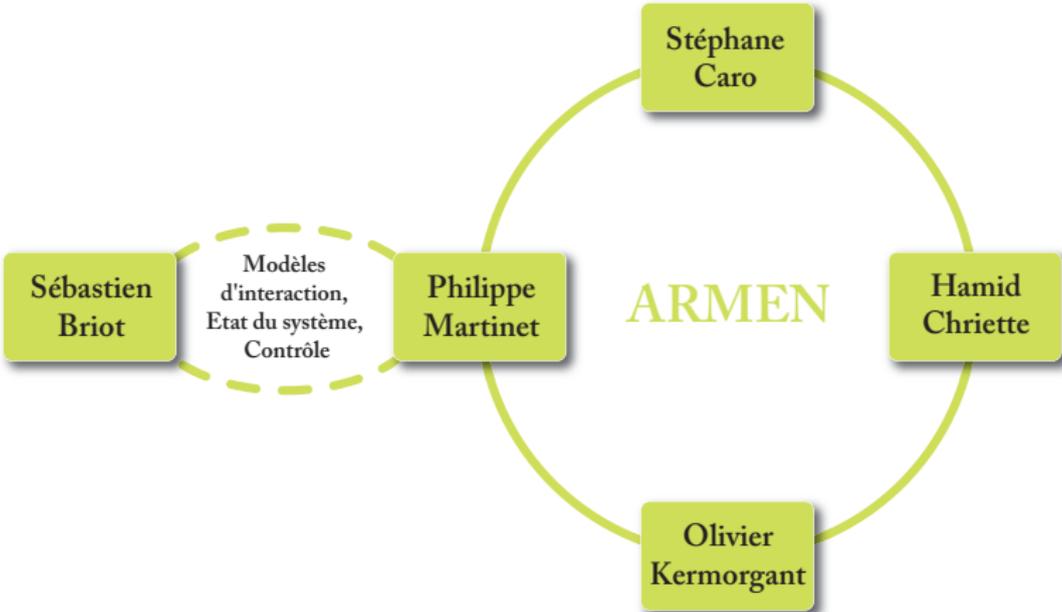
Collaborations dans l'équipe ARMEN



Perspectives



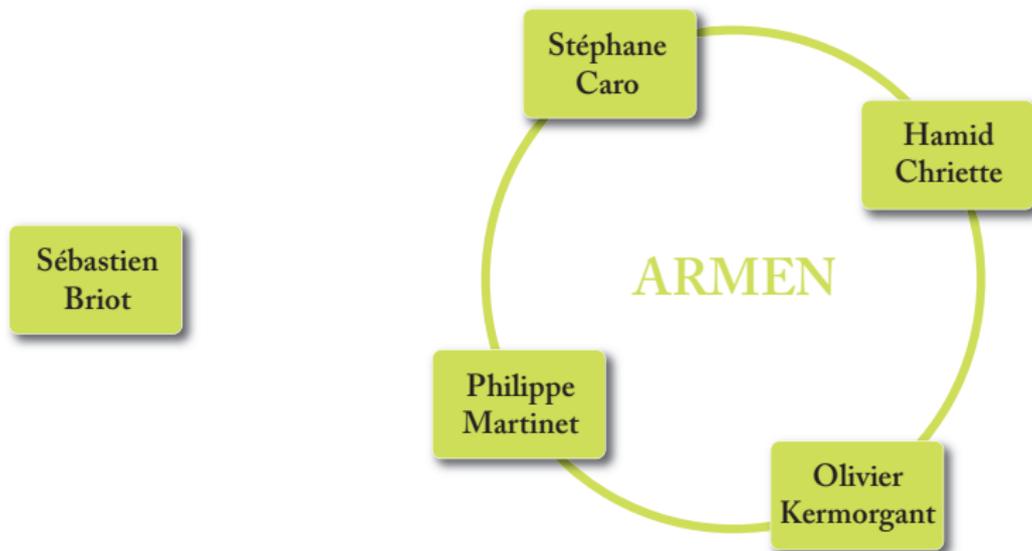
Collaborations dans l'équipe ARMEN



Perspectives



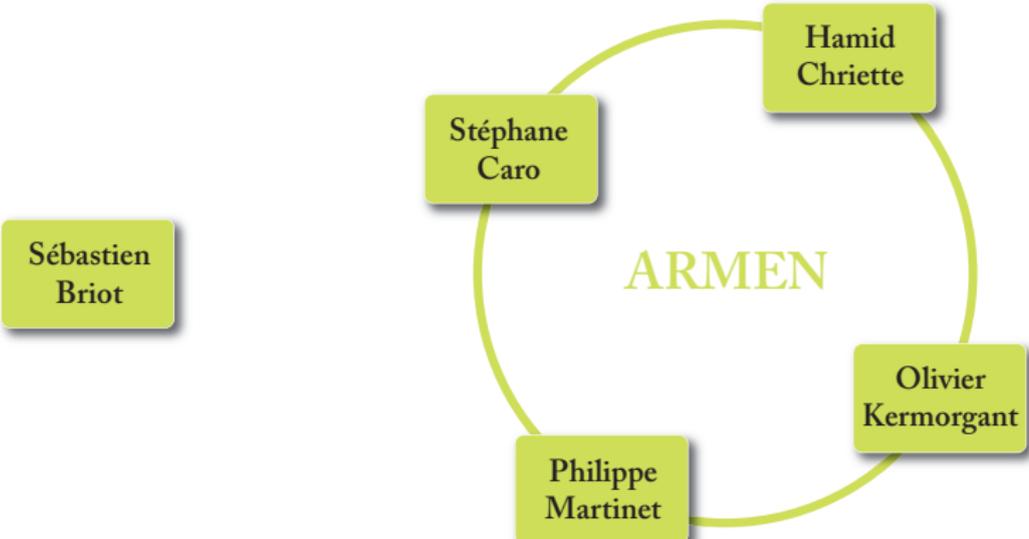
Collaborations dans l'équipe ARMEN



Perspectives



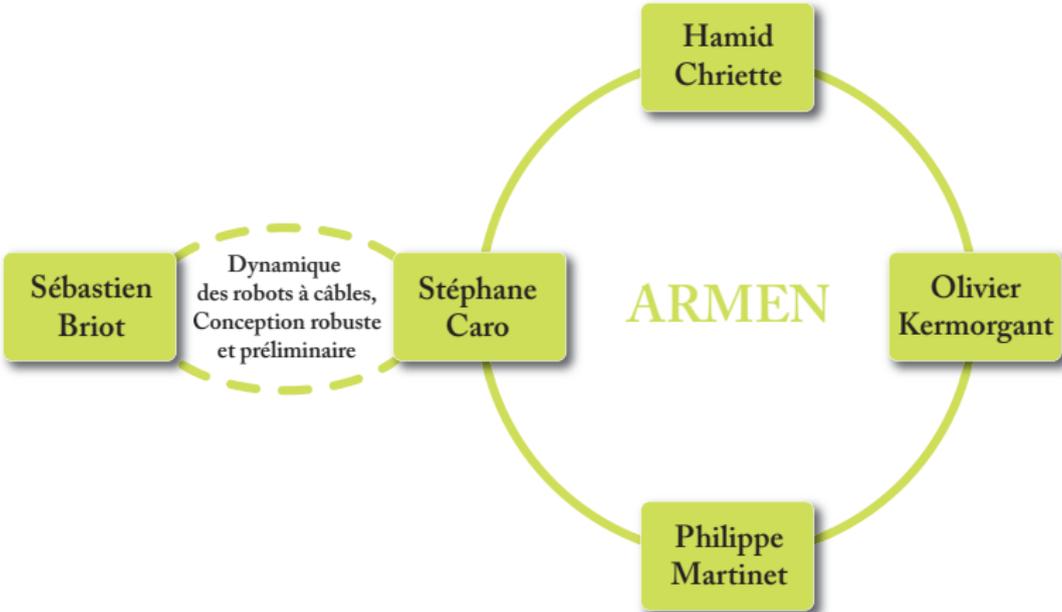
Collaborations dans l'équipe ARMEN



Perspectives



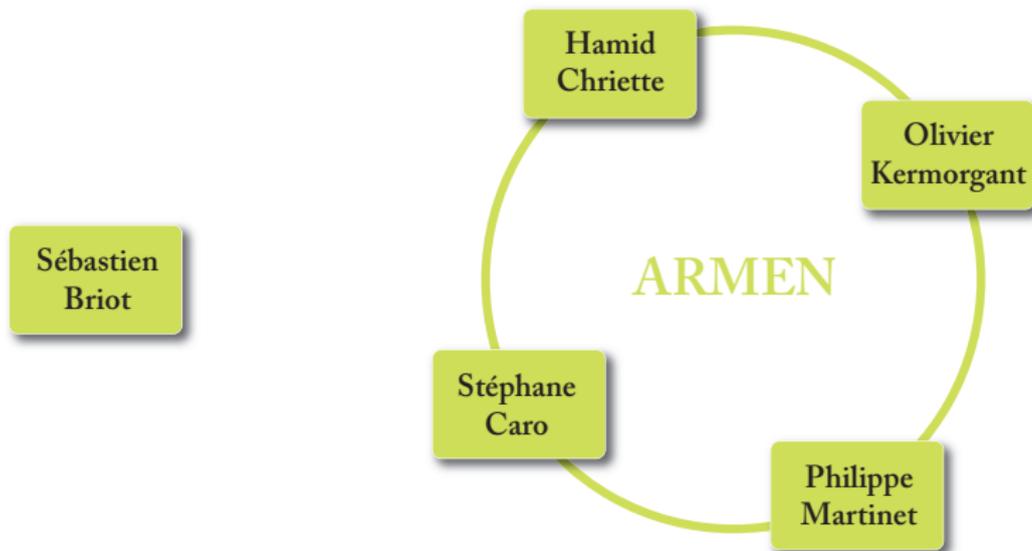
Collaborations dans l'équipe ARMEN



Perspectives



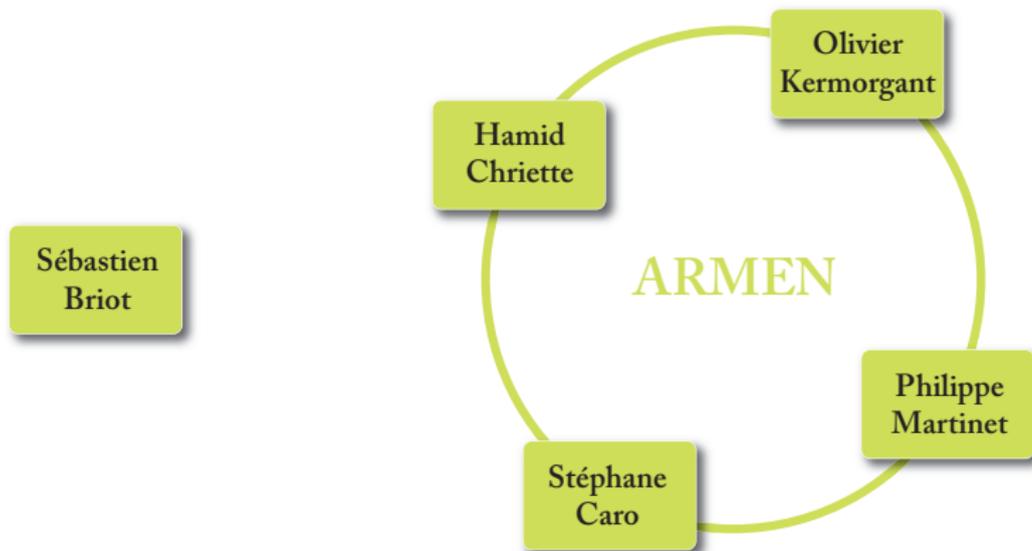
Collaborations dans l'équipe ARMEN



Perspectives



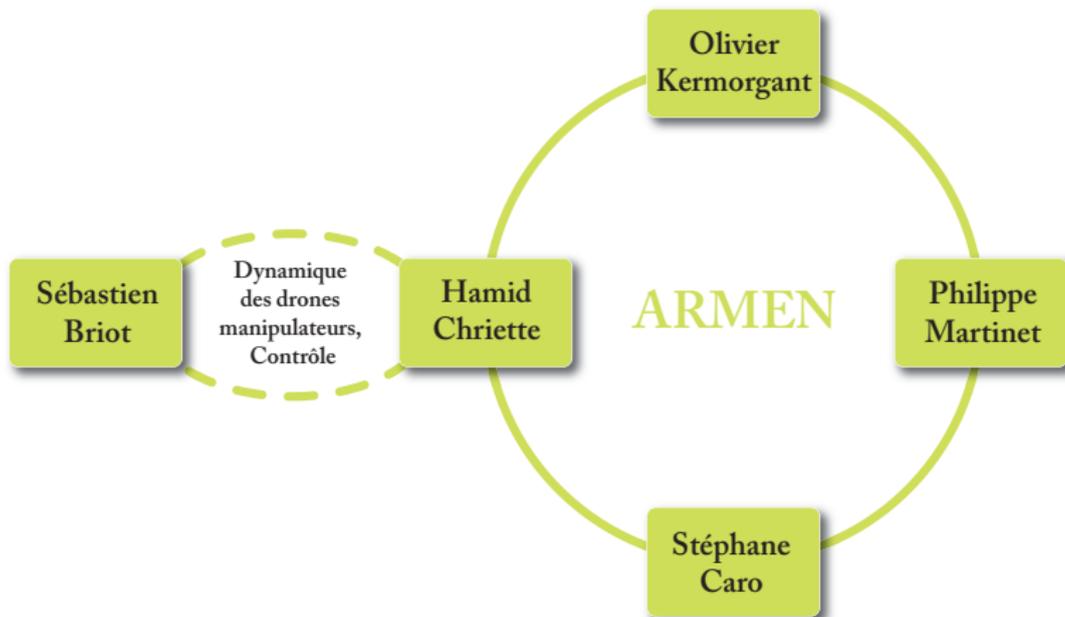
Collaborations dans l'équipe ARMEN



Perspectives



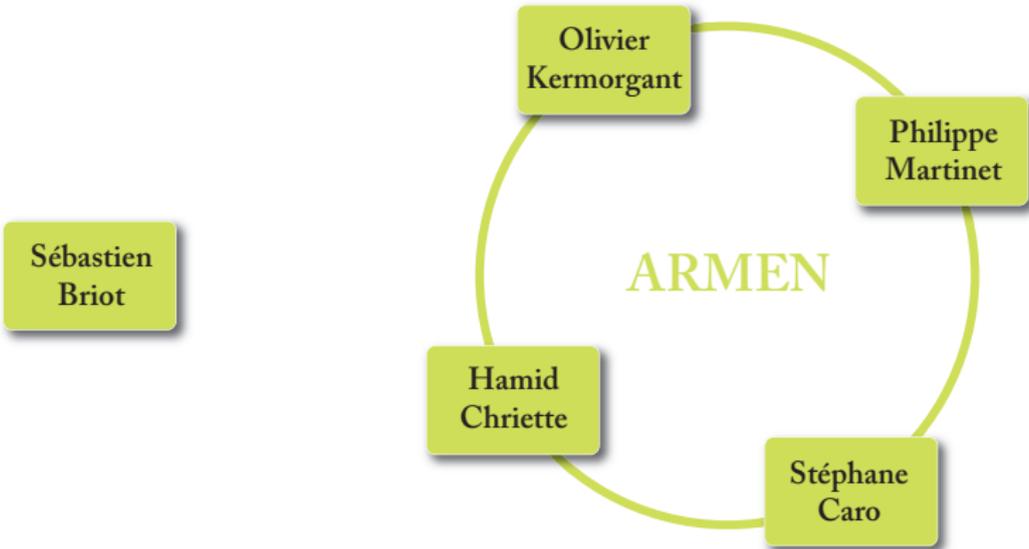
Collaborations dans l'équipe ARMEN



Perspectives



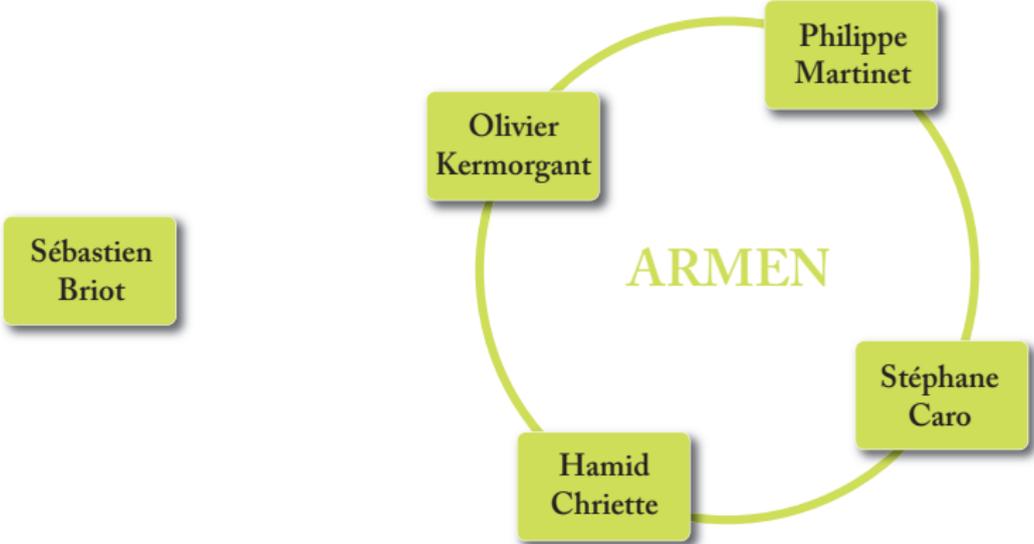
Collaborations dans l'équipe ARMEN



Perspectives



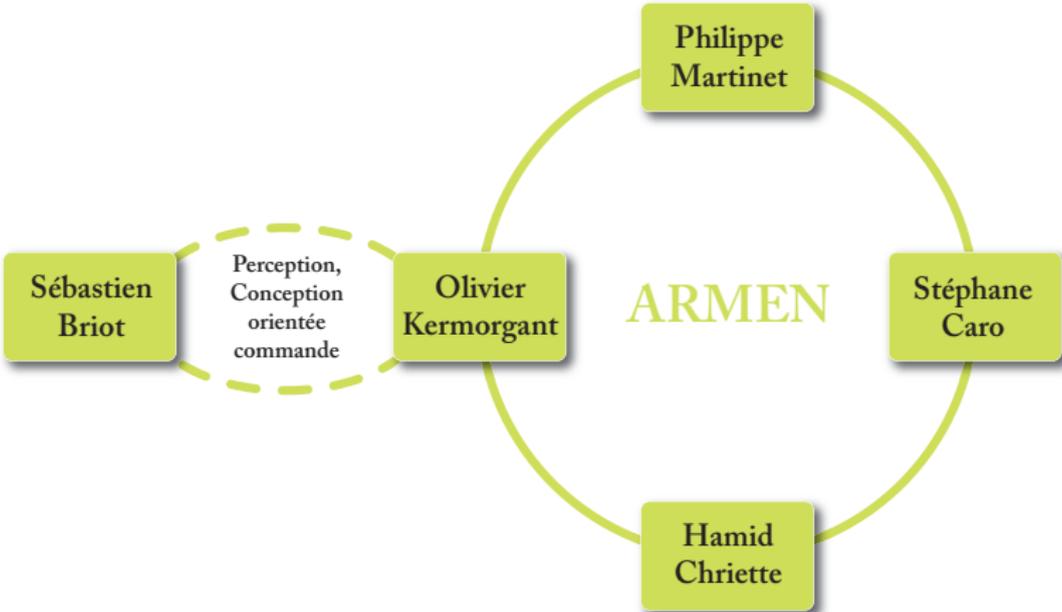
Collaborations dans l'équipe ARMEN



Perspectives



Collaborations dans l'équipe ARMEN



Projets déposés / en cours autour des perspectives

- ANR : POP-CROC (O. Kermorgant), DOS-COM (A. Chriette)
- Région PDL RobEcolo (S. Briot – en cours)
- H2020 : ERC CoG Robin Wood (S. Briot)

Projets déposés depuis deux ans (mais refusés)

- Région : PDL ARMOR-ROB (S. Briot 2015), Auvergne CCIR2 (N. Bouton 2014)
- ANR : SENSOR (S. Briot 2014), SENSOR (S. Briot 2015)
- CNRS : DIDEN (S. Briot 2015)
- UE : ERC StG Robin Wood (S. Briot 2014), FET DOLMEN (S. Briot 2015), Echord++ RoboLayup (D. Sallé 2015)

Projets déposés / en cours autour des perspectives

- ANR : POP-CROC (O. Kermorgant), DOS-COM (A. Chriette)
- Région PDL RobEcolo (S. Briot – en cours)
- H2020 : ERC CoG Robin Wood (S. Briot)

Projets déposés depuis deux ans (mais refusés)

- Région : PDL ARMOR-ROB (S. Briot 2015), Auvergne CCIR2 (N. Bouton 2014)
- ANR : SENSOR (S. Briot 2014), SENSOR (S. Briot 2015)
- CNRS : DIDEN (S. Briot 2015)
- UE : ERC StG Robin Wood (S. Briot 2014), FET DOLMEN (S. Briot 2015), Echord++ RoboLayup (D. Sallé 2015)

Collaborations dans le laboratoire

Pôle Robotique, Procédé, Calcul

- REV : Économie d'énergie pour robots bio-inspirés / humanoïdes, conception de moteurs à impédance variable, etc.
- ROMAS : Équilibrage, Identification, Économie d'énergie pour robots d'usinage, etc.
- OGRE : Méthodologies pour garantir la traversée des singularités, Conception garantie, etc.

Collaborations dans le laboratoire

Pôle Robotique, Procédé, Calcul

- REV : Économie d'énergie pour robots bio-inspirés / humanoïdes, conception de moteurs à impédance variable, etc.
- ROMAS : Équilibrage, Identification, Économie d'énergie pour robots d'usinage, etc.
- OGRE : Méthodologies pour garantir la traversée des singularités, Conception garantie, etc.

Collaborations au niveau national / international

Extension de collaborations :

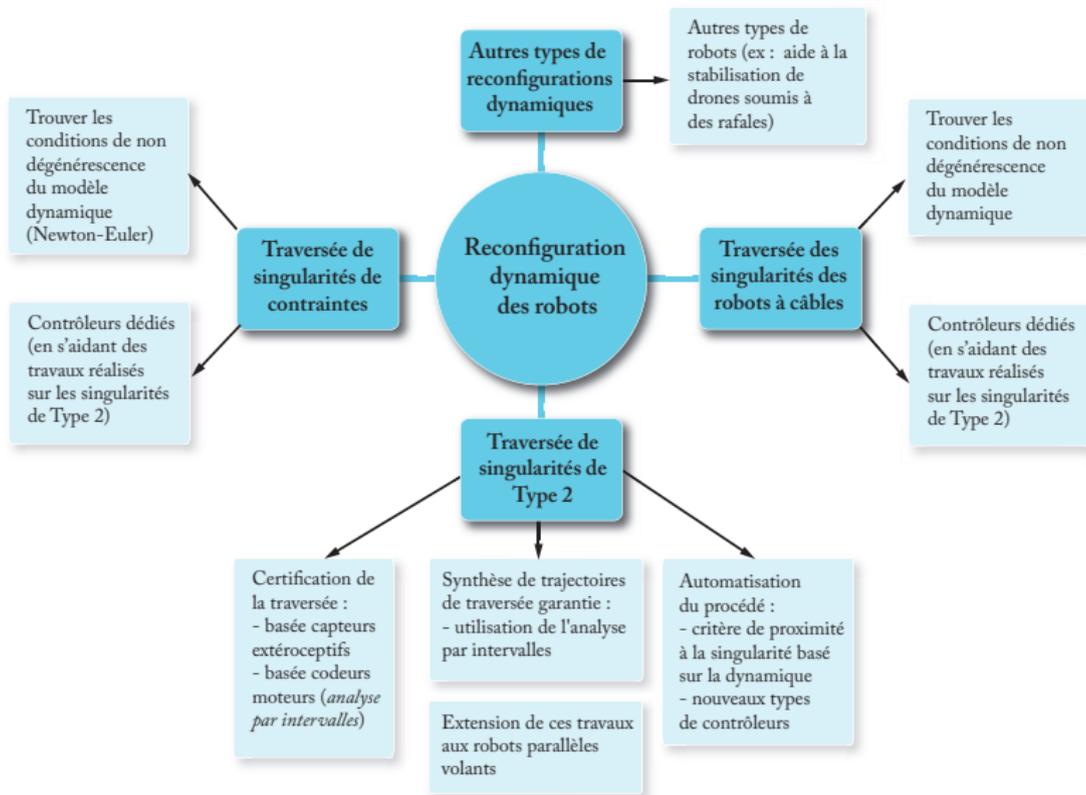
- nationales : IRISA, ENSTA Brest, GeM, LISV, INRIA Sophia
- internationales : J. Herder, C. Gosselin (collaboration à relancer), A. Müller

Merci de votre attention

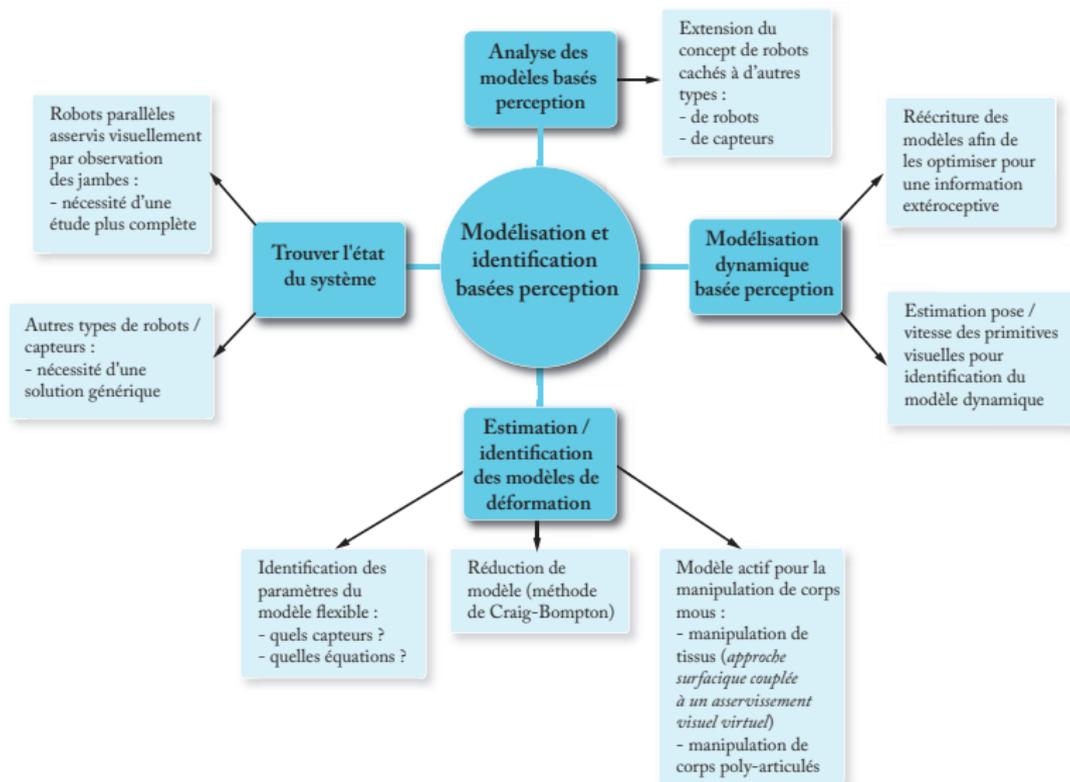


Questions ?

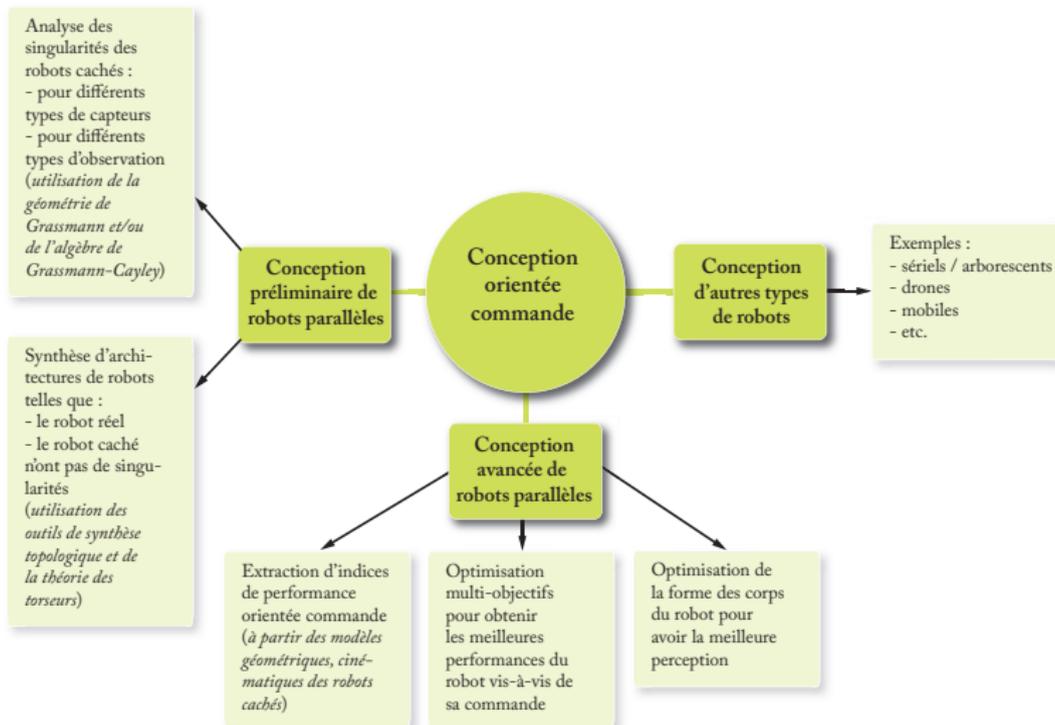
Perspectives en reconfiguration dynamique



Perspectives en modélisation / identif. basées perception



Perspectives en conception orientée commande



Conception de robots à faibles impacts env.

