

Perspectives de robotisation dans la filière viande

Eric LEMOINE – ADIV
Philippe MARTINET – LASMEA

Meat'In – 17 novembre 2009



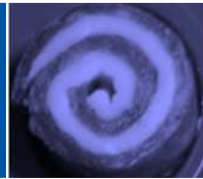
UMT
MÉCANISATION-ROBOTISATION
DANS LES FILIÈRES VIANDE



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



2

Enjeux de la mécanisation / robotisation dans les filières viandes et produits carnés

➤ Palier au déficit de main d'œuvre qualifiée

- Métier d'opérateurs de transformation des viandes : métier en tension (plus d'offre d'emploi que de demandes)
- Déficit d'image et d'attractivité des filières viandes notamment vis-à-vis des jeunes (*Occurrence pour Observia - 2008*) :
 - Les élèves (collège, lycée) ne connaissent par le secteur des IAA : seulement 12%
 - 70 % des jeunes n'envisagent pas de travailler dans le secteur IAA
 - Univers viande associé à la violence contre les animaux, en élevage et à l'abattoir
- Faible part d'emploi des – 25ans :
 - filières viande : 5,8 %
 - IAA : 10,3%
 - Toutes industries : 9,1%
- Recours important à l'intérim
 - filières viande : 10,4%
 - IAA : 7,8%
 - Toutes industries : 3,7%

(données 2005-2007 – Céreq)

MÉCANISATION-ROBOTISATION
DANS LES FILIÈRES VIANDE



Enjeux de la mécanisation / robotisation dans les filières viandes et produits carnés

➤ Participer à la réduction des risques professionnels

Secteur très accidentogène : un salarié sur 10 accidenté

Accidents du travail Données 2008	Indice de fréquence (pour 1000 salariés)	Taux de fréquence (pour un million d'heures travaillées)	Taux de gravité (nbre jour IT pour 1000 heures travaillées)	Nombre de journées perdues par IT
Toutes industries	38	24,7	1,31	5 861 809
Commerce et industrie de l'alimentation	52,1	32,5	1,61	37 422 365
Abattage du bétail	150,88	96,16	3,68	35 216
Découpe de viande	103,31	65,86	3,11	118 060
Préparation produits à base de viande	85,06	53,02	2,39	183 105
Production viande de volaille	82,82	52,52	2,50	91 838
BTP	79,9	50,2	2,76	

Source : Cnamts/DRP



Enjeux de la mécanisation / robotisation dans les filières viandes et produits carnés

➤ Participer à la réduction des risques professionnels

Depuis 10 ans, baisse du nombre d'accidents du travail...

	Indice de fréquence	
	1998	2008
Abattage, découpe, commerce viande de boucherie	163	114
Production viandes de volaille	111	82
Préparation produits à base de viande	94	85

...mais une augmentation forte des maladies professionnelles

96% sont des affections périarticulaires

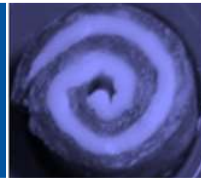
	Maladies professionnelles	
	1998	2007
Abattage, découpe, commerce viande de boucherie	510	801
Production viandes de volaille	395	620
Préparation produits à base de viande	358	681



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



5

Enjeux de la mécanisation / robotisation dans les filières viandes et produits carnés

➤ Améliorer la compétitivité des entreprises françaises

– Diminution des coûts directs liés aux arrêts de travail

En 2007 pour la découpe de viande, coût estimé à
20,8 millions d'€

– Diminution des coûts indirects : remplacement, heures supplémentaires, formation des nouveaux entrants et des intérimaires, ...

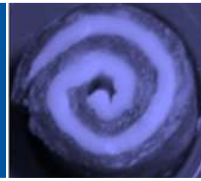
– Gain de productivité pour lutter contre la concurrence des pays à faible coût de main d'œuvre et minimiser le risque de la délocalisation des unités de production et de transformation des viandes



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



6

Enjeux de la mécanisation / robotisation dans les filières viandes et produits carnés

➤ Améliorer la sécurité sanitaire des produits

La mécanisation / robotisation permet :

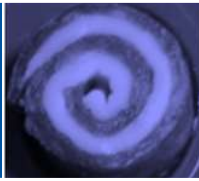
- Une diminution de la manipulation des produits par les opérateurs
- L'insertion de systèmes de nettoyage : stérilisation des outils en ligne avec nettoyage entre chaque opération



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



Des filières viandes peu mécanisées...

- ✓ Industries des viandes = industries de main d'œuvre

	Part des ouvriers non qualifiés	Part des ouvriers qualifiés
Industries Viandes	30,5 %	38,2%
IAA	20,5%	31,9%
Toutes industries	9,3%	18,0%

- ✓ Part de l'agro-alimentaire très faible sur la marché mondial des robots ... mais volonté des fabricants de robots de se diversifier

- ✓ Niveau de mécanisation différents selon les espèces :

Volaille > porc > bovins/ovins

Moins les animaux sont variables plus la filière est mécanisée

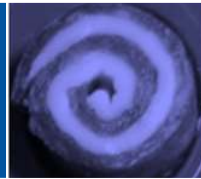




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



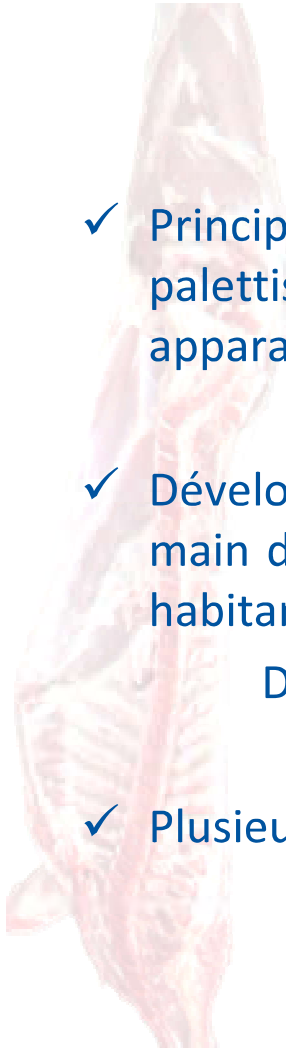
Dissémination
Diffusion
Formation



8

... mais qui évoluent

- ✓ Principaux développements pour le conditionnement et la palettisation mais des solutions mécanisées / robotisées apparaissent en amont pour le traitement des viandes
- ✓ Développement de la mécanisation pour palier le manque de main d'œuvre dans les pays avec un ratio nbre d'animaux/ nbre habitants élevé
Danemark, Nouvelle-Zélande, Hollande, Australie,...
- ✓ Plusieurs exemples de mécanisation / robotisation récents



UMI
MÉCANISATION-ROBOTISATION
DANS LES FILIÈRES VIANDE

Quels sont les obstacles à la mécanisation / robotisation ?

- ✓ Les entreprises des filières viandes sont des filières qui dégagent peu de valeur ajoutée ce qui limite leurs capacités d'investissement sur des nouvelles technologies

	Filières Viandes	IAA	Toutes industries
Taux de valeur ajoutée VA/production (%)	19%	nc	36%

- ✓ Très grande variabilité de la matière première (notamment chez les bovins)

- Taille – Forme
- Composition : muscles, os, gras, aponévrose,...
- Couleur
- Texture, résistance mécanique
- ...

Nécessité de systèmes d'acquisition de données (vision, capteurs) pour s'adapter à chaque pièce

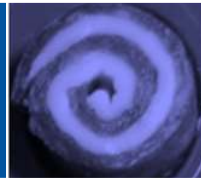




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



10

Quels sont les obstacles à la mécanisation / robotisation ?

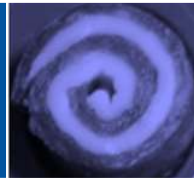
- ✓ **Viande : matériau mou, déformable et articulé**
- ✓ **Complexité des gestes et diversité des actions (coupe, traction,...)**
 - Grande technicité des opérateurs**
 - difficultés pour copier le travail manuel
 - traduction des gestes en tâches robotisables et redéfinition complète des méthodes de travail
- ✓ **Spécificité du travail « à la française » pour une valorisation maximale de la carcasse - pratiques étrangères pas directement applicable en France (ex : découpe anatomique)**
- ✓ **Diversité des pratiques des entreprises : nombre important de destination des produits, cahiers des charges spécifiques,...**
 - systèmes adaptables et modulables
- ✓ **Environnement agressif : humidité et froid (inox), contraintes de nettoyage (alcalins chlorés, ...)**
 - Contraintes sur les systèmes mécaniques et robotiques



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



11

Les verrous scientifiques et techniques à lever

✓ Détection

- > Reconstruction 3D sur des produits à forte variabilité pour la définition de trajectoires
- > Problème d'identification des différents composants organiques : Os / muscle / gras

✓ Préhension

- > Mise en position et accroche des produits carnés pour les opérations de coupe automatisées
- > Contention lors de la découpe

✓ Trajectoires complexes

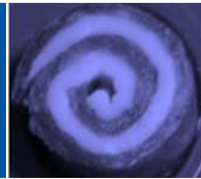
- > Trajectoires 3D à positionner précisément sur corps déformables et à forte variabilité



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



12

Les verrous scientifiques et techniques à lever (suite)

✓ Collaboration multi-tâches

-> Combinaison synchronisée d'opération de traction/compression et d'opération de coupe : Séparation Muscle/os ; Muscles/muscles

✓ Tâches multi-sensorielles

-> Maîtrise de la trajectoire par couplage visuelle et tactile (contrôle d'efforts de coupe et/ou de traction/compression)

✓ Découpe anatomique et respect de l'intégrité des muscles

-> Adaptation des trajectoires par rapport à la structure anatomique

-> Définition d'un référentiel pour chaque tâche à réaliser



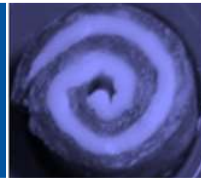
UMI
MÉCANISATION-ROBOTISATION
DANS LES FILIÈRES VIANDE



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



13

Quelles solutions robotiques envisageables ?

✓ Acquisition et reconstruction de courbes et d'images 3D pour l'adaptation de trajectoires

- > Projection de lumière pour extraction de profil 2D
- > Lumière structurée + caméras : pour reconstruction d'images 3D

✓ Asservissement en effort

- > Adaptation de la trajectoire théorique par rapport au référentiel réel guidé sur un élément rigide (type os)

✓ Asservissement couplé vision-force

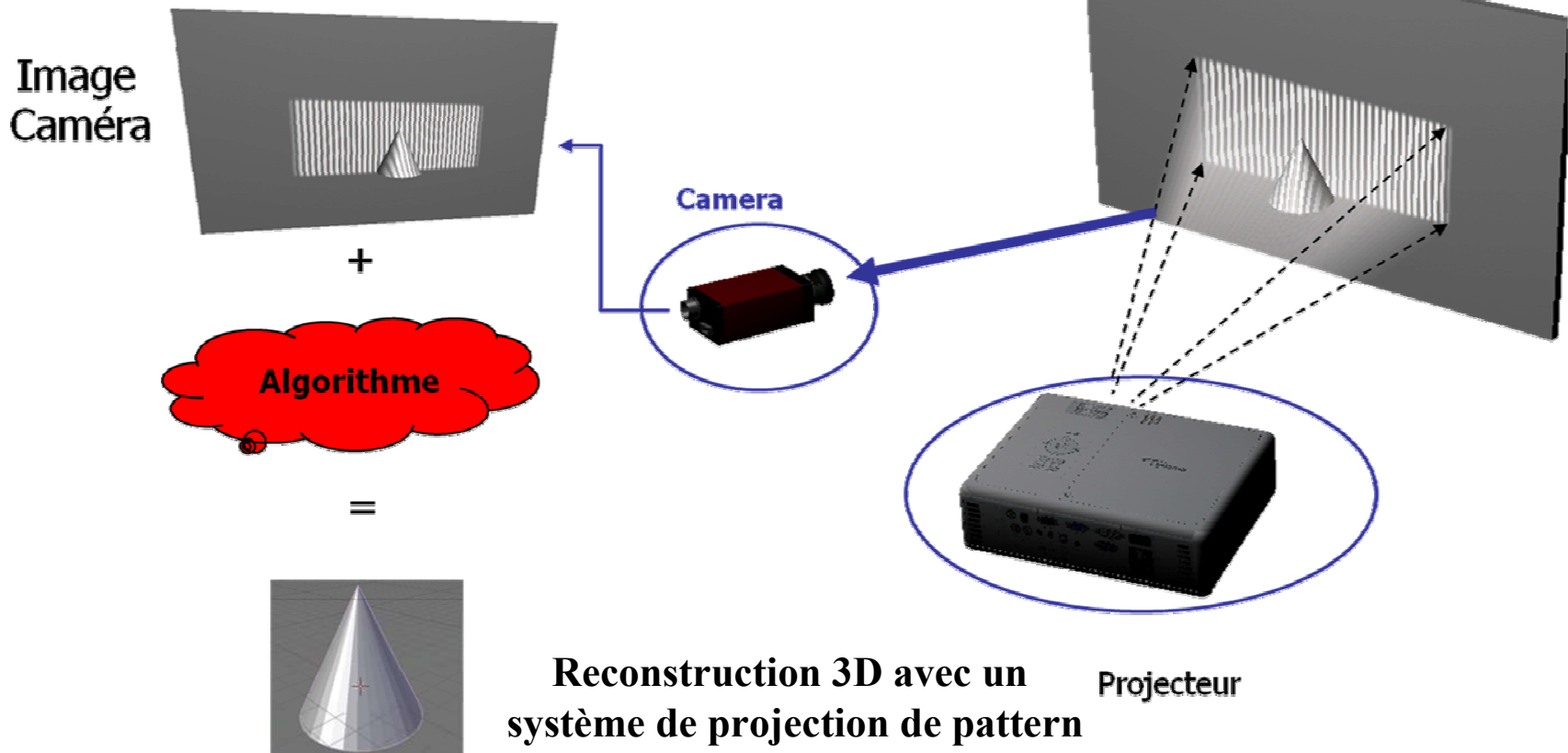
- > Adaptation de la trajectoire théorique par rapport au référentiel réel sans guidage

✓ Multi-tâches

- > Amélioration et optimisation de l'agilité par gestion des redondances cinématiques : architecture mécanique redondante ou multi-bras, commande synchronisée multi-bras

Quelles solutions robotiques envisageables ?

- ✓ Acquisition et reconstruction de courbes et d'images 3D pour l'adaptation de trajectoires

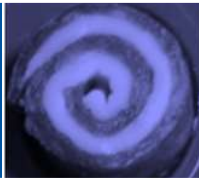




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation

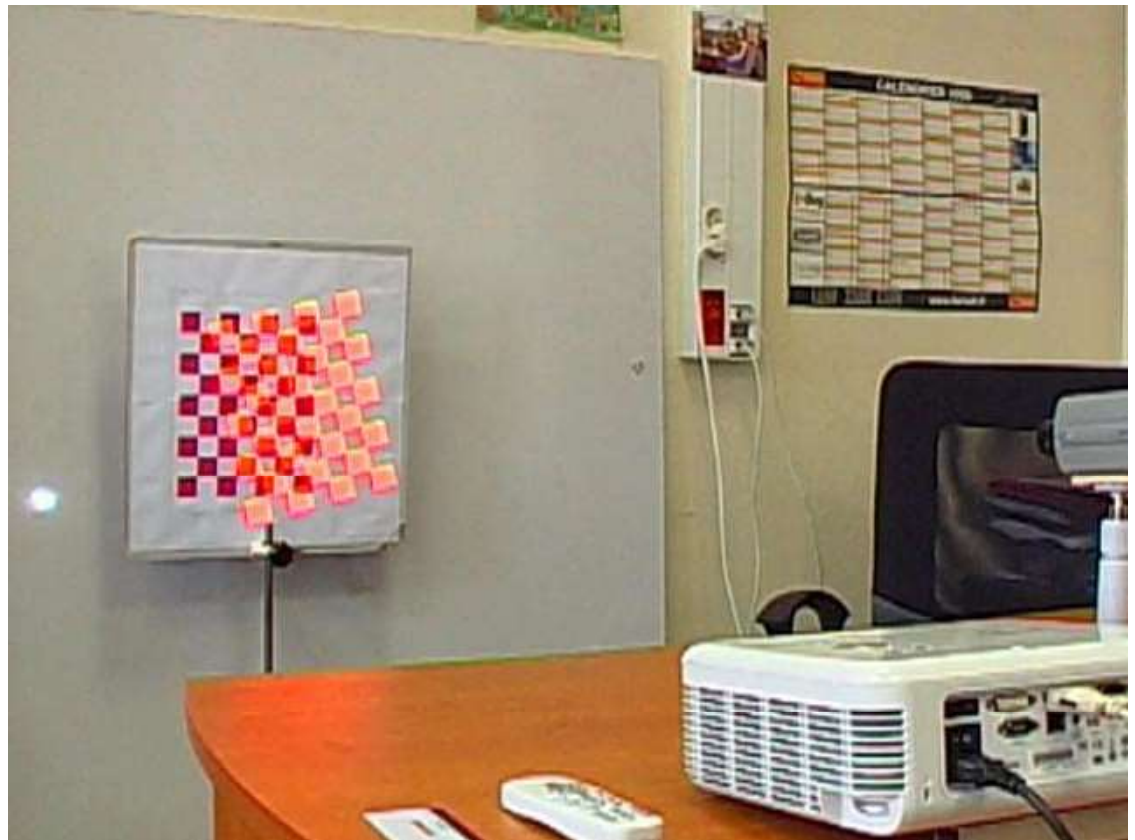


Quelles solutions robotiques envisageables ?

- ✓ Acquisition et reconstruction de courbes et d'images 3D pour l'adaptation de trajectoires

Étalonnage du système de projection de pattern

- 1 - un pattern est mis a distance
- 2 - un autre pattern est projeté à partir d'une image virtuelle contrôlée par un processus d'asservissement visuel
- 3 - une caméra observe les 2 patterns et mesure l'erreur qui permet de générer une nouvelle image virtuelle

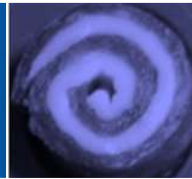




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



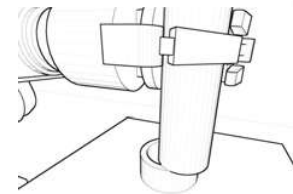
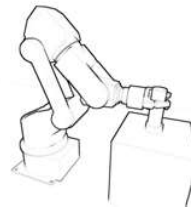
Dissémination
Diffusion
Formation



16

Quelles solutions robotiques envisageables ?

✓ Asservissement en effort



3 types de commande différentes

Commande parallèle hybride

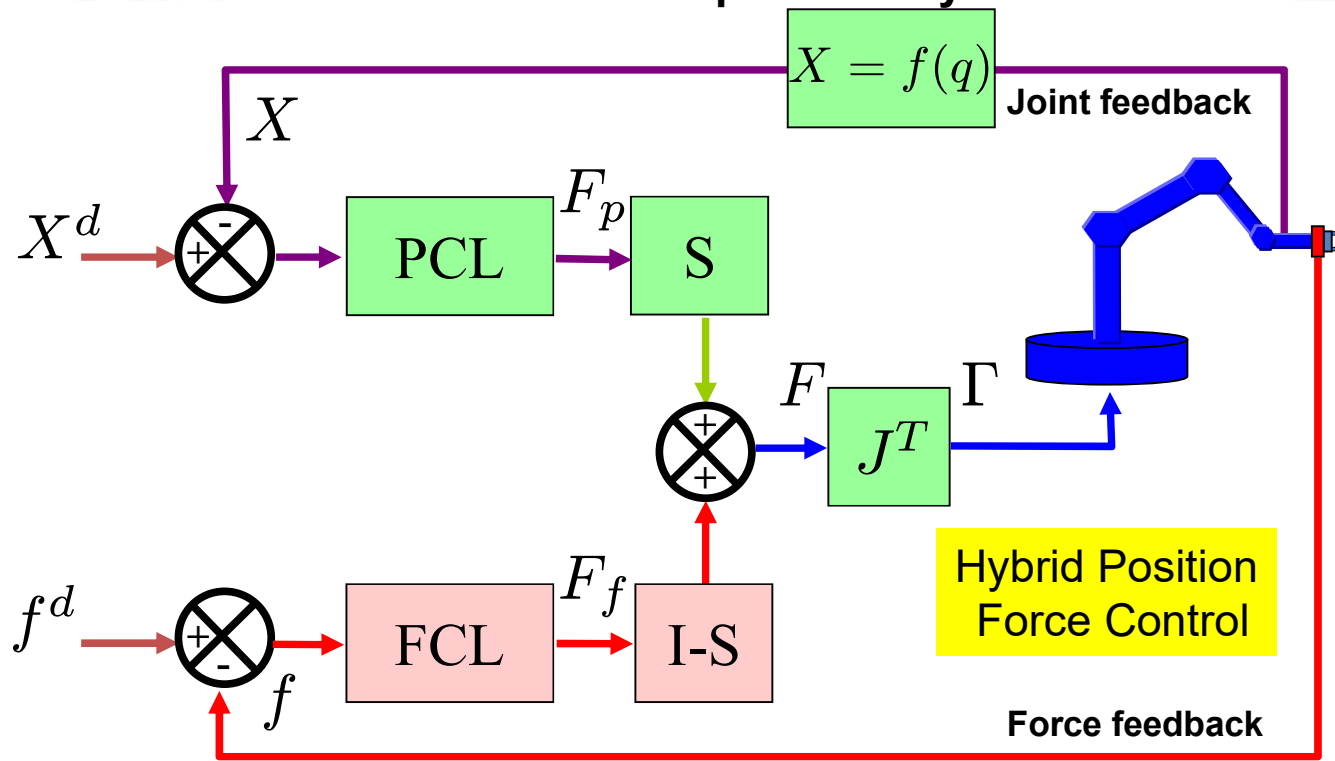
Commande par impédance

Commande hybride externe

Quelles solutions robotiques envisageables ?

- ✓ Asservissement en effort

Commande parallèle hybride

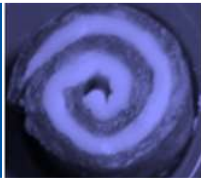




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



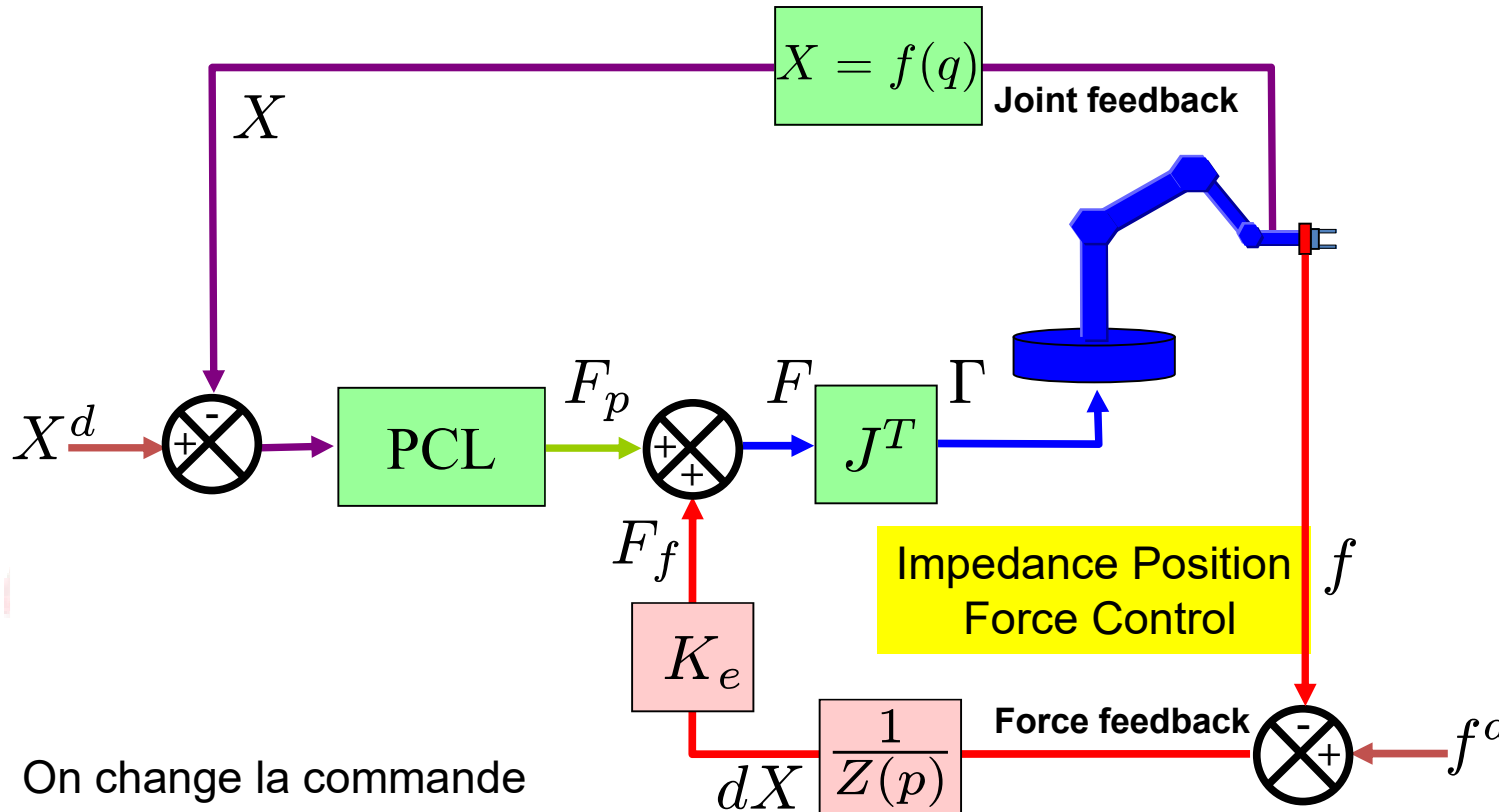
Dissémination
Diffusion
Formation



Quelles solutions robotiques envisageables ?

- ✓ Asservissement en effort

Commande par impédance

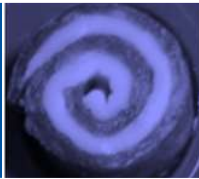




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



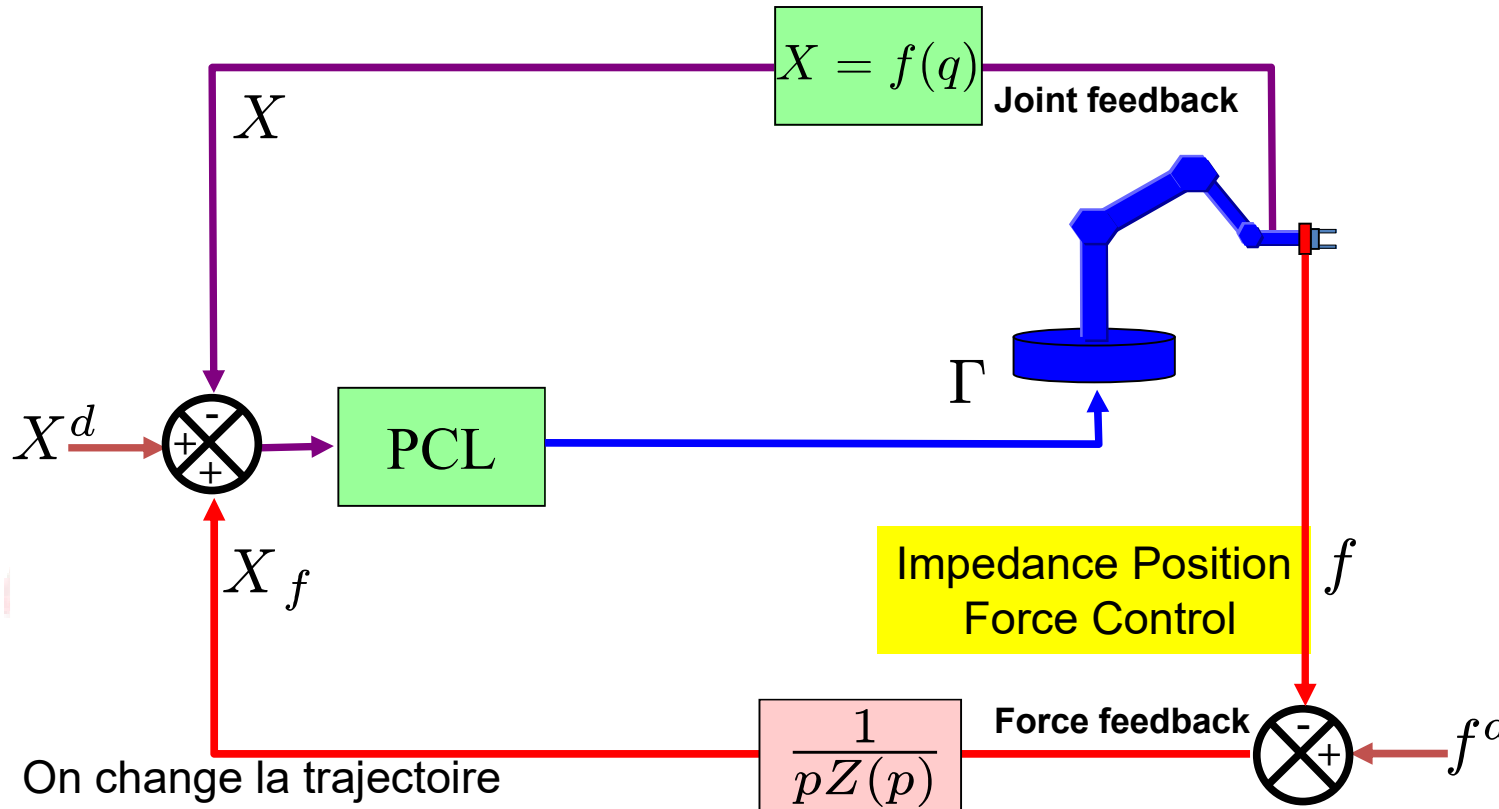
Dissémination
Diffusion
Formation



Quelles solutions robotiques envisageables ?

- ✓ Asservissement en effort

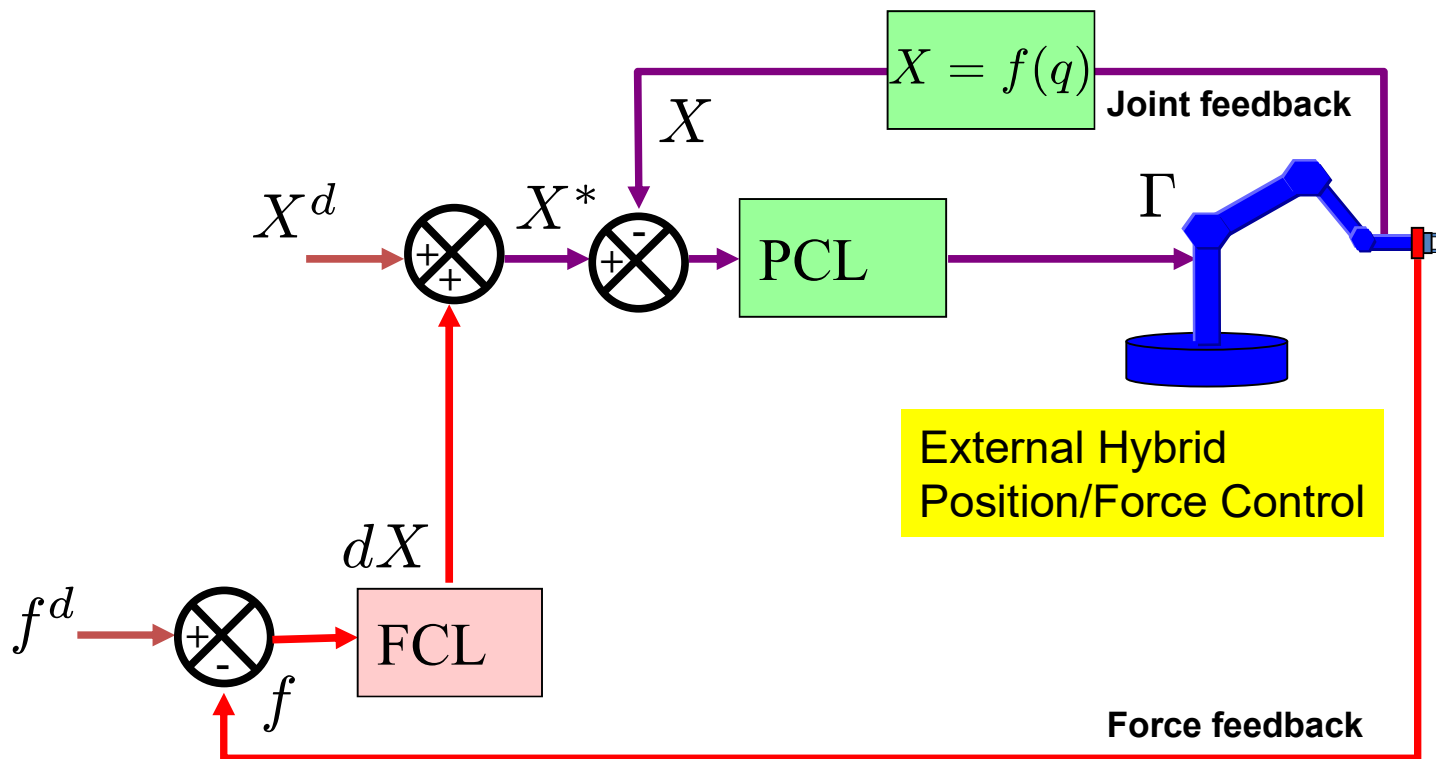
Commande par impédance



Quelles solutions robotiques envisageables ?

- ✓ Asservissement en effort

Commande hybride externe

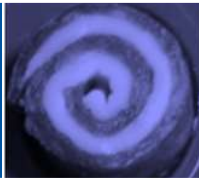




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



Quelles solutions robotiques envisageables ?

- ✓ Asservissement en effort

Exemple de retour en effort

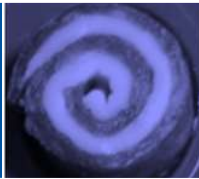




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



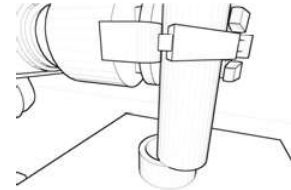
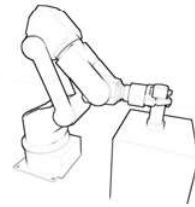
Dissémination
Diffusion
Formation



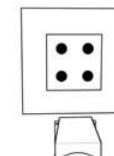
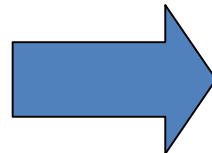
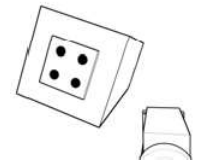
Quelles solutions robotiques envisageables ?

- ✓ Asservissement couplé vision-force

Force feedback Control



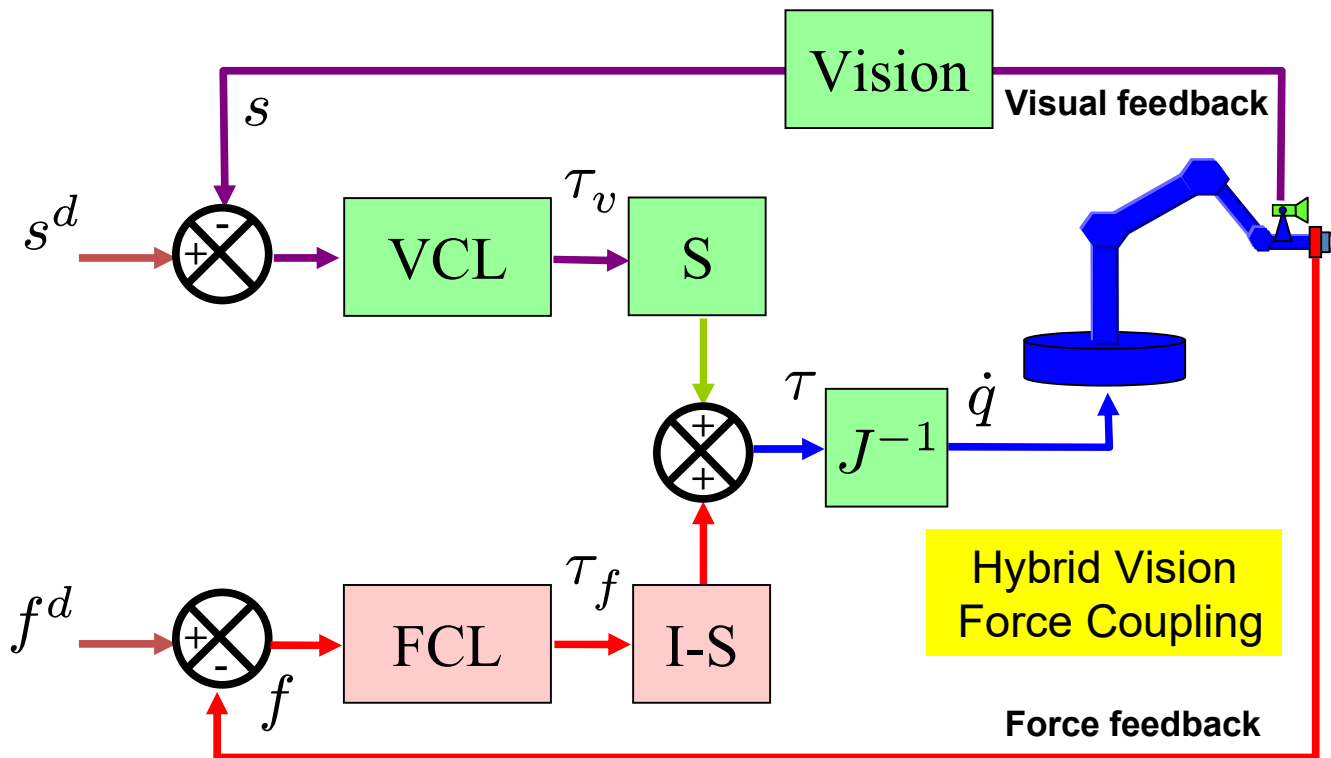
Visual servoing



Quelles solutions robotiques envisageables ?

- ✓ Asservissement couplé vision-force

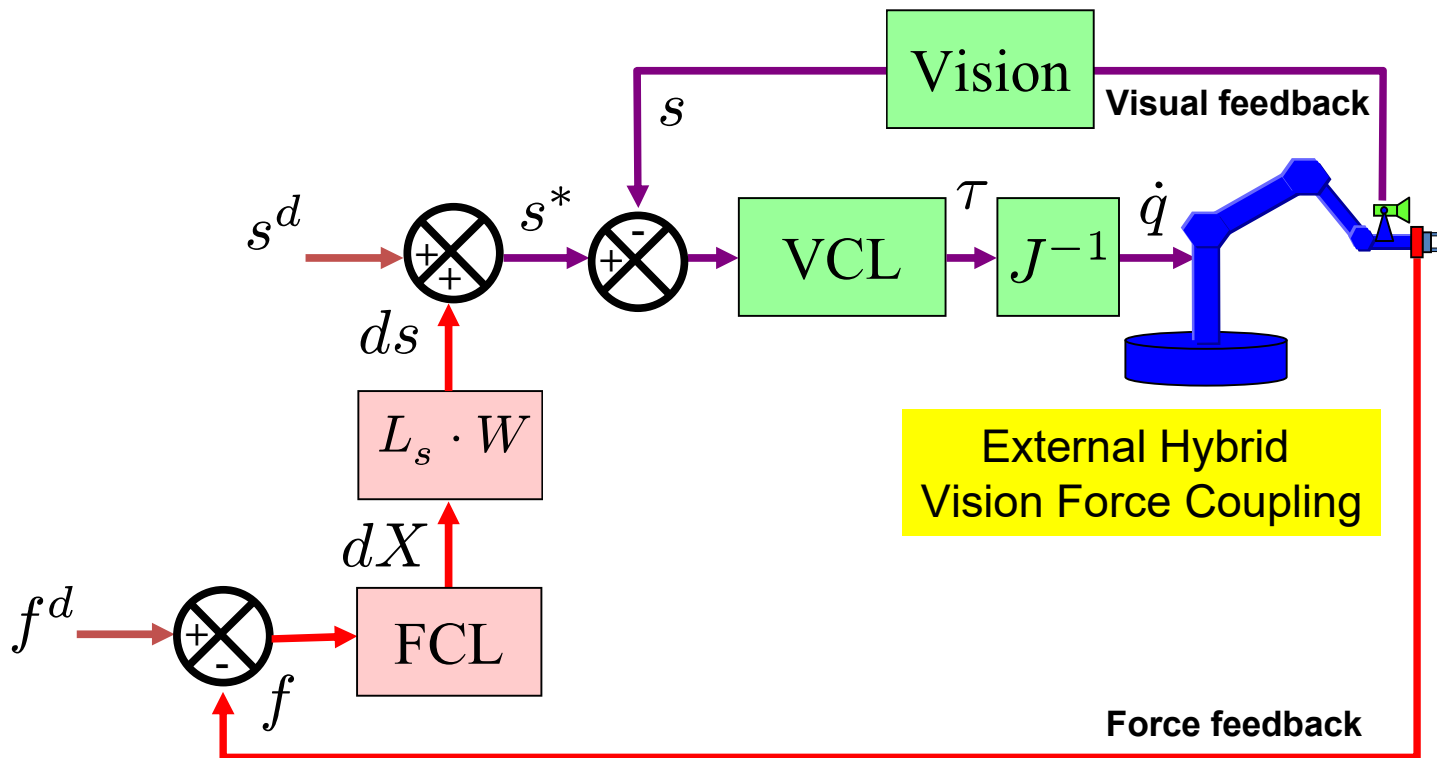
Commande parallèle hybride par vision



Quelles solutions robotiques envisageables ?

- ✓ Asservissement couplé vision-force

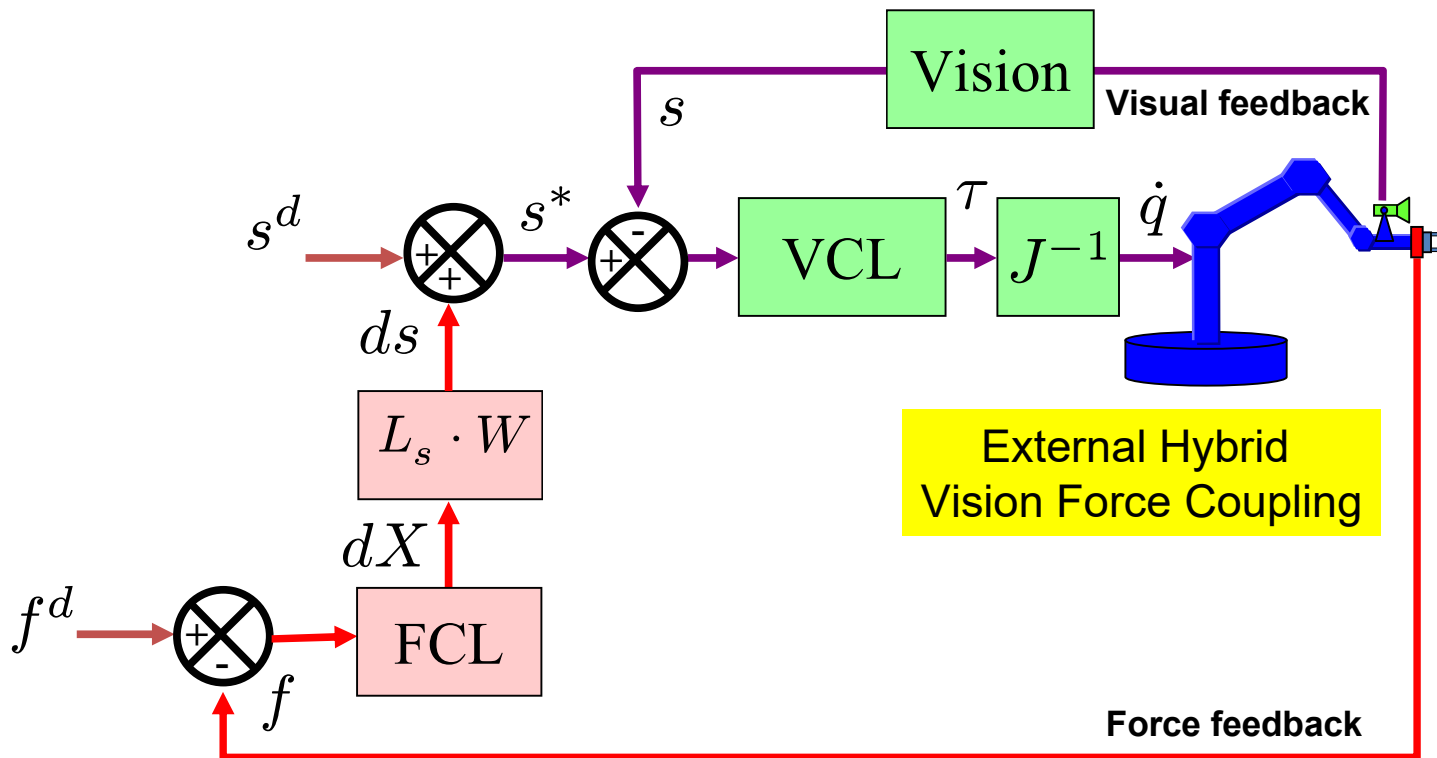
Commande par impédance (vision)



Quelles solutions robotiques envisageables ?

- ✓ Asservissement couplé vision-force

Commande hybride externe par vision

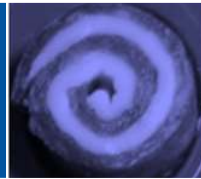




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



26

Quelles solutions robotiques envisageables ?

✓ Asservissement couplé vision-force

**Exemple de commande hybride externe par vision
Appliquée à l'ouverture de porte**

3 phases :

Phase 1: Présaisie de la poignée

ou est la poignée?

ou est la main du robot?

rejoindre une position relative donnée?

Phase 2: Saisir la poignée

rejoindre une position relative donnée

centrer la main et saisir

Phase 3: Ouvrir la porte

appliquer une consigne en effort

garder une position relative main/poignée



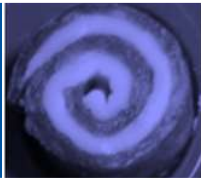
UMI
MÉCANISATION-ROBOTISATION
DANS LES FILIÈRES VIANDE



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



Quelles solutions robotiques envisageables ?

- ✓ Asservissement couplé vision-force

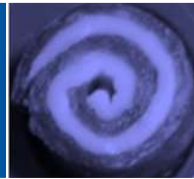




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



28

Quelles solutions robotiques envisageables ?

✓ Multi-tâches ou multi bras...

Pourquoi?

Plusieurs fonctionnalités à réaliser en même temps

Couper, écarter, maintenir, tirer

Observer, reconstruire, commander

Comment?

Utilisation de systèmes redondants pour l'augmentation des performances

redondance cinématique (manipulabilité et espace de travail)

redondance d'actionnement (vitesse, accélération)

redondance métrologique (plusieurs capteurs)

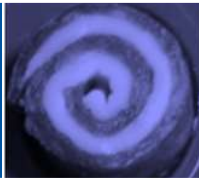
architecture temps réel synchrone



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



Exemple de projet en cours : SRDViand

✓ Objectifs

↳ Développement de prototypes robotisés pour :

- la mise en quartier des gros bovins
- le désossage des jambons de porc frais

↳ Etudes préliminaires pour la grosse coupe du quartier avant bovin et le désossage de l'épaule de bœuf

✓ Partenariat

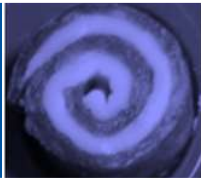




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation

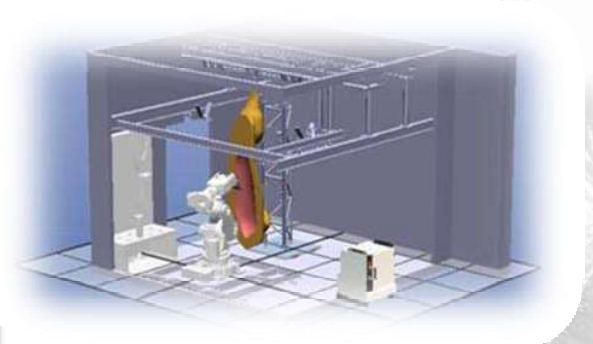
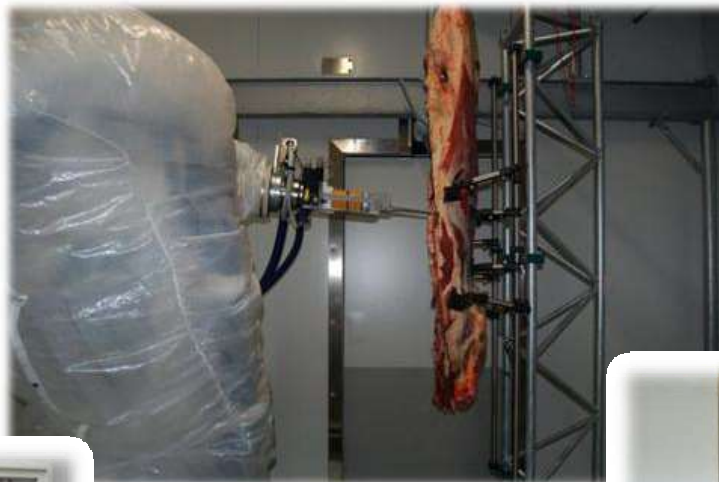


Dissémination
Diffusion
Formation



Exemple de projet en cours : SRDViand

Création d'une plate-forme robotique au sein de la plate-forme agr
alimentaire de l'ADIV



Robot ABB IRB6620

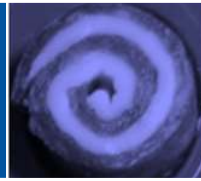




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



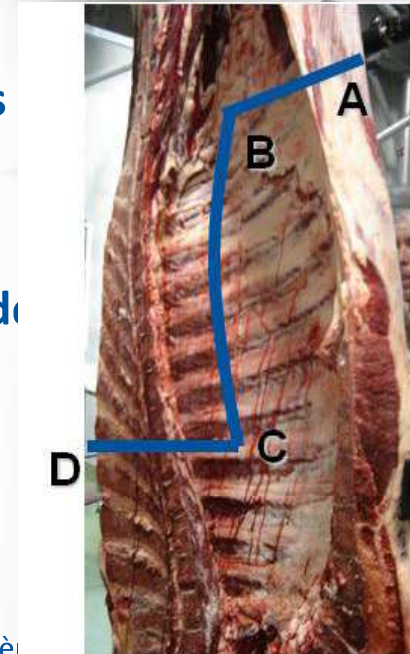
Dissémination
Diffusion
Formation



31

Exemple de projet en cours : SRDViand

- ✓ Objectifs spécifiques de la mise en quartier des gros bovins
=> Coupe en pistolet (AVT5 / ART8)
- ✓ Analyse des gestes et identification des trajectoires et de points caractéristiques
 - 4 points caractéristiques (A, B,C,D)
 - 3 trajectoires de coupe :
 - coupe AB : coupe le long de la 13^{ème} côte
 - coupe BC : coupe des côtes entre la 5^{ème} et la 13^{ème}
à environ 10 cm de la colonne vertébrale
 - coupe CD : coupe de la colonne vertébrale

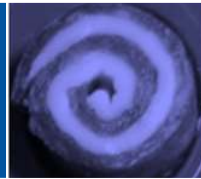




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



32

Exemple de projet en cours : SRDViand

✓ Problématiques identifiées pour cette opération

- Forte variabilité : taille, forme, concavité,...
- Précision des coupes notamment pour couper 8 côtes exactement
- respect des muscles nobles (bavettes)
- déformation de la carcasse pendant les coupes

✓ Phase de développements technologiques en cours

- Vision (reconstruction d'images 3D) : reconnaissance de formes, adaptation à chaque carcasse
- Commande en effort : réajuster localement des trajectoires théoriques par rapport aux objets réels
- Système permettant de s'assurer du bon nombre de côtes coupées



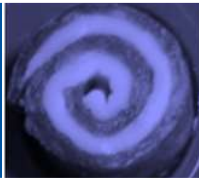
UMI
UTILISATION
DANS LES FILIÈRES VIANDE



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



Unité Mixte de Technologie pour répondre aux enjeux de la robotisation

Qu'est-ce qu'une UMT ?

L'UMT est un regroupement , sur un même lieu, d'acteurs de la R & D (Centre technique, laboratoires de recherche), en mécanique, robotique et agro-alimentaire, appliquées aux opérations unitaires de l'industrie des filières viande et des produits carnés.

Objectifs de l'UMT

Structurer efficacement les relations entre deux mondes à priori éloignés que sont la filière viande et la recherche en robotique pour générer et mener des programmes de recherche /développement permettant d'aboutir à des prototypes mécanisé/robotisés fonctionnels ciblés sur des opérations unitaires définies



Partenariat

Centre technique : **ADIV**

Laboratoires de recherche : **LAMI**

LASMEA

LIMOS

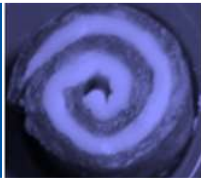




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation

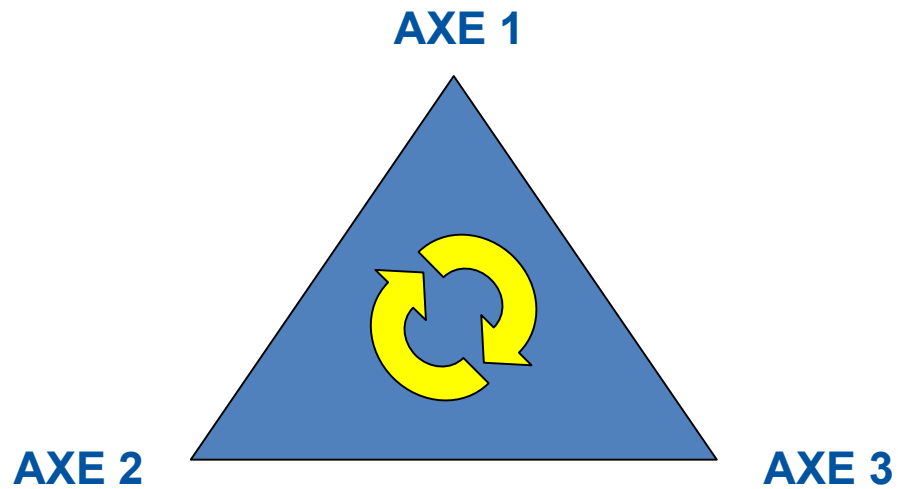


Dissémination
Diffusion
Formation



Unité Mixte de Technologie pour répondre aux enjeux de la robotisation

Axes de travail

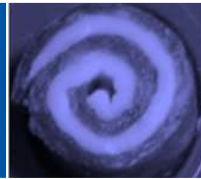




Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



35

Unité Mixte de Technologie pour répondre aux enjeux de la robotisation

Axes de travail

AXE 1 : Recherche appliquée et développements technologiques

↳ Mener des programmes de recherche/développement permettant d'aboutir à des prototypes fonctionnels ciblés sur des opérations unitaires définies

Exemple de projets en cours

- ✓ Projet **SRDViand** : développement de systèmes mécanisés/robotisés pour le désossage et la découpe des animaux de boucherie

Cibles principales :

- mise en quartier des gros bovins
- désossage des jambons de porc frais

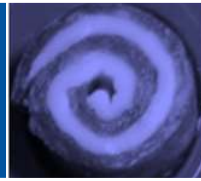
UMI
MÉCANISATION-ROBOTISATION
DANS LES FILIÈRES VIANDE



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



36

Unité Mixte de Technologie pour répondre aux enjeux de la robotisation

Axes de travail

AXE 2 : Analyses technico-économiques

- ↳ Orienter les développements techniques et technologiques en matière de Mécanisation – Automatisation – Robotisation par une analyse prospective des besoins
- ↳ S'associer aux projets de développement technique de solutions M.A.R. pour évaluer le marché potentiel de ces solutions

Exemple de projets en cours

- ✓ Étude prospective d'impact socio-économique de la Mécanisation-Automatisation – Robotisation dans les filières viandes
- Fournir aux professionnels une hiérarchisation stratégique des cibles de mécanisation-robotisation dans les filières viandes basée sur une analyse de gains socio-économiques potentiels et prenant en compte les évolutions possibles des activités dans les années à venir

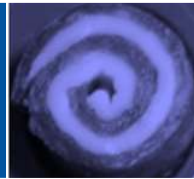
UMI
MÉCANISATION-ROBOTISATION
DANS LES FILIÈRES VIANDE



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



37

Unité Mixte de Technologie pour répondre aux enjeux de la robotisation

Axes de travail

AXE 3 : Organisation des systèmes de production

↳ Etudier les conséquences de l'automatisation/robotisation de certaines opérations unitaires à la fois sur le plan de **la gestion de production** mais également sur le plan de **l'évolution des compétences humaines**.

Application des méthodes du génie industriel aux entreprises viande

Organisation et optimisation des ateliers de production actuels et avec introduction de systèmes mécanisés/robotisés

Exemple de projets

✓ Projets à monter avec des partenariats industriels

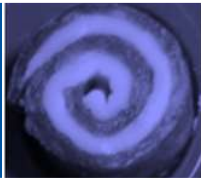
UMI
MÉCANISATION-ROBOTISATION
DANS LES FILIÈRES VIANDE



Recherche
Appliquée



Transfert
Innovation



Dissémination
Diffusion
Formation



Merci de votre attention

Questions ?

Eric Lemoine :

Eric.Lemoine@adiv.fr

Philippe Martinet :

Philippe.Martinet@lasmea.univ-bpclermont.fr

<http://www.lasmea.univ-bpclermont.fr/Personnel/Philippe.Martinet>

<http://robots.lasmea.univ-bpclermont.fr>