

École doctorale I2S
Module image

Jacques GANGLOFF

« Asservissements visuels
et robotique médicale »

Plan du séminaire

- I. Introduction
 - Définitions et historique
 - Classification
 - Exemples
 - Bibliographie
- II. Modélisation et commande
 - Modélisation dynamique
 - Commande dynamique
- III. Applications médicales
- IV. Perspectives

Introduction

1. Introduction

1.1. Définitions

Capteur extéroceptif :

Capteur capable d'effectuer des mesure sur l'environnement d'un manipulateur (caméra, capteur à ultra-son, télémètre laser, IRM, scanner, échographe, ...).

Asservissement visuel (visual servoing) :

Asservissement de la position d'un système mécanique polyarticulé actionné utilisant une mesure visuelle.

1. Introduction

1.1. Historique

- 1973, Shirai et Inoue :
 - Tâche de saisie d'un objet cubique
 - La caméra est fixe et observe la scène
 - Période de l'asservissement : 10s
- 1979, Hill et Parks :
 - Tâche de suivi, de saisie et de déplacement par rapport à une scène
 - Projection d'un marqueur lumineux pour reconstruire la profondeur et l'orientation
 - Etude des effets dynamiques

1. Introduction

1.1. Historique

- 1979, Prajoux :
 - Utilisation d'un observateur pour anticiper le mouvement de la cible
 - Tâche de suivi de cible à 2 degré de liberté
 - Temps d'établissement de 1 s
- 1984, Weiss :
 - Premier asservissement visuel 2D
- 1991, Papanikolopoulos :
 - Estimation de ma mesure par **flot optique**

1. Introduction

1.1. Historique

- 1992, Espiau, Chaumette et Rives:
 - Formalisation de la commande 2D par l'utilisation de la notion de fonction de tâche
 - Preuve de stabilité
 - Validation expérimentale : tâche de suivi de cible
- 1996, Corke :
 - Prise en compte du modèle dynamique du manipulateur pour la synthèse du correcteur
 - Tâche de suivi de cible à 2 degrés de liberté
 - Fréquence de l'asservissement : 60 Hz

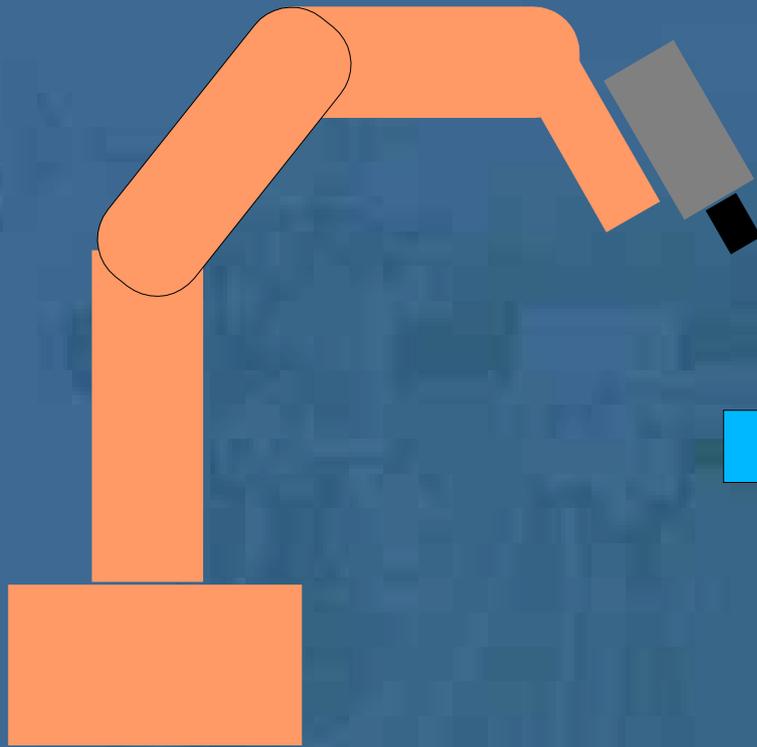
1. Introduction

1.1. Historique

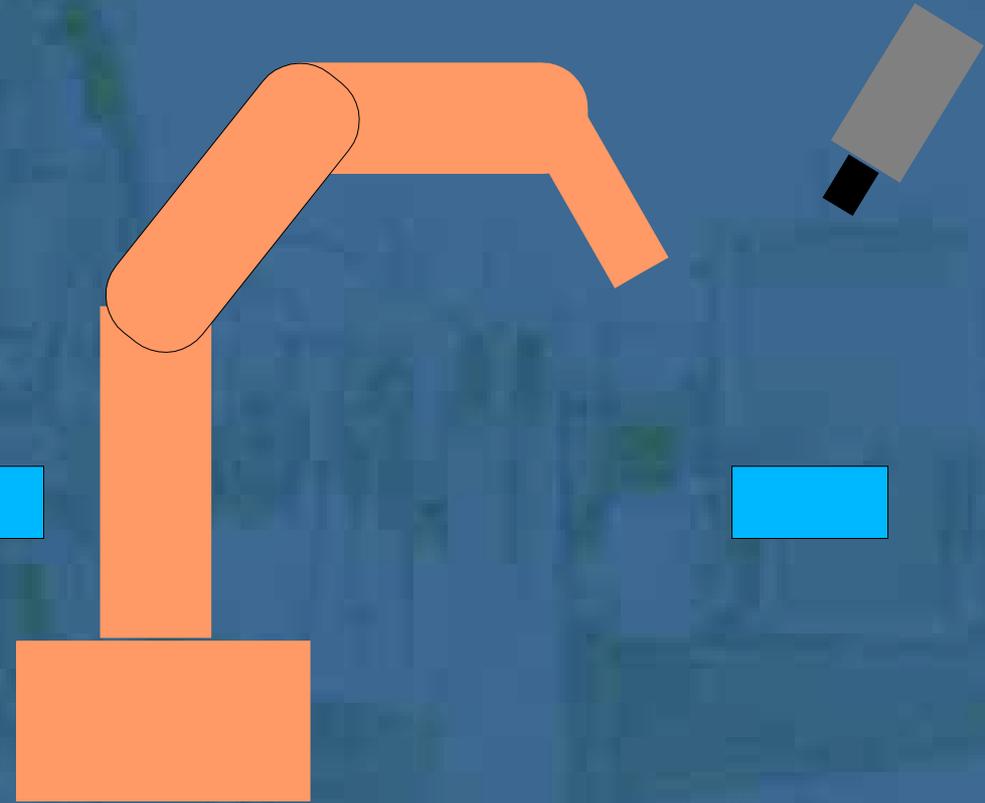
- 1998, EAVR :
 - Modèle dynamique d'une boucle visuelle à **6 DDL**
 - Asservissement visuel à **120 Hz** d'un robot industriel
- 1999, Malis et Chaumette :
 - Asservissement visuel **2D ½**
- 1999, Nakabo :
 - Première utilisation d'un **vision chip**
 - Asservissement visuel 2 DDL à **1000 Hz**

1. Introduction

1.2. Classification – position de la caméra



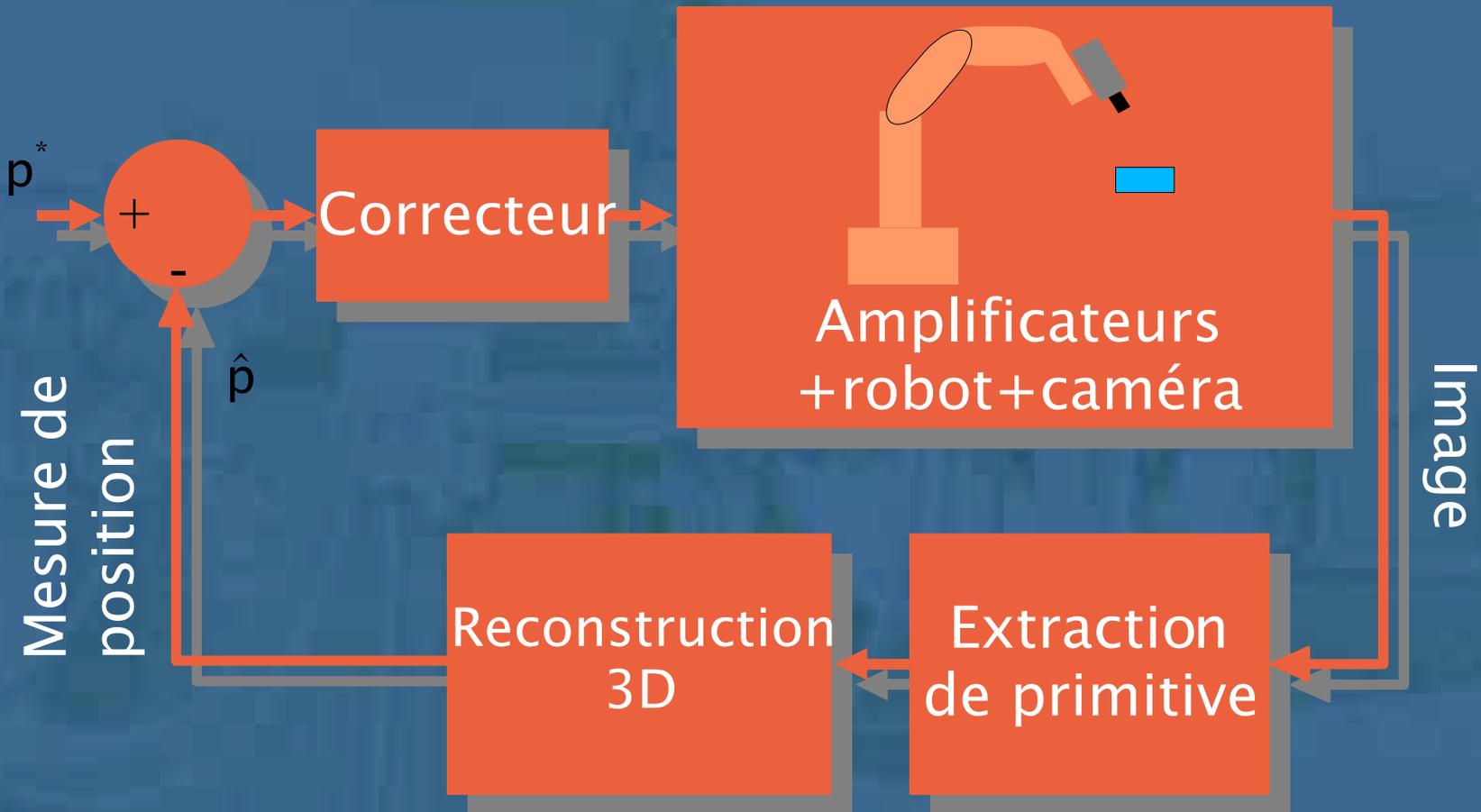
« caméra embarquée »
(eye in hand)



« caméra déportée »
(eye to hand)

1. Introduction

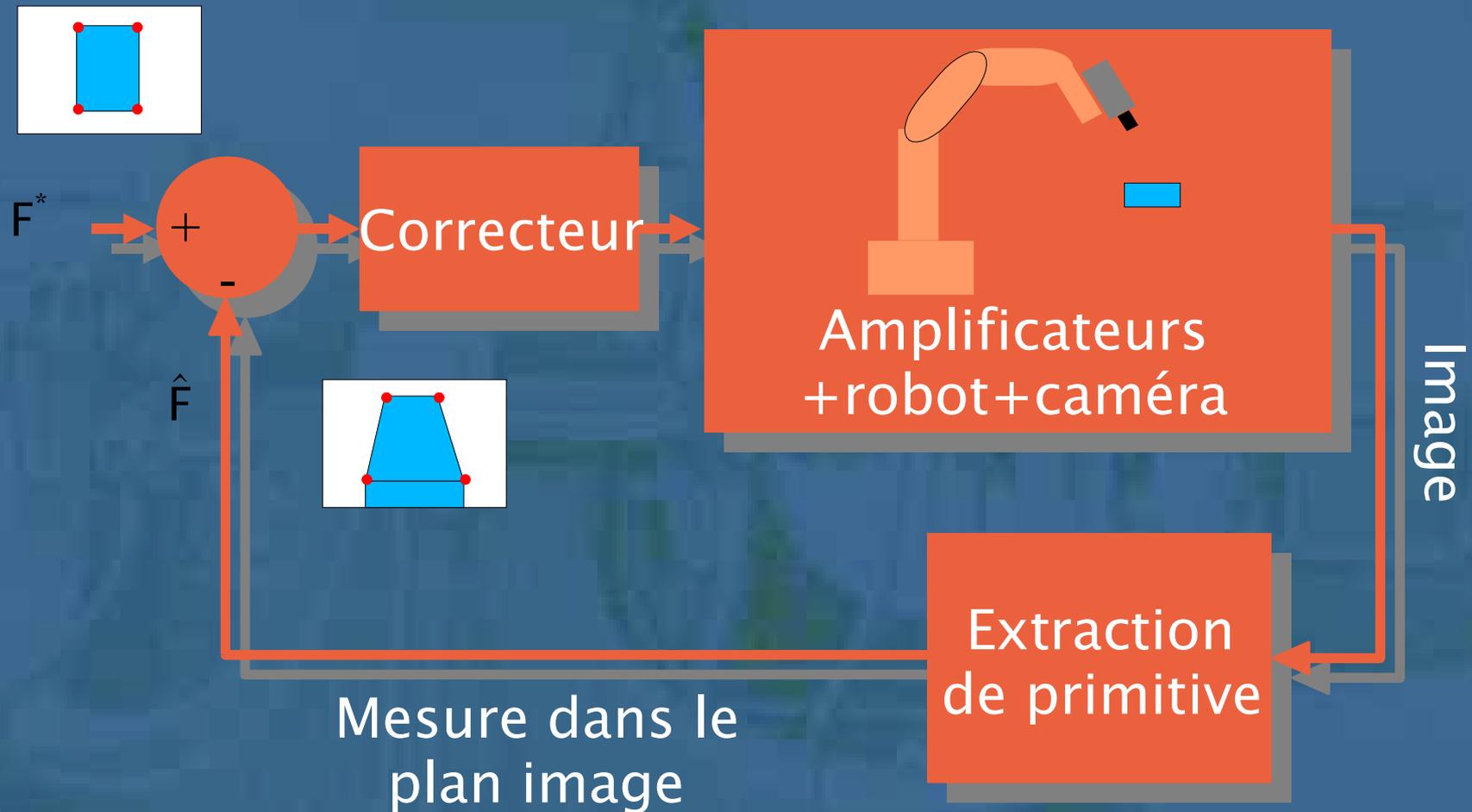
1.2. Classification – mesure 3D



Asservissement visuel 3D (position based):
la consigne et la mesure sont des coordonnées d'attitude (pose). Afin d'estimer la mesure, il est nécessaire de connaître la géométrie de l'objet d'intérêt.

1. Introduction

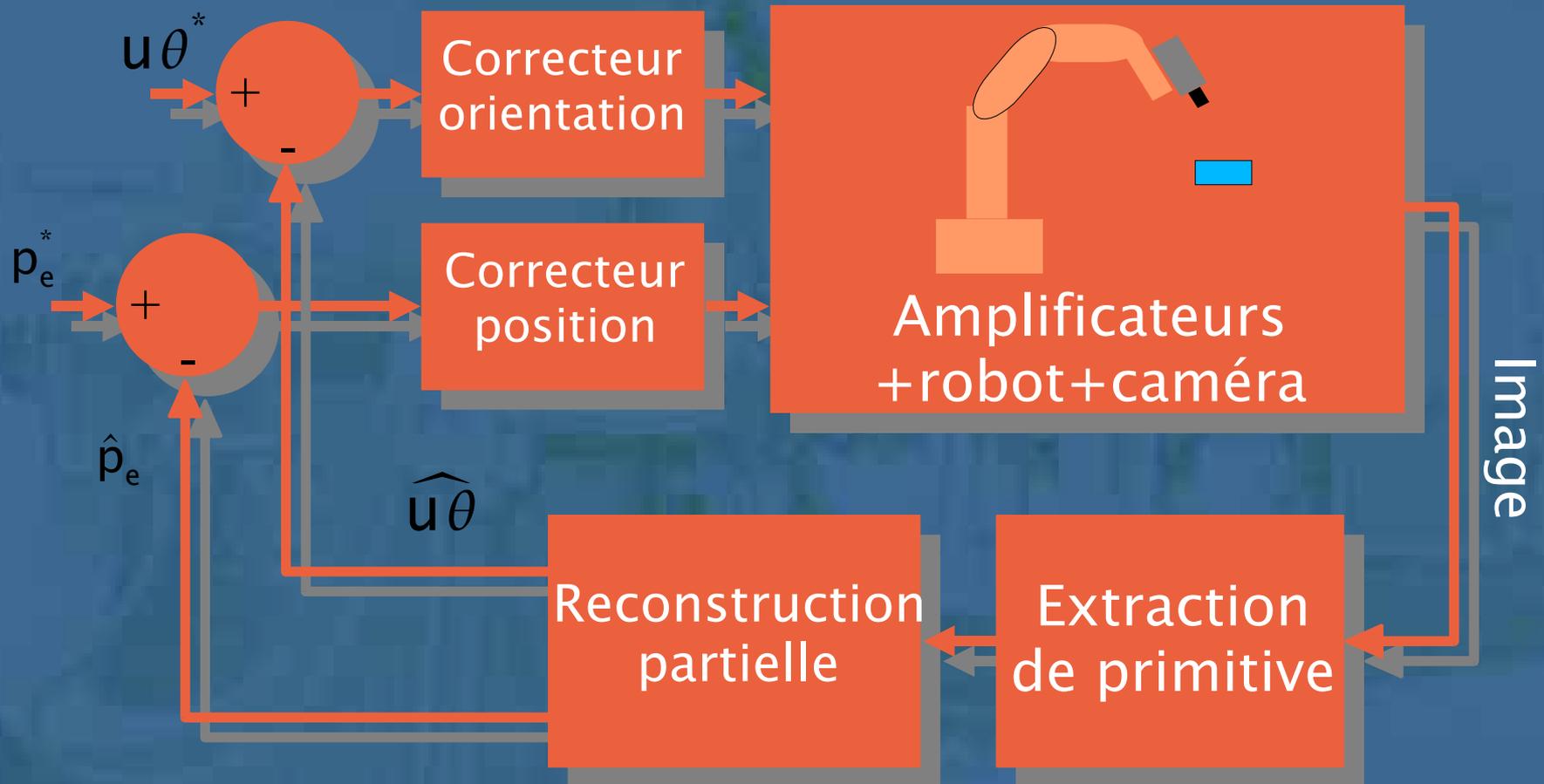
1.2. Classification – mesure 2D



Asservissement visuel 2D (image based):
 la consigne et la mesure sont des coordonnées de primitives visuelles (features). L'asservissement 2D ne comporte pas de reconstruction 3D. Une connaissance limitée de la géométrie de la scène est suffisante.

1. Introduction

1.2. Classification – mesure hybride (2.5D)



Asservissement visuel 2D ½ (hybrid):
 l'asservissement de l'orientation est un asservissement 3D. L'asservissement de position est un asservissement 2D (p_e contient des coordonnées image étendues). Les 2 boucles d'asservissement sont découplées.

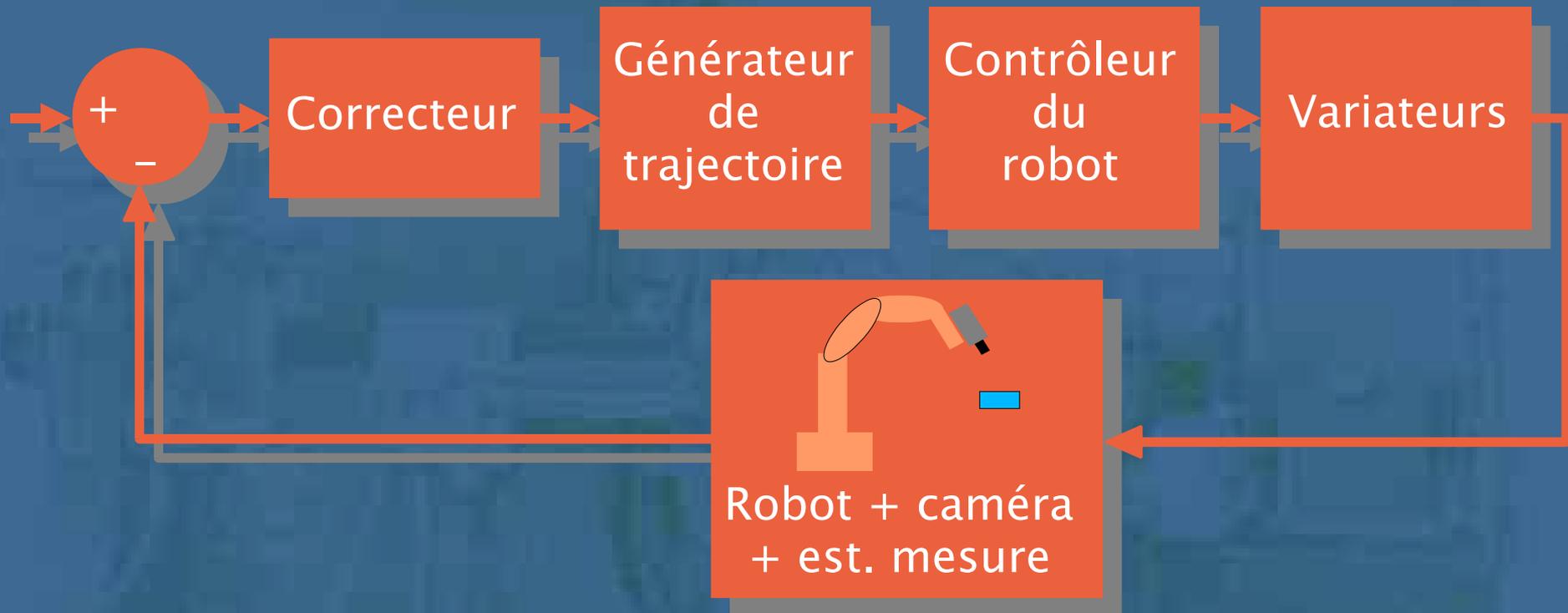
1. Introduction

1.2. Classification – commande séquentielle

- La commande n'est pas rafraîchie en temps-réel :
 - L'image est acquise
 - L'image est traitée
 - La position désirée est calculée
 - Le robot est déplacé à la position désirée
- Aussi appelée « look then move »

1. Introduction

1.2. Classification – commande indirecte

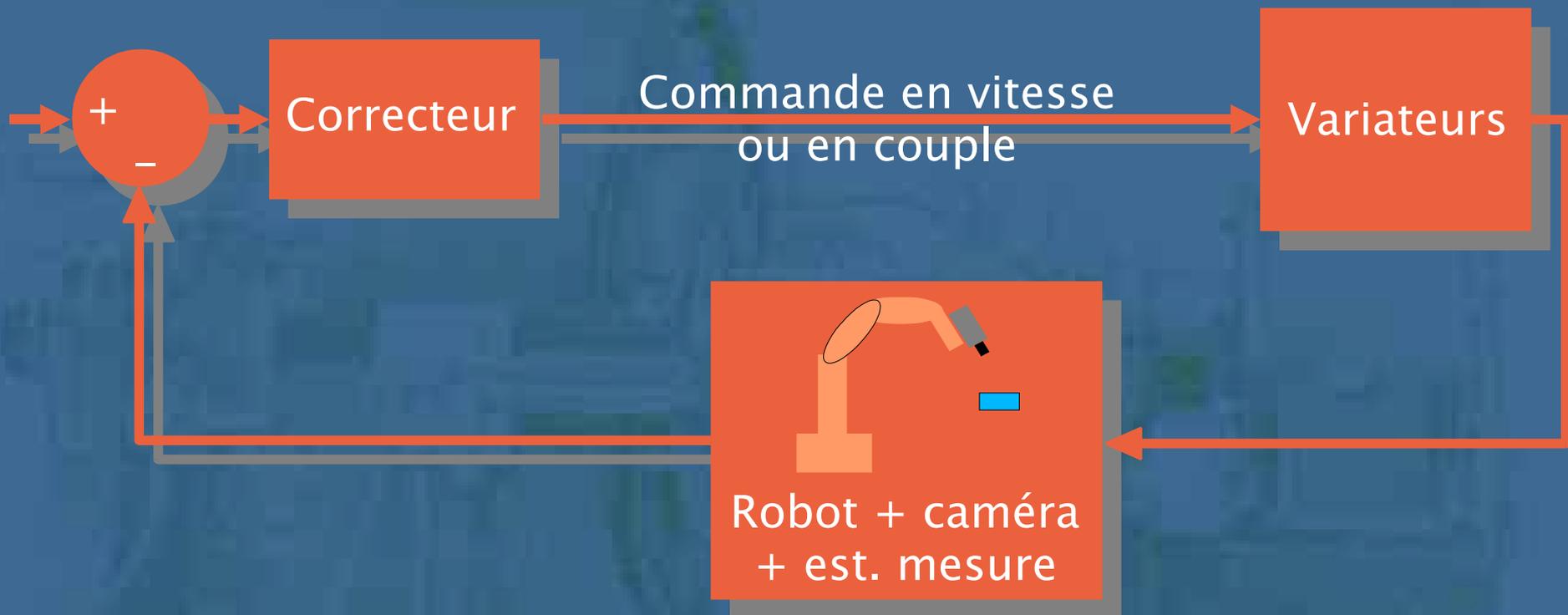


Asservissement visuel indirect:

les positions articulaires du robot sont asservies par le contrôleur du robot. Le correcteur de la boucle de vision fournit des consignes de vitesse qui sont transformées en consignes de positions articulaires par un générateur de trajectoire. Ce type d'architecture est utilisée lorsque la période d'échantillonnage de l'asservissement visuel est grande.

1. Introduction

1.2. Classification - commande directe



Asservissement visuel direct:

les axes du robot sont asservis en vitesse ou en couple par les variateurs. Les commandes du correcteur de l'asservissement visuel sont directement envoyées aux variateurs. L'asservissement de position du robot est réalisé grâce au retour de l'information visuelle. Ce type d'architecture est utilisé pour les asservissements visuels rapides.

- Hypothèses :
 - Effets dynamiques négligés
 - Pas de retard
 - Effets de l'échantillonnage négligés
 - Robot = intégrateur
- ⇒
 - valide pour des déplacements lents
 - Convergence exponentielle
 - Preuve de stabilité : 2D 2.5D

1. Introduction

1.2. Classification – modélisation dynamique

- **Prise en compte :**
 - Des retards liés au processus d'acquisition d'image
 - De l'échantillonnage
 - Du modèle dynamique des actionneurs
 - Du modèle dynamique de la structure mécanique
 - Des flexibilités des liaisons

1. Introduction

1.3. Exemples – suivi (2D, direct, dynamique)

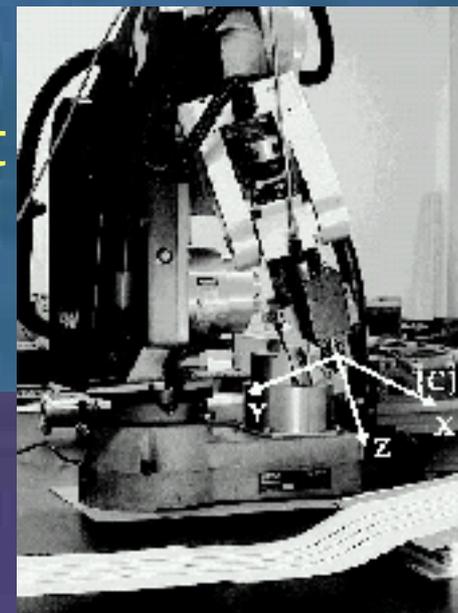
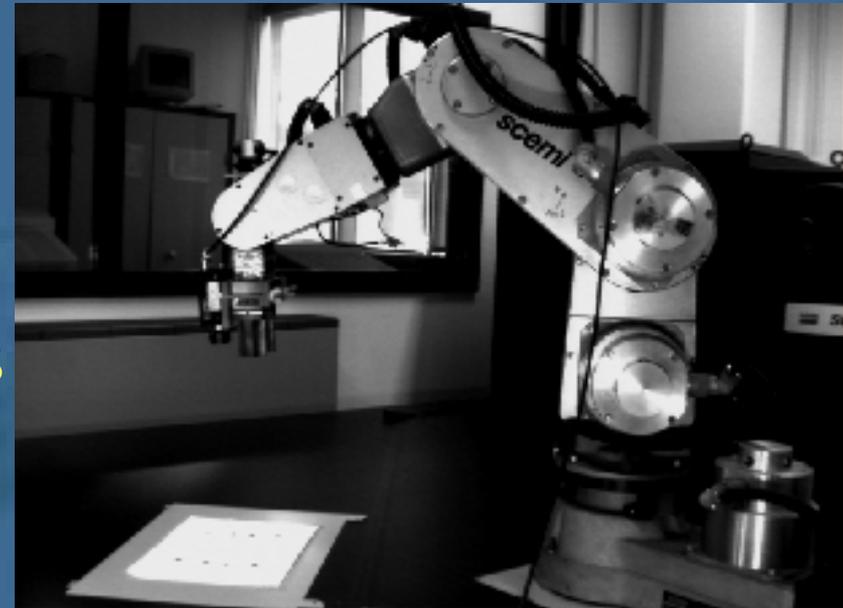
- Expérience de suivi robuste de visage à 3 DDL (Allen et al., Université Columbia) :
 - Asservir la position et la taille d'un visage dans l'image : 3 DDL
 - Le robot possède 6 DDL
 - Asservissement visuel découplé (partitionné) :
 - l'asservissement de l'orientation de la caméra est rapide
 - l'asservissement de position de la caméra est lent



1. Introduction

1.3. Exemples – suivi (2D, direct, dynamique)

- Expérience de suivi rapide à 6 DDL (LSiIT/EAVR) :
 - Utilisation d'une caméra rapide 640x240, 120 images non entrelacées par seconde : asservissement visuel à 120 Hz
 - Asservissement visuel direct avec commande en vitesse et correcteur GPC synthétisé en tenant compte du modèle dynamique du robot asservi en vitesse.



1. Introduction

1.3. Exemples – suivi (2D, direct, dynamique)

- Expérience de suivi rapide à 2 DDL (Nakabo et al., Université de Tokyo) :
 - Vision chip à 1000 Hz
 - Flot optique temps réel sur une matrice CCD 32x32
 - Les actionneurs de la caméra sont du type direct drive



1. Introduction

1.3. Exemples – suivi (3D, séquentielle)

- Robot joueur de beach volley (Toshiba corp.) :
 - La tête stéréoscopique du robot suit en permanence la balle grâce à un asservissement visuel à 60 Hz
 - Estimation en temps réel de la trajectoire de la balle
 - La raquette est déplacé en fonction de la position estimée de la balle : stratégie look then move



1. Introduction

1.3. Exemples – saisie (3D, indirect, cinématique)

- Suivi et saisie d'un objet décrivant un mouvement uniforme (Allen et al., Université Columbia) :
 - Saisie d'un train électrique miniature décrivant une trajectoire circulaire à vitesse constante
 - Saisie et vissage (Allen et al., Université Columbia) :
 - Positionnement asservi par vision d'un actionneur permettant de réaliser un vissage



1. Introduction

1.3. Exemples – saisie (2D, séquentielle)

- Utilisation de l'algorithme d'optimisation du simplexe pour la phase d'approche. (Miura et al., LSIIT/EAVR, Strasbourg) :
 - Le modèle du robot est inconnu
 - Le modèle de l'objet est inconnu
 - Le traitement d'image est basique
 - Avantage : simplicité
 - Inconvénient : temps de convergence



1. Introduction

1.3. Exemples – insertion (3D, indirect, cinématique)

- Insertion d'un piston dans un cylindre (DLR) :
 - Le bloc moteur est posé sur un support qui tourne à vitesse constante.
 - La phase d'approche du cylindre est asservie par vision
 - La phase finale d'insertion est réalisée grâce à un asservissement des efforts



1. Introduction

1.3. Exemples – insertion (3D, indirect, cinématique)

- Capture de satellite (DLR) :
 - Le satellite est capturé en insérant un préhenseur spécial dans une des tuyères d'un moteur.
 - Un second robot supportant la plate-forme sur laquelle est fixée la tuyère simule le comportement du satellite en apesanteur.
 - La phase finale d'insertion est guidée au moyen de télémètres LASER



1. Introduction

1.4. Bibliographie

- Livres :
 - Peter I. Corke, Visual control of robots, John Wiley & sons inc.
 - F. Chaumette, Asservissement visuel, dans La commande des robots manipulateurs, Éditions Hermès.
- Revue :
 - IEEE transactions on robotics and automation, special issue on visual servoing, volume 12, numéro 5, 1996

1. Introduction

1.4. Bibliographie

- Lien internet :
 - http://isa.umh.es/temas/vs/index_en.html