

# **Initiation à la Robotique**

Master Professionnel RAIA

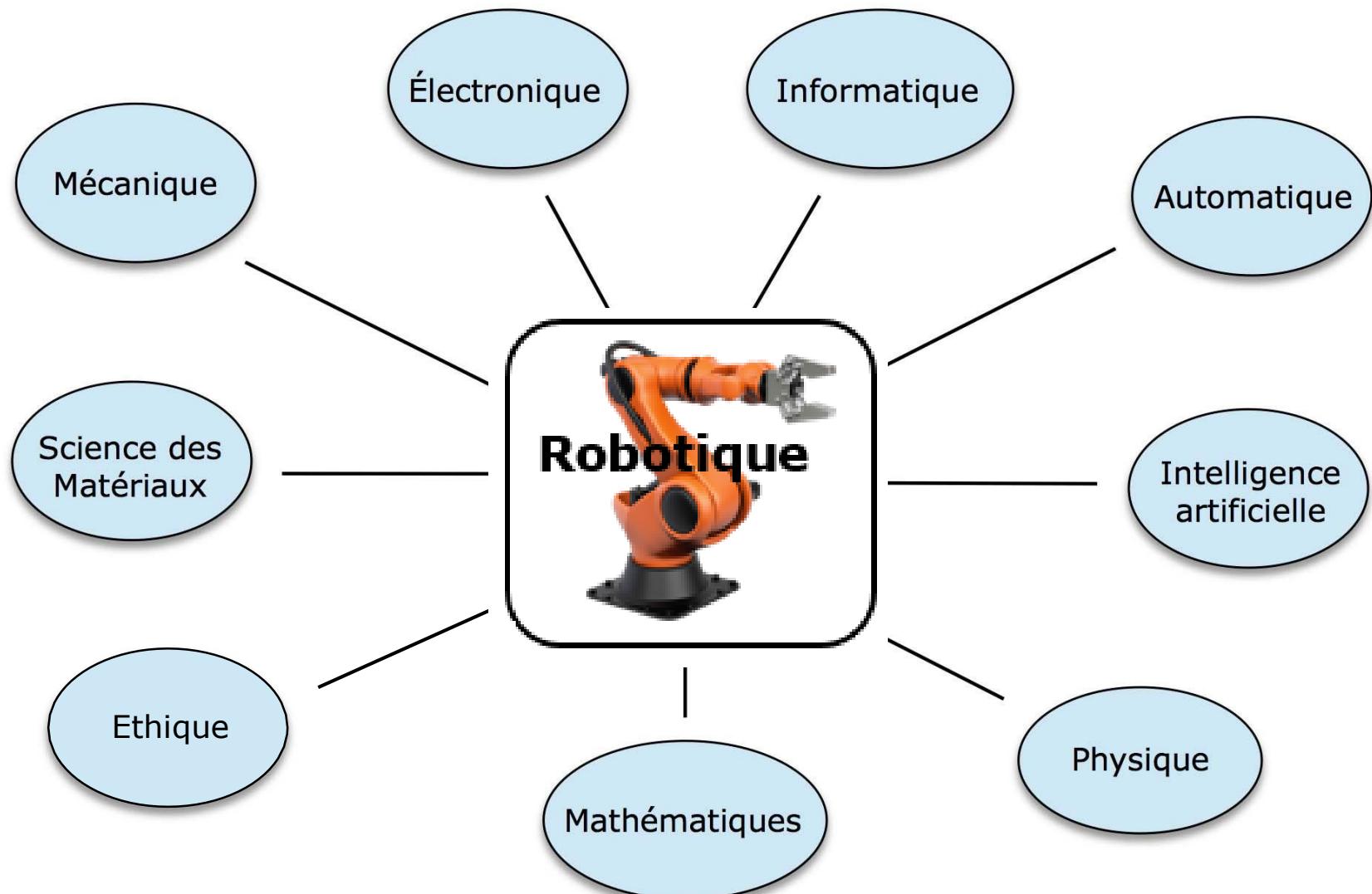
AU: 2022 - 2023



## Plan du cours

- Introduction
- Constituants et caractéristiques d'un robot
- Gammes de robots et secteurs d'activités
- Les différents types des robots industriels les plus utilisés

# Robotique: un domaine pluridisciplinaire !



## **Robotique: un domaine jeune !**

**Etymologie:** mot tchèque *robo*ta (travail forcé), dans la pièce de théâtre "Rossum's Universal Robots" de Karel Čapek, 1920

*Robotique:* mot utilisé pour la 1<sup>re</sup> fois par l'écrivain I. Asimov dans le récit de SF « Liar ! » (*Astounding Science Fiction*, mai 1941)

---

**Définition 1** (Larousse): "*Un robot est un appareil automatique capable de manipuler des objets ou d'exécuter des opérations selon un programme fixe, modifiable ou adaptable*"

**Définition 2:** "*Un robot est un système mécanique polyarticulé mû par des actionneurs et commandé par un calculateur qui est destiné à effectuer une grande variété de tâches*"

“Un robot est un système mécanique polyarticulé mû par des actionneurs et commandé par un **calculateur** qui est destiné à effectuer une **grande variété de tâches**”

1



7



6



2



**Robots ?!**



3

4



5

“Un robot est un système mécanique polyarticulé mû par des actionneurs et commandé par un **calculateur** qui est destiné à effectuer une **grande variété de tâches**”

1



7



6



2

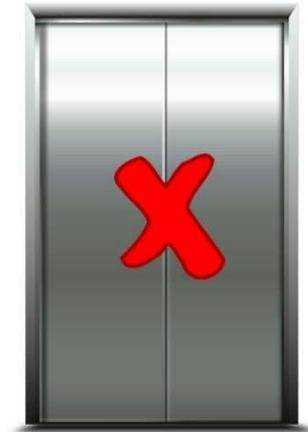


**Robots ?!**

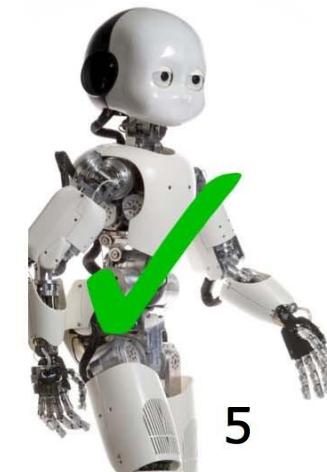
3



4



5



# **Robotique: de nombreux domaines d'application !**

La robotique moderne trouve application dans de nombreux domaines (liste non exhaustive !):

- La **robotique industrielle**
- La **robotique de service**
- La **robotique médicale**
- La **robotique militaire**
- La **robotique scientifique**, par exemple pour l'exploration de l'espace ou des fonds marins (robots sous-marins ou AUVs), pour la recherche fondamentale (validation de nouveaux algorithmes), etc.
- La **robotique de transport** (de personnes et de marchandises)

# **Nomenclature et classifications**

# Classification des robots

## Les robots mobiles



Robot à roues



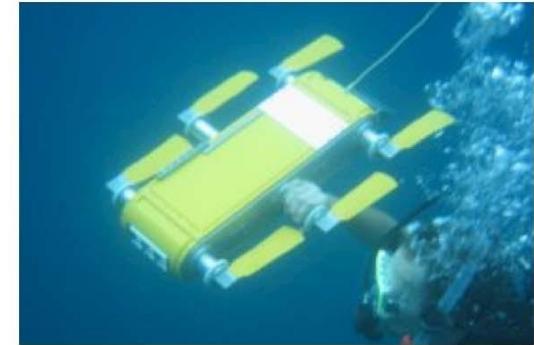
Robot quadrupède



Robot volant à voilure tournante (quadrirotor)



Robot volant à voilure fixe



Robot sous-marin (amphibie)



Robot rampant (bio-inspiré)

# Classification des robots

## Les robots humanoïdes



**WALK-MAN**  
[www.walk-man.eu](http://www.walk-man.eu)



**Asimo**  
<http://asimo.honda.com>



**iCub**  
[www.icub.org](http://www.icub.org)



**Atlas**  
[www.bostondynamics.com](http://www.bostondynamics.com)

# Classification des robots

## Les robots de service

### Robots ludiques



Aibo



Wakamaru



QRIO



Robot - JO de Rio 2016

## Robots domestiques



HydroBot



Verro



Roomba



Robomow

*Applications:* nettoyage (planchers, piscines) et manutention (tondeuse)

# Classification des robots

## Les robots industriels (manipulateurs)

### Robots séries



### Robots parallèles (robots delta)

Adept

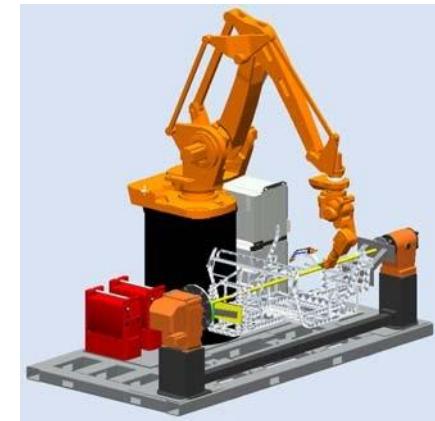


# Utilisation des robots

- La grande majorité des robots est utilisée pour des *tâches simples et répétitives*
- Les robots sont programmés *une fois pour toute* au cours de la procédure d'apprentissage

- Critères de choix de la solution robotique:

- La tâche est *assez simple* pour être robotisée



- Les *critères de qualité* sur la tâche sont importants. Par ex. peinture d'une voiture: uniformité de couleur



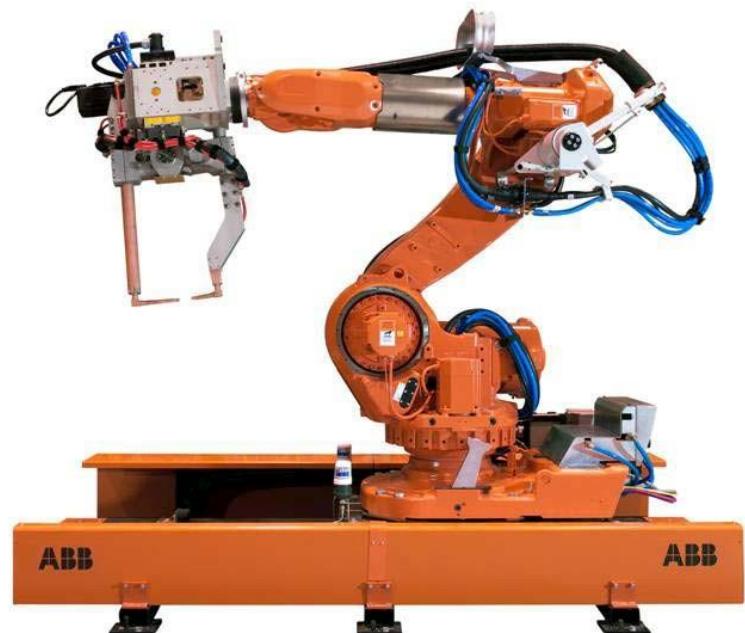
- *Pénibilité/dangerosité* de la tâche (charge lourde, soudage, environnement hostile, etc.)

# Secteurs d'activités: milieu industriel

*Robots soudeurs*



Soudage à l'arc ("continu")



Soudage par points ("discret")

## Secteurs d'activités: milieu industriel



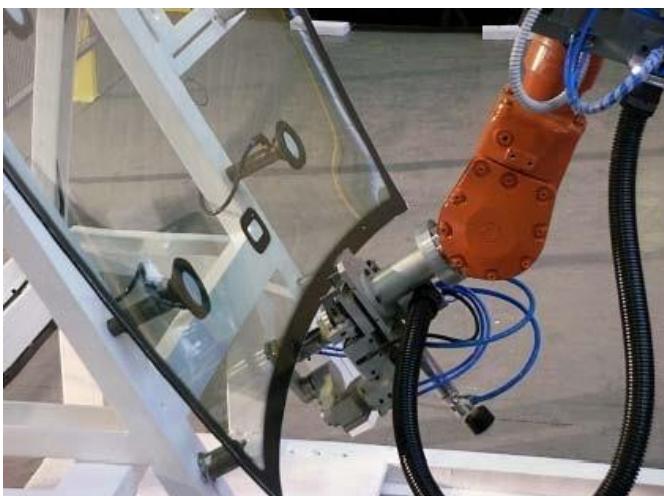
*Robots de palettisation*



## Secteurs d'activités: milieu industriel



*Polissage*



*Ébavurage d'un pare-brise*

## Secteurs d'activités: milieu industriel



*Changement de caisses ("pick & place")*



Mais aussi ...

... découpage au laser, collage, pliage, scellement, etc.

## Secteurs d'activités: d'autres milieux ...



Assistance aux personnes handicapées



•Robotique chirurgicale non invasive (laparoscopie)

Robot chirurgien *Da Vinci*  
de Intuitive Surgical



Prothèses robotiques

## Secteurs d'activités: d'autres milieux ...



Robot sculpteur (usinage)



Robot chef d'orchestre  
(ABB YuMi)



Robot pompiste  
("Tankpitstop")

## Secteurs d'activités: d'autres milieux ...



Nettoyage des avions (Lufthansa)

Fabrication additive  
(impression 3D d'immeubles)



"Digital construction platform" (DCP), MIT Boston

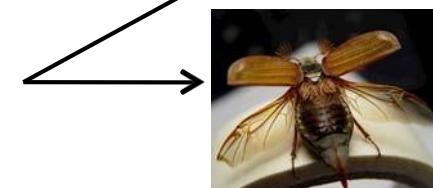


INNOpriント 3D, Université de Nantes

## Secteurs d'activités: d'autres milieux ...

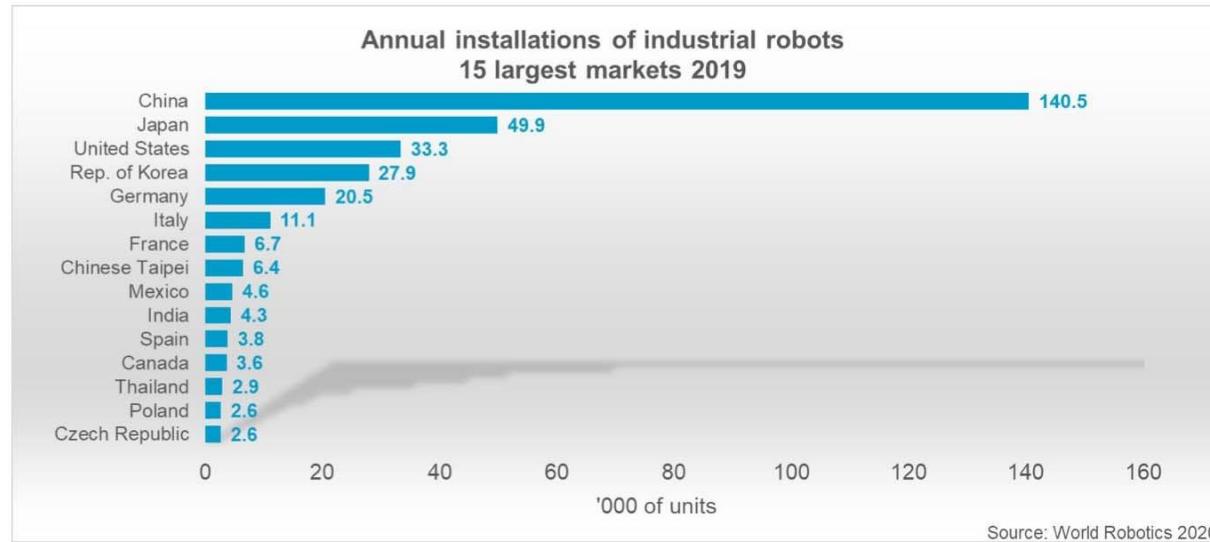


Structures inspirées  
des élytres de  
coléoptères volants  
crées par un robot

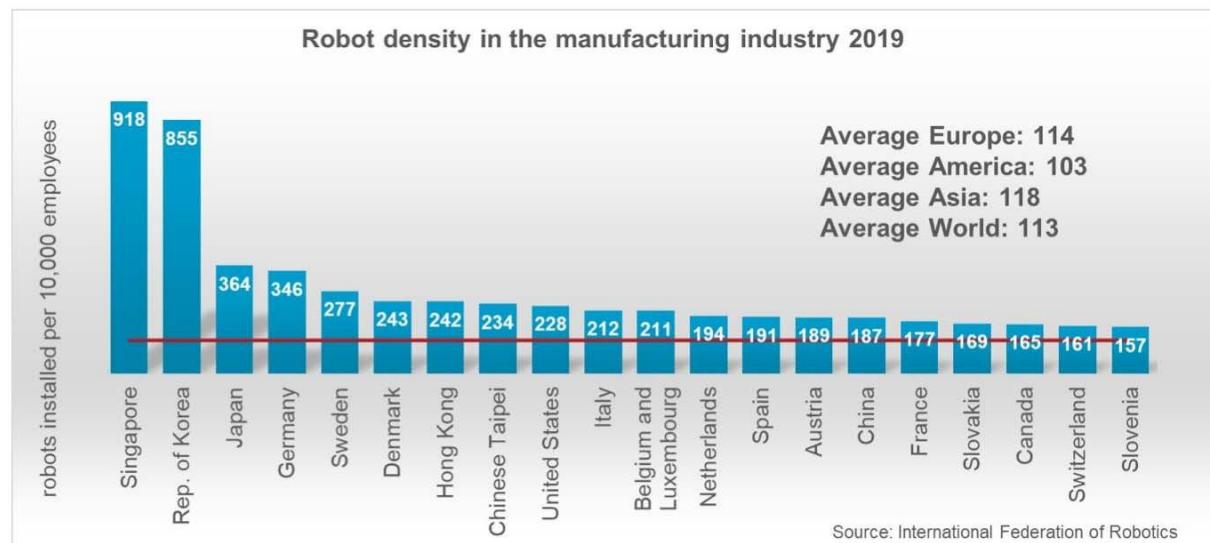


Robot constructeur: "Elytra Filement Pavillion",  
Victoria and Albert Museum, Londres (automne 2016)

# World Robotics 2020: robotique industrielle



La Chine reste le plus grand marché pour les robots industriels



Singapour et la Corée du Sud sont les pays avec la densité de robots la plus élevée au monde

Un **robot** est la combinaison de:

- *Composants matériels* (mécanique, hardware)
- *Composants immatériels* (logiciels, software)

### **Petite note historique:**

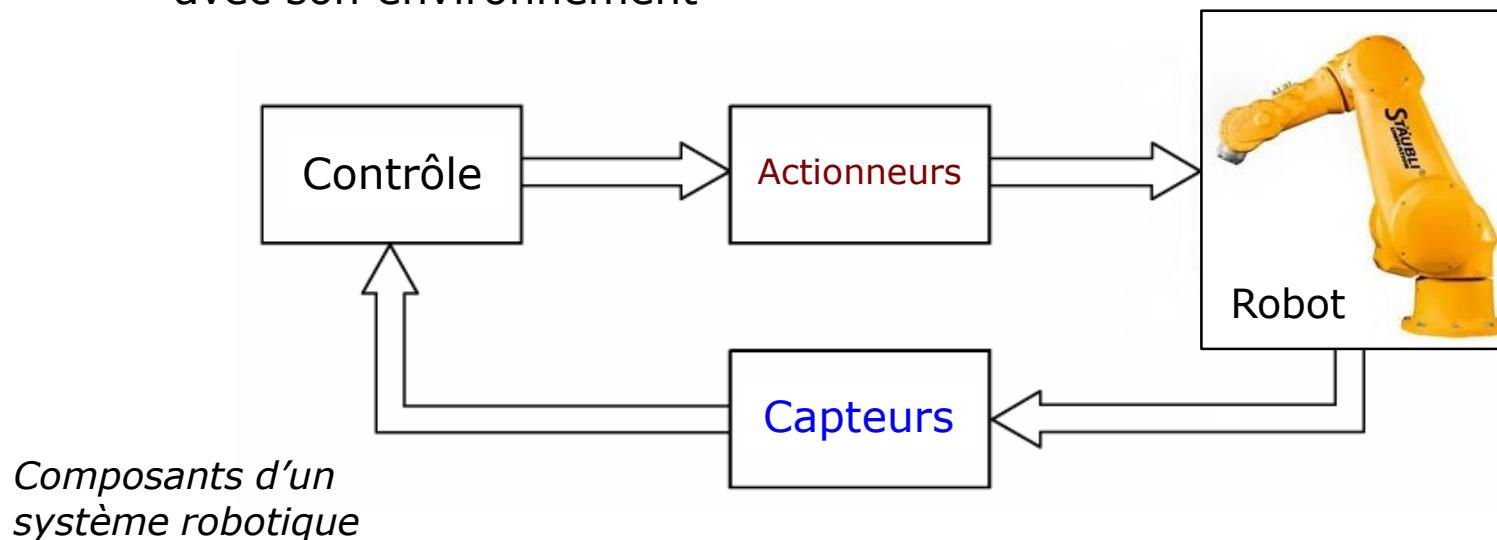
- 1947 : premier manipulateur électrique téléopéré
- 1954 : premier robot programmable
- 1961 : apparition du 1<sup>er</sup> robot industriel, *Unimate*, sur une chaîne de montage de General Motors
- 1961 : premier robot avec contrôle en effort
- 1963 : utilisation de la vision pour commander un robot (asservissement visuel)

# Modélisation d'un robot

**Modélisation** d'un robot manipulateur: possible à plusieurs niveaux

Il dépend des spécifications du *cahier des charges* de l'application envisagée. Il en découle des:

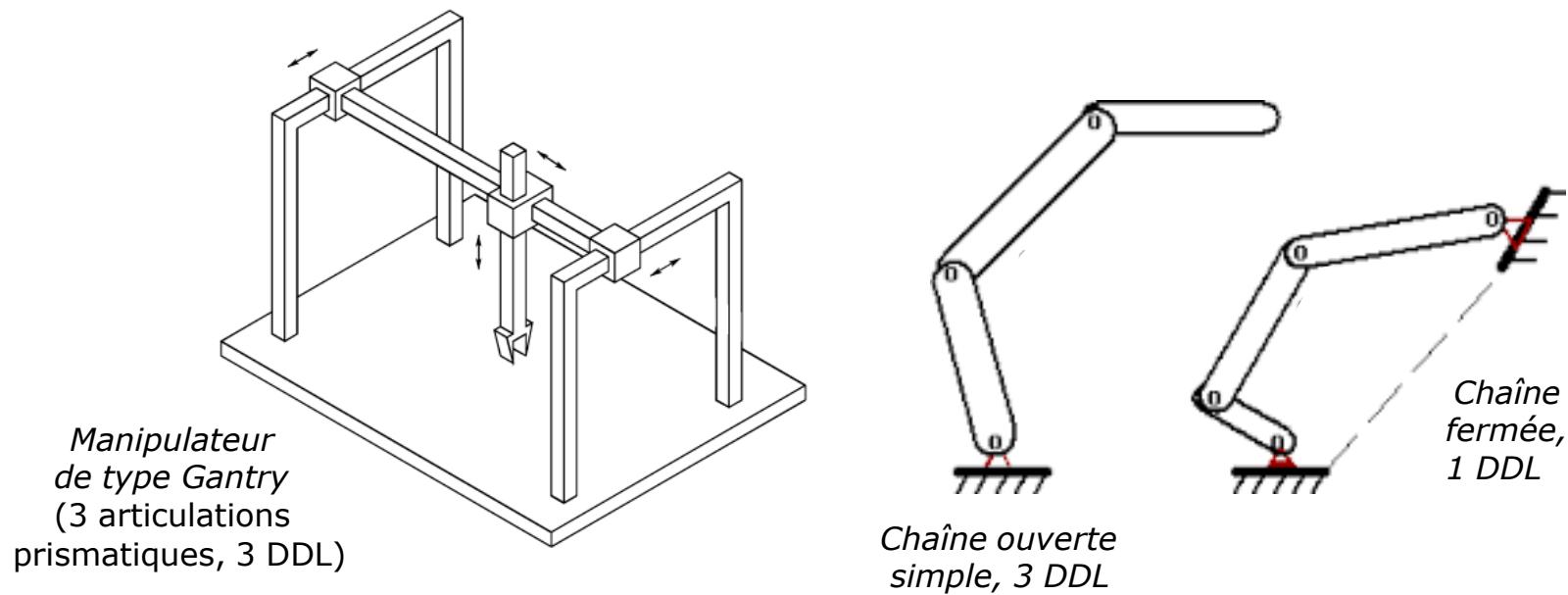
- *Modèles géométriques, cinématiques et dynamiques* à partir desquels peuvent être engendrés les mouvements du robot
- *Modèles statiques* qui décrivent les interactions du mécanisme avec son environnement



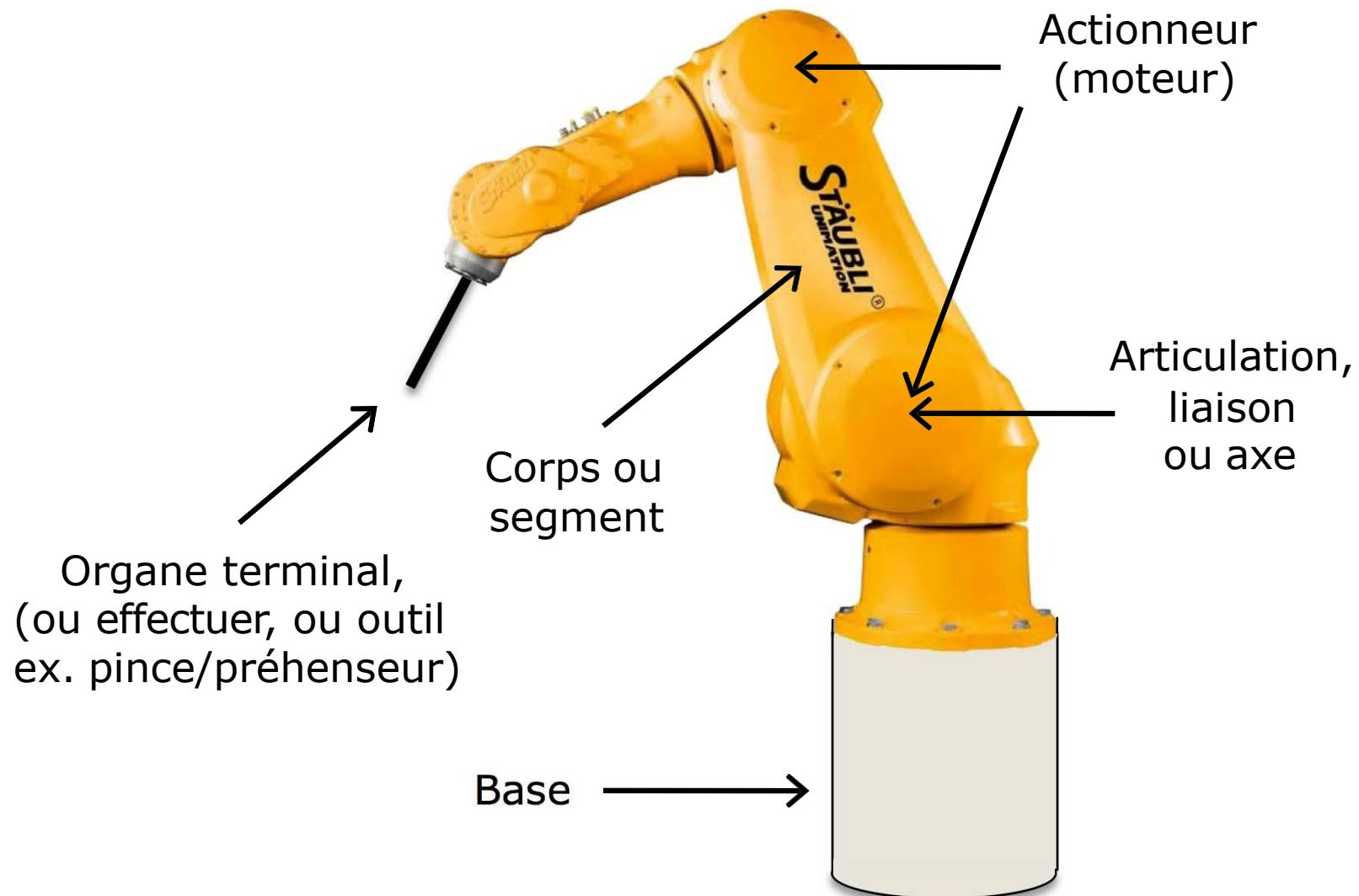
# Modélisation d'un robot

L'obtention de ces différents modèles **n'est pas aisée**

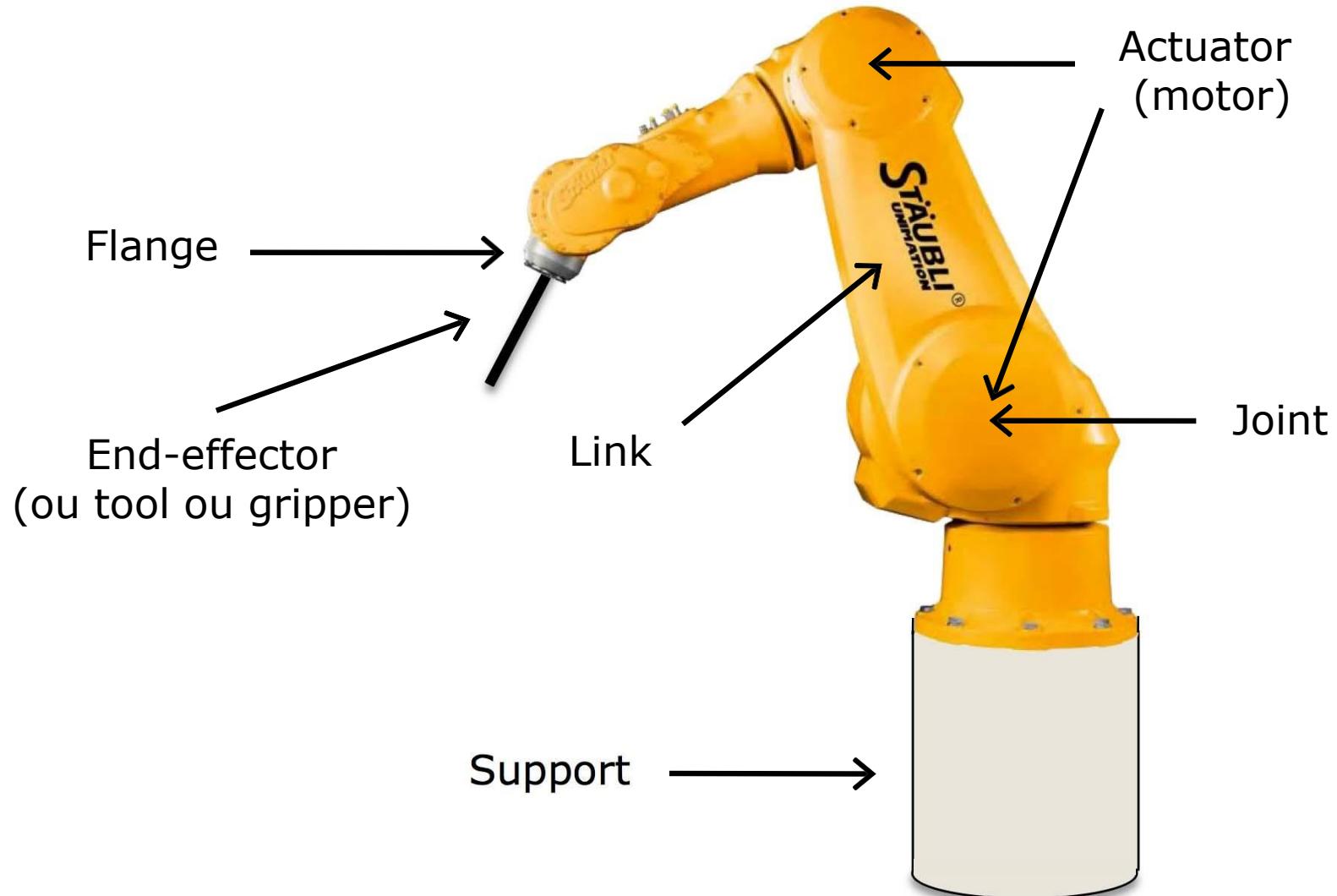
- La difficulté varie selon la *complexité* de la cinématique de la chaîne articulée
- En particulier, entrent en ligne de compte:
  - Nombre de *degrés de liberté* (DDL) (par ex. 4, 6, 7)
  - Type des articulations (rotoïde ou prismatique, sphérique, etc.)
  - Type de chaîne: ouverte simple ou arborescente, fermée



## Constituants d'un robot

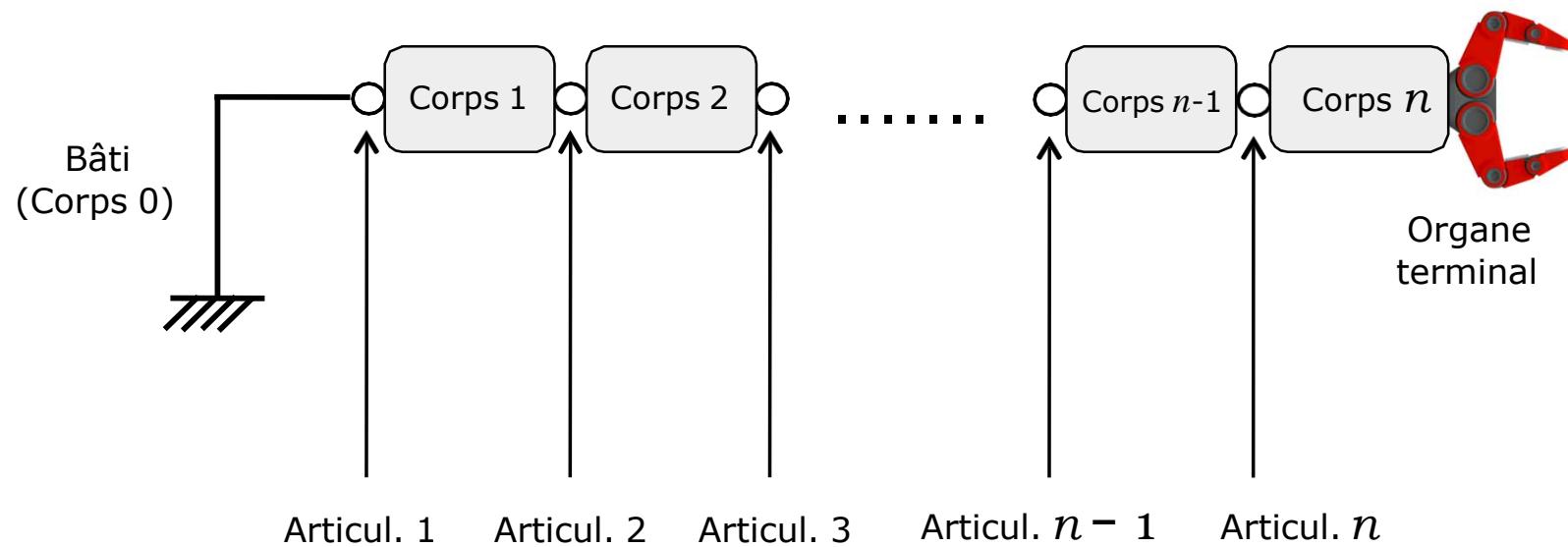


## Constituants d'un robot (term. anglais)



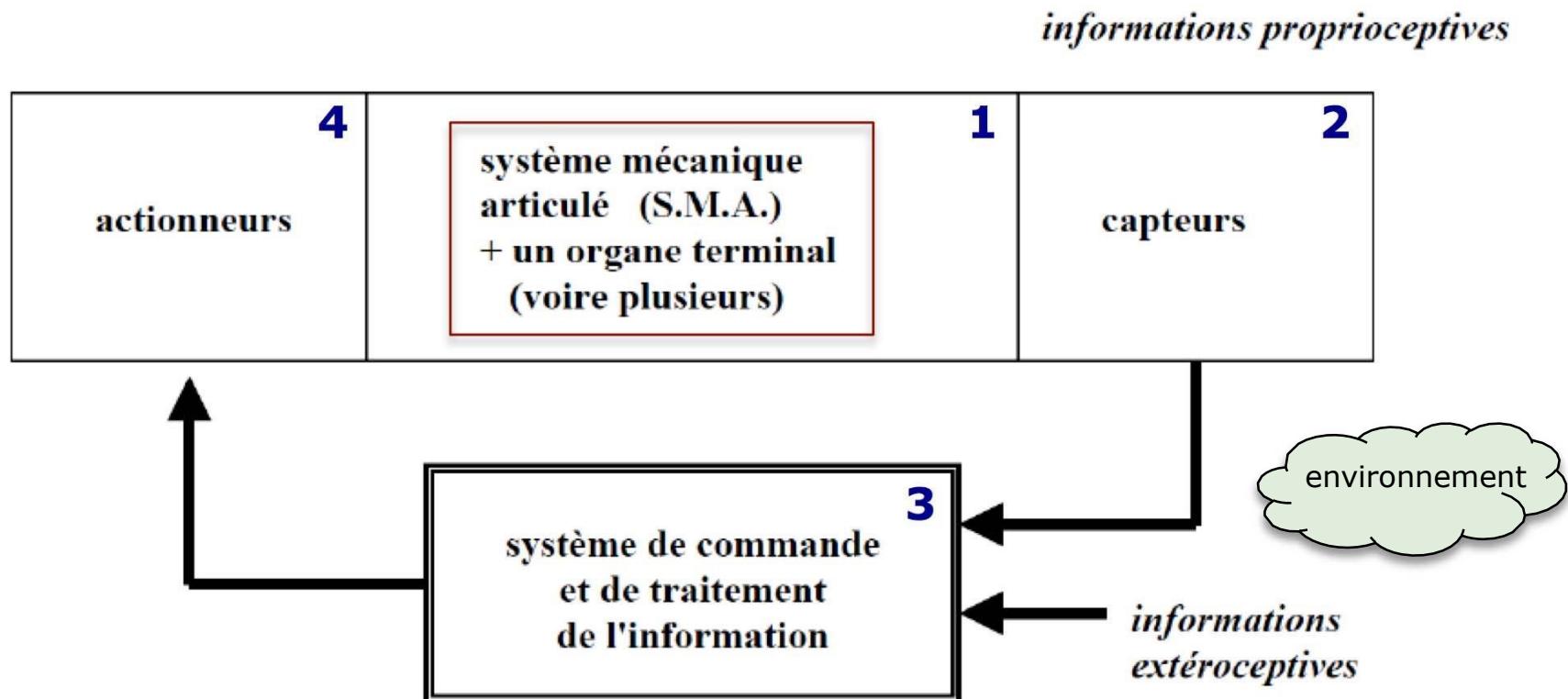
# Constituants d'un robot

Robot manipulateur =  $n$  corps mobiles rigides reliés par  $n$  articulations



# Constituants d'un robot

On distingue classiquement **quatre éléments principaux** dans un robot manipulateur



# Constituants d'un robot

## Système Mécanique Articulé (S.M.A.)

- Un mécanisme ayant une structure plus ou moins proche de celle du *bras humain*. Il permet de remplacer, ou de prolonger, son action
- Son *rôle* est d'amener l'organe terminal dans une pose (position et orientation) donnée, selon des caractéristiques de vitesse et d'accélération données
- Son *architecture* est une chaîne cinématique de corps, généralement rigides (ou supposés comme tels) reliés par des articulations
- Sa *motorisation* est réalisée par des actionneurs électriques, pneumatiques ou hydrauliques qui transmettent leurs mouvements aux articulations par des systèmes appropriés (ex. réducteurs)



# Caractéristiques d'un robot

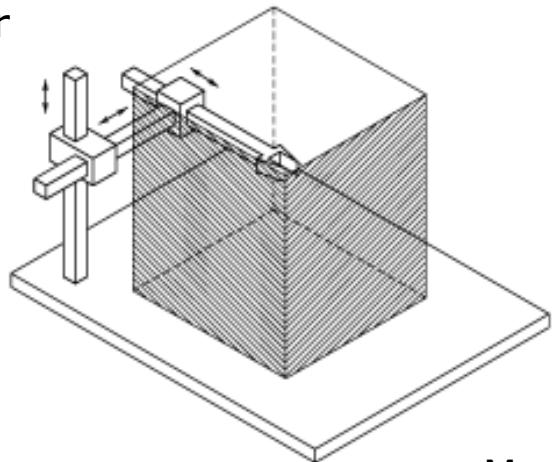
Un robot doit être choisi en *fonction de l'application* qu'on lui réserve

Voici quelques paramètres à prendre, éventuellement, en compte:

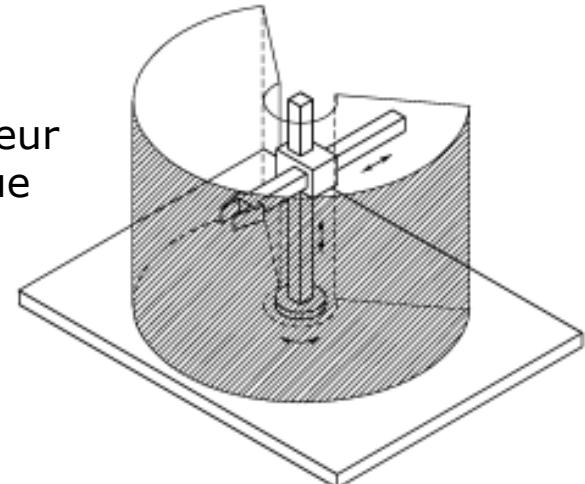
- La **charge maximale transportable** (de quelques kilos à quelques tonnes), à déterminer dans les conditions les plus défavorables (c'est-à-dire, en *élongation maximale*)
- L'**architecture du S.M.A.**: le choix est guidé par la tâche à réaliser. Par exemple, robots à structure rigide vs. robots avec segments et/ou articulations flexibles
- Le **volume** ou **espace de travail** ("workspace" en anglais), défini comme l'ensemble des points atteignables par l'organe terminal du robot

## Exemples de volume de travail

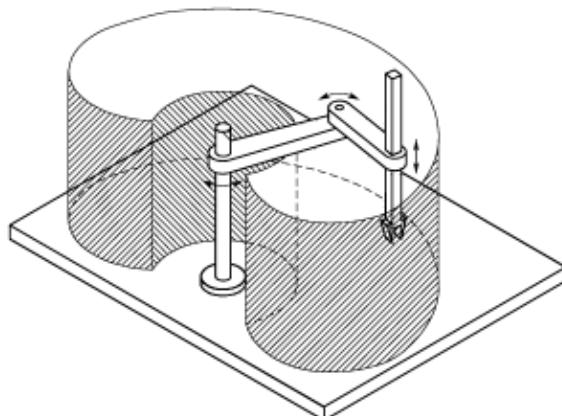
Manipulateur cartésien



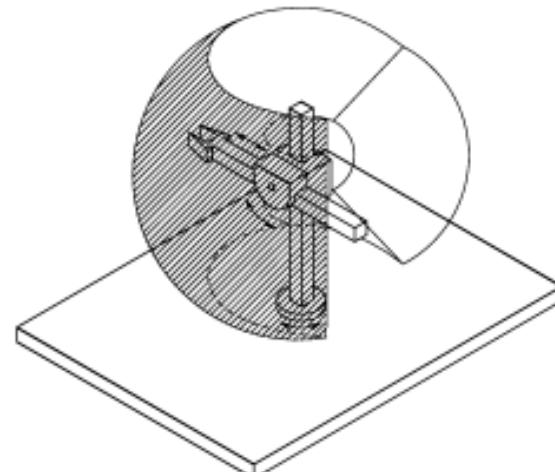
Manipulateur cylindrique



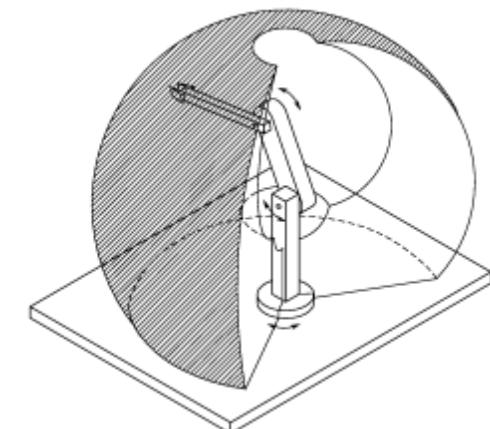
Manipulateur SCARA



Manipulateur sphérique



Manipulateur anthropomorphe



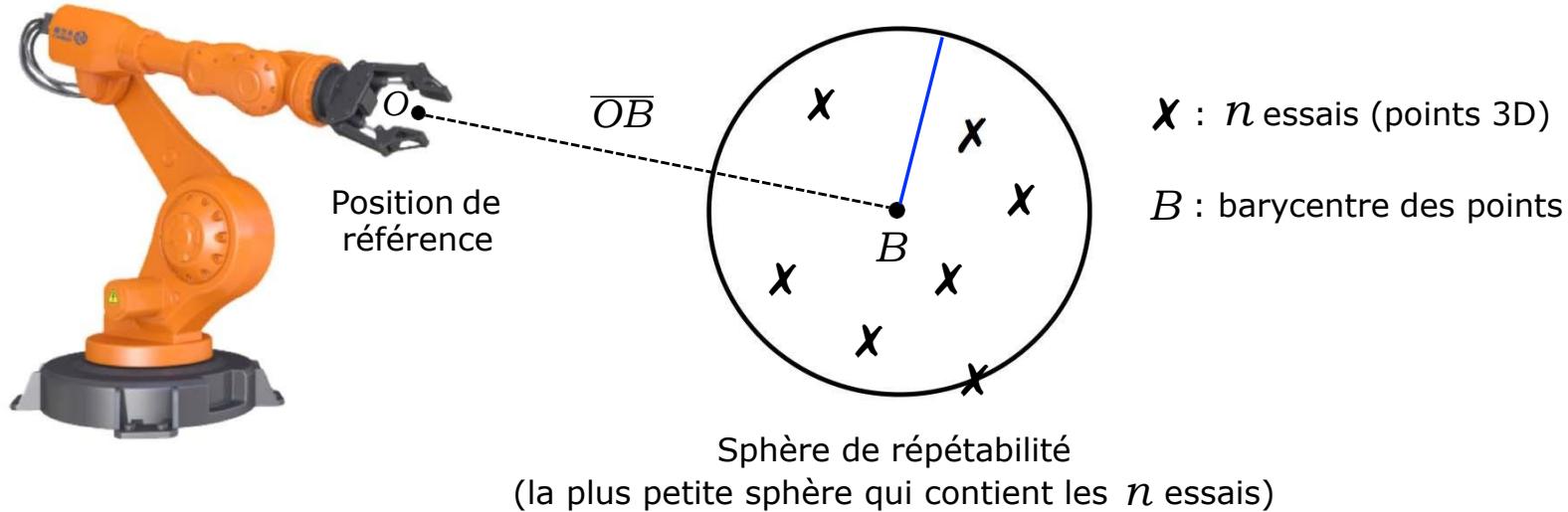
## Caractéristiques d'un robot

- La **vitesse** de déplacement (vitesse maximale en élongation maximale), l'**accélération**
- La **masse** du robot (de quelques centaines de kilos à quelques tonnes)
- Le **coût** du robot (pour petits robots avec charge maximale de quelques kilogrammes, le coût est d'environ 15 k€)
- La **maintenance** du robot (difficile pour les robots qui travaillent dans des environnements obstiles/dangereux, ex. chambre froide)

# Caractéristiques d'un robot

- La **répétabilité** caractérise la capacité que le robot a à retourner vers un point (position, orientation) donné.

La répétabilité en positionnement est typiquement de l'ordre de 0.05 mm



- Rayon de la sphère: répétabilité (en positionnement)
- $\overline{OB}$  : précision de positionnement

# Exemple: Fiche technique d'un robot ABB

## TECHNICAL DATA, IRB 1400 INDUSTRIAL ROBOT

### SPECIFICATION

Robot	Handling capacity	Reach of 5 th axis
	5 kg	1.44 m
Supplementary load		
on axis 3	18 kg	
on axis 1	19 kg	

### Number of axes

Robot manipulator	6
External devices	6

### Integrated signal supply

12 signals on upper arm
-------------------------

### Integrated air supply

Max. 8 bar on upper arm
-------------------------

### PERFORMANCE

Position repeatability	0.05 mm (average result from ISO test)
------------------------	--

### Movements

IRB 1400
----------

Max. TCP velocity

2.1 m/s

### Continuous rotation of axis 6

### ELECTRICAL CONNECTIONS

Supply voltage	200–600 V, 50/60 Hz
----------------	---------------------

### Rated power,

Transformer rating	4 kVA/7.8 kVA with external axes
--------------------	----------------------------------

### PHYSICAL

Robot mounting	Floor
Dimensions	
Robot base	620 x 450 mm

### Weight

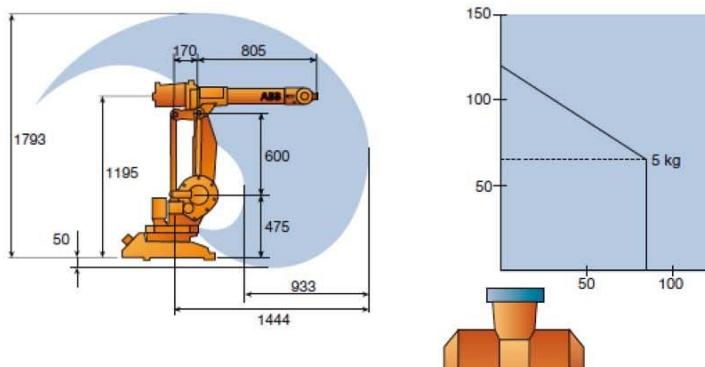
Robot	225 kg
-------	--------

### ENVIRONMENT

Ambient temperature	
Robot unit	5 - 45°C (41 - 113°F)
Relative humidity	Max. 95%
Degree of protection	Class D (dry) for welding, machining etc.
Noise level	Max. 70 dB (A)
Emmission	EMC/EMI-shielded
Clean room	Class 100 US Federal Standard 209e

*Data and dimensions may be changed without notice.*

### WORKING RANGE AND LOAD DIAGRAM



# Exemple: Fiche technique d'un robot ABB

## TECHNICAL DATA, IRB 1400 INDUSTRIAL ROBOT

### SPECIFICATION

Robot	Handling capacity 5 kg	Reach of 5 th axis 1.44 m
-------	---------------------------	------------------------------

Supplementary load on axis 3	18 kg
on axis 1	19 kg

Number of axes Robot manipulator	6
External devices	6

Integrated signal supply	12 signals on upper arm
--------------------------	-------------------------

Integrated air supply	Max. 8 bar on upper arm
-----------------------	-------------------------

### PERFORMANCE

Position repeatability	0.05 mm (average result from ISO test)
------------------------	--

Movements Max. TCP velocity	IRB 1400 2.1 m/s
--------------------------------	---------------------

Continuous rotation of axis 6	
-------------------------------	--

### ELECTRICAL CONNECTIONS

Supply voltage	200–600 V, 50/60 Hz
----------------	---------------------

Rated power, Transformer rating	4 kVA/7.8 kVA with external axes
------------------------------------	----------------------------------

### PHYSICAL

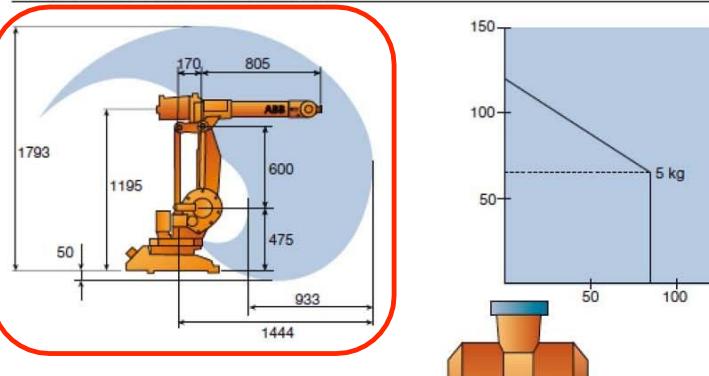
Robot mounting	Floor
Dimensions Robot base	620 x 450 mm
Weight Robot	225 kg

### ENVIRONMENT

Ambient temperature Robot unit	5 - 45°C (41 - 113°F)
Relative humidity	Max. 95%
Degree of protection	Class D (dry) for welding, machining etc.
Noise level	Max. 70 dB (A)
Emmission	EMC/EMI-shielded
Clean room	Class 100 US Federal Standard 209e

*Data and dimensions may be changed without notice.*

### WORKING RANGE AND LOAD DIAGRAM

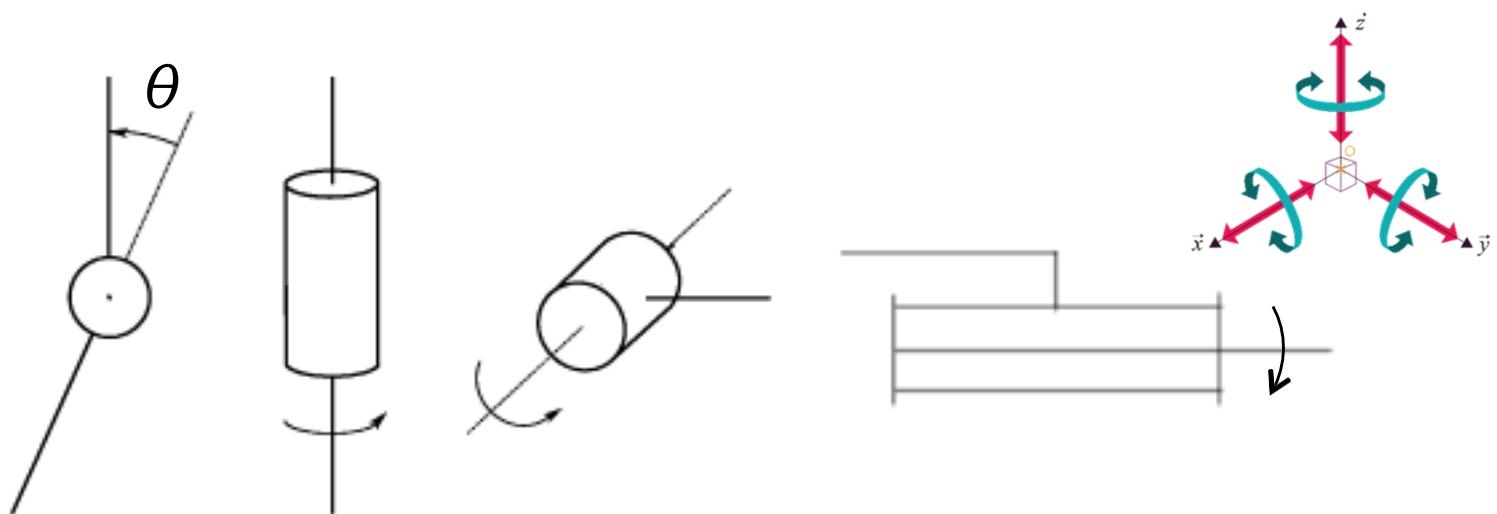


# Caractéristiques d'un robot: les articulations

## Articulation rotatoire

Il s'agit d'une articulation de type pivot, notée "R", réduisant le mouvement entre deux corps à une rotation autour d'un axe qui leur est commun

La situation relative entre les deux corps est donnée par l'*angle  $\theta$*  autour de cet axe



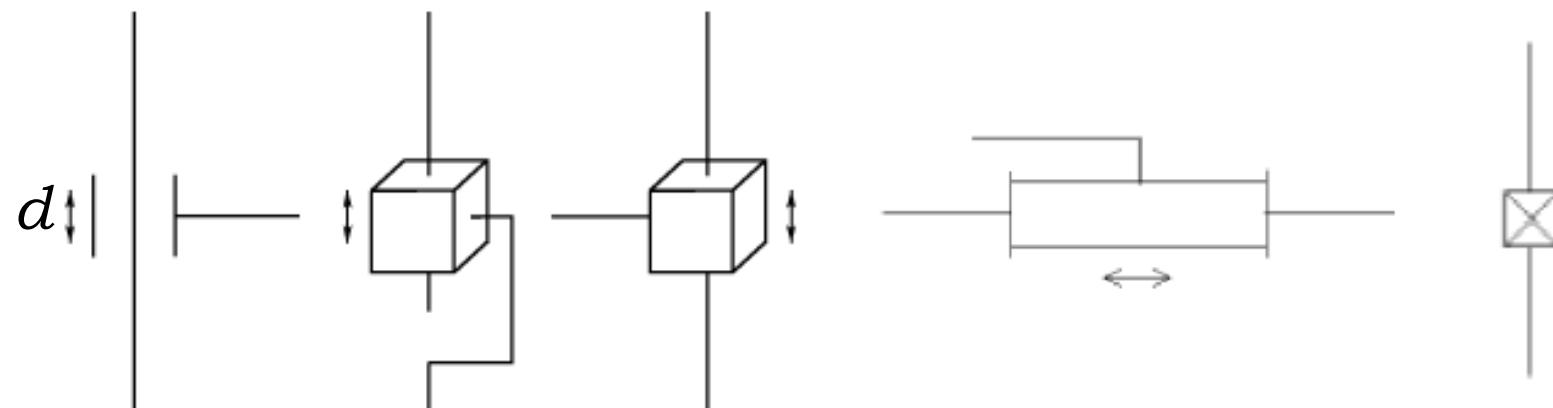
Symboles associés à une articulation *rotatoire*

# Caractéristiques d'un robot: les articulations

## Articulation prismatique

Il s'agit d'une articulation de type glissière, notée "P", réduisant le mouvement entre deux corps à une translation le long d'un axe commun

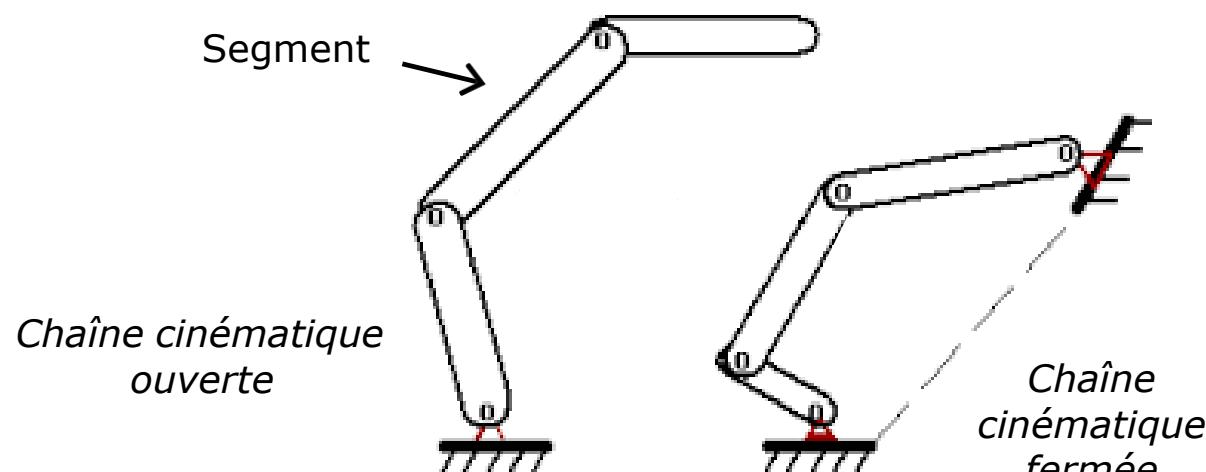
La situation relative entre les deux corps est mesurée par la *distance  $d$*  le long de cet axe



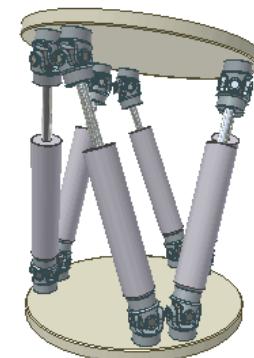
Symboles associés à une articulation *prismatique*

# Caractéristiques d'un robot: types de chaînes

- On appelle chaîne **ouverte** (ou série) une chaîne de  $n+1$  solides assemblés par  $n$  liaisons en série
- On appelle chaîne **fermée** une chaîne ouverte dont les deux solides extrêmes ont une liaison entre eux. Les  $n+1$  solides sont reliés par  $n+1$  liaisons.



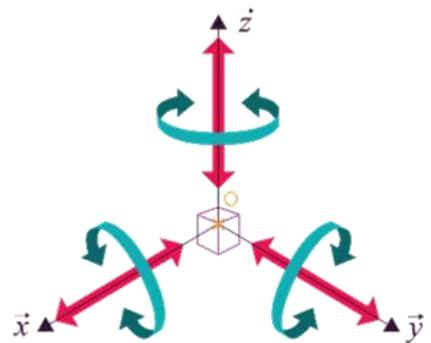
*Plate-forme de Stewart:  
plusieurs chaînes  
fermées*



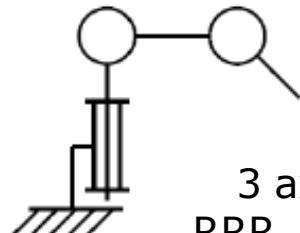
ique



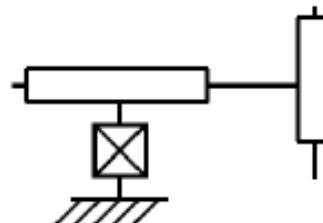
# Caractéristiques d'un robot: les DDL



**Exemples de manipulateurs séries**



3 axes,  
RRR, 3 DDL



3 axes,  
PPP, 3 DDL

# **Caractéristiques d'un robot: les DDL ou DOF**

## **Degrés de liberté (DDL)**

Définitions

Représente la possibilité de mouvement (plan ou espace) => décrit l'état du système

En robotique : nombre d'articulations qui peuvent être indépendamment activées

# Caractéristiques d'un robot: les DDL ou DOF

## Degrés de liberté (DDL)

Calcul du nombre de degrés de liberté (M) d'un robot dans le plan et dans l'espace

Données nécessaires :

- nombre de corps (N) (nombre de corps mobiles et au corps fixe comme le sol, par exemple)
- nombre d'articulations (j) (nombre d'articulations qui lient deux corps rigides, si trois corps rigides connectés par une même articulation, nous parlerons de chevauchement pour les articulations et nous compterons alors 2 articulations )
- nombre de degrés de liberté de chaque articulation ( $f_i$ )

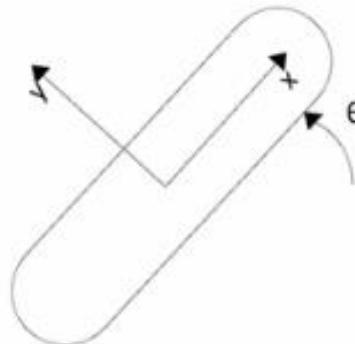
# Caractéristiques d'un robot: les DDL ou DOF

Calcul du nombre de degrés de liberté (M) d'un robot dans le plan et dans l'espace

Dans le plan

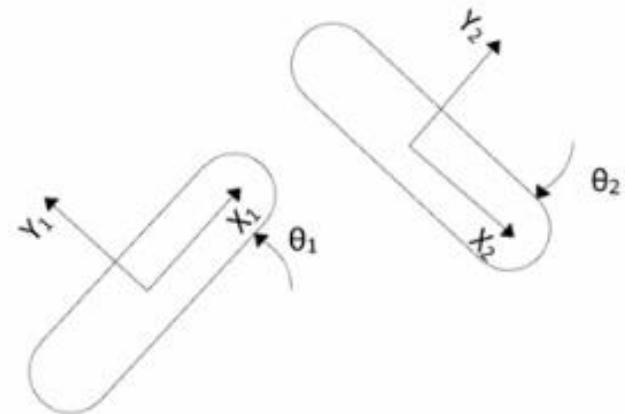
Etape 1 : simple corps : M = 3 dof

Déplacement selon x, y,  $\theta$



Etape 2 : ajout d'un corps non connecté : M = 6 dof

M = 3 \* N



# Caractéristiques d'un robot: les DDL ou DOF

Calcul du nombre de degrés de liberté (M) d'un robot dans le plan et dans l'espace

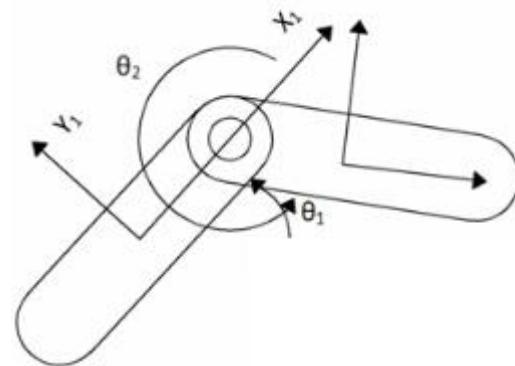
## Dans le plan

Etape 3 : assemblage des 2 corps par R : M = 4 dof

la position du corps 2 dépend de la position du corps 1

seule son orientation peut être modifiée

Ajouter une articulation réduit donc le nombre de degrés de liberté de la structure



Si nous ajoutons une articulation :

- Qui ne possède qu'un seul degré de liberté (R ou P), nous retirons à la structure deux degrés de liberté
- Qui possède deux degrés de liberté (C ou U), nous retirons à la structure un degré de liberté
- Qui possède trois degrés de liberté (S), nous ne retirons pas de degré de liberté à la structure

$$M = 3 * N - \sum_{i=1}^j (3 - f_i)$$

# Caractéristiques d'un robot: les DDL ou DOF

Calcul du nombre de degrés de liberté (M) d'un robot dans le plan et dans l'espace

Dans le plan

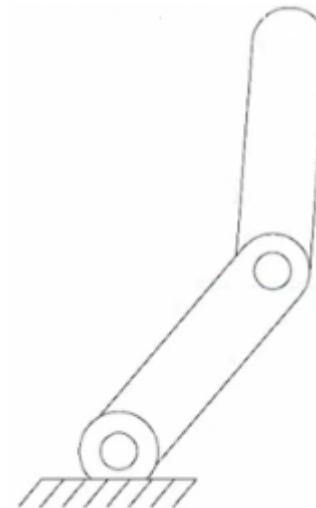
Etape 4 : ajout du corps fixe (comme le sol), il faut soustraire au N la valeur de 1 (car N contient le corps fixe qui ne possède aucun degré de liberté). La formule finale est donc :

$$M = 3 * (N - 1) - \sum_{i=1}^j (3 - f_i)$$

Qui peut également s'écrire sous la forme :

formule  
de Grübler

$$M = 3 * (N - 1 - j) + \sum_{i=1}^j f_i$$

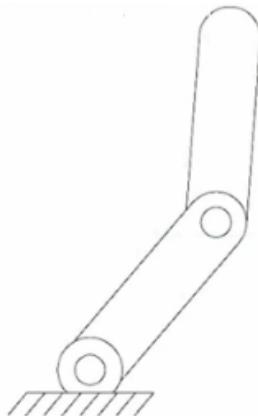


# Caractéristiques d'un robot: les DDL ou DOF

Calcul du nombre de degrés de liberté (M) d'un robot dans le plan et dans l'espace

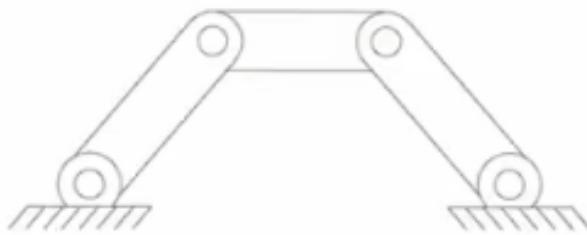
Dans le plan

$$M = 3 * (N - 1 - j) + \sum_{i=1}^j f_i$$



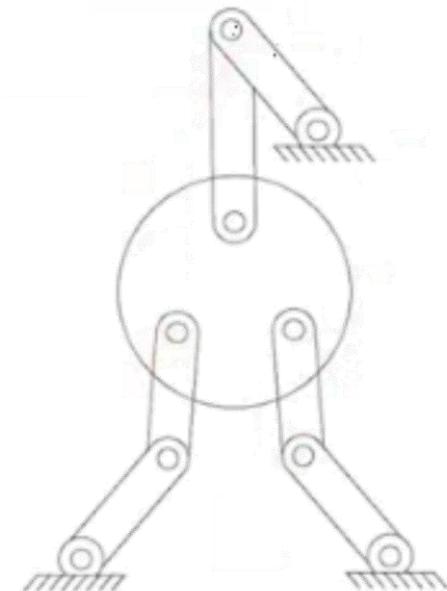
$$N = 3, j = 2 \text{ et } f_i = 1$$

$$\begin{aligned} M &= 3 * (3 - 1 - 2) + 2 \\ &= 2 \text{ degrés de liberté} \end{aligned}$$



$$N = 4, j = 4 \text{ et } f_i = 1$$

$$\begin{aligned} M &= 3 * (4 - 1 - 4) + 4 \\ &= 1 \text{ degré de liberté} \end{aligned}$$



$$N = 8, j = 9 \text{ et } f_i = 1$$

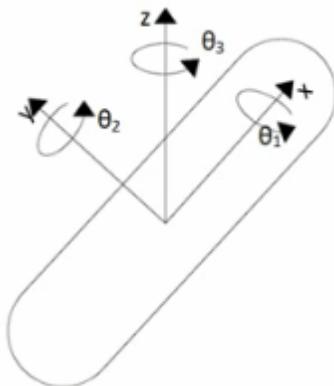
$$\begin{aligned} M &= 3 * (8 - 1 - 9) + 9 * 1 \\ &= 3 \text{ degrés de liberté} \end{aligned}$$

# Caractéristiques d'un robot: les DDL ou DOF

Calcul du nombre de degrés de liberté (M) d'un robot dans le plan et dans l'espace

## Dans l'espace

Dans ce cas-ci, pour un corps rigide dans l'espace, nous avons besoin de 6 coordonnées (au lieu de 3 pour un corps rigide dans le plan). Le corps peut se déplacer selon x, y, z et peut effectuer une rotation selon  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  et  $\theta_3$ .



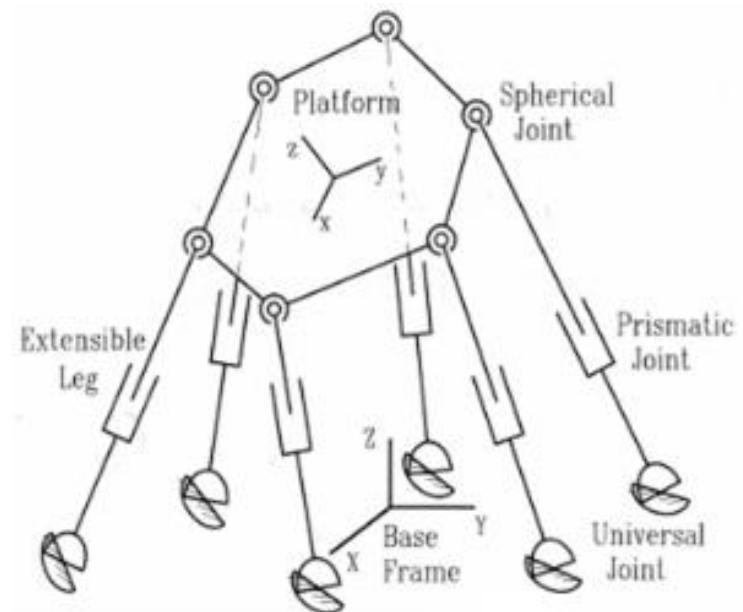
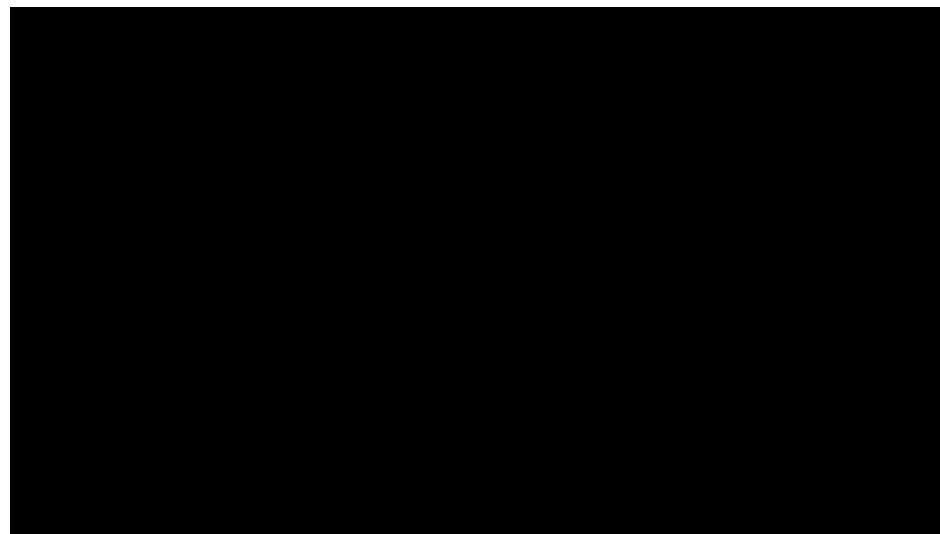
$$M = 6 * (N - 1 - j) + \sum_{i=1}^j f_i$$

# Caractéristiques d'un robot: les DDL ou DOF

Calcul du nombre de degrés de liberté (M) d'un robot dans le plan et dans l'espace

Dans l'espace

Exemple : plateforme de Stewart, qui correspond à 6\*UPS



# Caractéristiques d'un robot: les DDL ou DOF

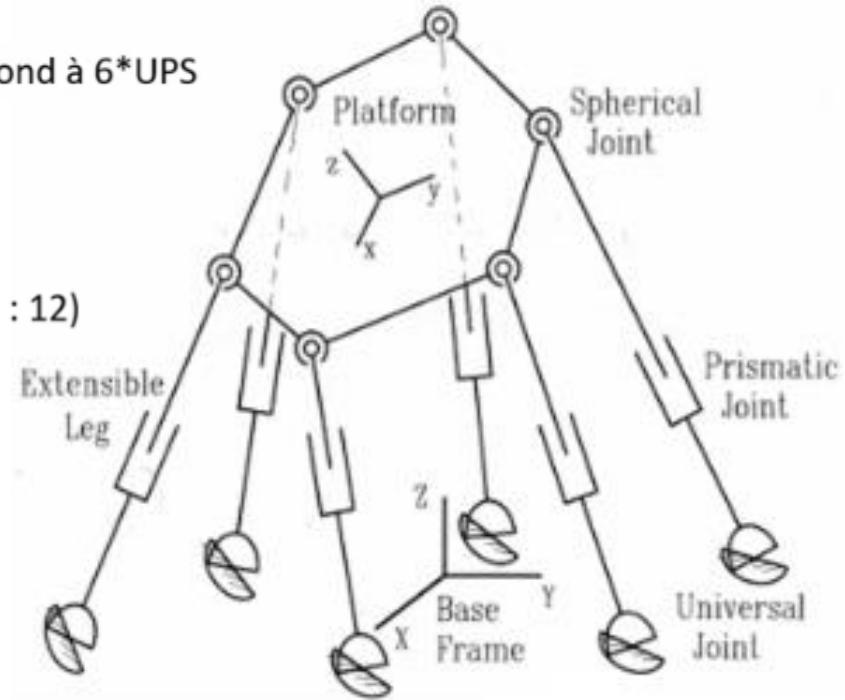
Calcul du nombre de degrés de liberté (M) d'un robot dans le plan et dans l'espace

Dans l'espace

Exemple : plateforme de Stewart, qui correspond à 6\*UPS

$$N = 14, j = 18 \text{ et } \sum_{i=1}^j f_i = 36 \text{ (S : } 3 * 6, P : 6, U : 12)$$

$$M = 6 * (14 - 1 - 18) + 36 = 6 \text{ degrés de liberté}$$



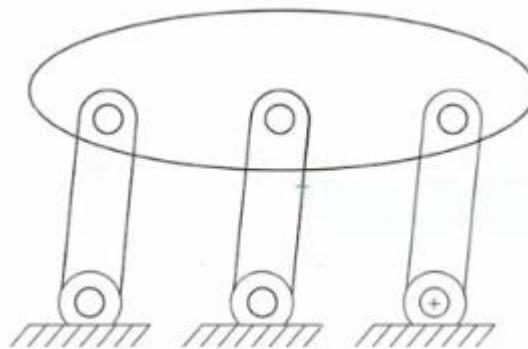
Notons que la formule d'une structure dans l'espace ne fonctionne pas pour une structure dans le plan et vice-versa

# Caractéristiques d'un robot: les DDL ou DOF

Calcul du nombre de degrés de liberté (M) d'un robot dans le plan et dans l'espace

Dans l'espace

Cas spéciaux



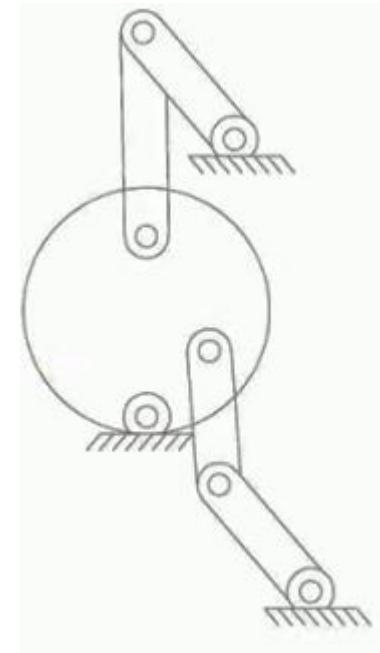
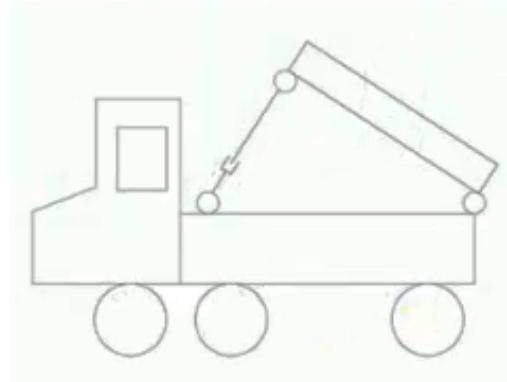
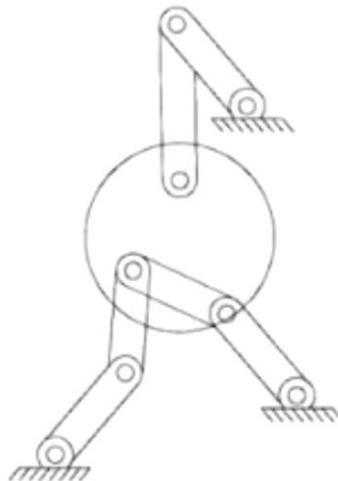
Nous devrions avoir :  $3*(5-1-6)+6 = 0$  DOF.

Or, il n'y en a 1.

# Caractéristiques d'un robot: les DDL ou DOF

Calcul du nombre de degrés de liberté (M) d'un robot dans le plan et dans l'espace

## Exercices



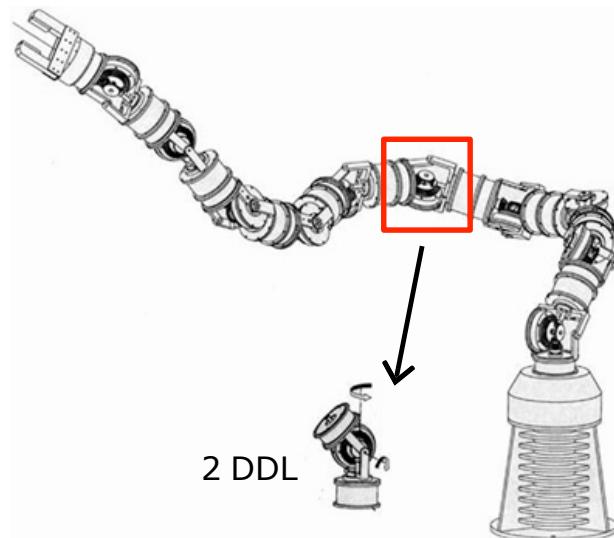
# **Caractéristiques d'un robot: les DDL ou DOF**

Calcul du nombre de degrés de liberté (M) d'un robot dans le plan et dans l'espace

## **Exercices**

# Caractéristiques d'un robot: les DDL

- Les DDL d'un robot doivent être *convenablement* distribués le long de la structure mécanique afin d'en avoir un nombre suffisant pour exécuter une tâche donnée
  - Dans le cas d'une tâche consistant à positionner et orienter *de façon arbitraire* un objet dans l'espace tridimensionnel, **6 DDL** sont nécessaires:
    - **3 DDL** pour le positionnement d'un point de l'objet
    - **3 DDL** pour orienter l'objet par rapport à un repère de référence
  - Si les DDL disponibles sont *plus élevés* que les variables de la tâche, le manipulateur est dit **redondant** du point de vue cinématique

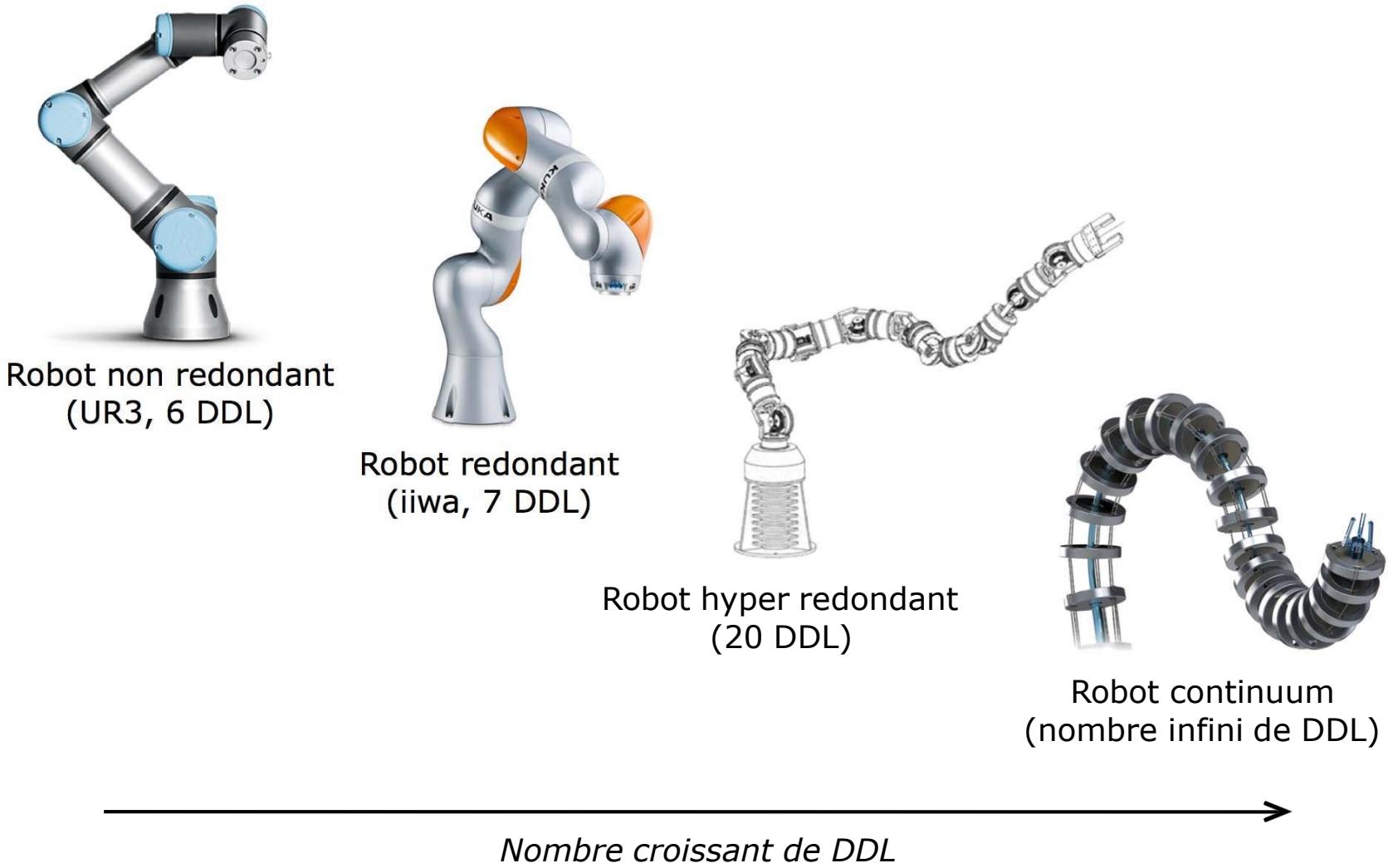


**Exemple** (Georgia Tech, É.-U.):

Manipulateur "hyper redondant"

- 20 DDL
- 10 unités avec 2 DDL

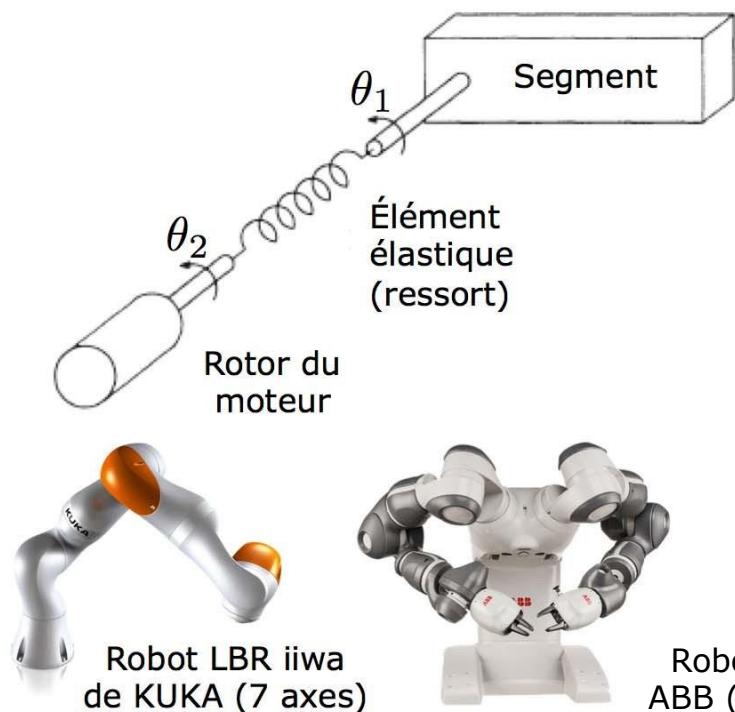
# Caractéristiques d'un robot: les DDL



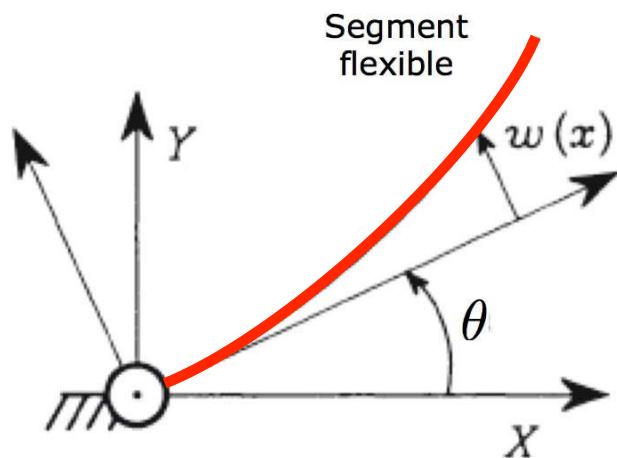
# Les robots flexibles

- Il existe aussi des manipulateurs avec articulations et/ou segments **flexibles** (par ex. pour la robotique coopérative)
- Ils sont plus *coûteux* et plus *difficiles à contrôler* que les robots classiques à articulations et à segments rigides

**Articulation flexible**



**Segment flexible**



## Les cinq types de manipulateur\* les plus utilisés

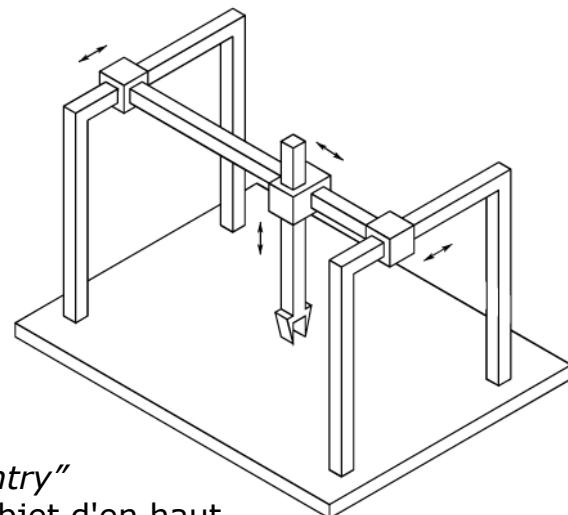
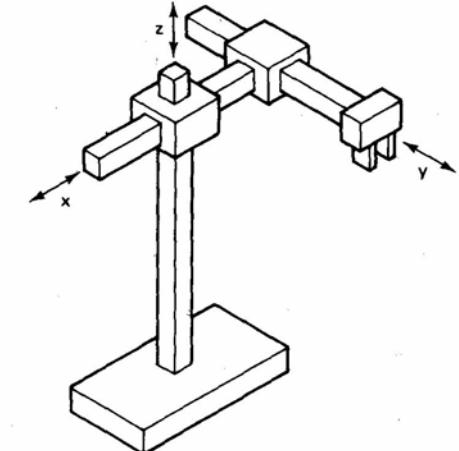
1. Manipulateur cartésien
2. Manipulateur cylindrique
3. Manipulateur sphérique
4. Manipulateur SCARA
5. Manipulateur anthropomorphe

"*Robotics: Modelling, Planning and Control*", B. Siciliano,  
L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo, 2009, chapitre 1

\* **Porteurs:** On appelle les 3 premiers DDL, le **porteur** du robot. Les DDL résiduels forment le **poignet**, caractérisé par des dimensions beaucoup plus petites et une plus faible masse

# 1. Manipulateur cartésien

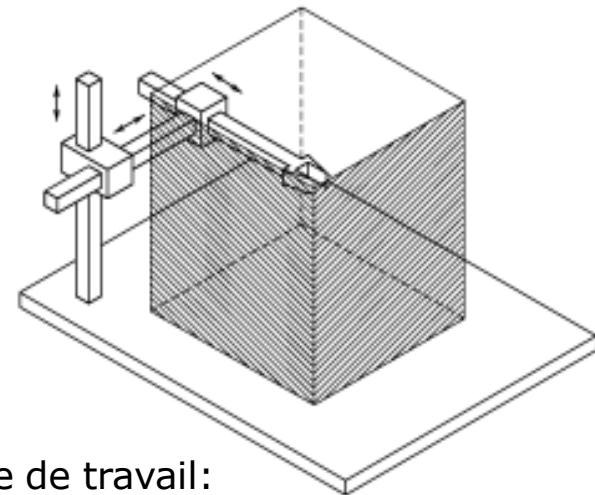
- 3 articulations prismatiques dont les axes sont typiquement mutuellement orthogonaux (PPP); 3 DDL
  - La structure cartésienne offre une *très bonne rigidité* mécanique et une *grande précision*
  - Cependant, la structure présente une *faible dextérité* car toutes les articulations sont prismatiques
  - Utilisation typique: manutention et assemblage
  - Actionneurs: généralement électriques, parfois pneumatiques



Structure de type "Gantry"

- Permet de saisir un objet d'en haut
- Volume de travail augmenté
- Manipulation d'objets plus grands et lourds

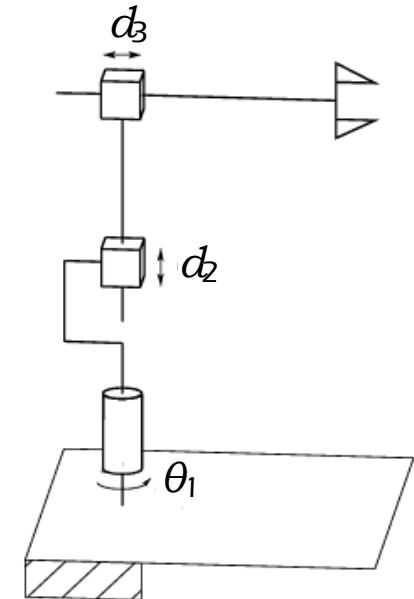
Exemple: robot *Mast* de Comau (charge max. 560 kg)



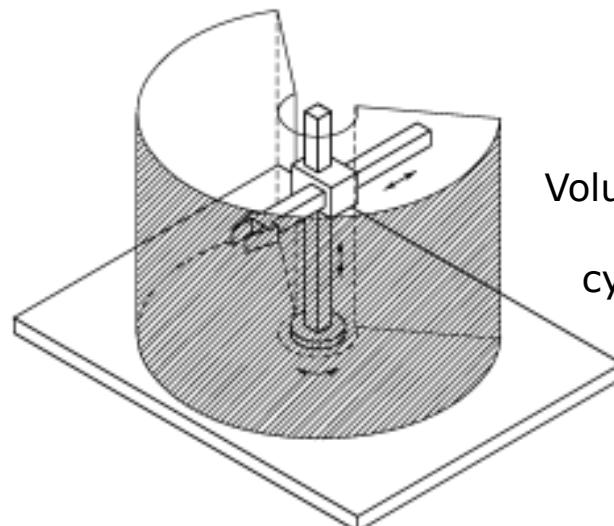
Volume de travail:  
parallélépipède  
rectangulaire

## 2. Manipulateur cylindrique

- La géométrie cylindrique diffère de la géométrie cartésienne en ce que la 1ère articulation prismatique est remplacée par une articulation rotoïde (RPP); 3 DDL
- La structure cylindrique offre une *très bonne rigidité mécanique*
- L'articulation prismatique horizontale permet à l'organe terminal d'accéder à des *cavités horizontales*
  - Utilisation typique: transport d'objets, même de grande taille (dans un tel cas, des moteurs hydrauliques sont préférés aux moteurs électriques)



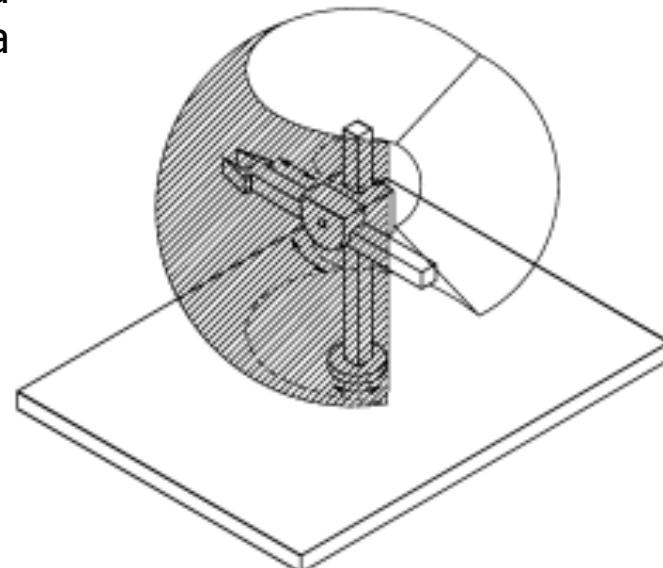
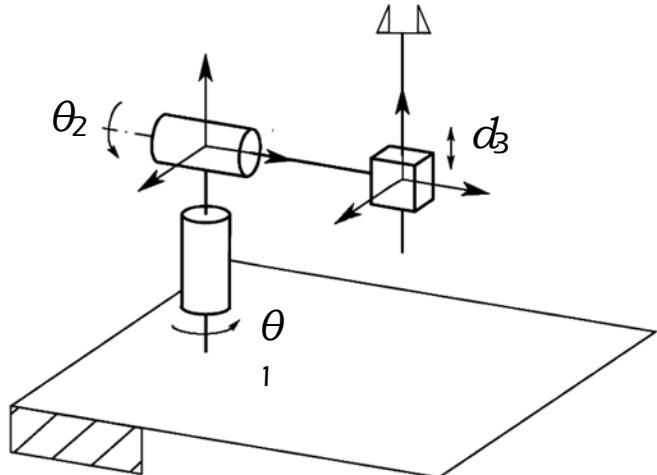
Exemple:  
*PlateCran EX*  
de Hudson  
Robotics



Volume de travail:  
portion de  
cylindre creux

### 3. Manipulateur sphérique

- La géométrie sphérique diffère de la géométrie cylindrique en ce que la 2ème articulation prismatique est remplacée par une articulation rotoïde (RRP); 3 DDL
- La rigidité mécanique est *inférieure* à celle des deux manipulateurs précédentes et la construction mécanique est *plus complexe*
- Le volume de travail peut comprendre la *base de support* du robot, ce qui permet la manipulation d'objets sur le plancher
- Utilisation typique: usinage



## 4. Manipulateur SCARA

SCARA: Selective Compliance Assembly Robot Arm

- Manipulateur sphérique à géométrie "spéciale"
- 2 articulations rotatives et 1 articulation prismatique (RRP): tous les axes sont parallèles; 3 DDL
- *Rigidité élevée pour charges verticales et souplesse aux charges horizontales*
- Bien adapté à des tâches de montage vertical et à la manipulation de petits objets
- *Précis et très rapide* (1<sup>er</sup> modèle: 1981)

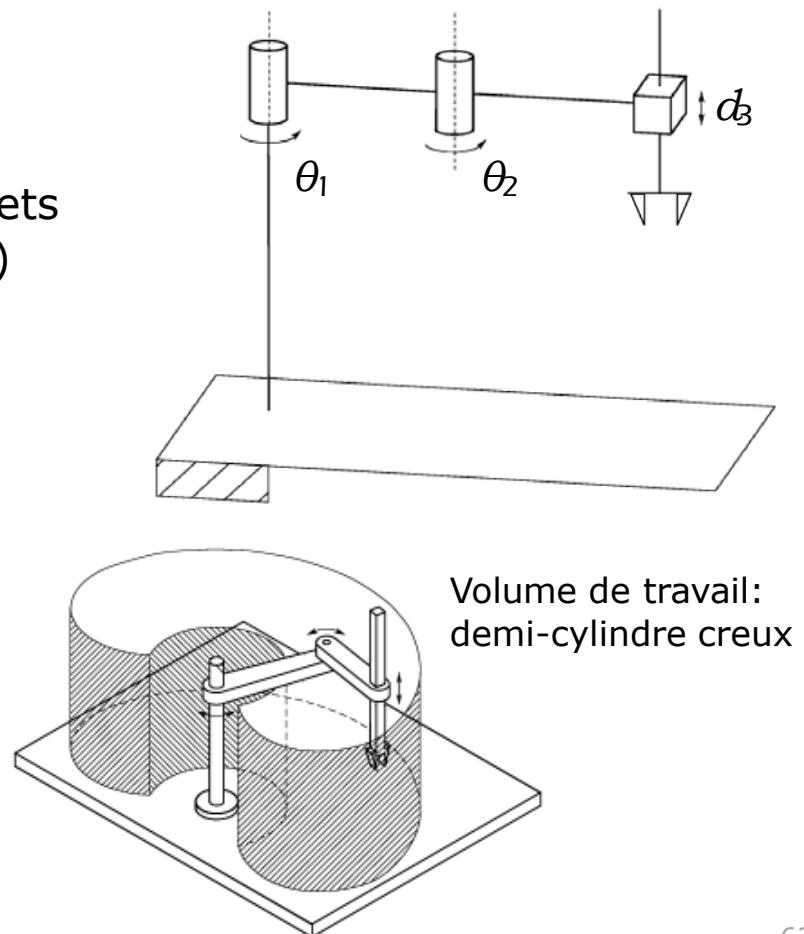
Exemples:



Cobra i600 d'Adept

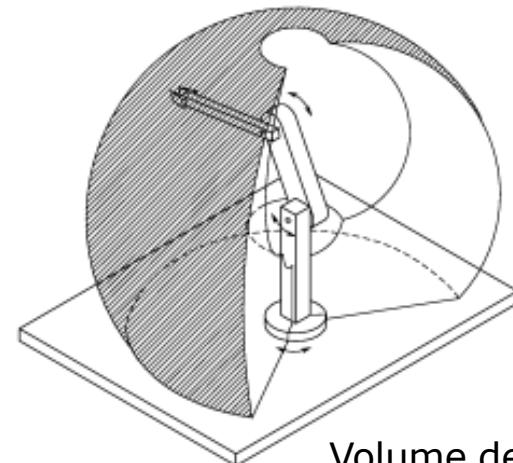
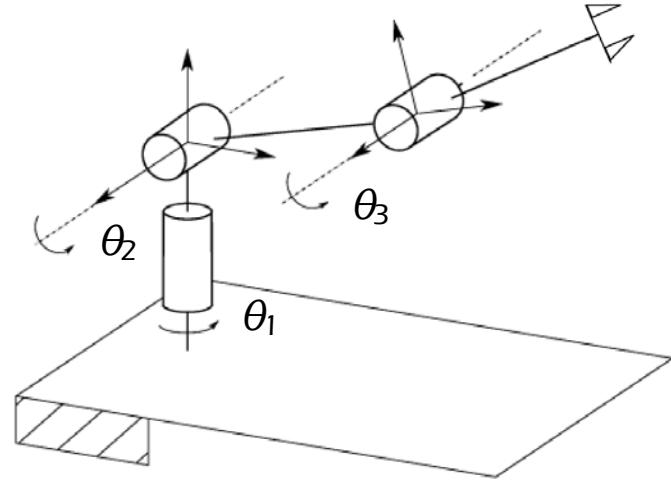


Seiki sc de Sankyo



## 5. Manipulateur anthropomorphe

- 3 articulations rototoïdes (RRR): l'axe de la 1re articulation est orthogonale aux axes des deux autres qui sont parallèles; 3 DDL
- En raison de sa ressemblance avec le bras humain, la 2e articulation est appelée *l'articulation de l'épaule* et la 3e, *l'articulation du coude* puisqu'elle relie le bras avec l'avant-bras
- Manipulateur le *plus agile* car toutes les articulations sont rototoïdes
- *Grand volume de travail* par rapport à l'encombrement du robot
  - Large gamme d'applications industrielles



Volume de travail:  
portion de sphère



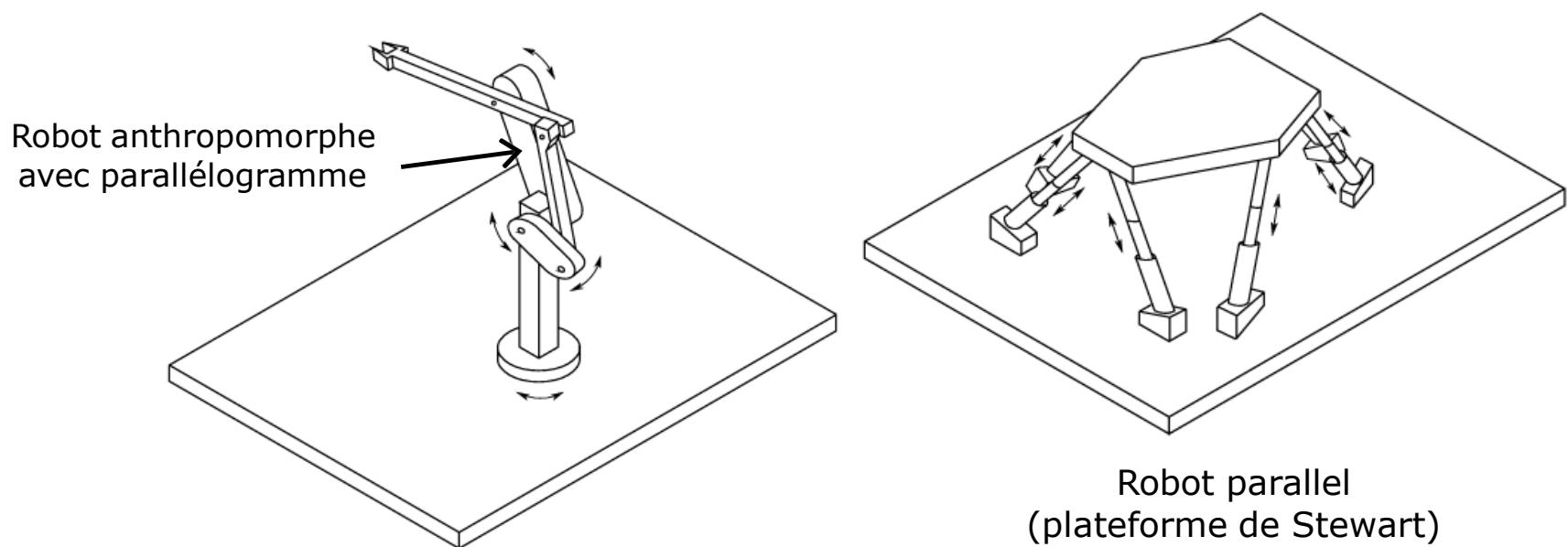
Lesics

## Types de manipulateur et leur diffusion

Selon le rapport de l'*International Federation of Robotics* (IFR), les robots manipulateurs installés dans le monde en 2005 avaient:

- 59% une géométrie anthropomorphe
  - 20% une géométrie cartésienne
  - 12% une géométrie cylindrique
  - 8% une géométrie SCARA
- 

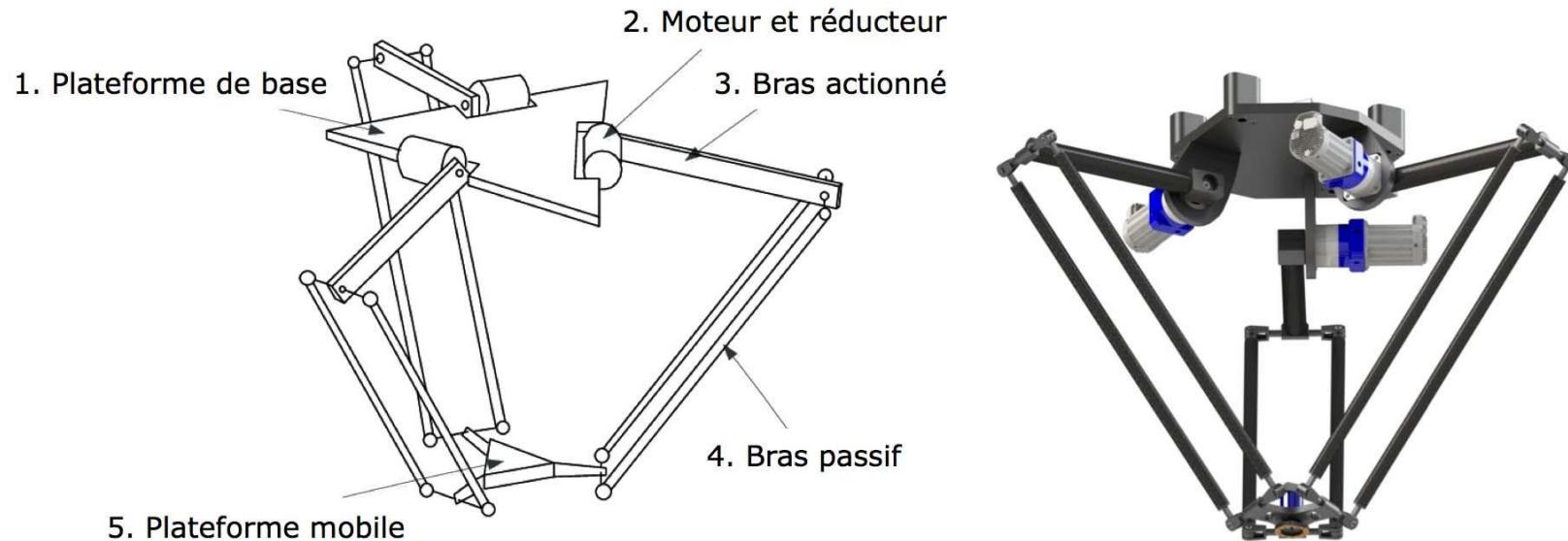
- Les cinq types de manipulateur présentés ci-dessus sont à *chaîne cinématique ouverte*
- Chaque fois que une charge utile plus importante est demandée, la structure mécanique nécessitera d'une **plus grande rigidité** pour maintenir une précision de positionnement comparable
  - Dans un tel cas, le recours à une *chaîne cinématique fermée* est conseillé



- Pour une *structure anthropomorphe*, on peut adopter la **géométrie du parallélogramme** entre l'épaule et le coude, de façon à créer une chaîne cinématique fermée
- Une géométrie à chaîne fermée intéressante, est la **géométrie parallèle** qui utilise plusieurs chaînes cinématiques reliant la base à l'organe terminal
  - *Grand avantage:* rigidité structurelle élevée par rapport aux manipulateurs à chaîne ouverte.
  - Possibilité d'obtenir une *grande vitesse opérationnelle*
  - *Inconvénient:* volume de travail réduit



# Robot delta



- Le robot delta est un robot ayant un bras de manipulation formé de 3 parallélogrammes, ce qui, vu sa légèreté, lui permet d'être rapide et de garder sa charge dans la même orientation (grâce aux joints de Cardan). C'est différent de la plateforme de Stewart où l'orientation de l'effecteur peut être contrôlée
- Il fait partie de la famille des *robots parallèles* (parfois appelés hexapodes)
- Léger, précis et rapide (jusqu'à 300 cycles/min pour des opérations de Pick & Place): certains modèles travaillent avec des accélérations de 50 g