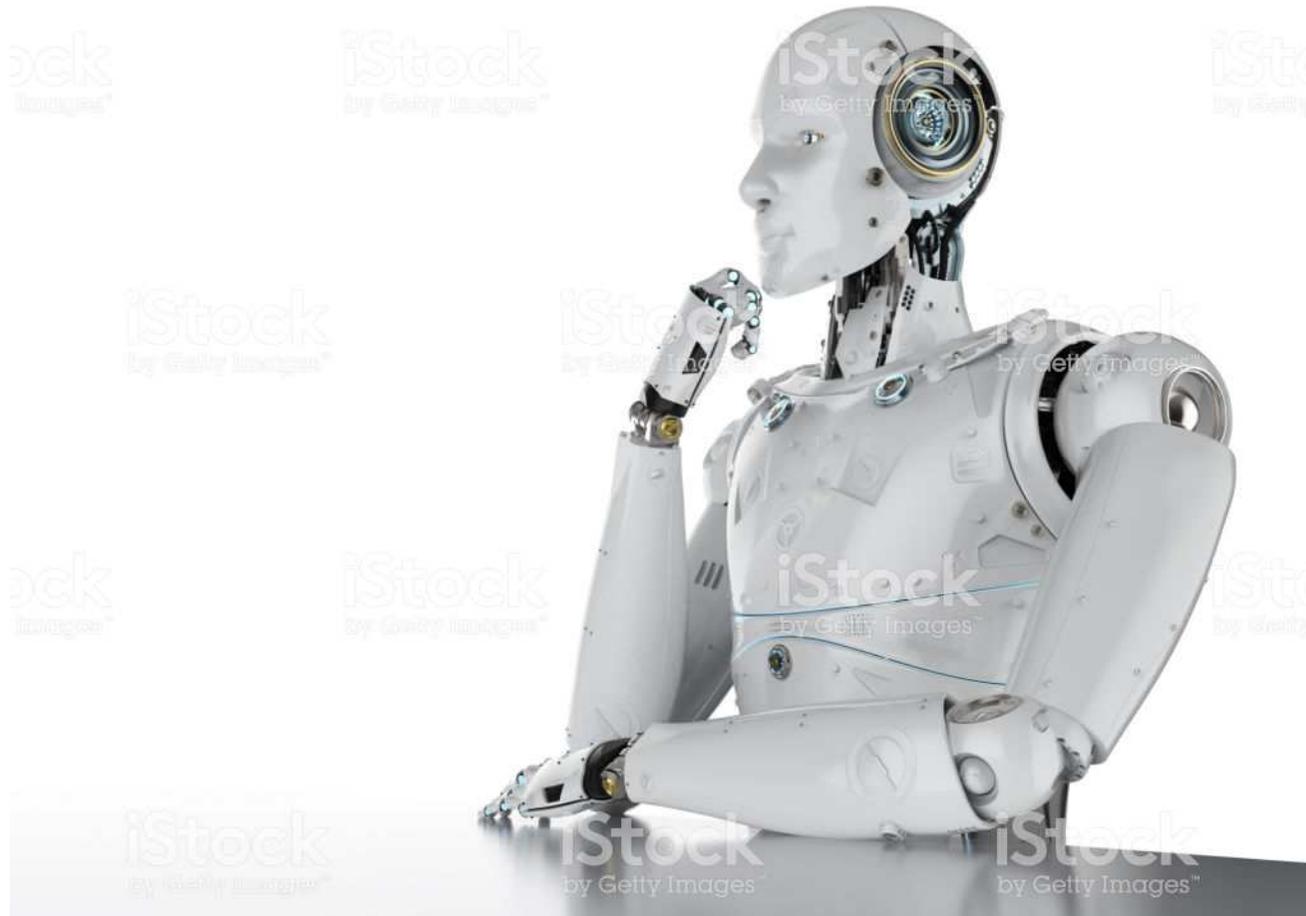


# Introduction, définitions et généralités



# Etymologie et Historique

---

## Etymologie du mot « Robot »

Du tchèque « Robota » qui signifie « travail » (de force).

Le mot « robot » apparaît pour la première fois en 1921 dans la pièce de théâtre de science-fiction R.U.R. (Rossum's Universal Robots) de Karel Čapek (1890-1938).

Ce mot aurait été inventé par son frère Josef et signifie "travail forcé, tâche pénible, servitude".

La pièce R.U.R. décrit la révolte des robots!



## Historique au XXème siècle : de la science fiction aux robots

- 1816 Mary Shelley, le docteur Frankenstein
- 1921 Karel Capek invente le mot « Robot »
- 1926 Fritz Lang, Metropolis, une vision avant-gardiste des robots de production
- 1941 Isaac Asimov, invente le terme « Robotique » et prédit l'essor de la robotique industrielle. Il recadre les robots en tant que machine servant l'homme et non-dangereuse.
- 1947 premier manipulateur Électrique télé-opéré.
- 1954 premier robot programmable.
- 1961 apparition d'un robot sur une chaîne de montage de General Motors.
- 1961 premier robot avec contrôle en effort.
- 1963 utilisation de la vision pour commander un robot.



# Les lois de la robotique

---

## Les lois de la robotique (selon Asimov)

Isaac Asimov (Ecrivain russe, 1920-1992) a donné le nom de robotique au domaine d'étude des robots et fournit une première éthique aux roboticiens au travers de 3 lois:

### **1ère loi:**

- Un robot ne peut porter atteinte à un être humain, ni en restant inactif laisser cet être humain exposé au danger. Un robot ne doit pas nuire à l'existence humaine.

### **2ème loi:**

- Un robot doit obéir aux ordres donnés par les êtres humains, sauf si de tels ordres sont en contradiction avec la première Loi.

### **3ème loi:**

- Un robot doit protéger sa propre existence dans la mesure où cette protection n'est pas en contradiction avec la première ou la Deuxième loi de la robotique.



# Définitions

---

## Les différentes définitions des robots industriels :

### **Définition générale :**

- Un robot est un système mécanique poly-articulé, mu par des actionneurs et commandé par un ordinateur, qui est destiné à effectuer une grande variété de tâches.

### **Selon la JIRA** (Association Japonaise de Robotique Industrielle):

- Un système capable d'accomplir des tâches, en tout ou en partie, habituellement dévolues aux humains.

### **Selon la RIA** (Robot Institute of America):

- Un manipulateur reprogrammable multifonctionnel conçu pour déplacer des matériaux, des pièces, des outils ou des composantes spécialisées, au moyen d'une série de mouvements programmés pour effectuer une tâche précise.

### **Selon l'ISO** (International Standard Organization):

- Une machine formée par un mécanisme incluant plusieurs degrés de liberté, ayant souvent l'apparence d'un ou plusieurs bras se terminant par un poignet capable de tenir des outils, des pièces ou un dispositif d'inspection.

### **Selon l'AFRI** (Association française de robotique industrielle)

- Machine formée de divers mécanismes comportant divers degrés de liberté ayant souvent l'apparence d'un ou plusieurs bras se terminant par un poignet capable de maintenir un outil, une pièce ou un instrument de contrôle.
- Son unité de contrôle doit contenir une unité de mémorisation. Il peut parfois utiliser des accessoires sensitifs et adaptables qui tiennent compte de l'environnement et des circonstances.
- Ces machines, ayant un rôle pluridisciplinaire, sont généralement conçues pour effectuer des fonctions répétitives, mais qui sont adaptables à d'autres fonctions.

# Définitions

---

## Définition d'un robot industriel selon l'AFNOR (Association française de normalisation) :

« Manipulateur commandé en position, reprogrammable, polyvalent, à plusieurs degrés de liberté, capable de manipuler des matériaux, des pièces, des outils et des dispositifs spécialisés, au cours de mouvements variables et programmés pour l'exécution d'une variété de tâches. Il a souvent l'apparence d'un ou plusieurs bras se terminant par un poignet. Son unité de commande utilise, notamment, un dispositif de mémoire et éventuellement de perception et d'adaptation à l'environnement et aux circonstances. Ces machines polyvalentes sont généralement étudiées pour effectuer la même fonction de façon cyclique et peuvent être adaptées à d'autres fonctions sans modification permanente du matériel. »

## Domaines d'expertises de la robotique:

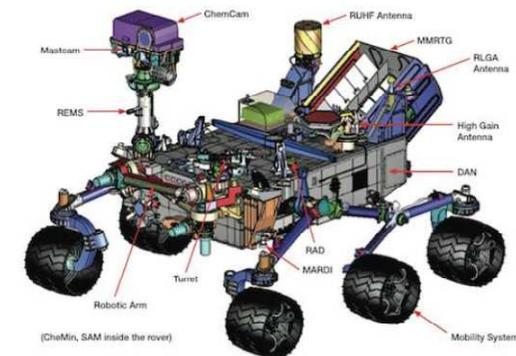
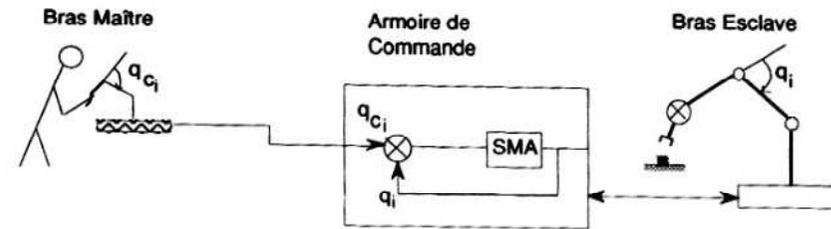
La robotique est une science pluridisciplinaire qui implique les domaines suivants :

- Mécanique,
- Mécatronique,
- Automatique,
- Informatique,
- Intelligence artificielle,
- Mathématique appliquée,
- Ergonomie,
- Psychologie,
- Etc...

# Classification des robots

## Classification des robots (AFRI)

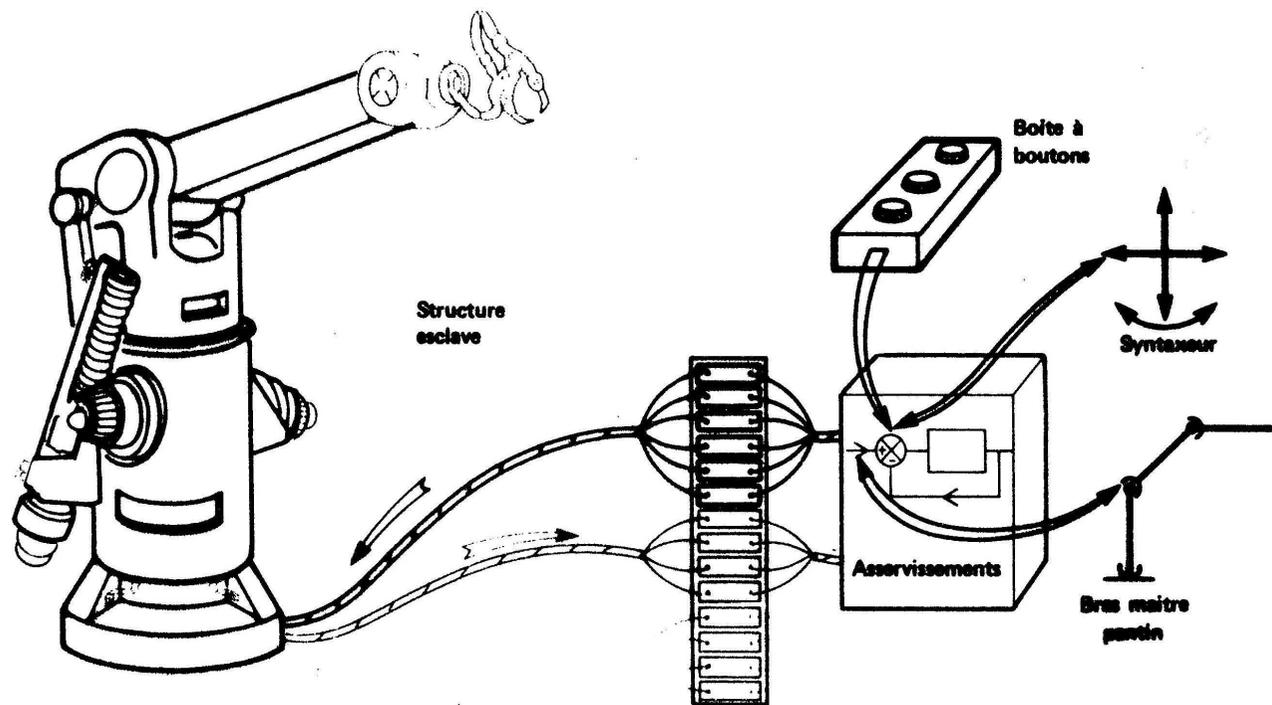
- **Classe A** : Télém manipulateurs (maître-esclave)
- **Classe B** : Manipulateurs à cycle préréglé
  - avec séquences fixes : Exécute les manœuvres étape par étape selon une séquence, une position et des conditions programmées (non paramétrable).
  - avec séquences variables (ex. machines à commandes numériques): Exécute les manœuvres étape par étape selon une séquence, une position et des conditions programmées et dont la modification des paramètres est prévue.
- **Classe C** : Robots programmables (1ère génération)
- **Classe D** : Robots « intelligents »
  - Sans faculté d'adaptation vis-à-vis de l'environnement (2ème génération)
  - Adaptatif vis-à-vis de l'environnement, doté d'une IA (3ème génération).



Curiosity Mars Rover

# Classification des robots

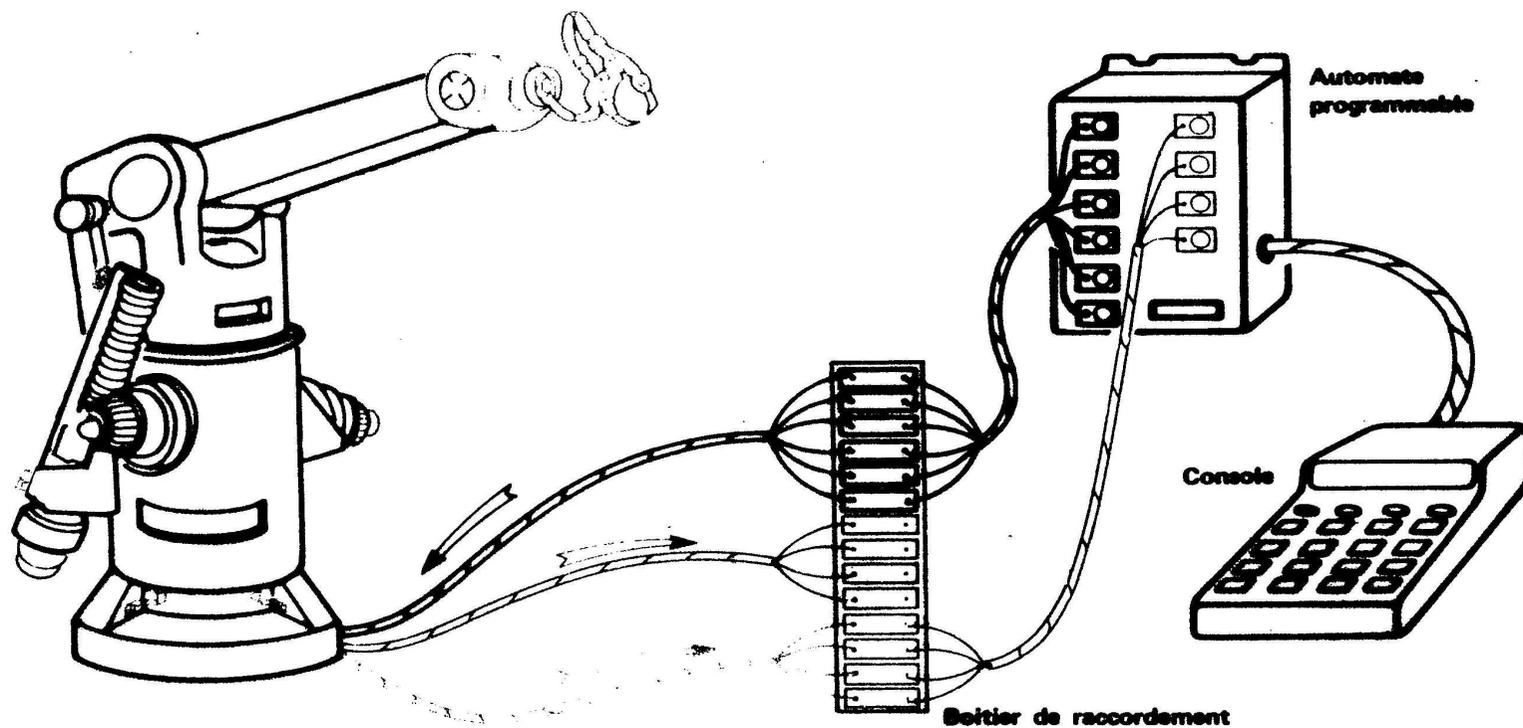
## Classe A : Télém manipulateurs (maître-esclave)



## TELEMANIPULATEUR

# Classification des robots

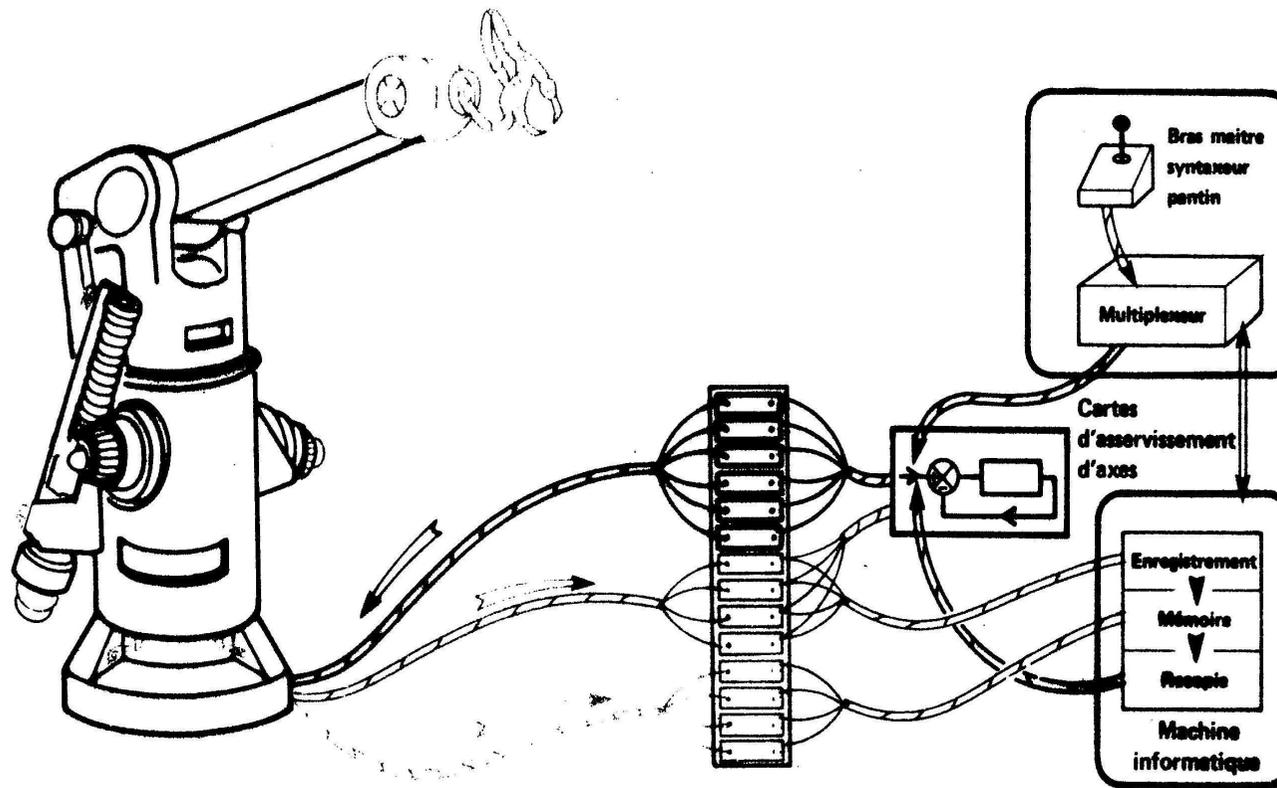
Classe B : Manipulateurs à cycle pré-réglé



**manipulateur "tout ou rien"  
ou robot "pick and place"**

# Classification des robots

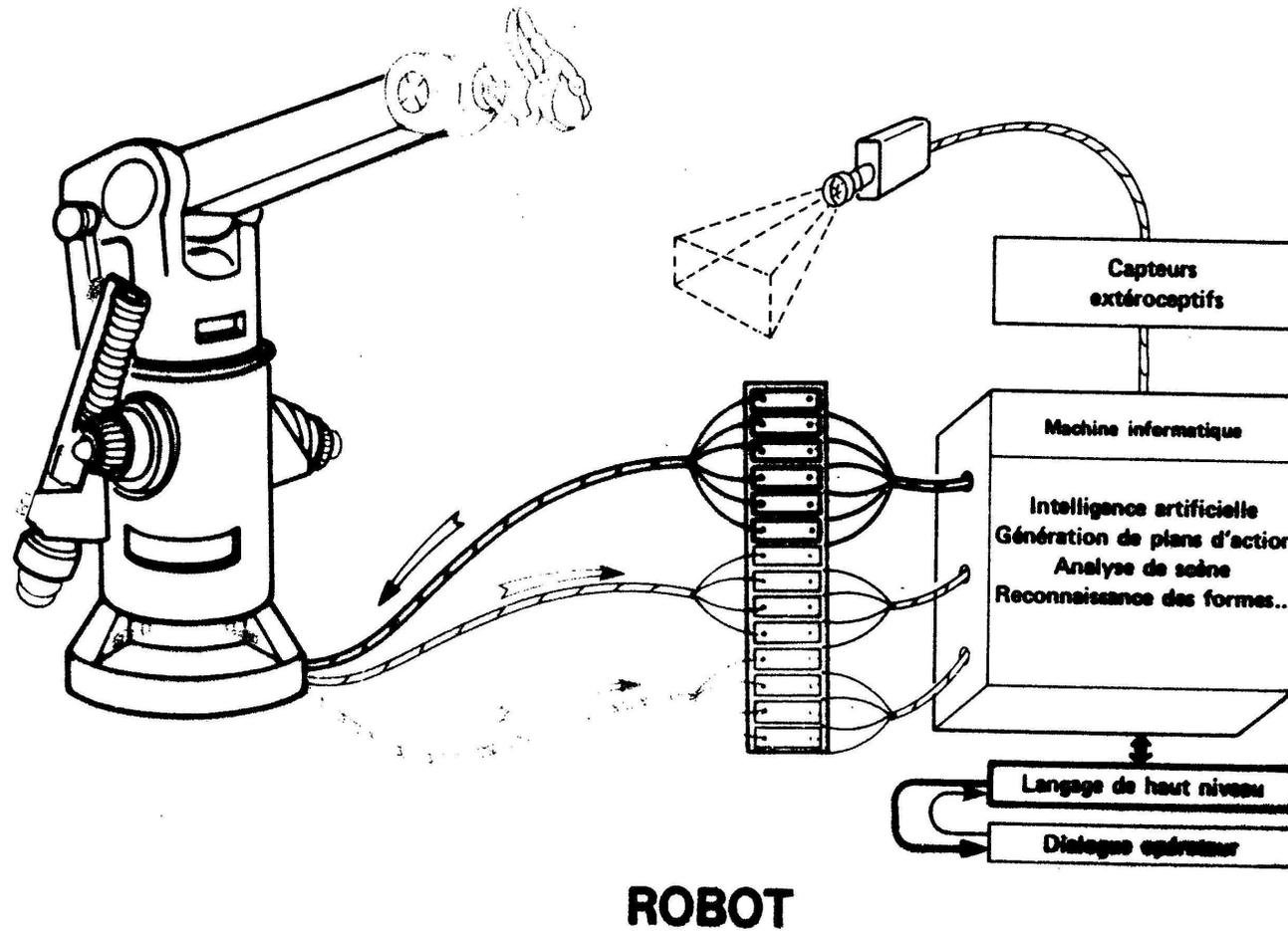
Classe C : Robots programmables (1ère génération)



**AUTOMATE INDUSTRIEL  
ou ROBOT "PLAY BACK"**

# Classification des robots

## Classe D : Robots « intelligents »





# Domaines d'application

---

## Chaîne de production (industrie)



Chaîne de production (ABB)



Manipulateur fonderie (ABB)



Manipulateur rapide (ABB)

# Domaines d'application

---

## Environnements hostiles (nucléaire)



Figure: Robot décontamineur

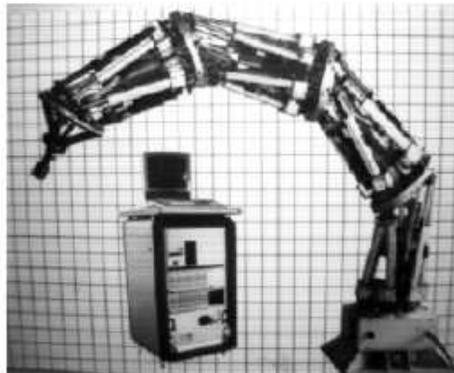


Figure: Robot adapté au milieu



Figure: Téléopération

# Domaines d'application

---

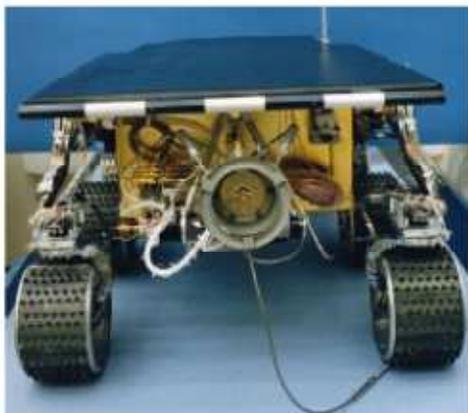
## Environnements hostiles (exploration spatiale)



Spirit, NASA, 2003 sur Mars



Canadarm 1 et 2



# Domaines d'application

---

Environnements hostiles (services ou exploration sous-marine)



Observer 3.1 (-150m)



Vortex, nettoyeur de piscine



Ulisse

# Domaines d'application

---

## Agriculture



Tracteur autonome



Récolte de concombre



Robot pour planter les melons

# Domaines d'application

---

## Militaire, sécurité



Robot reconnaissance Irak 2003



Drone Predator General atomics



Demineur

# Domaines d'application

---

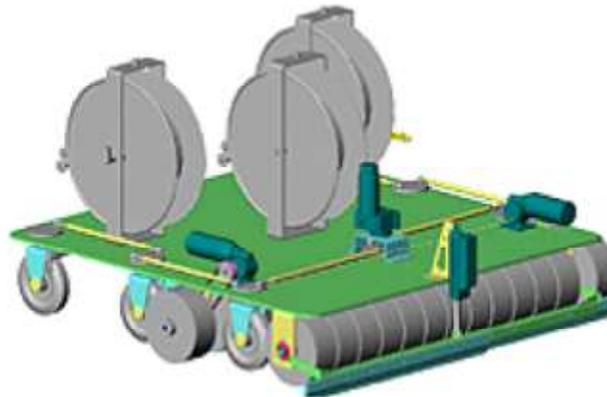
## Services



Aspirateur



CyCab



Laveur de vitres (C. Pompidou) - Robosoft

# Domaines d'application

---

## Loisirs



Aibo, Sony



Robot Cup



Robotique selon Lego

# Domaines d'application

---

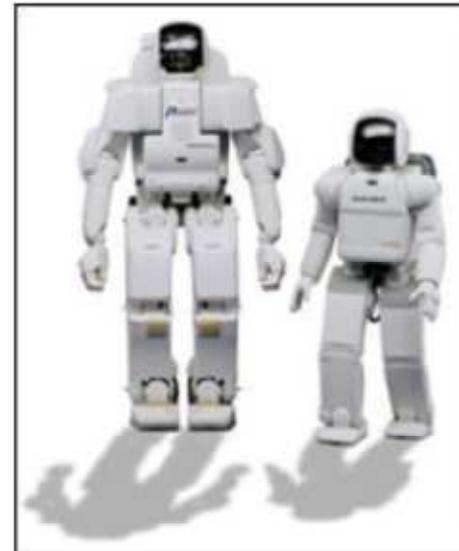
## Humanoïdes



Robot visage



Expression du visage



P3 et Asimo, Honda

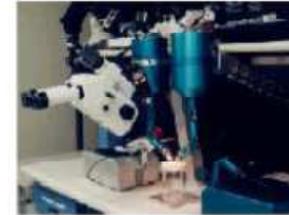
# Domaines d'application

---

## Industries médicales



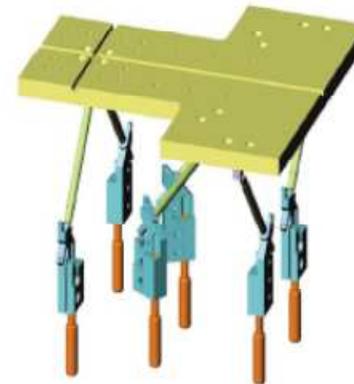
Manipulateur hospitalié



Manipulateur pharmaceutique



Manipulateur pharmaceutique



Mélangeur pharmaceutique

# Domaines d'application

---

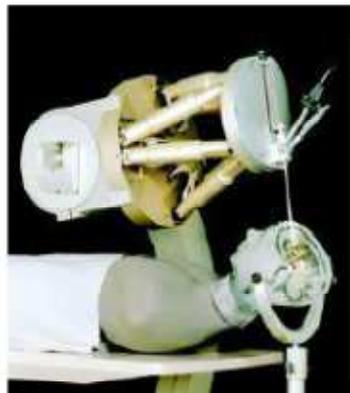
## Chirurgie



da Vinci



Endoscope MIPS, Inria



Physik Instrumente



Simulation, Chir, Inria

# Domaines d'application

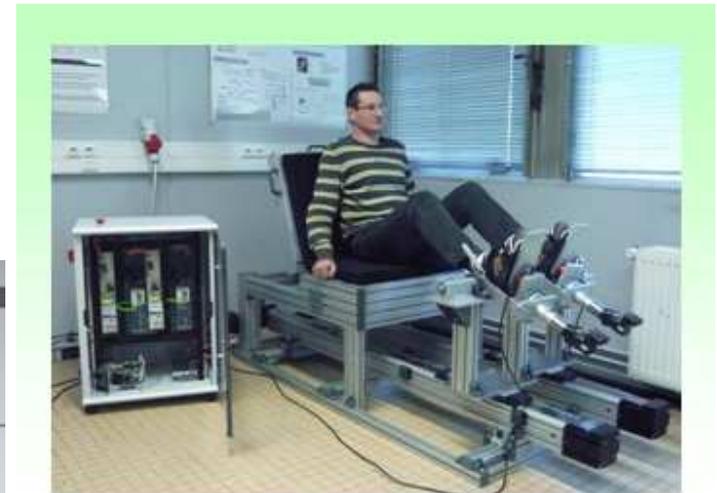
## Rééducation / restauration du mouvement



Lokomat



Powerfoot (Prof Hugh Herr, MIT)

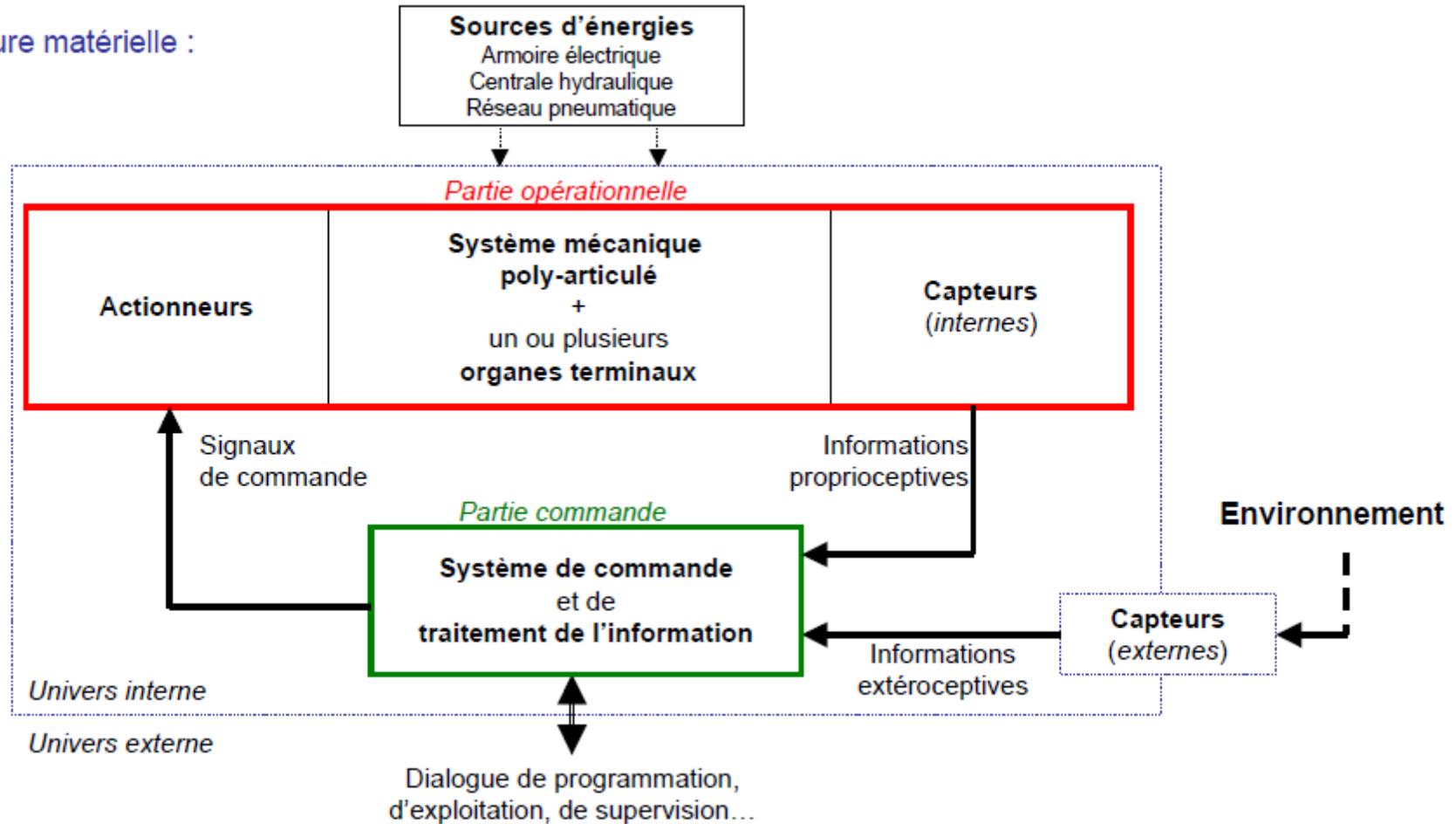


Sys-réeduc

13

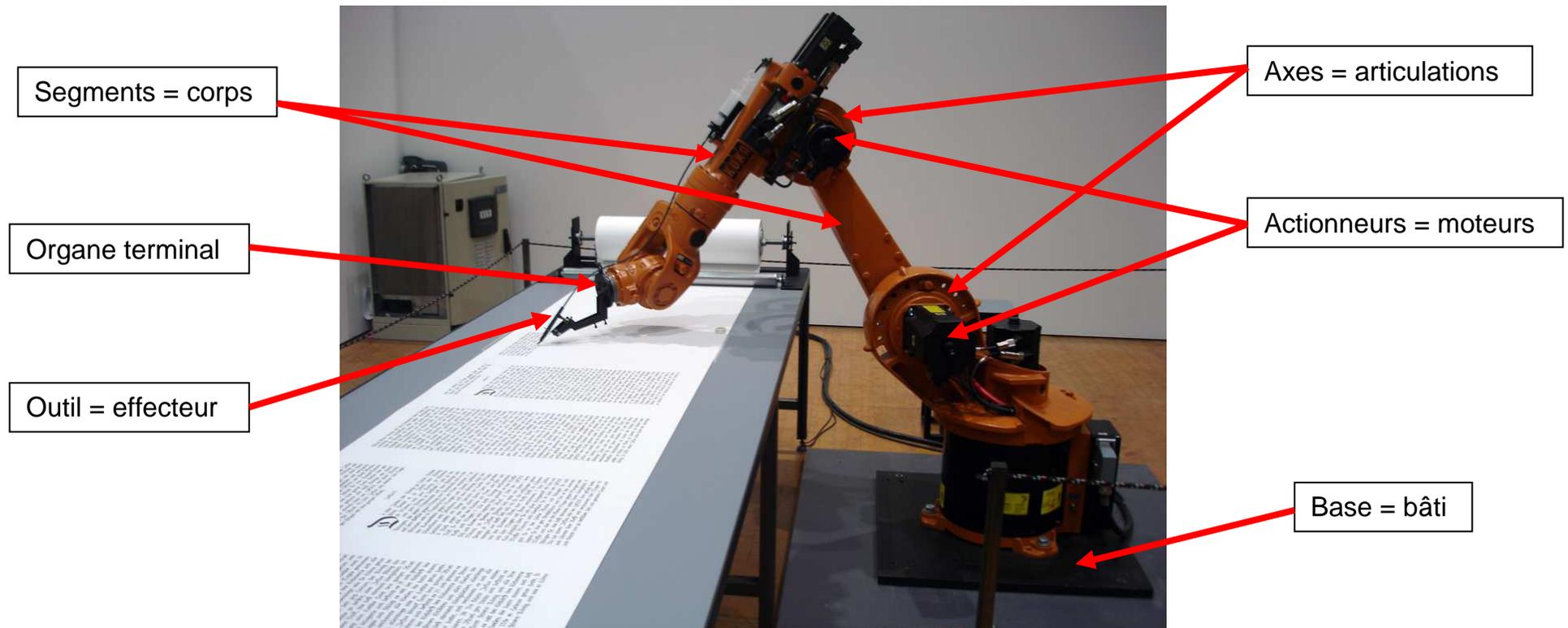
# Structure des robots industriels

Architecture matérielle :



# Structure des robots industriels

## Éléments terminologiques de la partie opérative des robots industriels



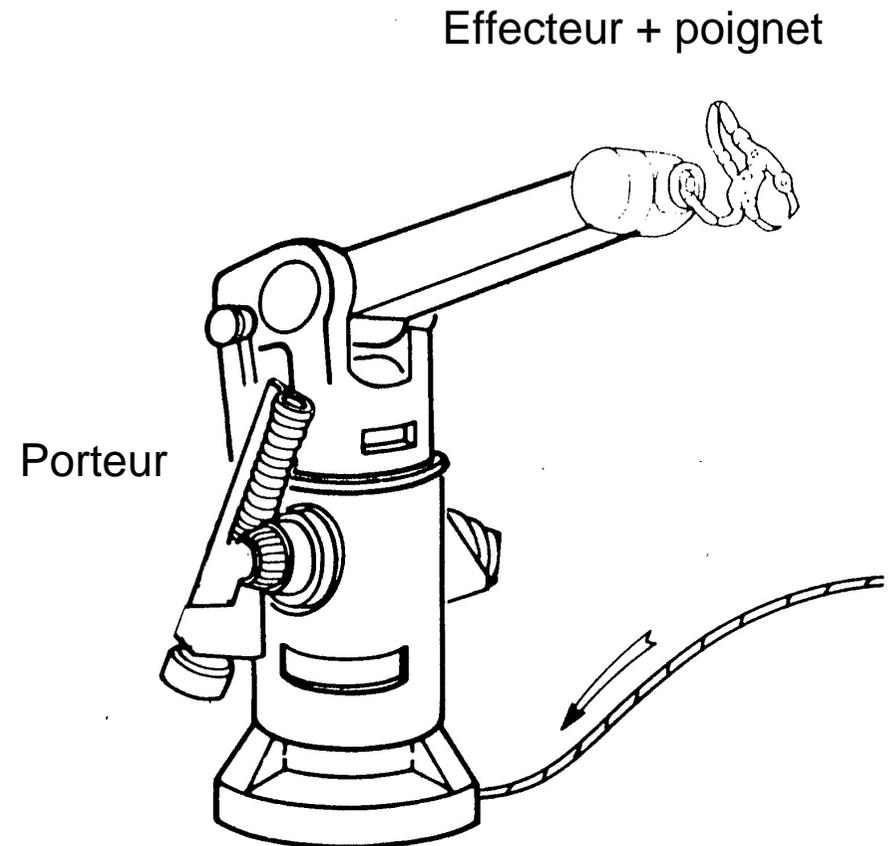
De manière générale, on distingue le système mécanique poly-articulé « **porteur** » de l'**organe terminal** (effecteur + poignet, interchangeables)

# Représentation symbolique des robots industriels

---

## Manipuler :

**Manipuler** consiste à **positionner** et **orienter** l'organe terminal dans l'espace opérationnel.



# Représentation symbolique des robots industriels

---

## Systemes mécaniques poly-articulé :

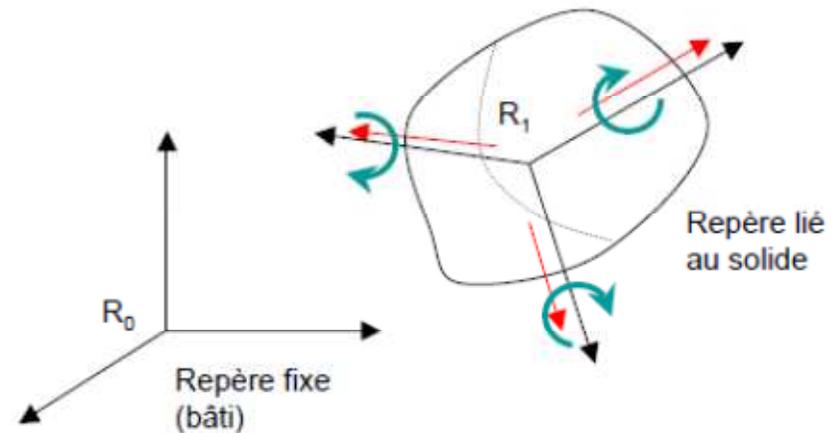
Un système mécanique poly-articulé est un **ensemble de corps rigides** (Solides, segments) **interconnectés** entre eux par des **liaisons mécaniques** (articulations) **contraignant leurs mouvements**.

## Mouvements d'un corps rigide libre dans l'espace :

Lorsqu'un **corps solide est libre** de tout mouvement dans l'espace, ses mouvements peuvent être décrits selon **6 mouvements élémentaires** appelés **degrés de liberté (DDL)**:

- **Trois translations**
- **Trois rotations**

Un solide possède donc au **maximum 6 DDL** et ce nombre décroît à mesure que le mouvement est **contraint par des articulations** le liant à d'autres solides.



# Représentation symbolique des robots industriels

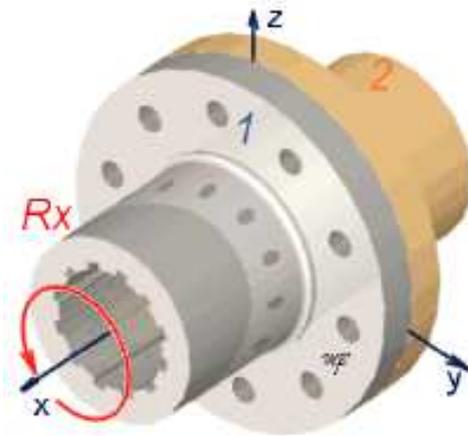
## Liaison entre deux solides :

Une liaison entre deux solides est une relation de **contact** entre deux solides.

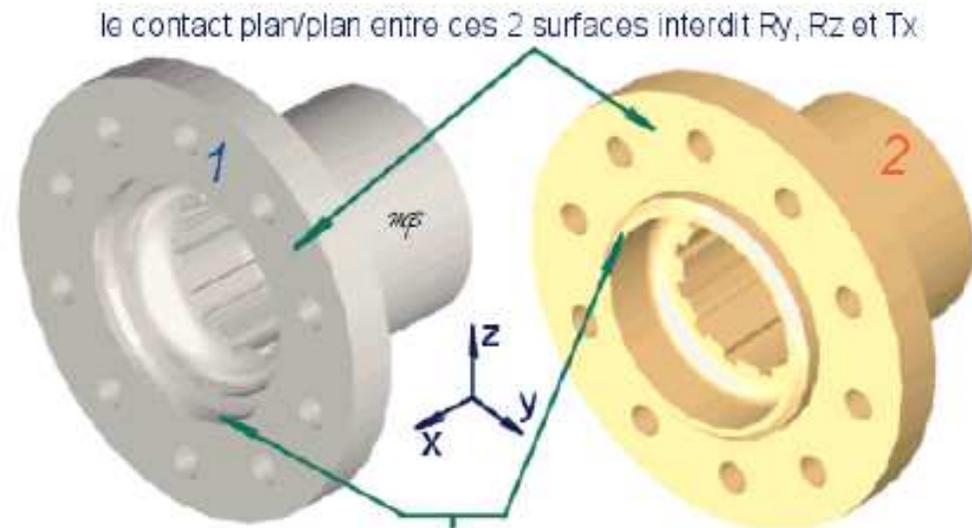
- **Degrés de liberté d'une liaison** = nombre de déplacements élémentaires indépendants autorisés par cette liaison.
- **Classe d'une liaison** = nombre de déplacements élémentaires interdits.

**Remarque:** la somme des degrés de liberté et de la classe de la liaison est toujours égale à 6.

## Exemple :



1 ddl,  $R_x$

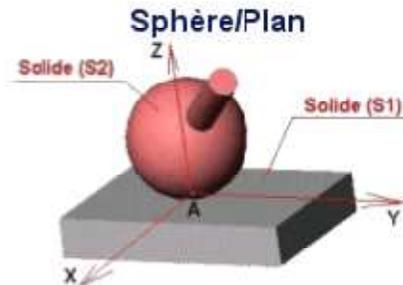


le contact court cylindre/cylindre entre ces 2 surfaces interdit  $T_y, T_z$

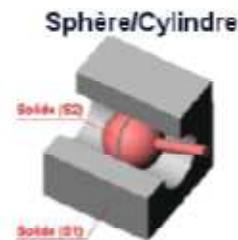
## Décomposition des contacts

# Représentation symbolique des robots industriels

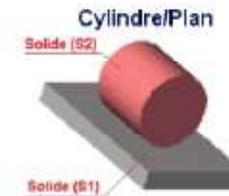
Les différents types de contacts :



contact ponctuel

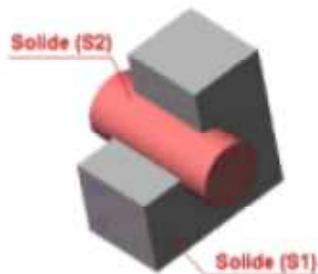


contact linéique



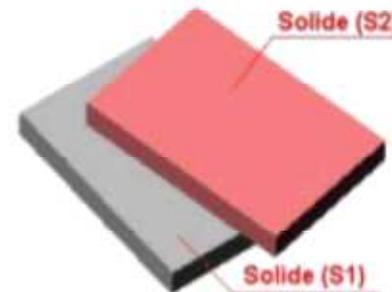
contact linéique

Cylindre/Cylindre



contact surfacique

Plan/Plan

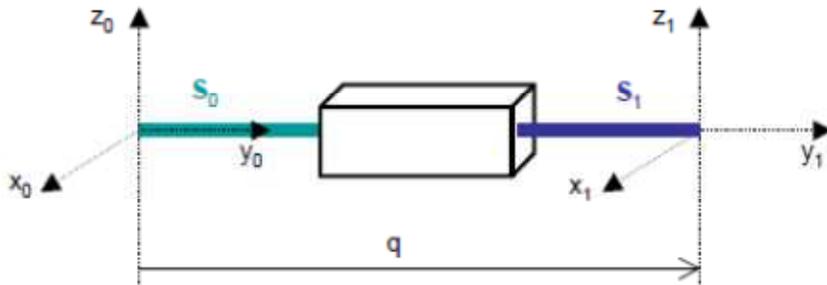


contact surfacique

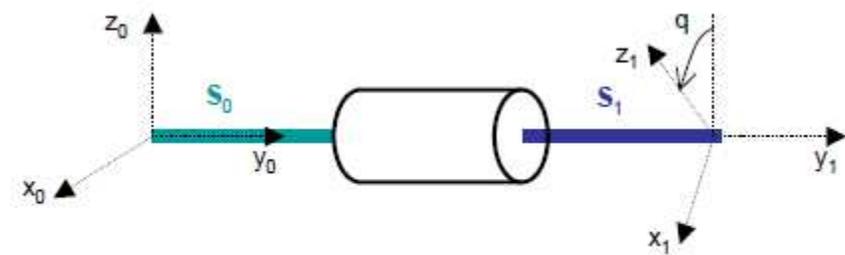
# Représentation symbolique des robots industriels

## Liaisons élémentaires utilisées en robotique :

L'ensemble des liaisons usuelles décrites précédemment peuvent être vues comme la combinaison d'une ou plusieurs liaisons élémentaires (ayant chacune 1 DDL) **prismatiques** ou **rotoïdes**.



**Liaison prismatique**, notée **P**  
(Glissière)  
1 DDL en translation  $T_y$   
Valeur articulaire:  $q$ =longueur [m]



**Liaison rotoïde**, notée **R**  
(Pivot)  
1 DDL en rotation  $R_y$   
Valeur articulaire:  $q$ =angle [rad ou °]

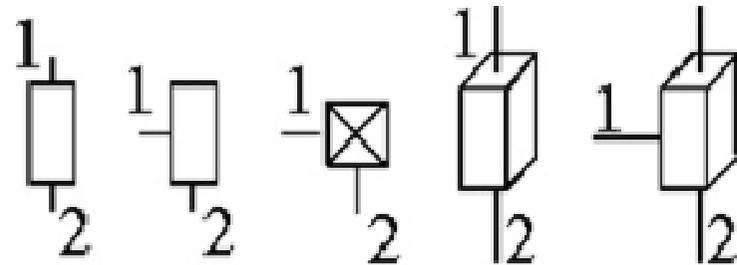
Ainsi, pour modéliser une **articulation de DDL  $\geq 2$** , nous nous ramenons à une **succession** de liaisons **P** ou **R**

# Représentation symbolique des robots industriels

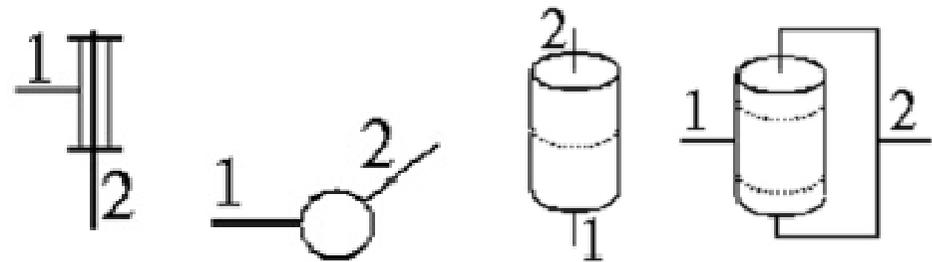
---

## Autres symbolisation des liaisons prismatiques et rotoïdes

Liaison prismatique



Liaison rotoïde

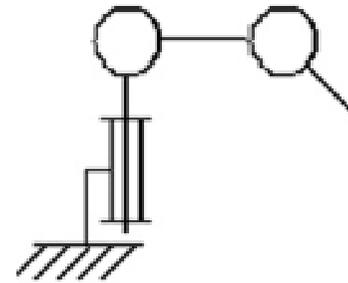


# Représentation symbolique des robots industriels

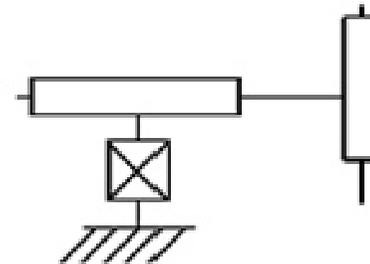
---

## Exemples de schématisation symbolique de robots

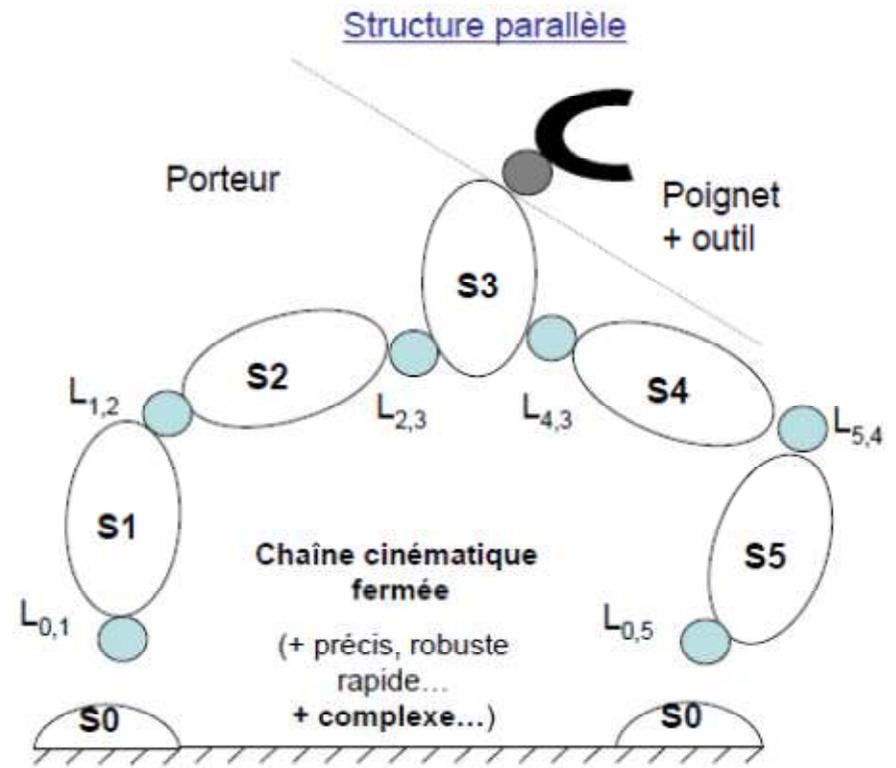
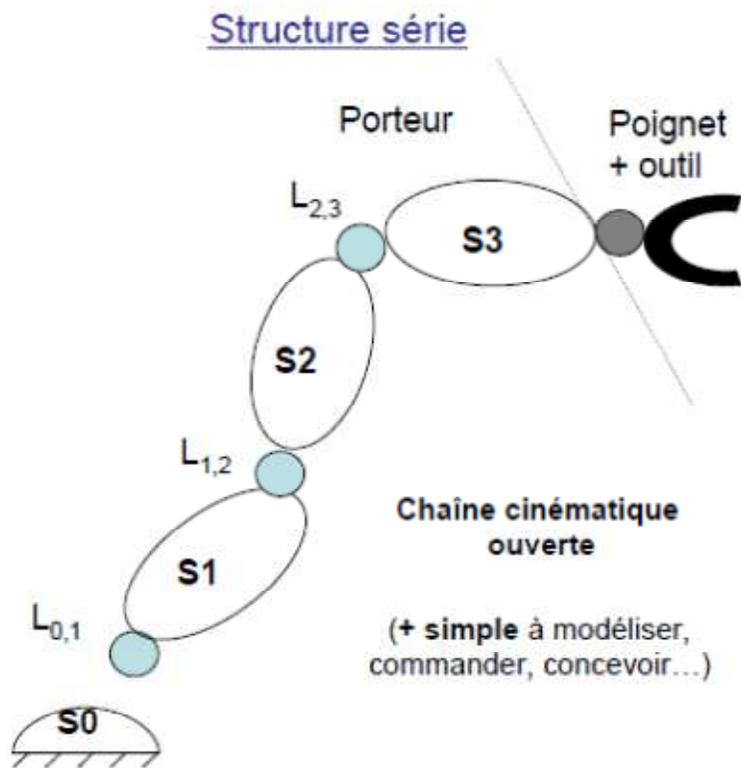
3 axes en série, RRR, 3DL



3 axes, série, PPP, 3DL



# Représentation symbolique des robots industriels



# Représentation symbolique des robots industriels

---

Exemple de robot à structure série  
KUKA, KR 240 270-2 PA (Série 2000)



Exemple de robot à structure parallèle  
*Plate-forme de Gough-Stewart*  
*Hydra-Power-Systems, Inc.*



Dans la suite de ce cours nous nous intéresserons plus particulièrement à la **modélisation des robots à structure série**, configuration la plus fréquente sur les robots industriels.

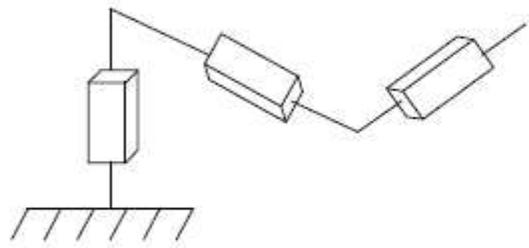
# Principales architectures de porteurs séries

---

## Structure cartésienne : **PPP**

Structure à trois liaisons prismatiques (la plus ancienne). Historiquement, elle découle de la conception traditionnelle d'une machine-outil à trois axes (par exemple fraiseuse ou rectifieuse).

Cette structure est relativement peu utilisée sauf dans quelques applications spécifiques (Robots portiques, robots de magasinage...)



Représentation symbolique  
**PPP**



Robot cartésien (salle blanche)  
New-mat

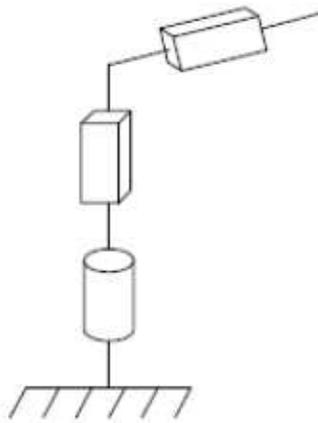
# Principales architectures de porteurs séries

---

## Structure cylindrique : **RPP** ou **PRP**

Structure associant une rotation et deux translations. Elle présente l'inconvénient d'offrir un volume de travail faible devant un encombrement total important.

Cette structure n'est pratiquement plus utilisée



Représentation symbolique  
**RPP**



Robot cylindrique ROV  
Afma Robots

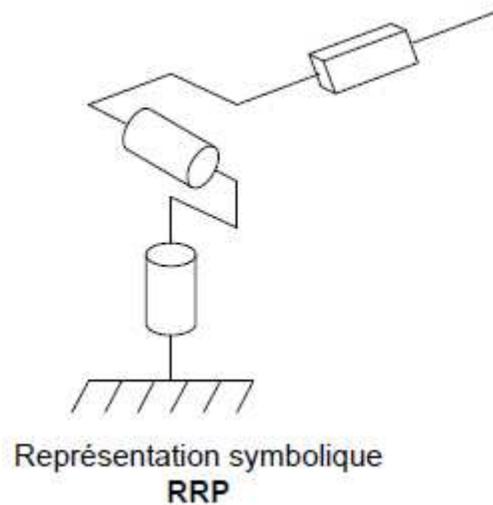
# Principales architectures de porteurs séries

---

## Structure sphérique (ou polaire) : **RRP** à axes de rotations orthogonaux

Structure associant deux rotations et une translation. De même que pour les robots cylindriques, cette structure présente l'inconvénient d'offrir un volume de travail faible devant un encombrement total important.

Cette structure n'est pratiquement plus utilisée.



Robot sphérique Staubli

# Principales architectures de porteurs séries

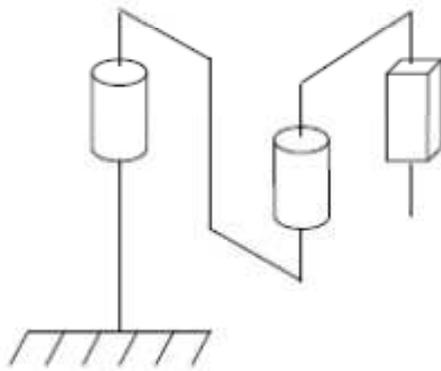
---

**Structure SCARA:** (Selective Compliance Adaptive Robot Arm)

Structure **RRP ou PRR**

Structure très utilisée, en particulier pour les tâches de manutention ou d'assemblage très fréquents dans l'industrie.

Ce succès commercial est lié au fait que le ratio entre le volume de travail et l'encombrement est très favorable. De plus, la structure SCARA est très adaptée à ce type de tâche (manutention, assemblage...).



Représentation symbolique  
RRP (SCARA)



KUKA, KR 10 SCARA R600

# Principales architectures de porteurs séries

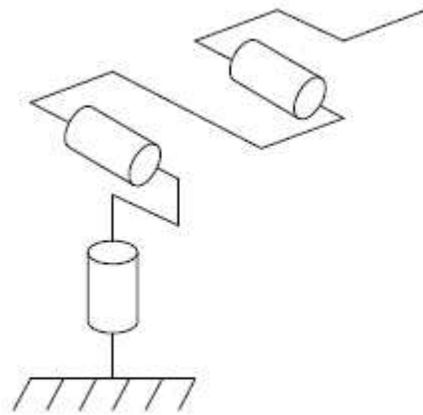
---

## Structure 3R (anthropomorphe): **RRR**

Structure permettant d'amener un solide en un point de l'espace par trois rotations, généralement une à axe vertical et deux à axes horizontaux et parallèles.

C'est le porteur « généraliste » par excellence, pouvant se programmer facilement pour différents types de tâches et disposant d'un volume de travail conséquent.

On lui associe souvent les termes d'épaule, de bras, de coude ou de poignet. D'où l'appellation anthropomorphe.



Représentation symbolique  
**3R**



KUKA, KR 1000