



# DARwIn-OP Education

## TP SII PTSI 1 CI8 Document professeur

### Centre d'intérêt N° 8 :

Proposer un modèle de connaissance  
et de comportement d'un mécanisme



#### Constitution de l'îlot

- Un robot DarwIn-OP instrumenté en état de fonctionnement,
- Un ordinateur de pilotage et d'acquisition associé au robot DarwIn-OP,
- Plusieurs postes de travail constitués chacun d'un ordinateur communiquant avec l'ordinateur de pilotage.

Vous trouverez dans ce document Professeur :

- La fiche étudiant,
- Le déroulement des activités,
- Le dossier réponses
- La fiche de formalisation,
- La réponse technique
- La fiche d'auto-évaluation



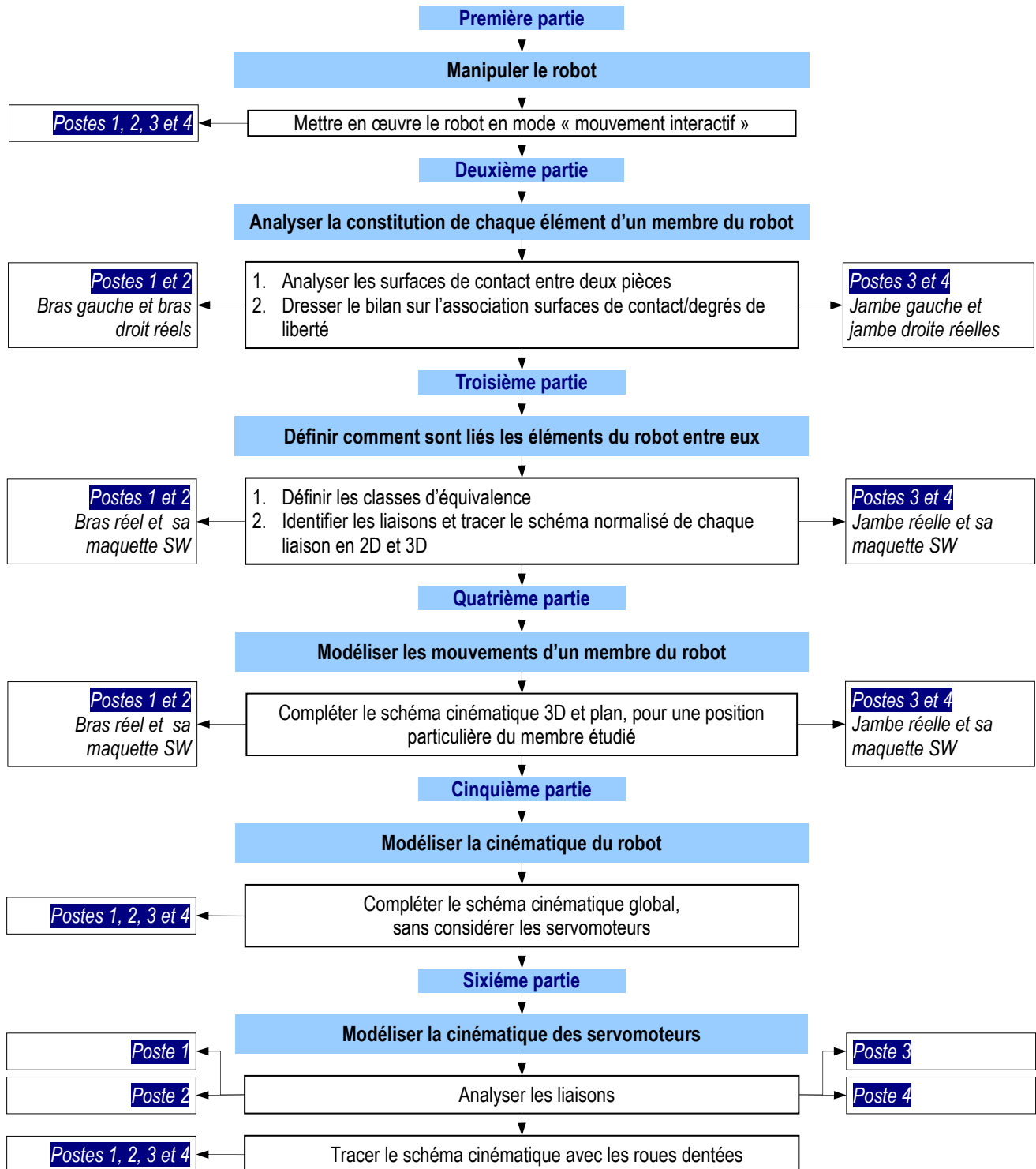
## FICHE ETUDIANT

### 1. La problématique posée à l'équipe

Présenter un modèle cinématique et décrire les mouvements du robot sous forme de schémas pour le bureau d'étude.

### 2. La description des activités pendant la séance

En présence du robot DarwIn-OP associé à un ordinateur connecté à Internet et implanté au sein d'un îlot.  
L'équipe travaillant sur l'îlot doit :



**L'équipe travaillant sur l'îlot doit rendre :**

Un document technique du modèle cinématique du robot et du servomoteur.

**Chaque étudiant doit rédiger :**

Une fiche de formalisation des connaissances et d'auto-évaluation.

### 3. Les prérequis

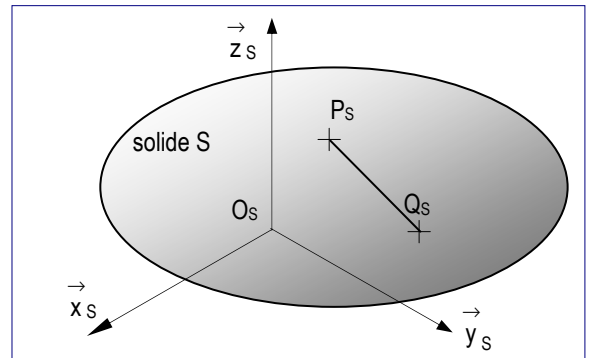
#### 3.1. Repérage d'un solide dans l'espace et notion de degré de liberté

##### ▪ Solide indéformable

Un **solide indéformable** est un solide théorique idéal constitué par un **ensemble continu de points** dont les distances mutuelles ne varient pas au cours du temps :  $\forall t \quad \forall P_S \text{ et } Q_S \in S, d(P_S, Q_S) = \text{constante}$

De la définition d'un solide indéformable découle la représentation d'un solide S indéformable par un **trièdre orthonormé direct** que l'on note par son origine  $O_S$  et par les vecteurs unitaires de la base directe, deux à

deux orthogonaux  $\vec{x}_S, \vec{y}_S, \vec{z}_S$ , sous la forme  $O_S; \vec{x}_S, \vec{y}_S, \vec{z}_S$  ou encore simplement  $R_S$ .

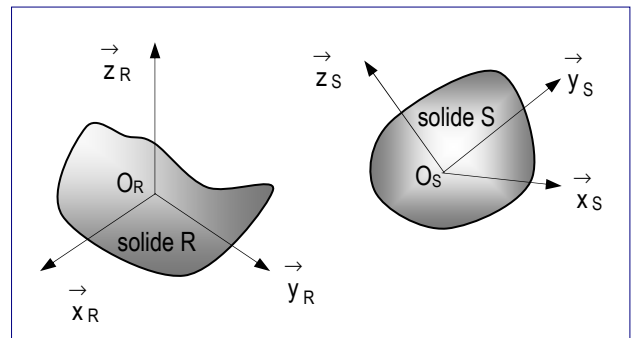


##### ▪ Situation relative de deux solides indéformables

Les systèmes mécaniques évoluent dans "l'espace" mais aussi dans "le temps". Dire qu'un solide est immobile ou en mouvement n'a de sens que si on précise par rapport à quel solide et à quelle date un point ou un autre solide est immobile ou en mouvement.

La situation relative du solide S par rapport au solide R est définie par six paramètres caractérisant la situation du repère  $R_S$  par rapport au repère  $R_R$ .

- **trois translations** selon  $\vec{x}_R, \vec{y}_R$  et  $\vec{z}_R$  constituées des composantes du vecteur  $\vec{O_R O_S}$  dans le repère R ;
- **trois rotations** qui font coïncider les axes des repères S et R. Il existe de nombreuses façons de définir l'orientation d'une base S par rapport à une base R avec trois angles indépendants.



##### ▪ Liaison de deux solides

Les systèmes mécaniques sont constitués de solides, appelés pièces, limités par des surfaces. Les liaisons entre solides sont réalisées par l'intermédiaire de ces surfaces.

##### Degrés de liberté - degrés de liaison

Les six paramètres précédents qui varient indépendamment les uns des autres en fonction du temps caractérisent les six degrés de liberté du solide libre S par rapport au solide R.

A un paramètre nul correspond un degré de liaison.

Si on note  $i_c$  le nombre de degrés de liberté et  $i_s$  le nombre de degrés de liaison alors  $i_c + i_s = 6$ .

##### Liaison réelle

Les liaisons réelles sont celles qui existent entre les pièces d'un système mécanique. Elles comportent toutes des imperfections diverses.

##### Liaison géométriquement parfaite normalisée

Une liaison entre deux solides est considérée comme géométriquement parfaite si :

- les surfaces enveloppes de liaison sont de formes parfaites (surfaces au sens mathématique du terme),
- le maintien du contact est toujours assuré,
- la liaison est sans jeu.

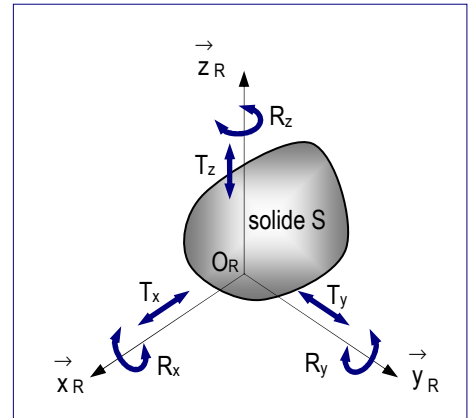
Ces liaisons sont des modèles et sont normalisées.

Les six degrés de liberté peuvent être notés  $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ ,  $R_x$ ,  $R_y$  et  $R_z$ . Toutefois l'utilisation de la notation des rotations n'a vraiment de sens que si la liaison considérée ne possède qu'un seul degré de liberté ; sinon il faut utiliser la notion de changement de bases.

#### ■ Classe d'équivalence cinématique

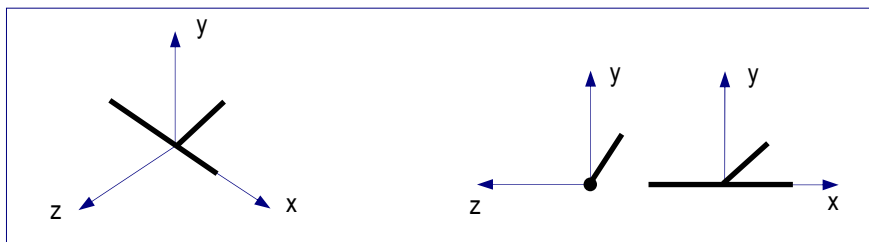
Deux pièces  $S_i$  et  $S_j$  peuvent être considérées comme un élément monobloc si pour une phase de fonctionnement (ou pour la totalité des phases) définie si elles répondent à la définition du solide indéformable.

On dit alors que  $S_i$  et  $S_j$  sont deux pièces cinématiquement équivalentes et il est alors possible d'en donner une représentation indifférenciée. Les deux solides sont en liaison encastrement.

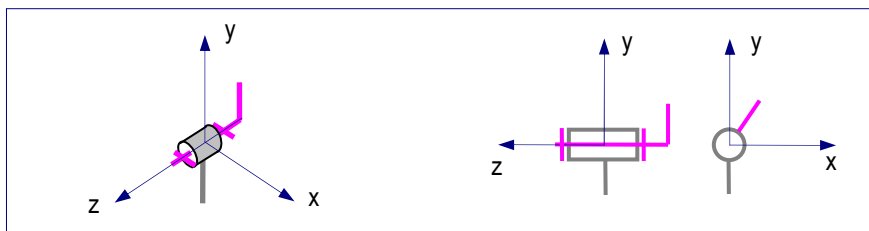


### 3.2. Schématisation des liaisons normalisées

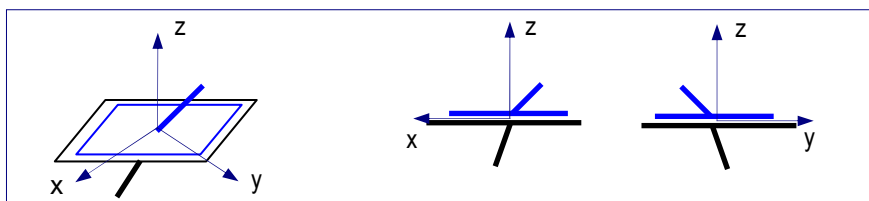
#### ■ Liaison encastrement



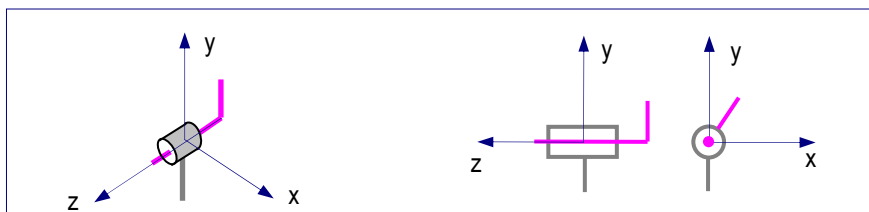
#### ■ Liaison pivot



#### ■ Liaison appui plan



#### ■ Liaison pivot glissant



### 3.3. Utilisation de Solidworks

- manipuler les pièces (déplacements, zoom, associer des couleurs) ;
- interpréter les contraintes d'assemblage.



## 4. Les savoir-faire développés

- **Identifier** la nature du contact entre deux solides ;
- **Associer** un modèle de liaison au comportement cinématique d'une liaison réelle ;
- **Déterminer** les mobilités d'un mécanisme ;
- **Rechercher** et traiter des informations.
- **Elaborer** un schéma cinématique plan ou 3D d'un mécanisme (doit être acquis à la fin du 2<sup>d</sup> semestre)

## 5. Les connaissances

### Proposer un modèle

- Modélisation géométrique et cinématique des mouvements entre solides indéformables
- Modélisation cinématique des liaisons entre solides :
  - liaisons parfaites normalisées ;
  - degrés de liberté ;
  - liaisons réelles.

## 6. Avant de commencer

L'équipe doit vérifier que les ressources nécessaires à la réalisation des activités pratiques sont présentes au sein de l'îlot <sup>1</sup>.

### Ressources matérielles :

- ☐ Le robot DARwIn-OP fonctionnel associé à l'ordinateur de pilotage et connecté au réseau
- ☐ Plusieurs postes de travail constitués chacun d'un ordinateur communiquant avec l'ordinateur de pilotage et d'acquisition.
- ☐ Les outils adaptés au démontage (clés pour les vis d'assemblage)

### Ressources logicielles et numériques :

- ☐ Modèle 3D sous le format SolidWorks du robot complet, ainsi que de chaque membre séparé.

L'ensemble des ressources est disponible ?

Oui / Non

Si oui, alors passer à l'étape suivante.

Si non, faite appel à votre professeur pour que les ressources nécessaires soient mises à votre disposition avant de passer à l'étape suivante.

<sup>1</sup> cochez les cases si la ressource est disponible

## DEROULEMENT DES ACTIVITES

### Problème posé à l'équipe

Concevoir des robots humanoïdes avec autant de degrés de liberté qu'un humain est actuellement un grand challenge (article S.J. YI, « 2012 12th IEEE-RAS International Conference on Humanoid robots », Japon).

Le robot DARwIn-OP a été conçu avec cette ambition, et dans le but de servir la personne. Même si le nombre de degré de liberté d'un corps humain est bien plus important actuellement que tout type de robot humanoïde miniaturisé, ces derniers sont nombreux et les rendent complexes à commander.

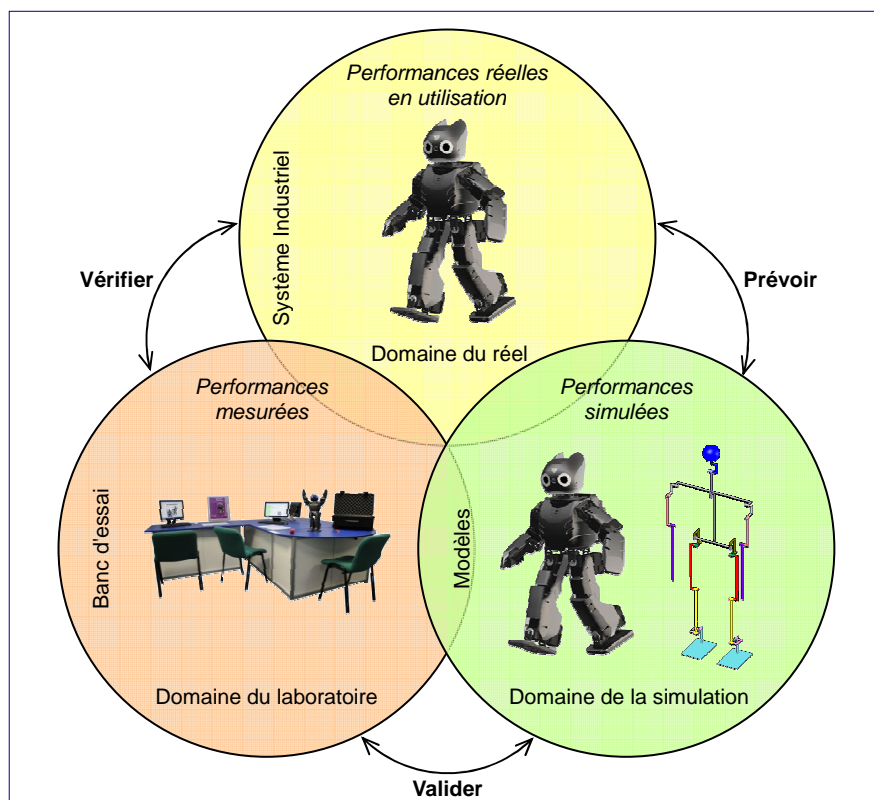
Afin de reproduire au mieux les mouvements humains, il est nécessaire d'optimiser la commande des différents servomoteurs qui le constituent ce qui implique la connaissance du modèle cinématique pour le bureau d'étude. Afin de pouvoir prédire les performances d'un système asservi, il est nécessaire de disposer d'un modèle.

Comme le montre le diagramme des cas d'utilisation dans le dossier technique et la *fig. 1*, ce robot doit pouvoir entre autre mouvoir ses jambes et ses bras.



*fig. 1 : Quelques attitudes du robot DarwIn-OP*

Vous allez dans ce travail analyser quels sont les mouvements possibles des membres du robot, et rédiger en équipe un document présentant un premier modèle cinématique de l'ensemble pour le bureau d'étude selon une démarche de l'ingénieur (*fig. 2*).



*fig. 2 : La démarche de l'ingénieur*

## 1<sup>ère</sup> Partie

Postes 1, 2, 3 et 4

Objectif

Mettre en œuvre le robot selon le mode « mouvement interactif »

Le robot DARwIn doit être alimenté et relié à l'ordinateur afin que vous puissiez communiquer avec lui.

**Le câblage et la commande du robot sont détaillés dans le dossier technique.**

**Observer le robot se mouvoir lors de sa présentation, et repérer en particulier les mouvements de ses bras et de ses jambes.**

Pour nommer les différents éléments des bras et des jambes, on utilisera le vocabulaire de la *fig. 3*:

*N.B. Le bras et la jambe gauches sont symétriques du bras et de la jambe droits par rapport au plan sagittal (plan médian du corps).*

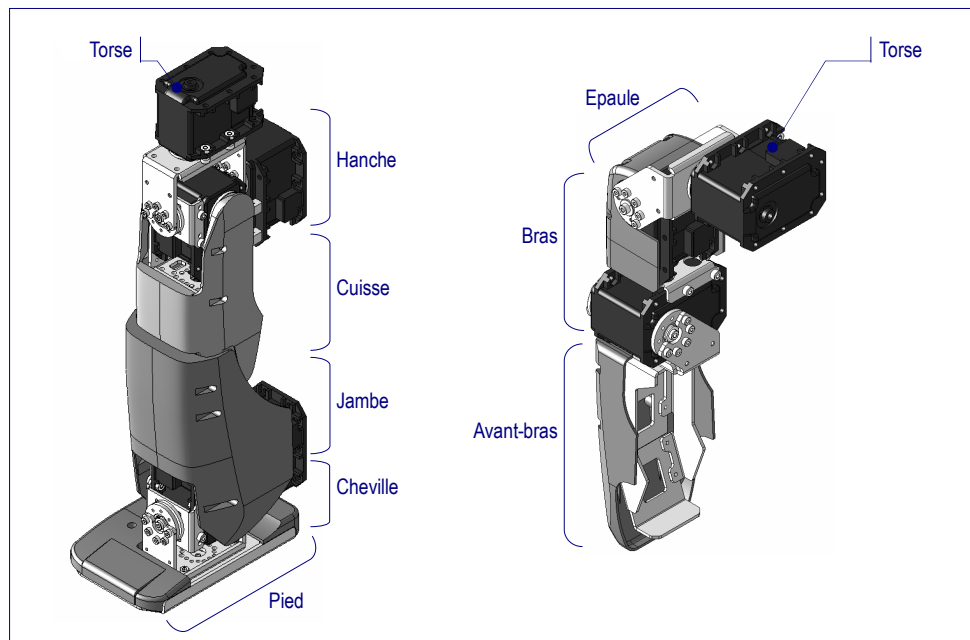


fig. 3 : Désignation des membres de la jambe et du bras

## 2<sup>ème</sup> Partie

Objectif :

Montrer comment sont constitués les éléments d'un membre du robot en analysant les surfaces de contact entre certaines pièces

Remarque importante :

Un certain nombre de vis sont à démonter. Elles sont petites, veiller à ne pas les perdre !

D'autre part, les pièces sont fragiles, ne pas forcer, et ne pas trop serrer les vis au remontage.

Postes 1 et 2

### CONSTITUTION DU BRAS

Analyse des liaisons et des degrés de liberté

1. Liaison de la coque de l'avant-bras avec son support métallique
2. Liaison du bras et de l'avant-bras





**Postes 3 et 4**

**CONSTITUTION DE LA JAMBE**

Analyse des liaisons et des degrés de liberté

1. Liaison de la coque du pied avec le support métallique (semelle)
2. Liaison de la cuisse et de la jambe

**1. Liaison d'une coque avec un support métallique**

Démonter, avec l'outil approprié, les vis qui maintiennent la coque sur son support.

**Q 1 :** Identifier les surfaces de liaison sur chacune de ces deux pièces. Repérer et désigner ces surfaces de contact sur le document réponse **DR 1** ou **DR 3**.

On appelle Rx, Ry, Rz et Tx, Ty, Tz les degrés de liberté en rotation et translation selon les axes indiqués sur **DR 1** ou **DR 3**.

Quels sont les degrés de liberté autorisés par la liaison réalisée par ces surfaces en contact ?

Quel est le nom de la liaison réalisée ainsi, sans les vis ?

Quel est le rôle des vis ?

Donner le nom de la liaison finalement réalisée et tracer son schéma normalisé.

Compléter le **Tableau 1** et le **Tableau 2** du dossier réponses.

**2. Liaison de deux membres**

**Analyse des surfaces de contact**

En observant le robot et à l'aide de la maquette numérique, analyser les formes des pièces qui font la liaison entre le servomoteur et le membre considéré.

**Q 2 :** Identifier et désigner sur le document réponse **DR 2** ou **DR 4** les surfaces de contact entre ces deux pièces sur chacune d'entre elles.

On appelle Rx, Ry, Rz et Tx, Ty, Tz les degrés de liberté en rotation et translation autour des axes indiqués sur **DR 2** ou **DR 4**.

Quels sont les degrés de liberté autorisés par :

- une surface de contact plane ?
- une surface de contact cylindrique ?
- l'ensemble de ces deux surfaces ?
- deux surfaces de contact planes parallèles seules ?

Quel est l'intérêt d'avoir deux surfaces planes parallèles ?

**Identification des liaisons**

**Q 3 :** Quelle est la liaison réalisée à partir :

- d'une surface de contact cylindrique ?
- de l'ensemble des surfaces de contact dénombrées précédemment ?

Compléter le **Tableau 1**, le **Tableau 2**, le **Tableau 3** et le **Tableau 4** du dossier réponses.

**Q 4 :** Tracer sur les figures de la colonne de gauche le ou les axes des liaisons et indiquer par des flèches les mouvements relatifs possibles.

Représenter les symboles de ces liaisons en 3D et en 2D, les désigner et donner les mouvements relatifs possibles.

Pourquoi le contact cylindrique est-il réduit à sa moitié ?





### 3<sup>ème</sup> Partie

#### Postes 1 et 2

Objectif :

Montrer comment sont agencés les éléments bras, avant-bras, épaule et torse entre eux pour reproduire les mouvements d'un bras humain

#### Postes 3 et 4

Objectif :

Montrer comment sont agencés les éléments hanche, cuisse, jambe, cheville et pied entre eux pour reproduire les mouvements d'une jambe.

Remarque :

Dans cette partie et les suivantes, on ne s'occupera pas du contenu des servomoteurs que l'on considérera comme monobloc.

#### 1. Définition des groupes de pièces

A l'aide du système réel et de la maquette numérique, repérer toutes les pièces encastrées entre elles.

**Q 5 :** Quels éléments vous permettent d'identifier rapidement que deux pièces sont encastrées entre elles ?

Dans le fichier de la maquette numérique, changer les couleurs des différents groupes de pièces identifiés (classes d'équivalence).

Par une copie d'écran, récupérer une image des groupes ainsi identifiés et la coller dans le **Tableau 5** du dossier réponses (tableau de la partie « modélisation cinématique »).

Imprimer cette page afin de continuer à la remplir manuellement.

#### 2. Identification des liaisons

Le robot étant débranché et sans batterie, prendre un segment du membre considéré dans une main et faire bouger le segment adjacent avec l'autre : quel mouvement est-il possible entre ces deux groupes de pièces ?

Réitérer la manipulation pour les autres segments pris deux à deux.

**Q 6 :** En déduire le nom de la liaison entre chaque segment du membre considéré. Tracer sur les figures de la colonne de gauche du Tableau 5 le ou les axes des liaisons et indiquer par des flèches les mouvements relatifs possibles. Désigner la (les) liaisons et donner le degré de mobilité du membre considéré.

### 4<sup>ème</sup> Partie

#### Postes 1 et 2

Objectif :

Proposer un modèle cinématique de l'ensemble des membres du bras seul

#### Postes 3 et 4

Objectif :

Proposer un modèle cinématique de l'ensemble des membres de la jambe seule

Les groupes de pièces ayant été identifiés, on cherche maintenant à représenter le modèle cinématique de l'ensemble des membres considéré seul, sans tenir compte du contenu des servomoteurs.

**Q 7 :** D'après les observations des parties précédentes, compléter le schéma cinématique 3D du dossier réponses, ainsi que la vue plane. Les segments du membre considéré seront désignés et ils seront représentés dans la configuration de la **fig. 3**.

## 5<sup>ème</sup> Partie

### Postes 1,2,3 et 4

Objectif :

Proposer un modèle cinématique de l'ensemble du robot

**Q 8 :** Réaliser la réponse technique au problème posé en rassemblant les analyses et les résultats des différents postes.

Pour ce faire, compléter, avec les résultats de chaque équipe, le modèle cinématique ébauché qui est donné dans la réponse technique. Indiquer quel est le nombre de degré de liberté de ce robot.

## 6<sup>ème</sup> Partie

Objectif :

Décrire la cinématique de la motorisation de chaque axe

Dans cette partie, on s'intéresse à la structure des servomoteurs afin d'analyser d'une part comment sont réalisées les différentes liaisons mises en évidence précédemment, et d'autre part pour décrire le principe cinématique de commande de chacun des axes du robot.

On donne la maquette numérique d'un servomoteur, ainsi qu'un servomoteur à démonter.

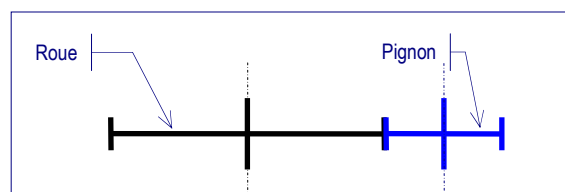
Les repères des pièces sont ceux de la maquette numérique.

Les différentes pièces en liaison encastrement ont été rassemblées pour former ce qu'on appelle les classes d'équivalence (ou groupes cinématiques). Les groupements principaux sont les sous-ensembles (s-e) suivants :

- s-e roue 2–pignon 3 ;
- s-e roue 4–pignon 5 ;
- s-e roue 6–pignon 7 ;
- s-e roue 8–pignon 9 ;
- s-e carter complet ;
- s-e arbre de sortie ;
- s-e arbre moteur.

La recherche des couples de surfaces en contact pour un certain nombre de composants usuels de la construction mécanique est en général compliquée et peu intéressante. Leur schématisation plane a donc été normalisée par l'AFNOR. Ce sont principalement les engrenages, les roues de friction, les systèmes poulies-courroies, les systèmes pignons-chaînes, les encliquetages, les roues libres, les cames, les embrayages, ...

Un engrenage est constitué d'une roue dentée et d'un pignon. La représentation schématique d'un engrenage est donnée *fig. 4*.



*fig. 4 : Schéma cinématique d'un engrenage*

Un train d'engrenages est une combinaison d'engrenages. Le pignon  $2i-1$  et la roue  $2i$ , pour  $i = 1$  à 5, engrenent ensemble et constituent l'étage numéro  $i$  du train d'engrenages. Par exemple, l'étage 3 est constitué du pignon 5 et de la roue 6.

Les réponses aux questions suivantes sont à rédiger sur feuille de copie.

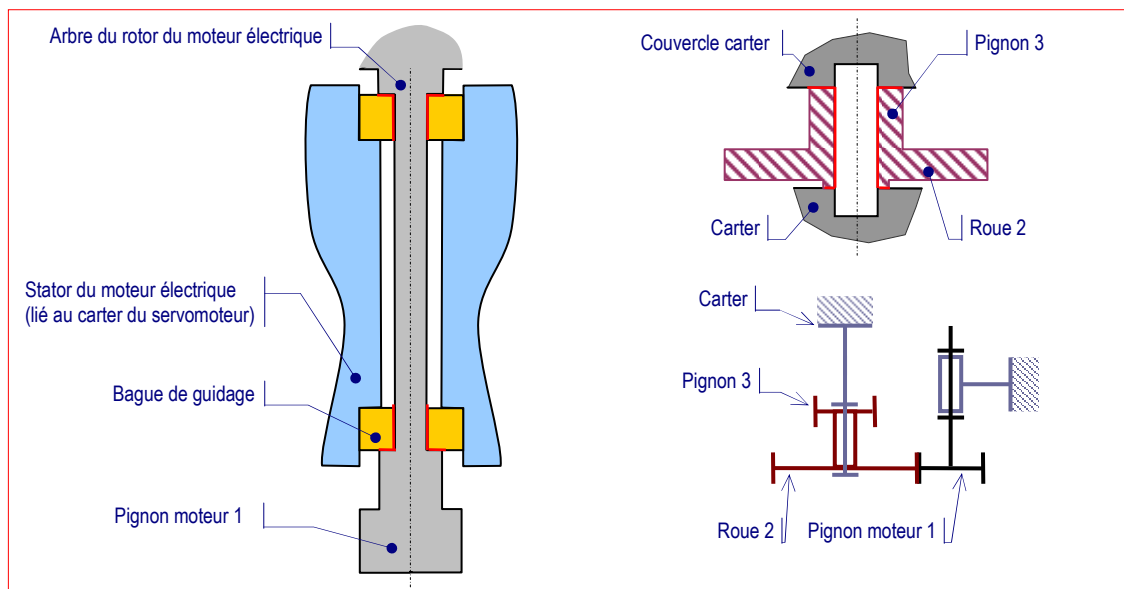
**Q 9 :** En s'aidant de la maquette numérique et du servomoteur démonté tracer une vue simplifiée en coupe longitudinale (selon l'axe) afin de montrer les surfaces fonctionnelles de liaison entre les éléments de l'étage considéré du servomoteur. Surligner ces surfaces de liaison.  
Après avoir identifié les mouvements de la roue et du pignon de l'étage considéré par rapport au carter, représenter le schéma cinématique.  
Placer les axes des liaisons verticalement et repérer les différents éléments.

### Poste 1

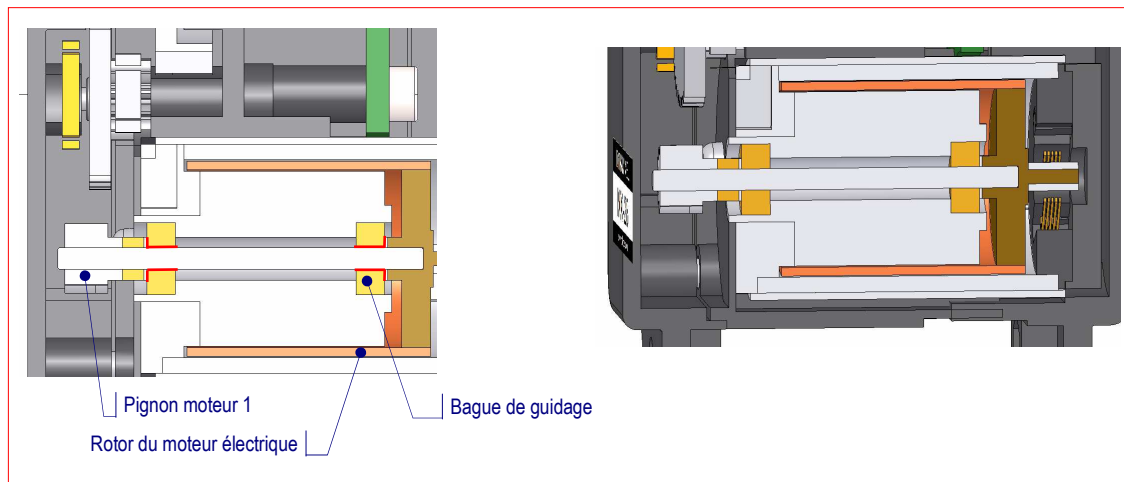
Etude de l'étage 1 du train d'engrenages.

L'étage 1 comprend le pignon 1 et la roue 2. L'arbre du pignon moteur est monté sur deux bagues lisses.

Le rotor du moteur électrique n'est pas démontable. Le guidage de l'arbre peut être analysé en faisant une coupe du servomoteur.



La figure ci-dessous donne en complément deux vues en coupe du guidage du pignon moteur.

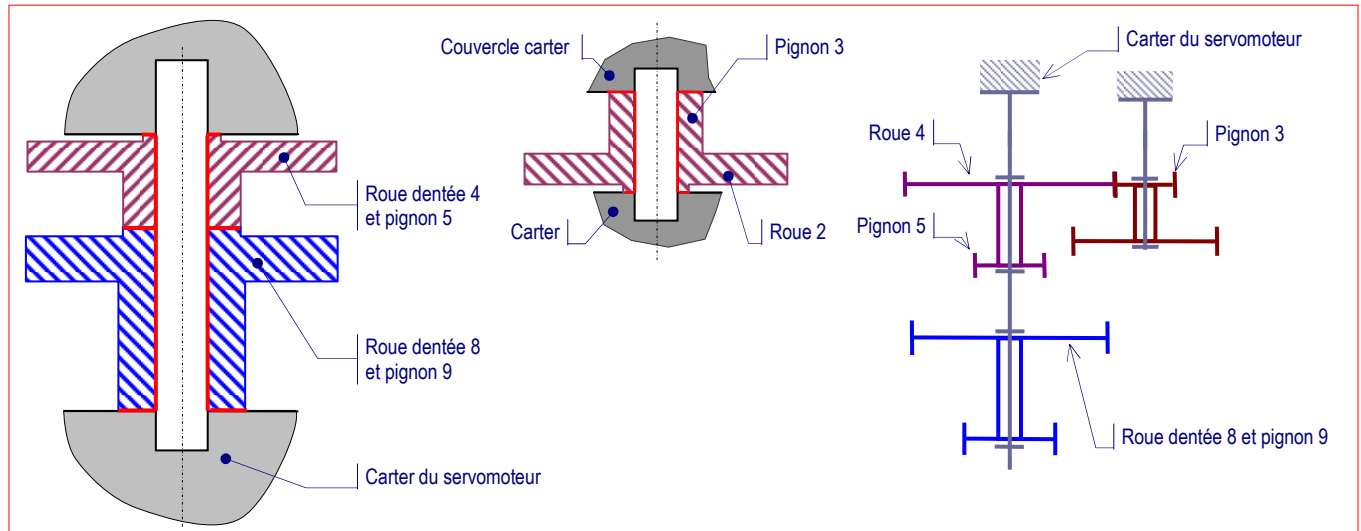


**Poste 2**

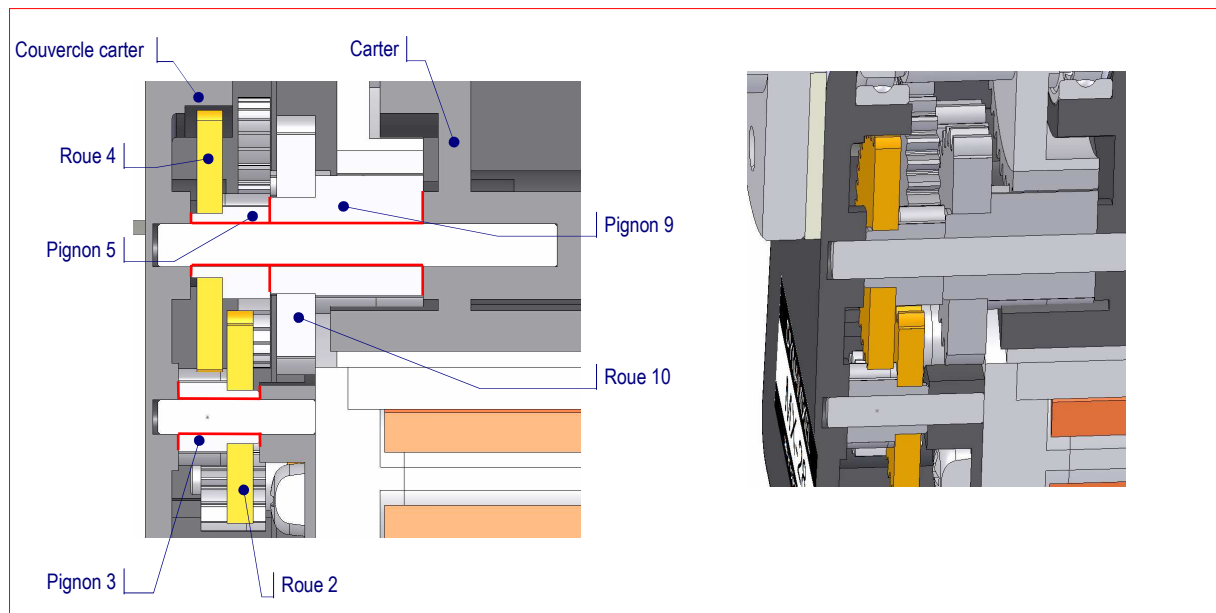
Etude de l'étage 2 du train d'engrenages.

On représentera aussi sur le schéma la roue 8 et le pignon 9.

L'étage 2 comprends le pignon 3 et la roue 4. Le pignon 3 est lié complètement à la roue 2 et la roue 4 est liée au pignon 5.



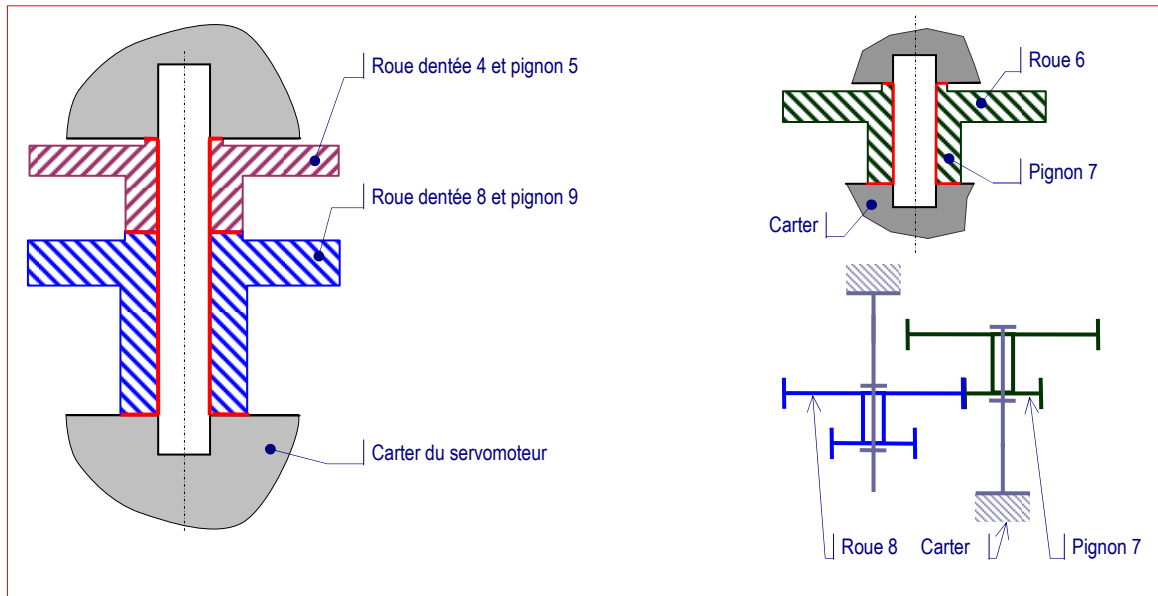
La figure ci-dessous donne en complément deux vues en coupe des guidages du 2<sup>ème</sup> étage.



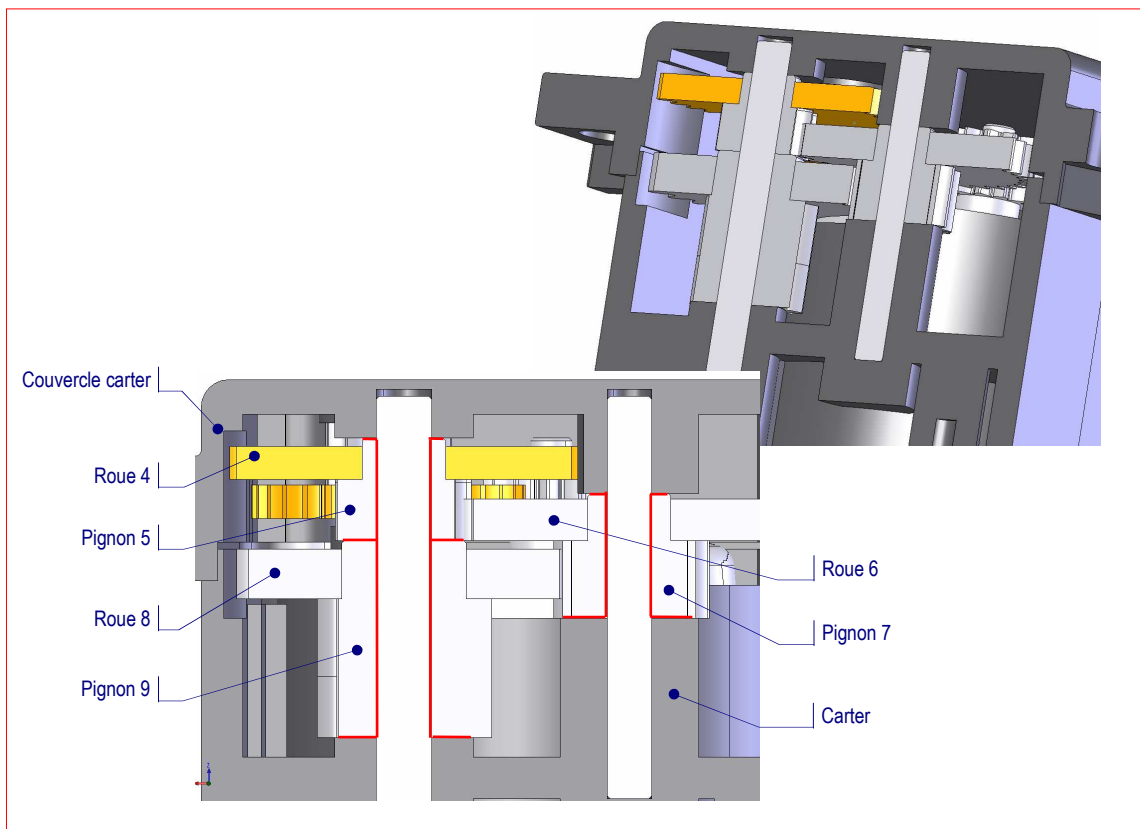
**Poste 3**

Etude de l'étage 4 du train d'engrenages.

L'étage 4 comprends le pignon 7 et la roue 8.



La figure ci-dessous donne en complément deux vues en coupe des guidages du 4<sup>ème</sup> étage.

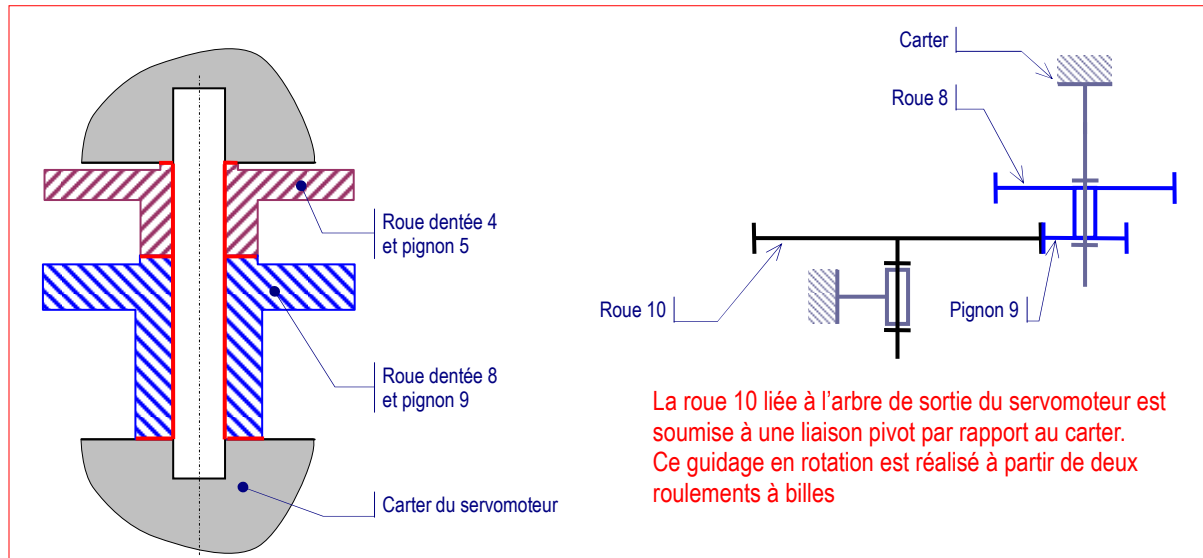


**Poste 4**

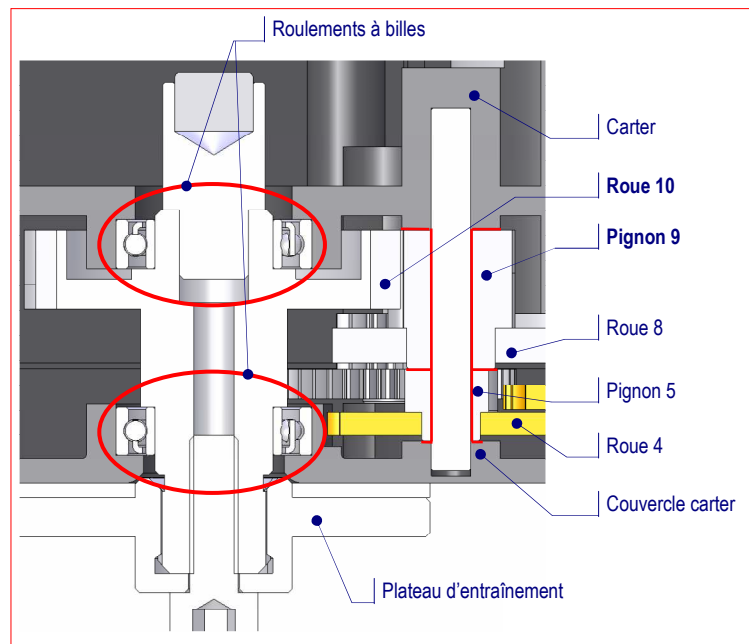
Etude de l'étage 5 du train d'engrenages.

Pour l'un des éléments de cet étage on se contentera de citer la liaison réalisée et les dispositions constructives utilisées.

L'étage 5 comprends le pignon 9 et la roue 10.

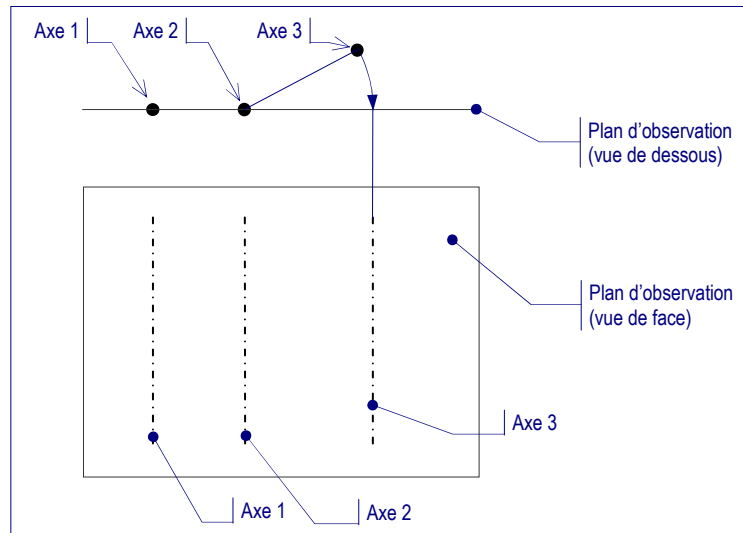


La figure ci-dessous donne en complément une vue en coupe des guidages du 5<sup>ème</sup> étage



**Poste 1, 2, 3 et 4**

Un schéma plan et développé consiste en une représentation de tous les axes du train d'engrenages ramenés dans un même plan d'observation par des rotations comme par exemple l'axe 3 sur la *fig. 5*.



*fig. 5 : Schéma cinématique d'un engrenage*

**Q 10 :** Compléter la réponse technique, avec les résultats de chaque poste, en élaborant le modèle cinématique complet du servomoteur sous la forme d'un schéma plan développé. Les situations relatives des pignons et des roues seront respectées.

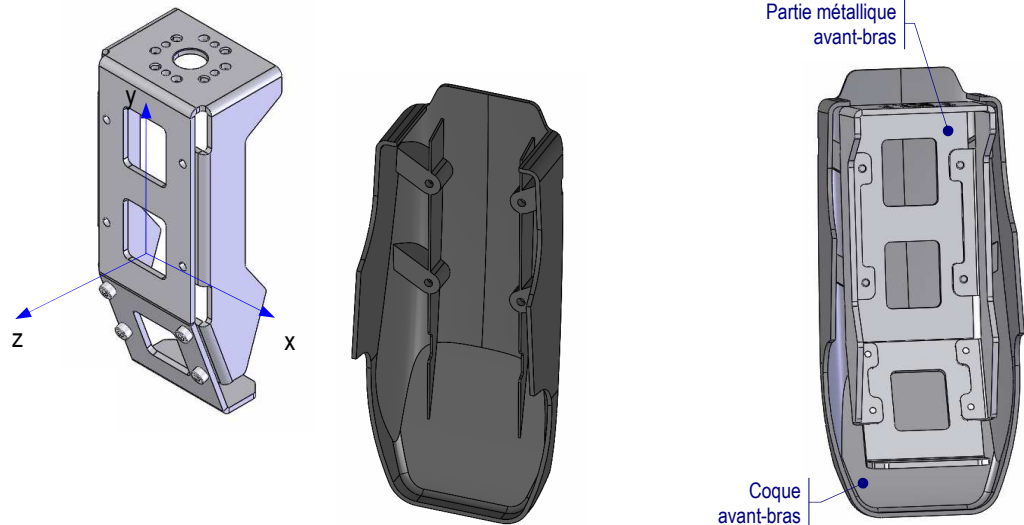


**DOSSIER REPONSES (doc. Etudiant)**

**1. DEGRES DE LIBERTE ET SURFACES DE CONTACT**

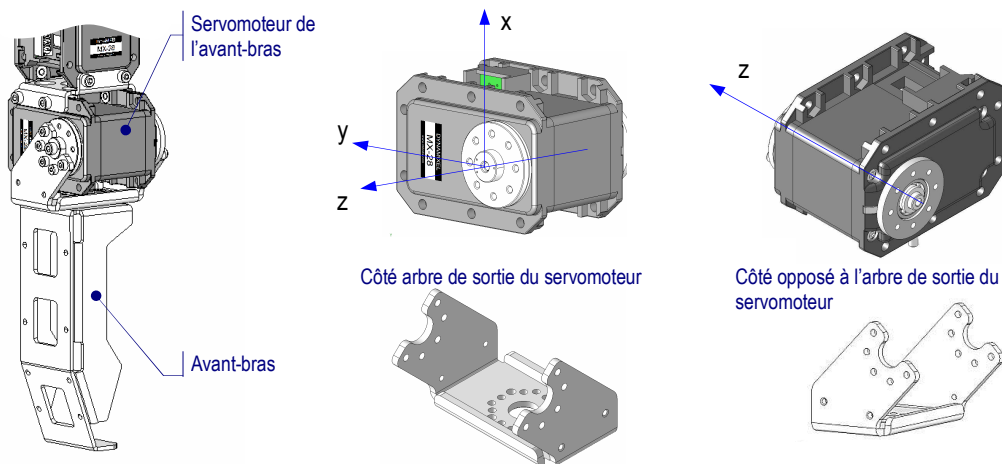
**Analyse des surfaces de contact**

Postes 1 et 2



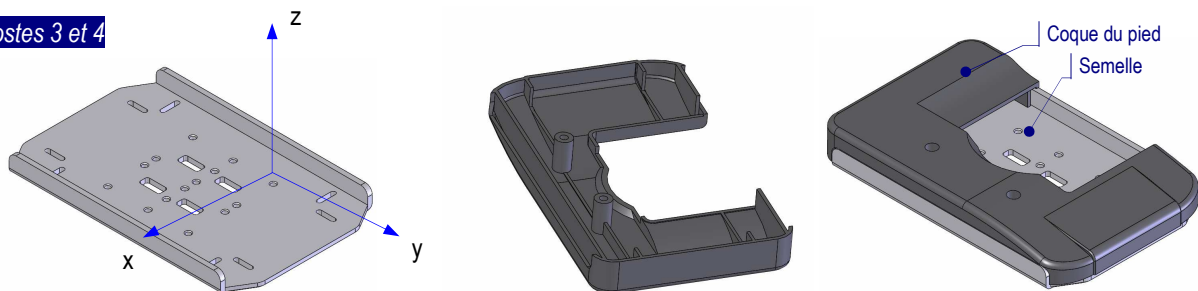
DR 1 : Liaison de la coque et de la partie métallique de l'avant-bras

Postes 1 et 2



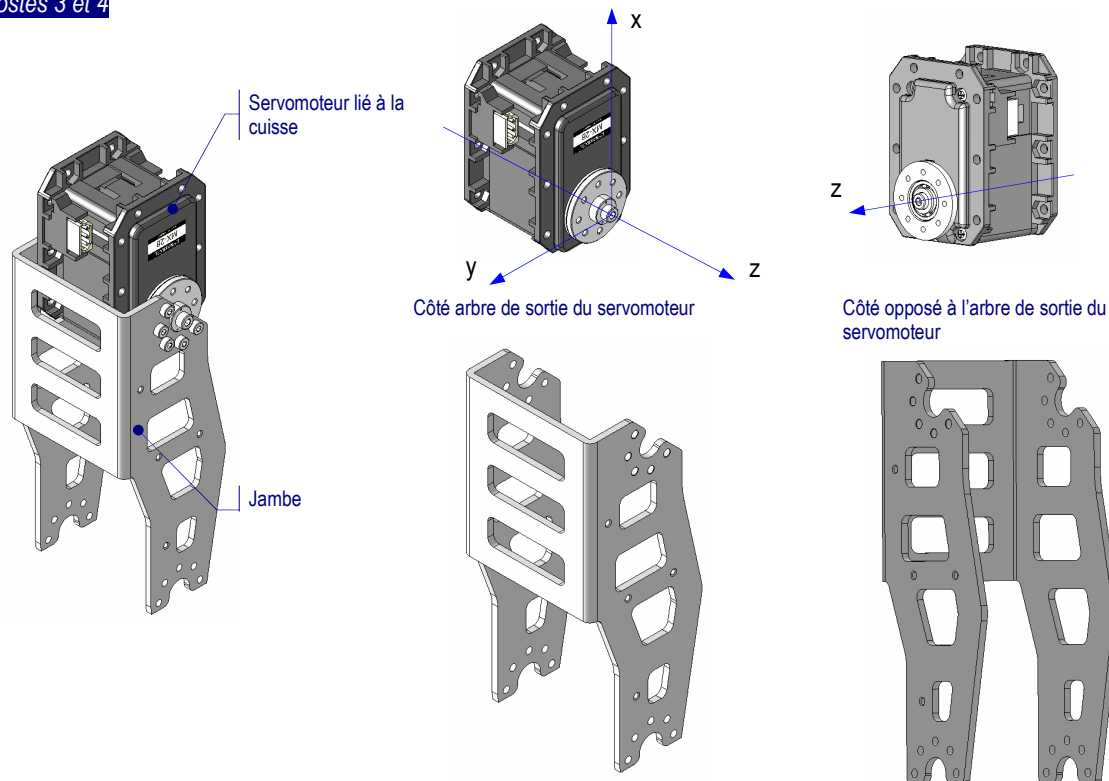
DR 2 : Liaison de l'avant-bras avec le bras

Postes 3 et 4



DR 3 : Liaison de la coque et de la semelle du pied

**Postes 3 et 4**



*DR 4 : Liaison de la cuisse avec la jambe*

**Bilan**

**Postes 1, 2, 3 et 4**

Nature des surfaces en contact		Degrés de liberté autorisés						Exemple
Pièce 1	Pièce 2	Rx	Ry	Rz	Tx	Ty	Tz	
Plan de normale z	Plan de normale z							
Cylindre plein d'axe z	Cylindre creux d'axe z							
Un plan et un cylindre plein d'axe z perpendiculaire	Un plan et un cylindre creux d'axe z perpendiculaire							
Deux plans parallèles à la distance $d$ de normale z (pièce mâle)	Deux plans parallèles à la distance $d$ de normale z (pièce femelle)							
Quel est l'intérêt d'avoir deux surfaces de liaison planes parallèles ?								

*Tableau 1*

## 2. LIAISONS NORMALISEES GEOMETRIQUEMENT PARFAITES

Exemple	Schéma 3D	Schéma plan
<p><b>Postes 1 et 2</b></p>	<p>Désignation de la liaison sans les vis :</p> <p>Mouvement(s) relatif(s) :</p> <p>Rôle des vis :</p> <p>Désignation :</p> <p>Mouvement(s) relatif(s) :</p>	
<p><b>Postes 3 et 4</b></p>		

Tableau 2

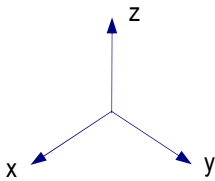

Exemple	Schéma 3D	Schéma plan
<p><b>Postes 1 et 2</b></p> <p>Liaison considérée sans les vis et sans le contact cylindrique</p> <p>Servomoteur lié au bras</p>  <p>Avant-bras</p>	<p>Désignation :</p> <p>Mouvements relatifs :</p> 	
<p><b>Postes 3 et 4</b></p> <p>Liaison considérée sans les vis et sans le contact cylindrique</p> <p>Servomoteur lié à la cuisse</p>  <p>Jambe</p>		

Tableau 3

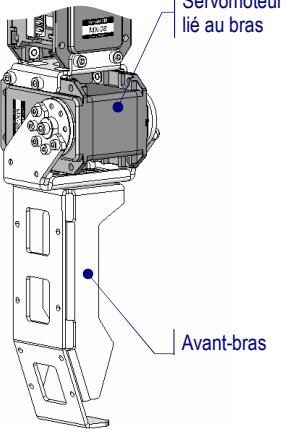
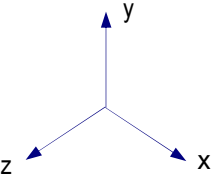
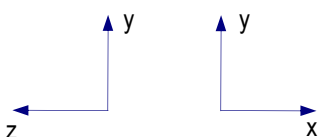
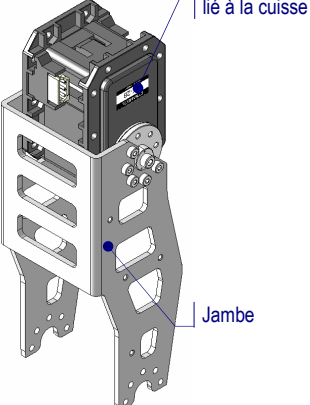
Exemple	Schéma 3D	Schéma plan
<p><b>Postes 1 et 2</b></p> 	<p>Pourquoi le contact cylindrique est-il réduit à sa moitié ?</p> <p>Désignation : Mouvement(s) relatif(s) :</p> 	
<p><b>Postes 3 et 4</b></p> 		

Tableau 4



### 3. MODELISATION CINEMATIQUE

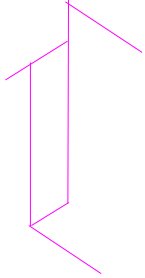
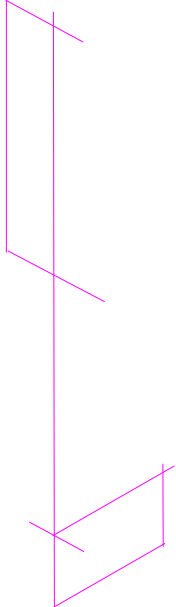
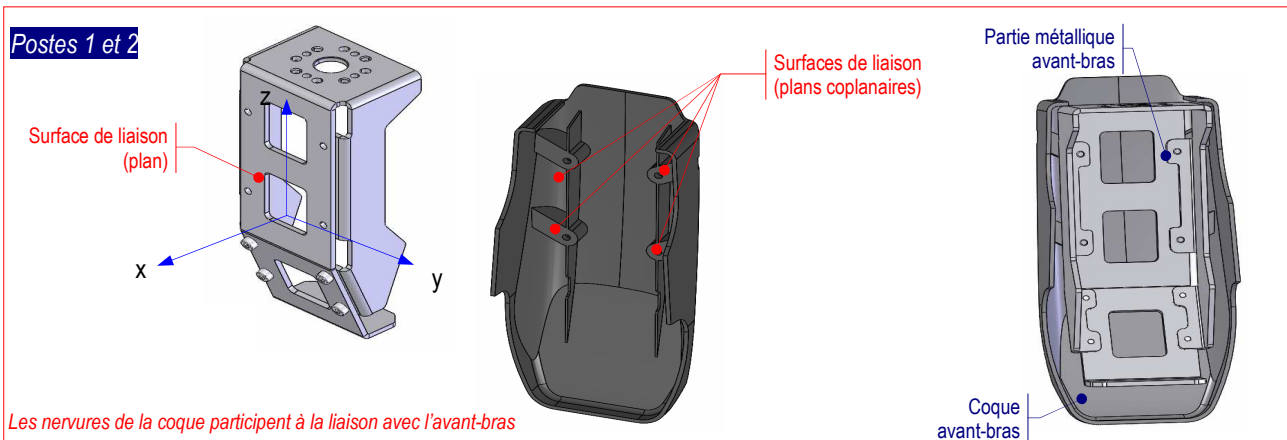
Identification des classes d'équivalence	Schéma 3D	Schéma plan
<p><b>Postes 1 et 2</b></p> <p>Degrés de mobilité :</p>		
<p><b>Postes 3 et 4</b></p> <p>Degrés de mobilité :</p>		

Tableau 5

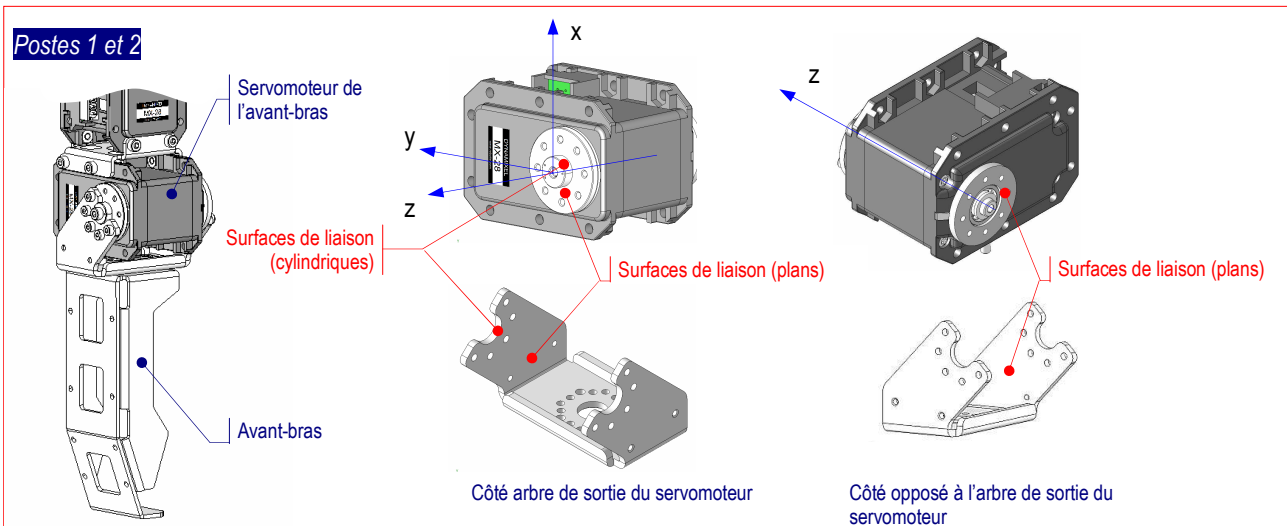
**DOCUMENT REPONSES (doc. Professeur)**

**1. DEGRES DE LIBERTE ET SURFACES DE CONTACT**

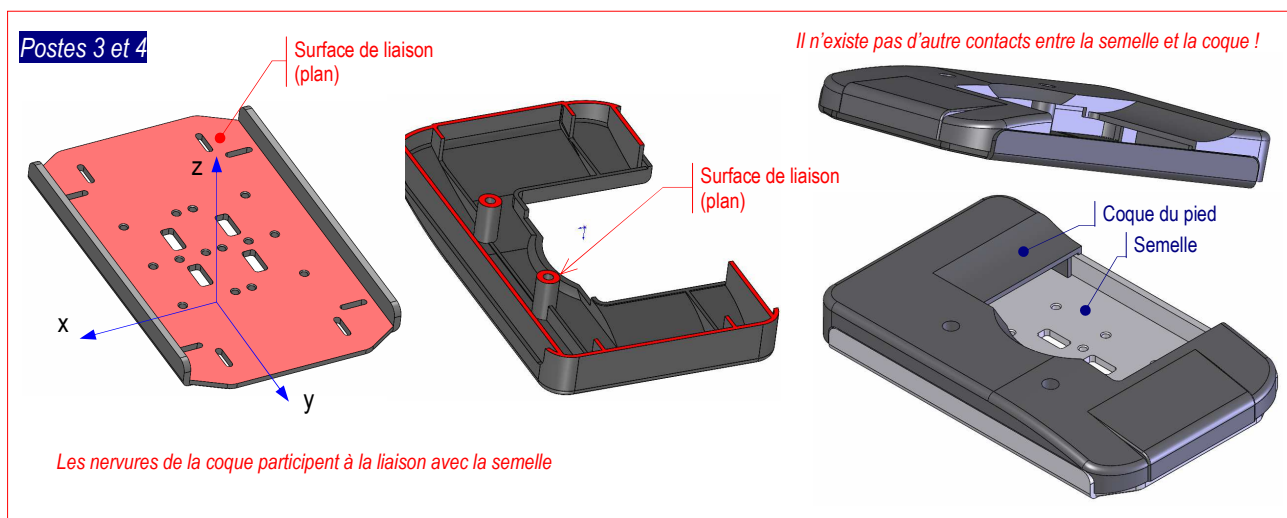
**Analyse des surfaces de contact**



*DR 1 : Liaison de la coque et de la partie métallique de l'avant-bras*

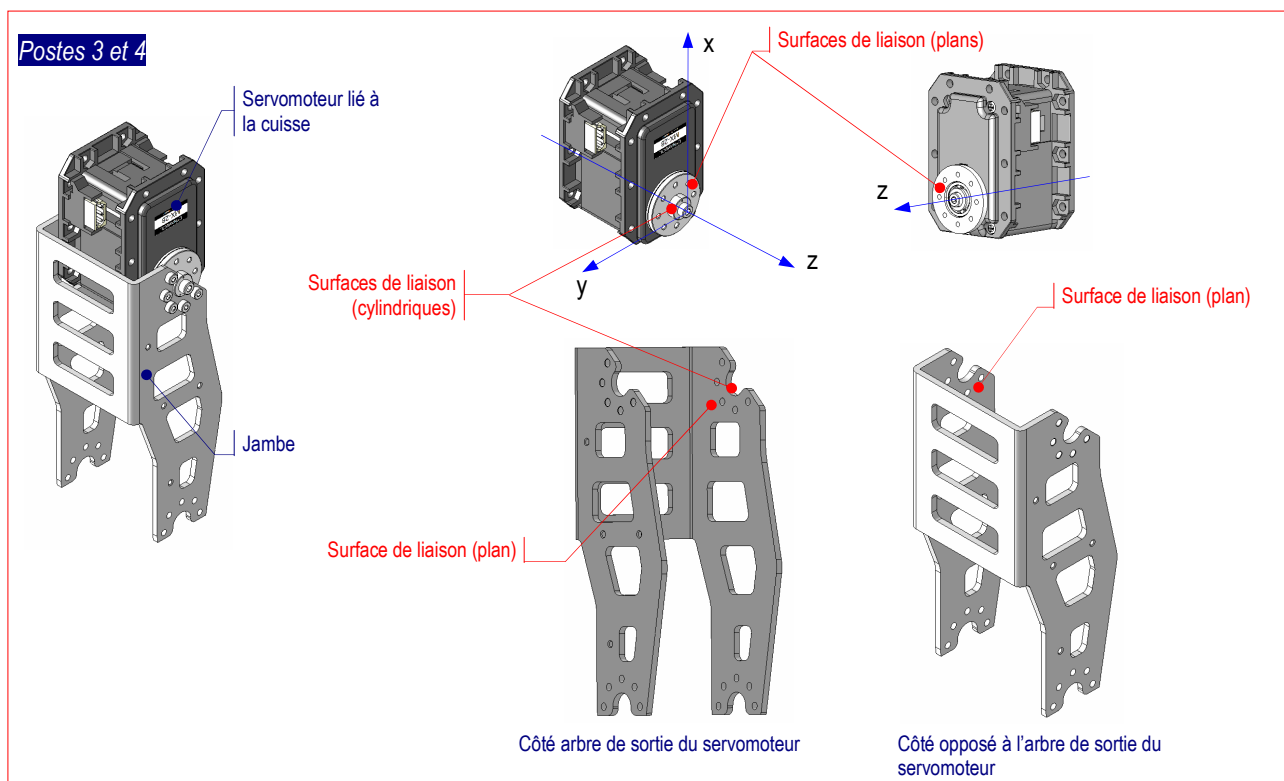


*DR 2 : Liaison de l'avant-bras avec le bras*



*DR 3 : Liaison de la coque et de la semelle du pied*





*DR 4 : Liaison de la cuisse avec la jambe*

## Bilan

**Postes 1, 2, 3 et 4**

### Degrés de liberté et surfaces de contact

Nature des surfaces en contact		Degrés de liberté autorisés						Exemple
Pièce 1	Pièce 2	Rx	Ry	Rz	Tx	Ty	Tz	
Plan de normale z	Plan de normale z			X	X	X		DR 1 , DR 3 Tableau 2
Cylindre plein d'axe z	Cylindre creux d'axe z			X			X	DR 2 , DR 4
Un plan et un cylindre plein d'axe z perpendiculaire	Un plan et un cylindre creux d'axe z perpendiculaire			X				DR 2 , DR 4
Deux plans parallèles à la distance $d$ de normale z (pièce mâle)	Deux plans parallèles à la distance $d$ de normale z (pièce femelle)			X	X	X		DR 2 , DR 4 Tableau 3
Quel est l'intérêt d'avoir deux surfaces de liaison planes parallèles ? D'unilatérale la liaison devient bilatérale.								

*Tableau 1*

## 2. LIAISONS NORMALISEES GEOMETRIQUEMENT PARFAITES

Exemple	Schéma 3D	Schéma plan
<p><b>Postes 1 et 2</b></p>	<p>Désignation de la liaison sans les vis: <b>liaison appui plan</b></p> <p>Mouvement(s) relatif(s) : <b><math>T_x</math>, <math>T_y</math> et <math>R_z</math></b></p> <p>Rôle des vis : <b>assurer le maintien en position</b></p> <p>Désignation : <b>liaison encastrement</b></p> <p>Mouvement(s) relatif(s) : <b>0 degré de liberté</b></p>	
<p><b>Postes 3 et 4</b></p>		

Tableau 2

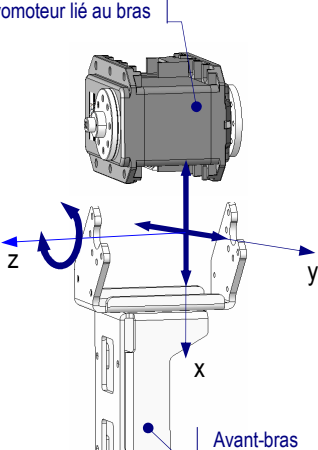
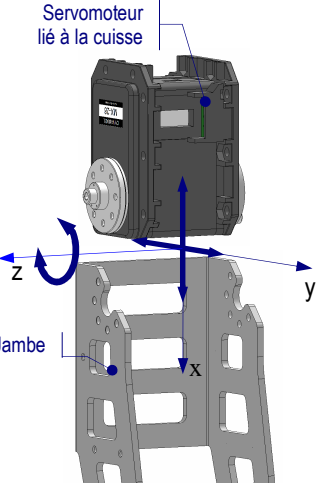
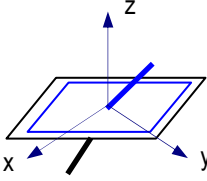
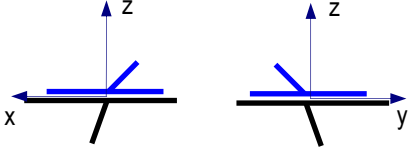
Exemple	Schéma 3D	Schéma plan
<p><b>Postes 1 et 2</b></p> <p>Liaison considérée sans les vis et sans le contact cylindrique</p> <p>Servomoteur lié au bras</p>  <p>Avant-bras</p>	<p>Désignation : Liaison appui plan</p> <p>Mouvements relatifs : 1 rotation autour de z 2 translations selon x et y</p>	
<p><b>Postes 3 et 4</b></p> <p>Liaison considérée sans les vis et sans le contact cylindrique.</p> <p>Servomoteur lié à la cuisse</p>  <p>Jambe</p>		

Tableau 3

Exemple	Schéma 3D	Schéma plan
<p><b>Postes 1 et 2</b></p> <p>Servomoteur lié au bras</p> <p>Avant-bras</p>	<p>Pourquoi le contact cylindrique est-il réduit à sa moitié ? Afin de permettre le montage de l'avant-bras sur le bras.</p> <p>Désignation : Liaison pivot Mouvement(s) relatif(s) : 1 rotation autour de z</p>	
<p><b>Postes 3 et 4</b></p> <p>Servomoteur lié à la cuisse</p> <p>Jambe</p>		

Tableau 4

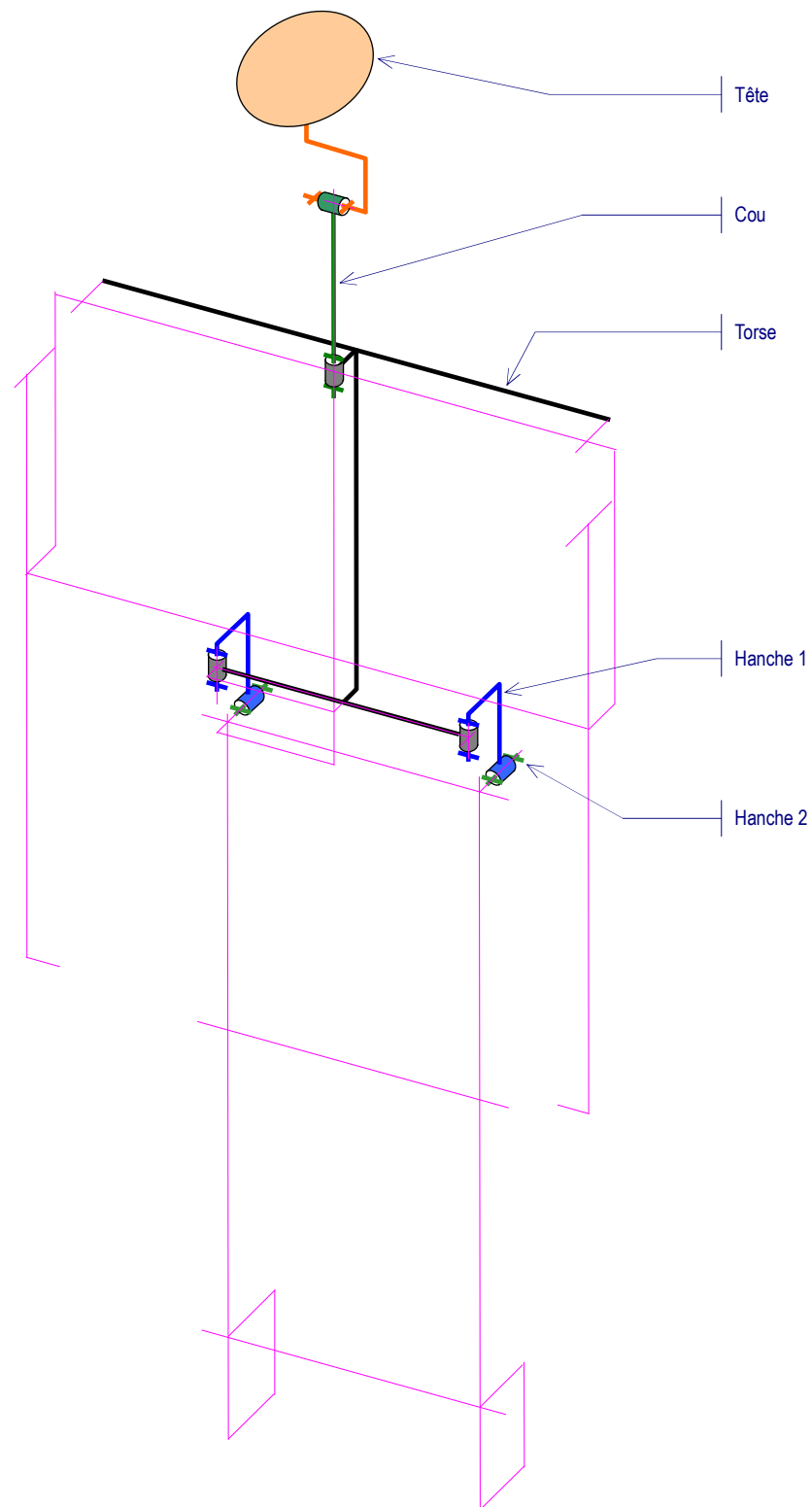
### 3. MODELISATION CINEMATIQUE

Identification des classes d'équivalence	Schéma 3D	Schéma plan
<p><b>Postes 1 et 2</b></p> <p>Degrés de mobilité : Le bras possède trois degrés de mobilité par rapport au torse</p>		
<p><b>Postes 3 et 4</b></p> <p>Degrés de mobilité : La jambe possède quatre degrés de mobilité par rapport à la hanche</p>		

Tableau 5

**REPONSE TECHNIQUE (doc. Etudiant)**

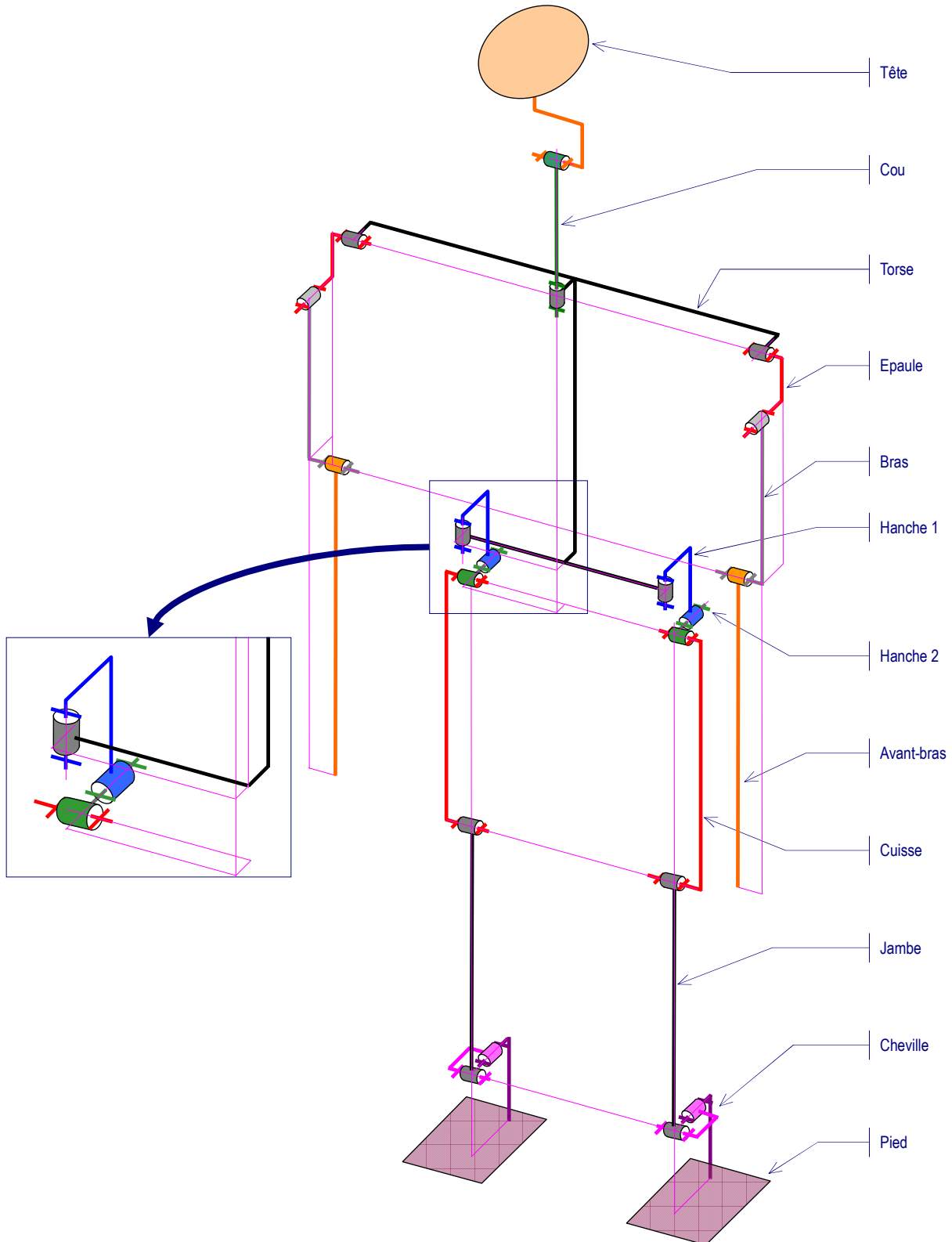
Ebauche du schéma cinématique du robot



## REPONSE TECHNIQUE (doc. Professeur)

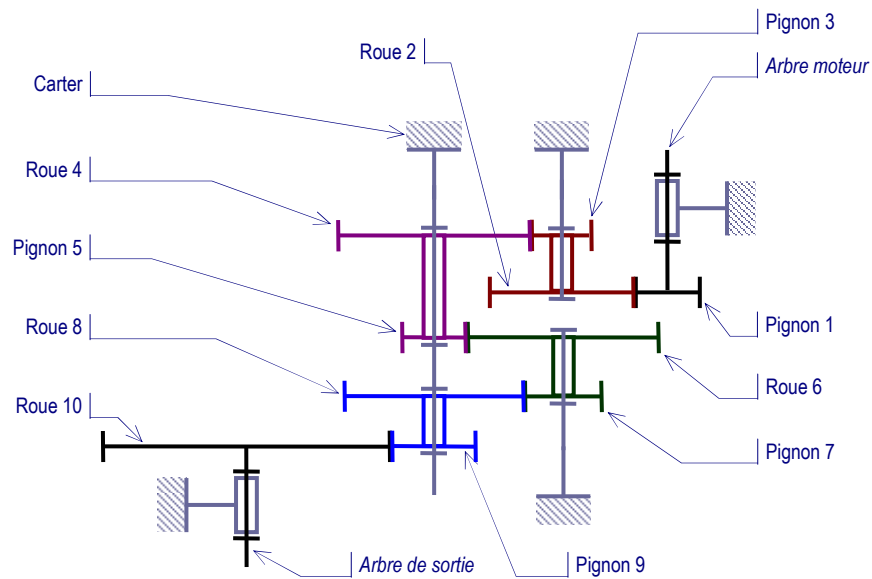
### Schéma cinématique du robot

Le robot possède vingt degrés de mobilité, autant que de servomoteurs.





### Schéma cinématique développé du servomoteur



**FICHE DE FORMALISATION (doc. Professeur)**

**Degrés de liberté et surfaces de contact**

Surfaces de liaison	plan	cylindre de révolution
plan	liaison appui plan (contact surfacique plan)  3 degrés de liberté	liaison linéaire rectiligne (contact linéique rectiligne)  4 degrés de liberté
cylindre de révolution (creux)		liaison pivot glissant (contact surfacique cylindrique)  2 degrés de liberté

**Degrés de liberté et liaisons géométriquement parfaites normalisées**

Désignation	Mouvement(s) relatif(s)	Schéma 3D	Schéma plan
Liaison encastrement	0 degré de liberté		
Liaison appui plan	1 rotation autour de z 2 translations selon x et y		
Liaison pivot	1 rotation autour de z		
Liaison pivot glissant	1 rotation autour de z 1 translation selon z		

L'étude cinématique des liaisons a mis en évidence :

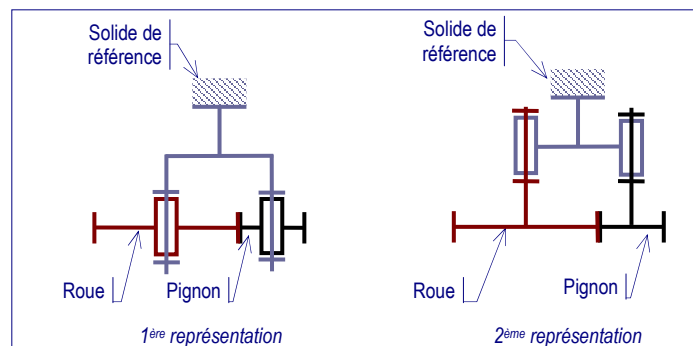
- des ensembles cinématiquement équivalents essentiellement constitués de plusieurs pièces qui sont alors en liaison encastrement ;
- des liaisons, permettant des mouvements, entre ces ensembles cinématiquement équivalents.

Toutes ces liaisons, avec ou sans mobilité, sont matérialisées par les surfaces fonctionnelles de contact entre les différentes pièces.

On doit distinguer :

- la **liaison parfaite** (modèle théorique) constituée de surfaces théoriques géométriquement parfaites, obtenues avec un modèleur volumique par exemple, et caractérisées par :
  - leur nature (plan, cylindre, ...)
  - leur dimension (diamètre d'un alésage, largeur d'une rainure, ...)
  - leur positionnement respectif (perpendicularité d'un trou par rapport à une surface, ...)
- la **liaison réelle**, fabriquée, dont les surfaces présentent des défauts.

### Schéma cinématique d'un engrenage en liaison avec un solide de référence



### Méthode de construction d'un schéma cinématique

Un schéma cinématique doit être construit selon la méthode suivante résumée dans le tableau ci-dessous.

#### 1. Choix d'un mode de représentation

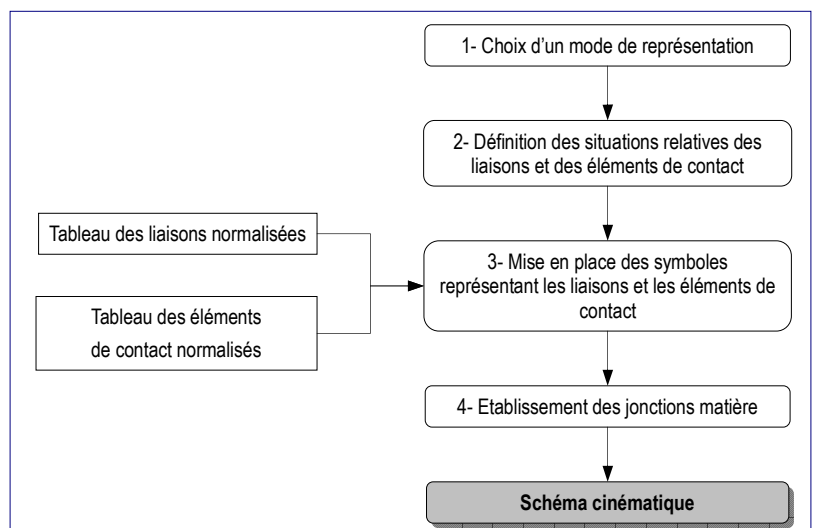
Le tracé du schéma cinématique se fera selon une ou plusieurs vues géométrales ou selon une perspective (cavalière, isométrique, ...).

Le mode de représentation est choisi pour donner du schéma du mécanisme une lisibilité optimale et en fonction du but poursuivi.

#### 2. Définition des situations relatives des liaisons et des éléments de contact

Un schéma cinématique respecte en général les situations relatives des différentes liaisons mais ne respectent pas les dimensions (seulement les proportions si possible).

Il convient donc, dans un premier temps, de mettre en place le « squelette » du schéma c'est-à-dire les éléments géométriques caractéristiques des liaisons (concentricité, coaxialité, parallélisme, orthogonalité, perpendicularité, concourance, ..) entre eux et par rapport à la pièce support (base).





### 3. Mise en place des symboles représentant les liaisons et les éléments de contact

Les symboles des liaisons et les éléments de contact sont mis en place sur la trame précédemment définie.

### 4. Etablissement des jonctions matière

Pour finaliser le schéma il reste à tracer les jonctions matière (épaisseurs des pièces) selon des traits larges d'épaisseur uniforme. Les traits sont tracés, autant que possible, parallèles aux directions du repère de la pièce support (repère de base).

L'utilisation éventuelle de la couleur facilitera la lecture des différents groupes de pièces et de leurs relations (liaisons).

En général une des pièces du mécanisme est la pièce de référence (bâti, carter, ...), c'est la base qui sera en général schématisée par l'un des symboles ci-dessous.





**FICHE D'AUTO-EVALUATION (doc. Etudiant)**

Savoir-faire intermédiaire	Acquis	Je saurai refaire avec de l'aide	Non acquis
Identifier des surfaces de contact planes, cylindriques			
Associer les degrés de libertés à la nature des surfaces de contact			
Déduire de l'analyse des surfaces de contact, le nom de la liaison			
Placer les liaisons sur un schéma cinématique ébauché, avec les bonnes orientations			
Modéliser une transmission par engrenages			
Savoir-faire du programme			
<b>Identifier</b> la nature du contact entre deux solides			
<b>Associer</b> un modèle de liaison au comportement cinématique d'une liaison réelle			
<b>Déterminer</b> les mobilités d'un mécanisme			
<b>Elaborer</b> un schéma cinématique plan ou 3D d'un mécanisme			