

Conception et Analyse de Systèmes Mécaniques

TD3 – Cisaille portative Makita

Objectifs :

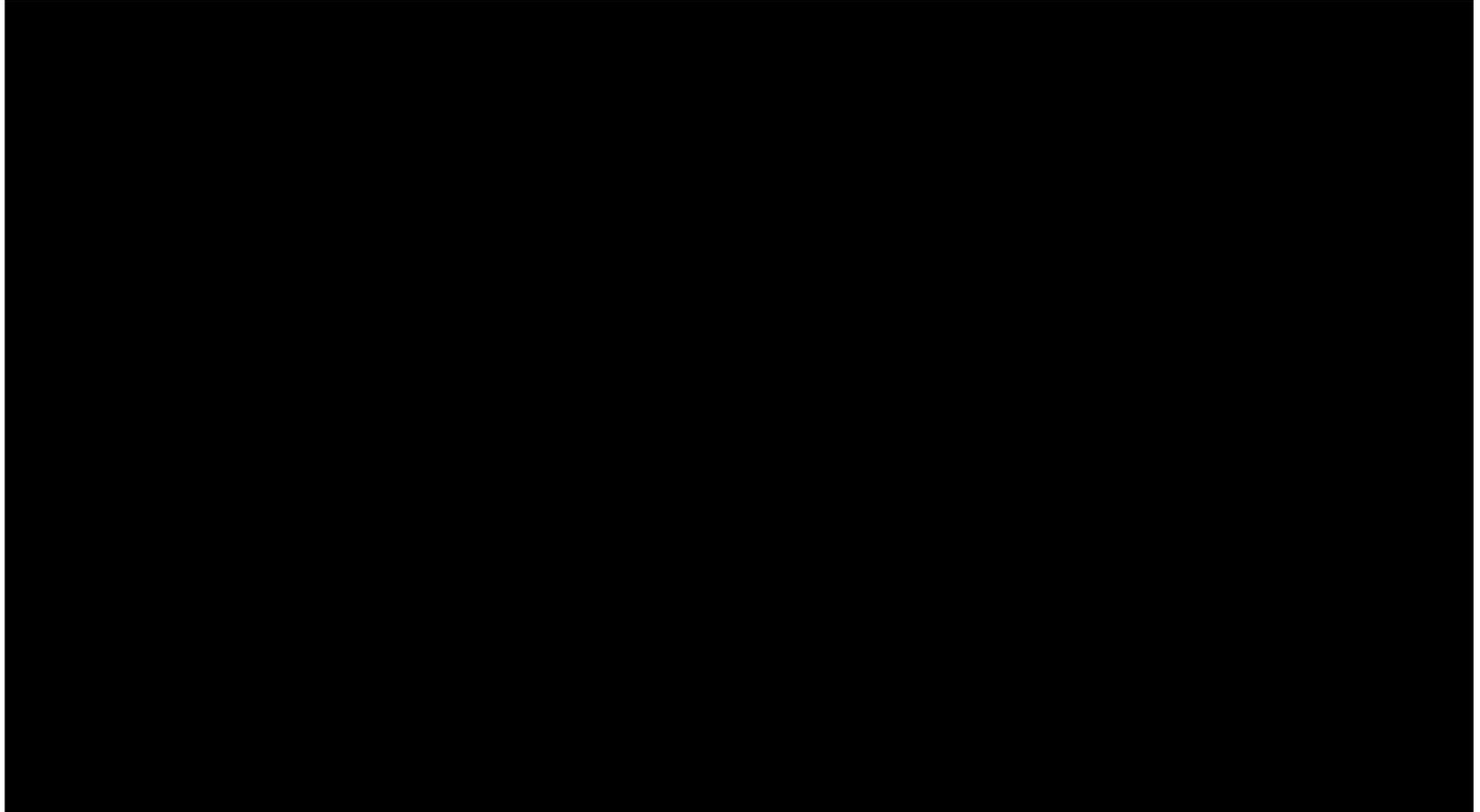
- Analyser le fonctionnement d'un système: Cisaille portative Makita
- Etude cinématique, schéma, trajectoire
- Modèle des liaisons
- Calcul de l'hyperstatisme
- Analyse technologique
- Calculs préliminaires



Objet de l'étude: Cisaille Makita

- **Présentation** : Cet appareil portatif permet de découper une tôle de faible épaisseur (1 mm maxi) en suivant un tracé sinueux. La découpe a lieu sur les 2 côtés de la lame, ce qui engendre un copeau d'une largeur identique à la lame. Le mouvement de coupe est produit par un moteur (43) contenu dans le corps de l'outil.

Objet de l'étude: Cisaille Makita



Que deviennent les copeaux?



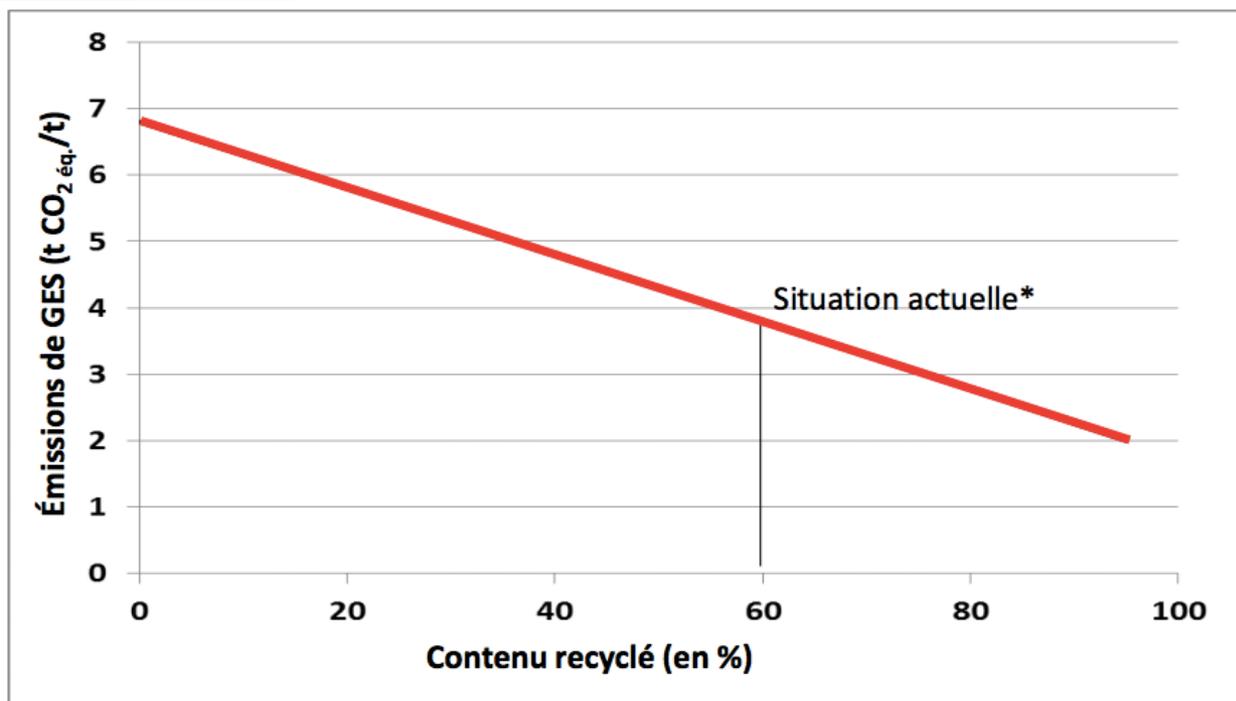
Des presses de 20 à 300 tonnes compactent les boues et des copeaux d'usinage en briquettes de métal réutilisables en aciérie et extraient le fluide de coupe qui peut ainsi être réutilisé.

Le procédé répond à une préoccupation majeure de la métallurgie en matière d'environnement ...Jusqu'à présent les boues de rectification étaient enfouies.

Que deviennent les copeaux?



Avantages du recyclage de l'acier



1T économise :

- plus de 2 fois son poids en matières premières : 1,5 T de minerai de fer, 0,65 tonne de charbon et 0,3 tonne de chaux.
- 70 % de son poids en énergie.
- 1,5 fois son poids en CO₂, => 4 millions de tonnes de CO₂

L'acier est un matériau permanent : 80 à 90 % de l'acier produit est toujours utilisé à ce jour.

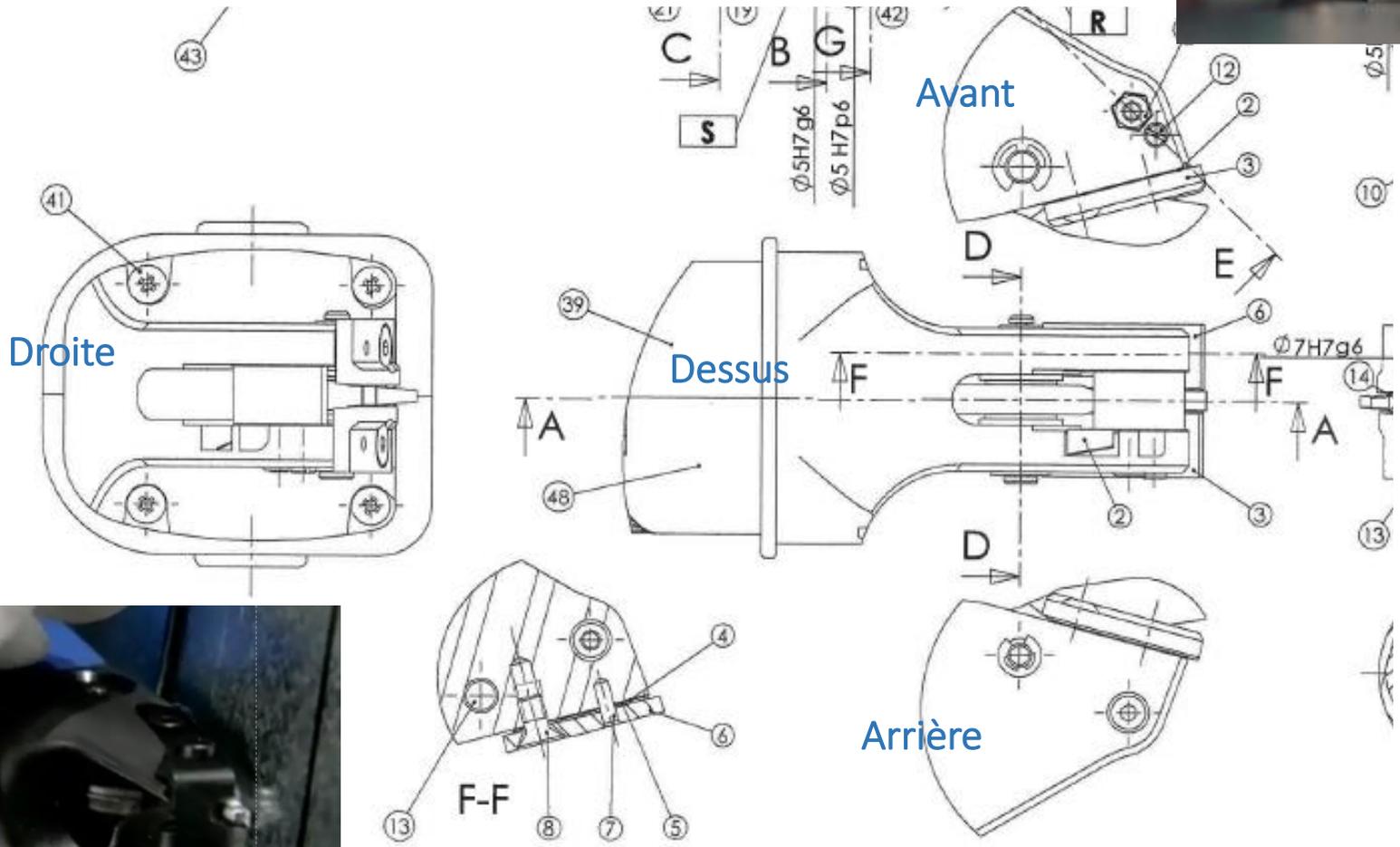
Avantages du recyclage de l'acier



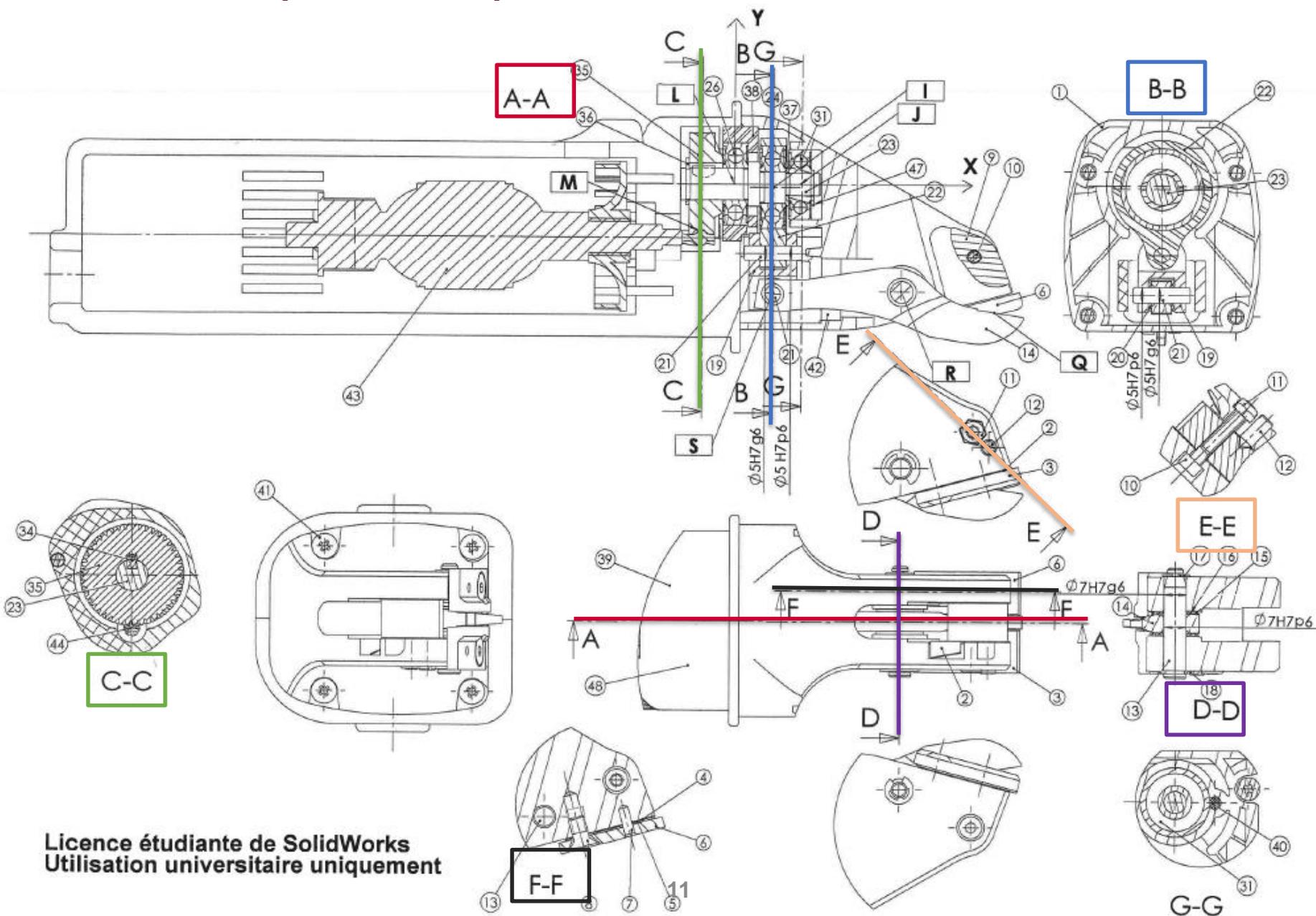
Analyse de plan

- **Chaine de puissance**
- **Schéma cinématique**

Vues Principales (partielles)



Identification plans de coupe



Licence étudiante de SolidWorks
Utilisation universitaire uniquement

Chaîne de transmission

Analyse nomenclature

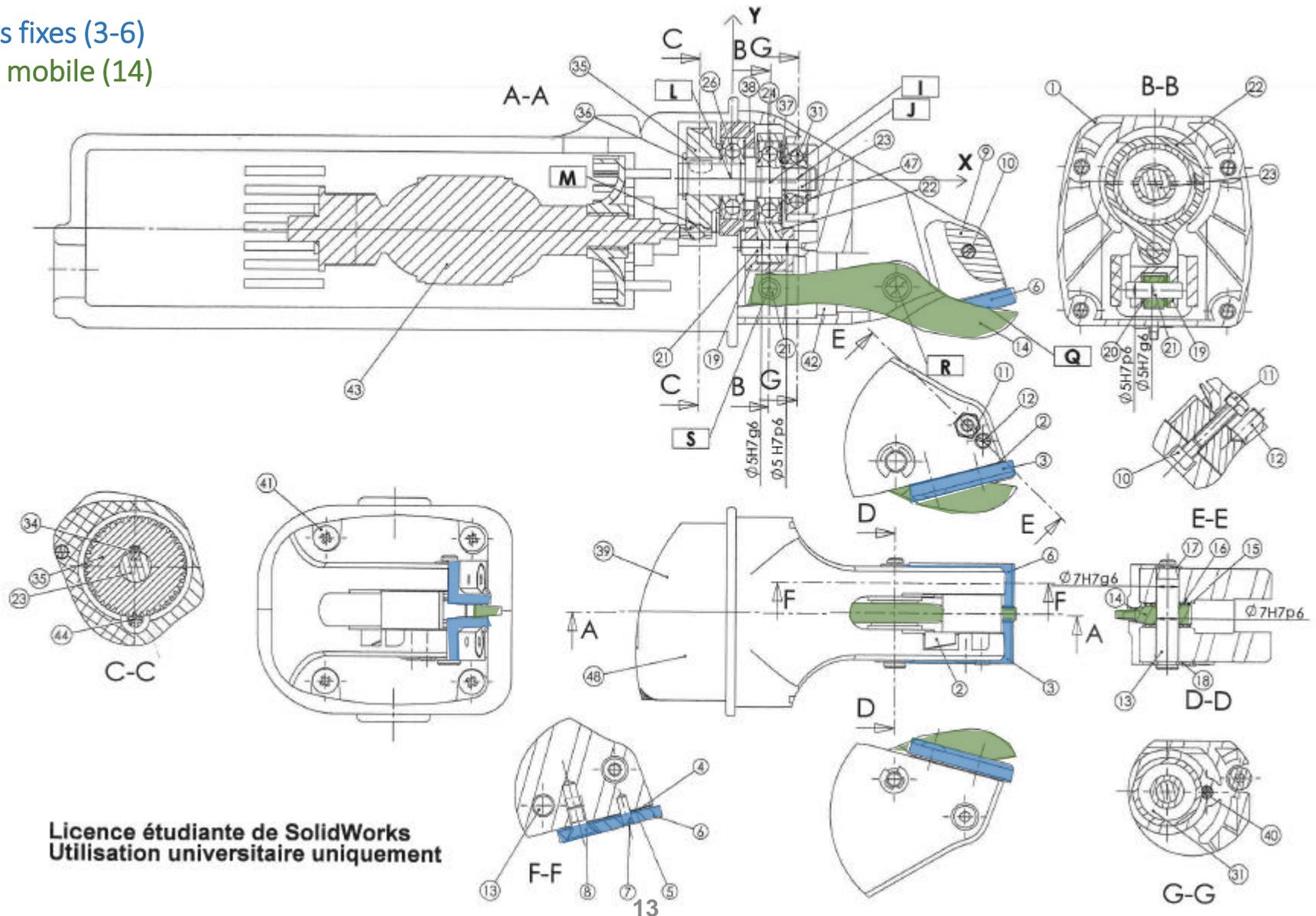
REP.	DESIGNATION	QTE
41	Vis CBL Z M4x35	4
43	Rotor	1
44	Roue dentée de 8 dents. module 0,6	1
45	Turbine	1
46	Rondelle Z, 8	1
47	anneau élastique	1
48	carcasse droite	1

REP.	DESIGNATION	QTE
1	carter	1
2	plaque droite	1
3	lame fixe droite	1
4	plaque gauche	1
5	cale	1
6	lame fixe gauche	1
7	pion pour lames fixes	2
8	Vis FHC M5-10	2
9	blocage	1
10	Vis CHC M4-25	1
11	Ecrou H M 4 x 0,7 - 5	1
12	Vis sans tête S TR - M5 x 12	1
13	axe de lame	1
14	lame mobile	1
15	rondelle plastique	2
16	rondelle métallique	2
17	segment d'arrêt radial 5 x 0,5	1
18	segment d'arrêt radial 7 x 0,8	1
19	double chape	1
20	rondelle en métal	2
21	goupille	2
22	bielle	1
23	manivelle	1
24	Roulement 10-26-8	1
26	Roulement 10-26-8	1
31	Roulement 7-22-7	1
34	clavette	1
35	pignon 44 dents	1
36	Anneau élastique 10 x 1	1
37	rondelle plate	1
38	bague de centrage	1
39	carcasse gauche	1
40	cheville caoutchouc	1

Chaine de transmission - Eléments caractéristiques

Lames fixes (3-6)

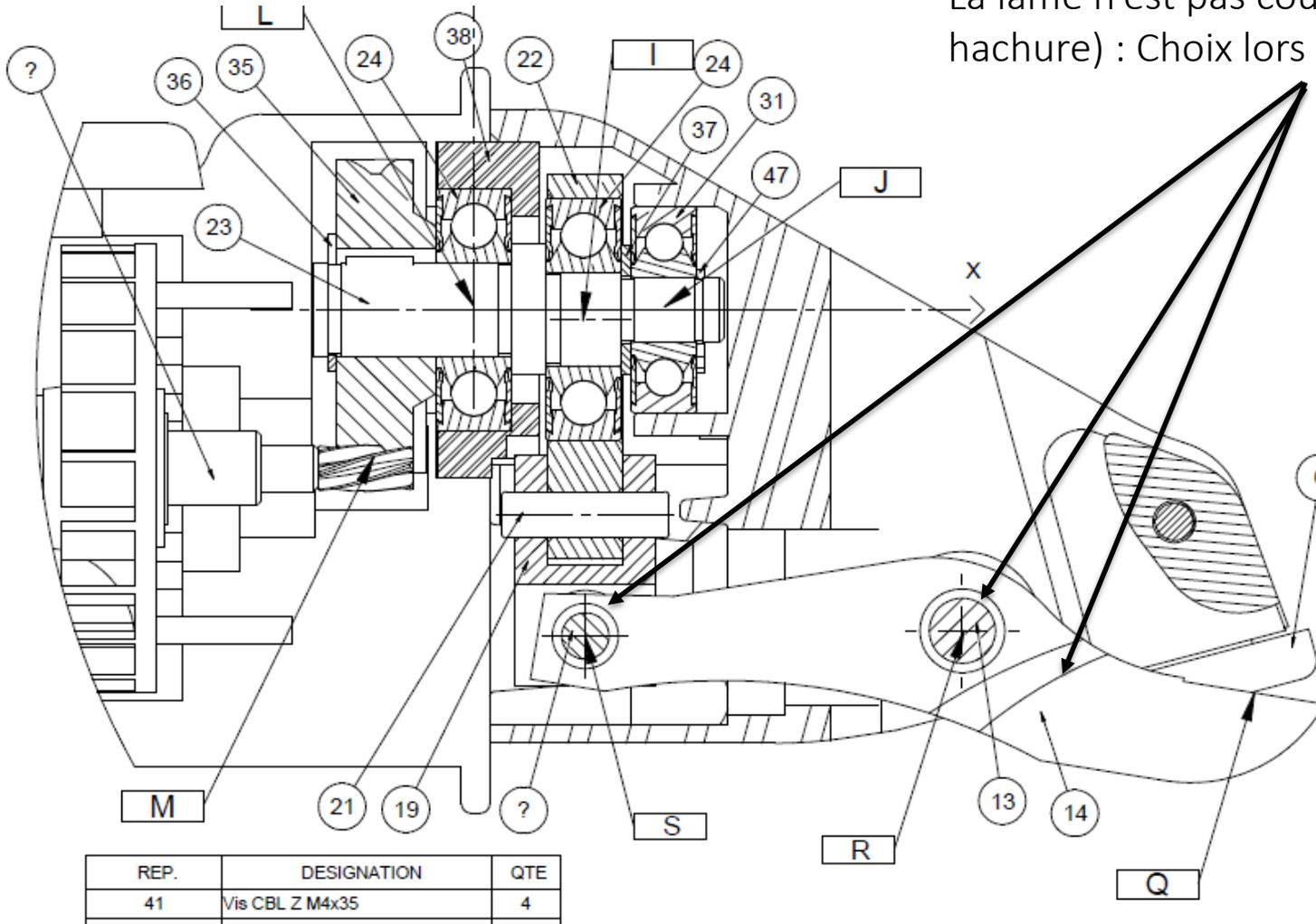
Lame mobile (14)



Licence étudiante de SolidWorks
Utilisation universitaire uniquement

Remarque sur la représentation de la lame mobile

La lame n'est pas coupée (pas de hachure) : Choix lors de la mise en plan

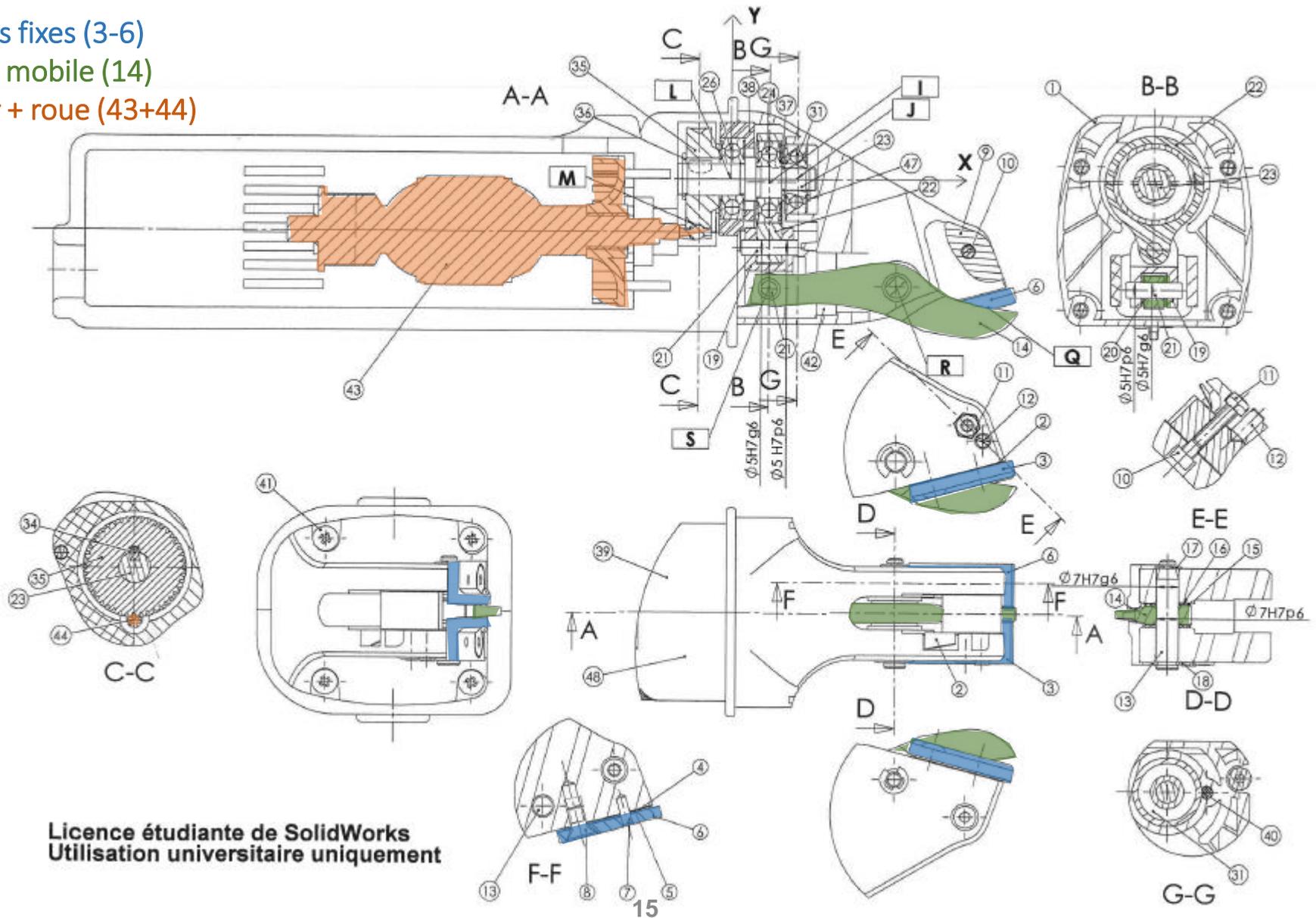


Chaine de transmission - Eléments caractéristiques

Lames fixes (3-6)

Lame mobile (14)

Rotor + roue (43+44)



Licence étudiante de SolidWorks
Utilisation universitaire uniquement

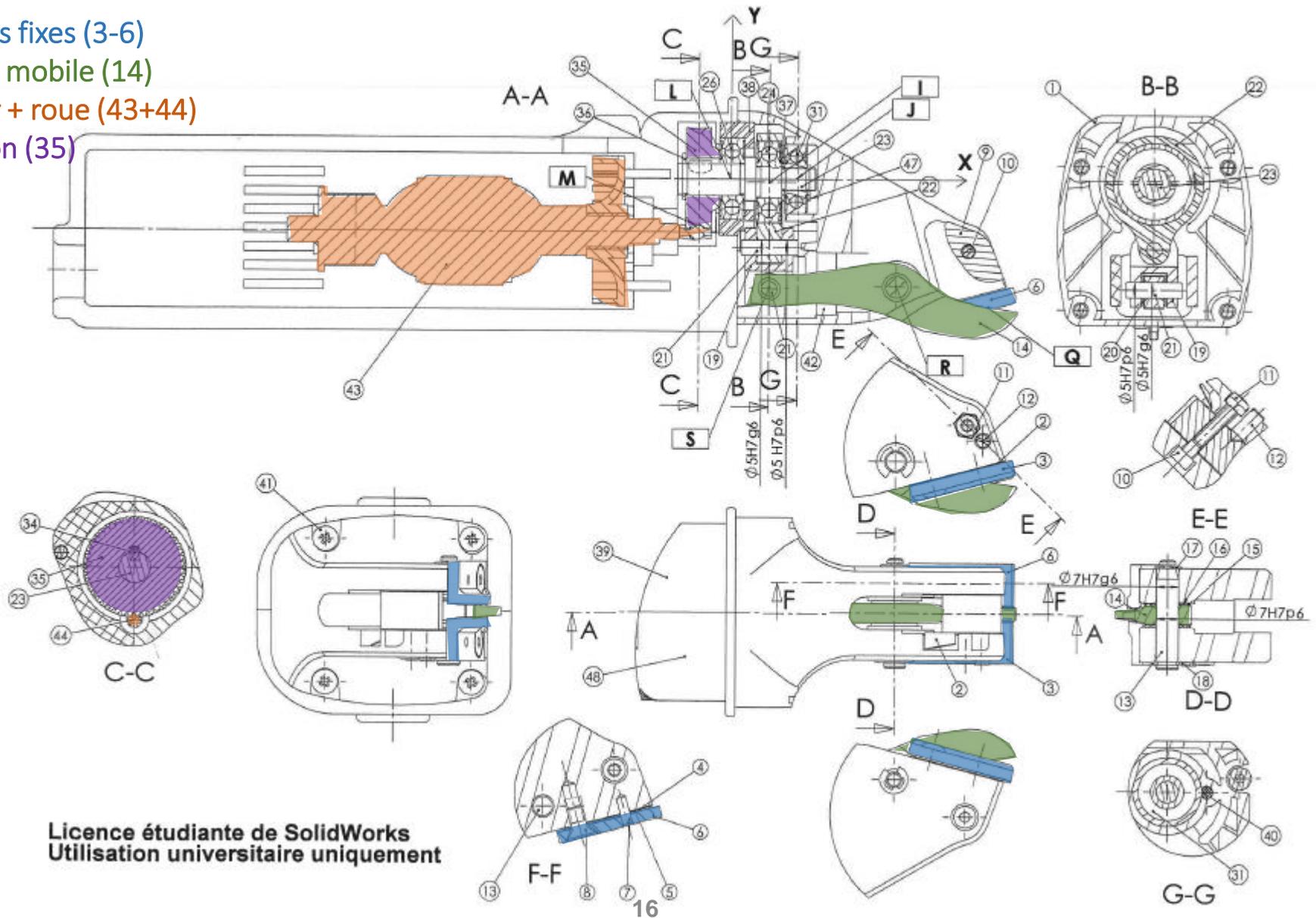
Chaine de transmission - Eléments caractéristiques

Lames fixes (3-6)

Lame mobile (14)

Rotor + roue (43+44)

Pignon (35)



Licence étudiante de SolidWorks
Utilisation universitaire uniquement

Chaine de transmission - Eléments caractéristiques

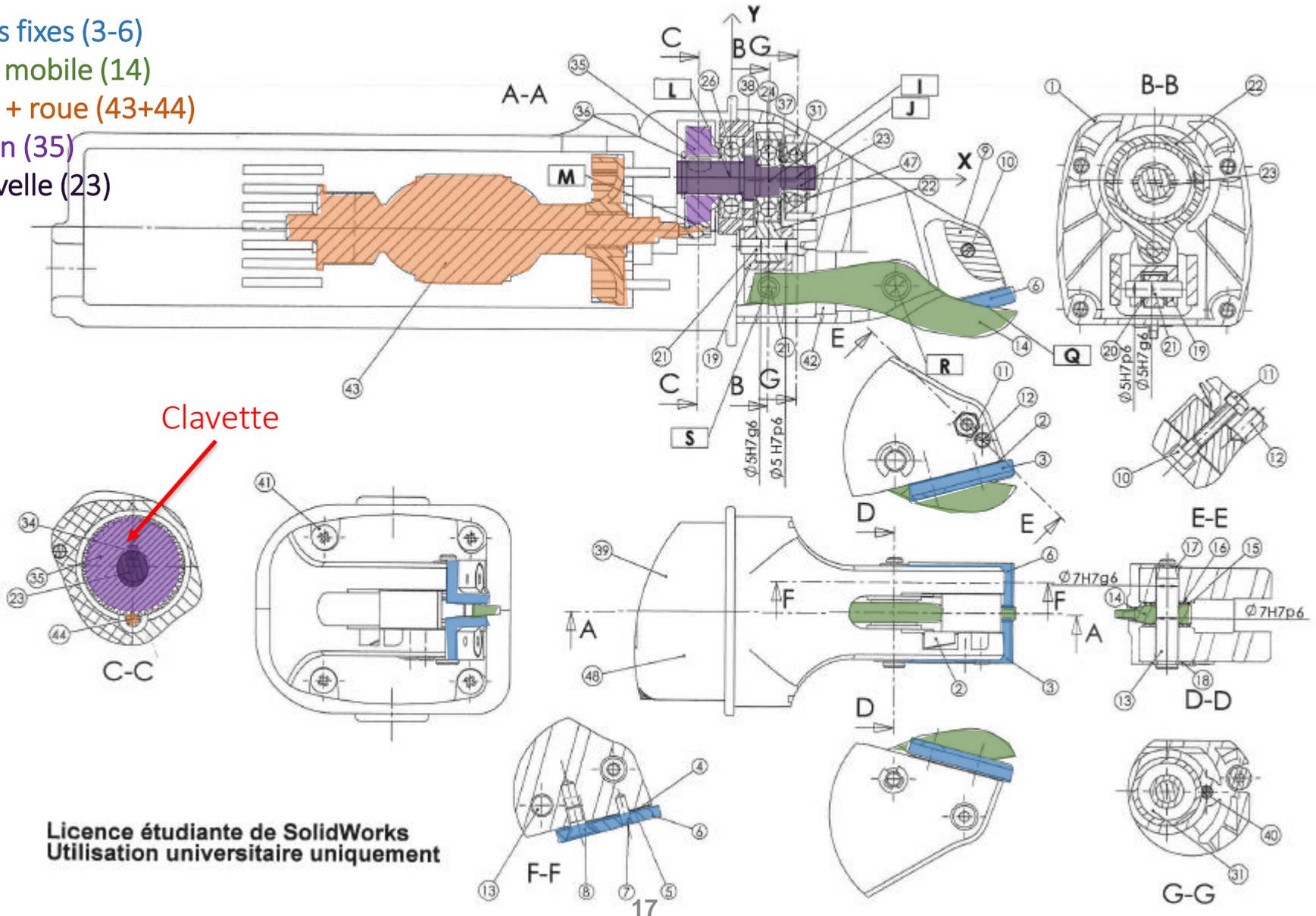
Lames fixes (3-6)

Lame mobile (14)

Rotor + roue (43+44)

Pignon (35)

Manivelle (23)



Licence étudiante de SolidWorks
Utilisation universitaire uniquement

Chaine de transmission - Eléments caractéristiques

Lames fixes (3-6)

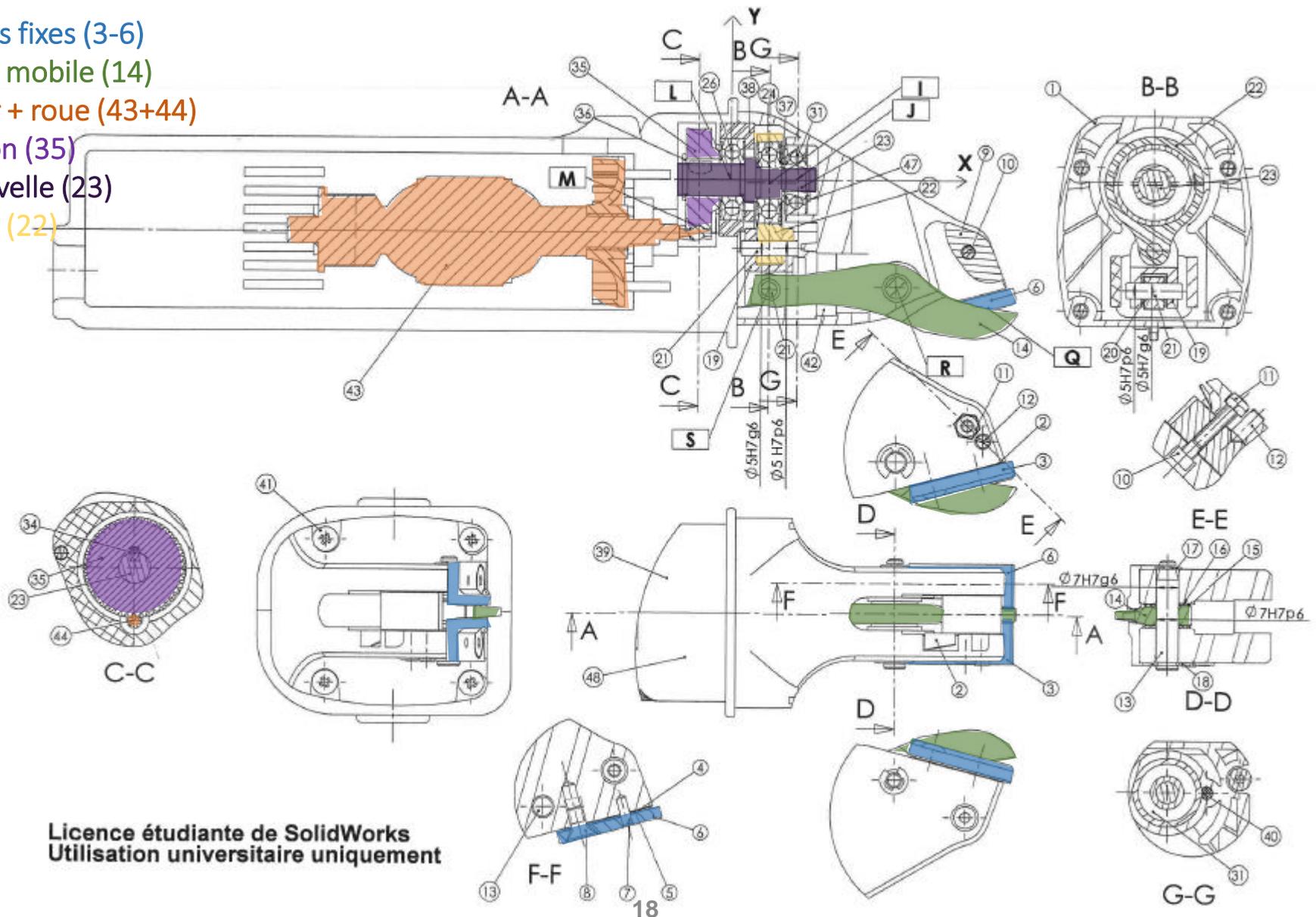
Lame mobile (14)

Rotor + roue (43+44)

Pignon (35)

Manivelle (23)

Bielle (22)



Licence étudiante de SolidWorks
Utilisation universitaire uniquement

Chaine de transmission - Eléments caractéristiques

Lames fixes (3-6)

Lame mobile (14)

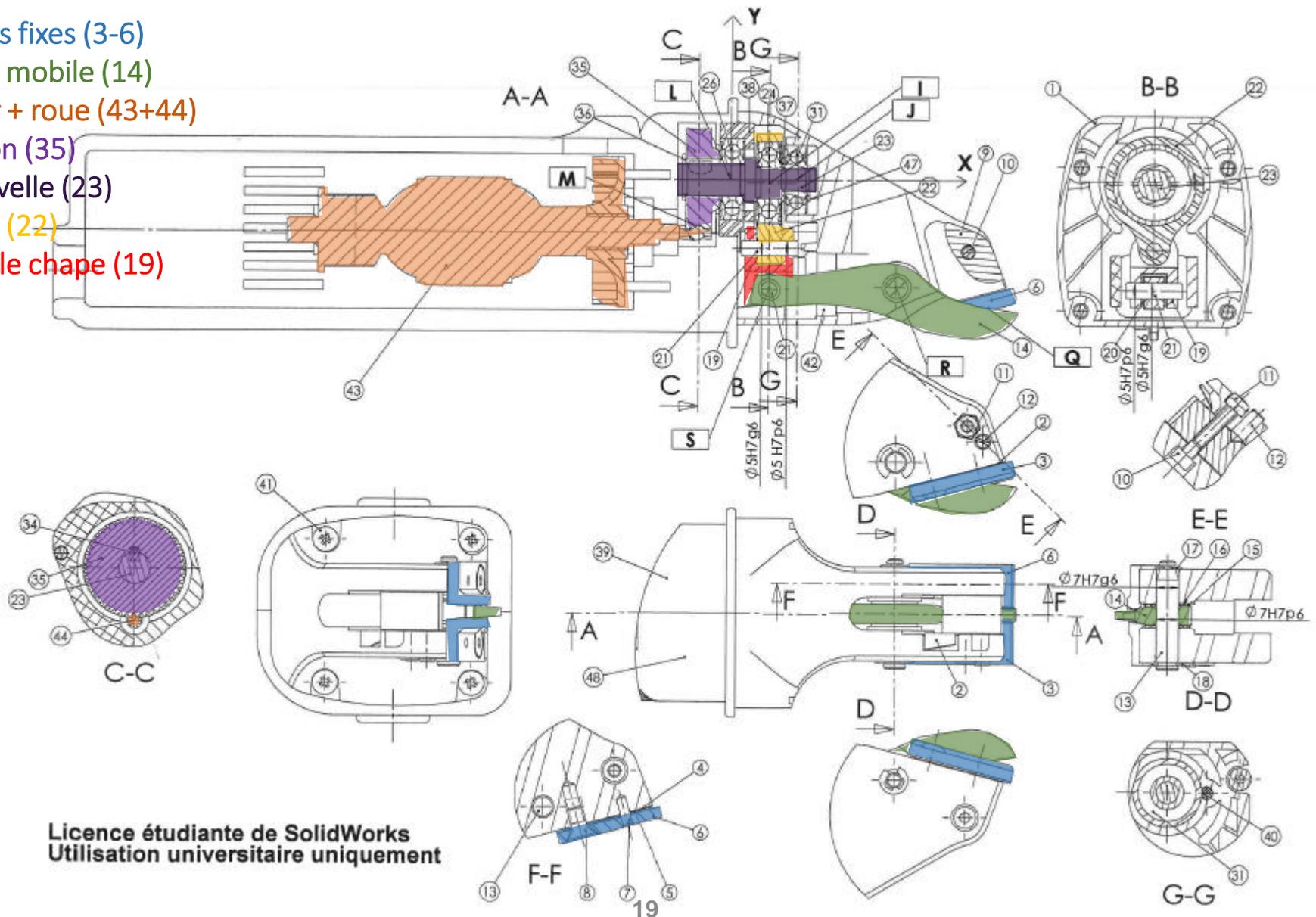
Rotor + roue (43+44)

Pignon (35)

Manivelle (23)

Bielle (22)

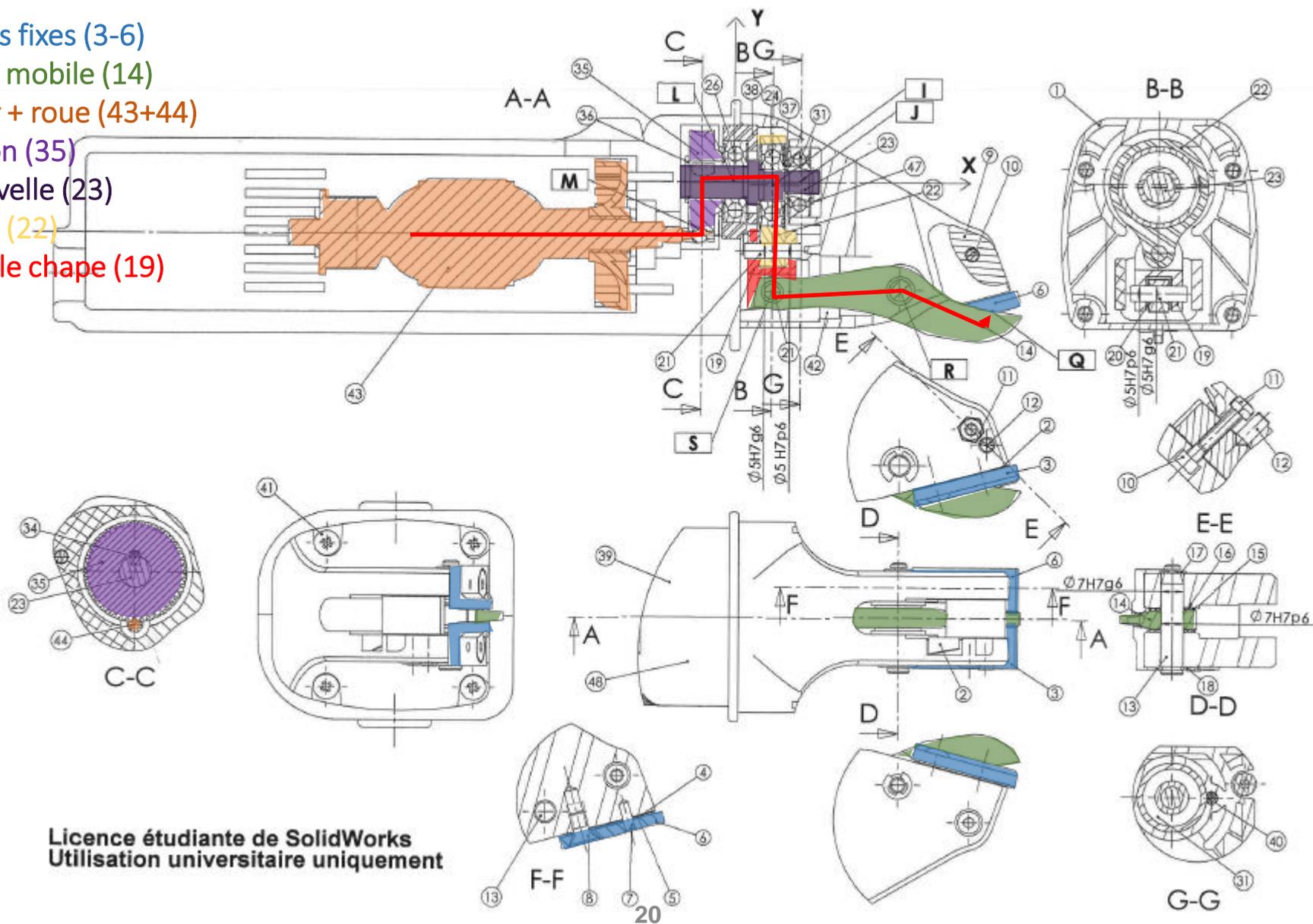
Double chape (19)



Licence étudiante de SolidWorks
Utilisation universitaire uniquement

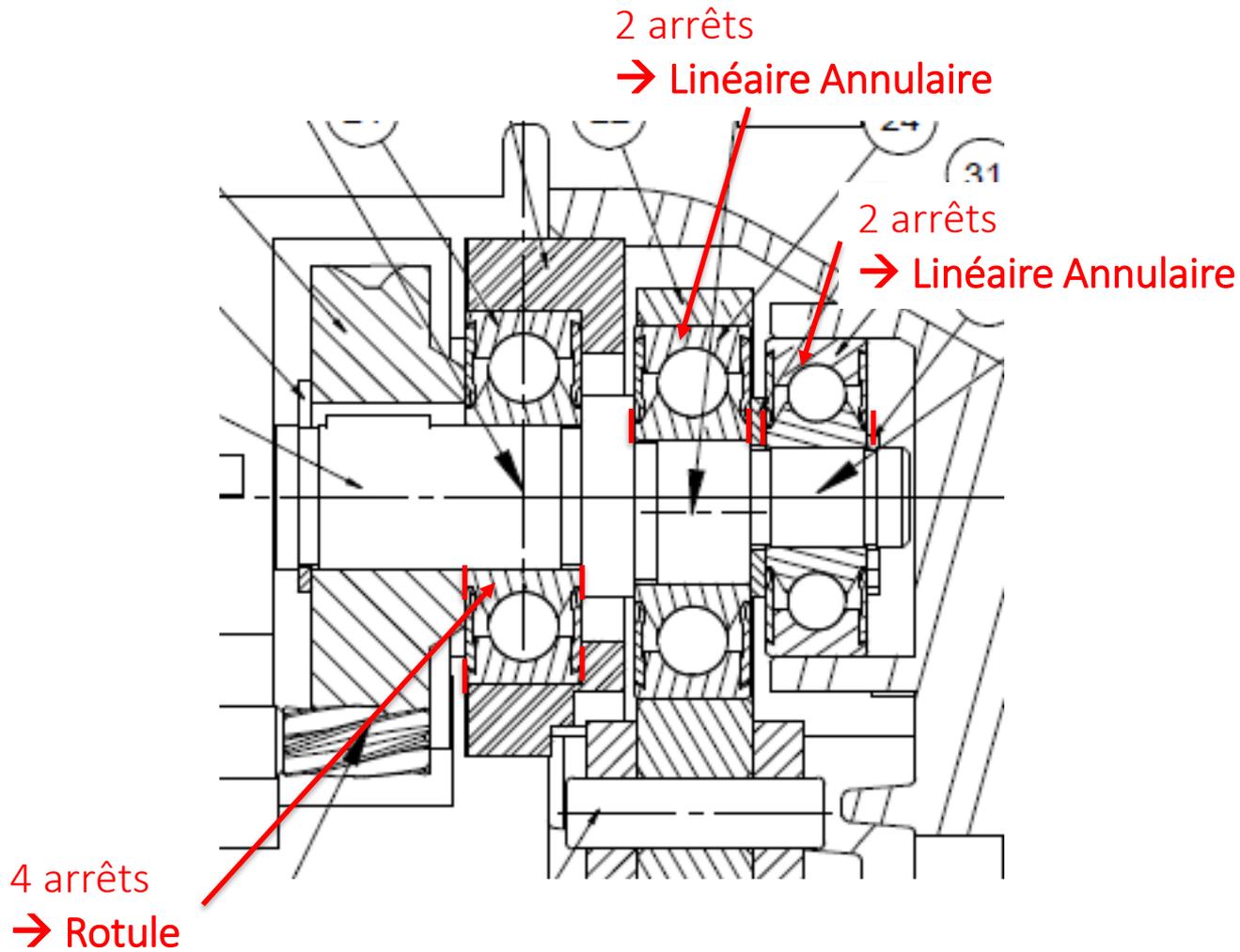
Chaine de transmission

- Lames fixes (3-6)
- Lame mobile (14)
- Rotor + roue (43+44)
- Pignon (35)
- Manivelle (23)
- Bielle (22)
- Double chape (19)

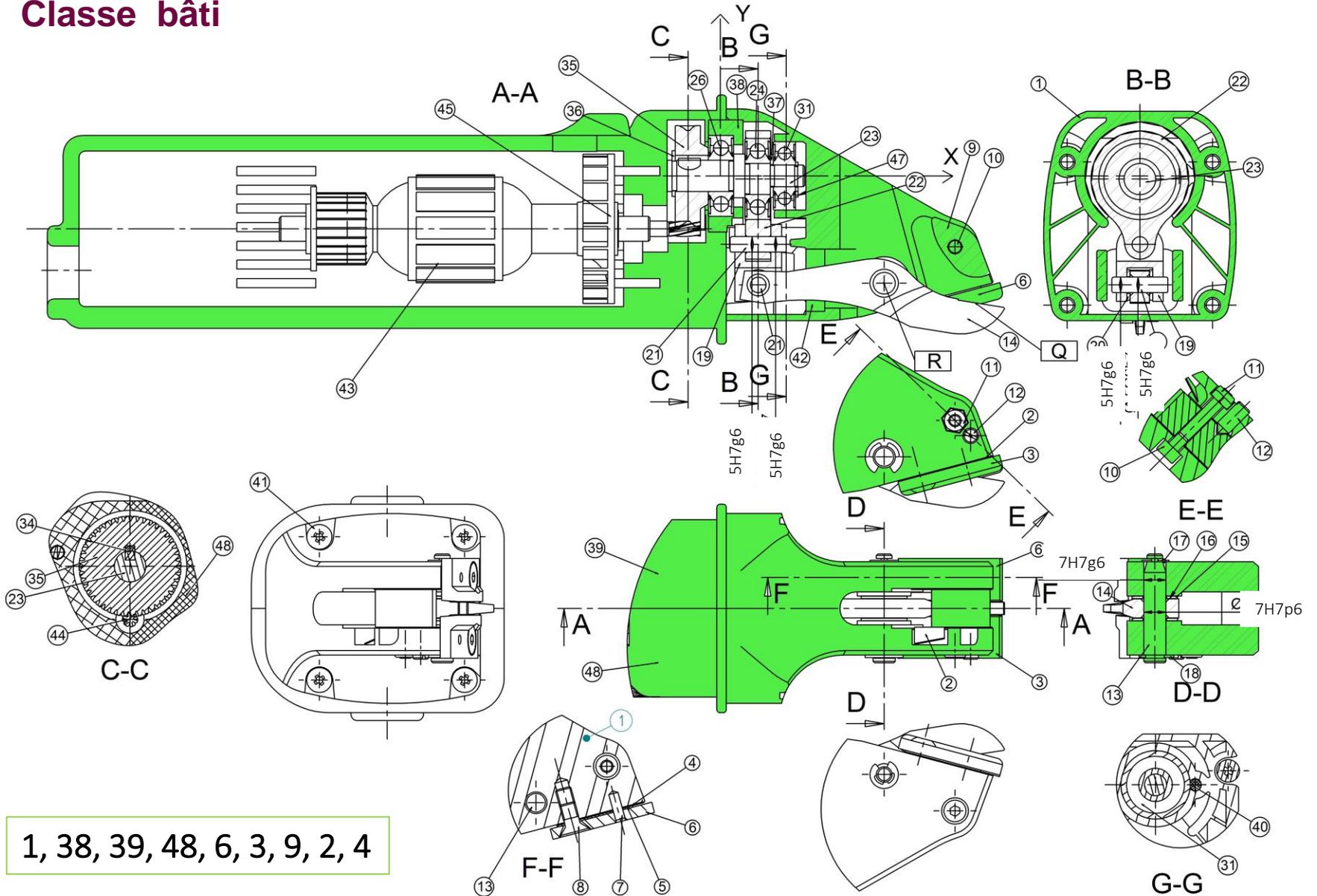


Licence étudiante de SolidWorks
Utilisation universitaire uniquement

Etude des roulements

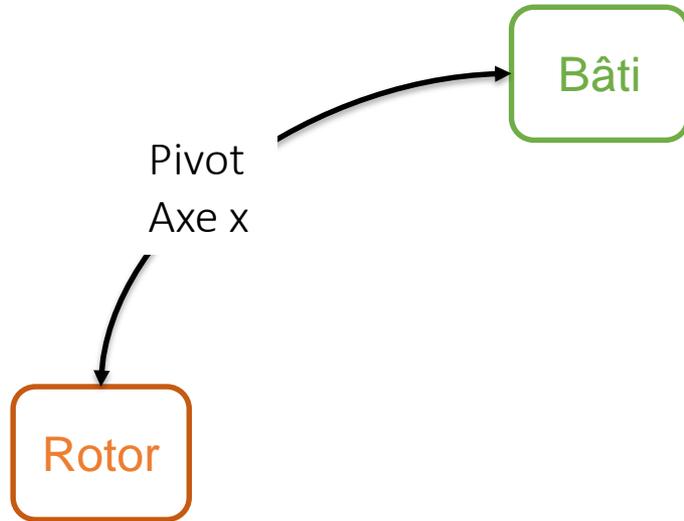


Classe bâti

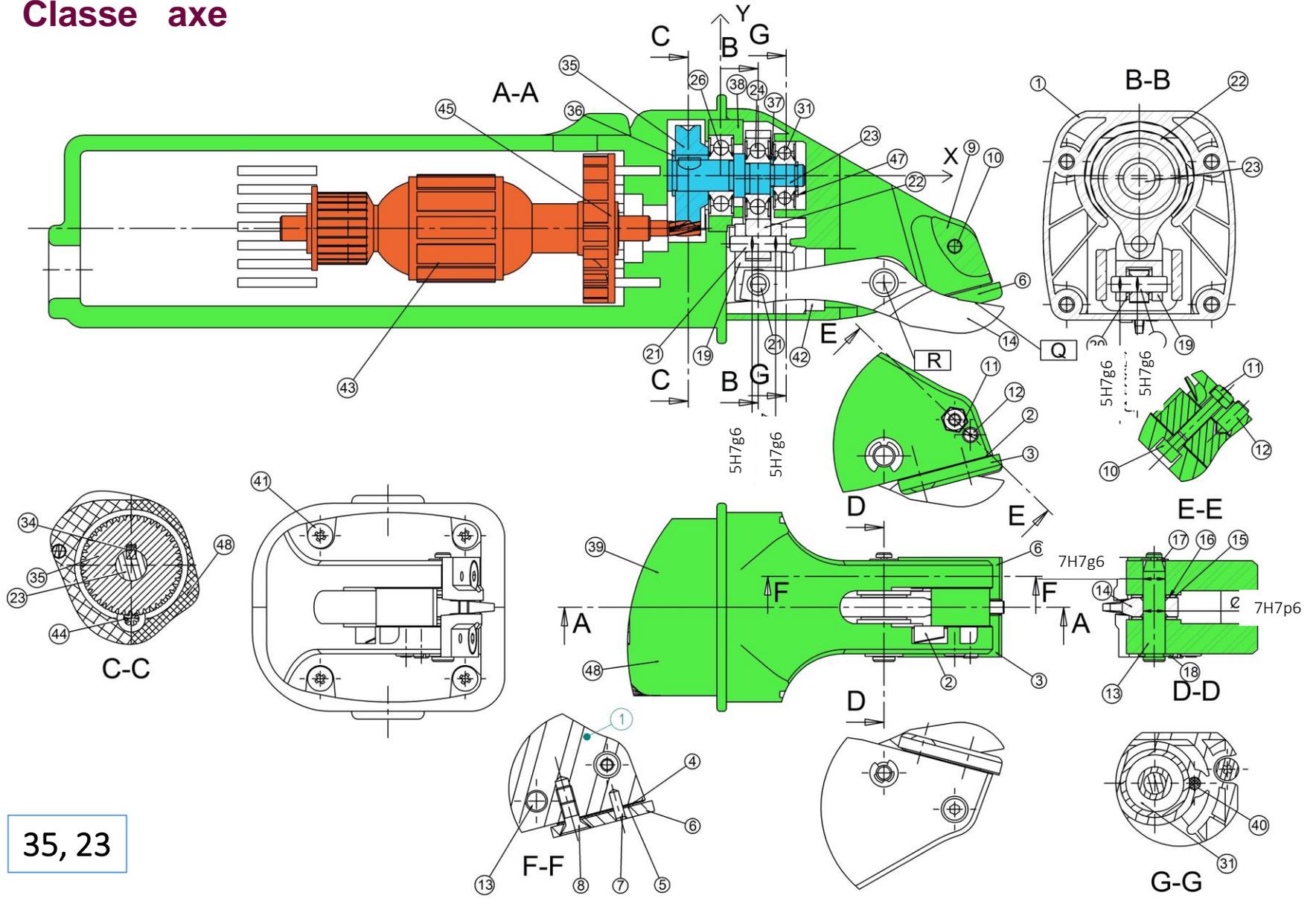


1, 38, 39, 48, 6, 3, 9, 2, 4

Graphe des liaisons

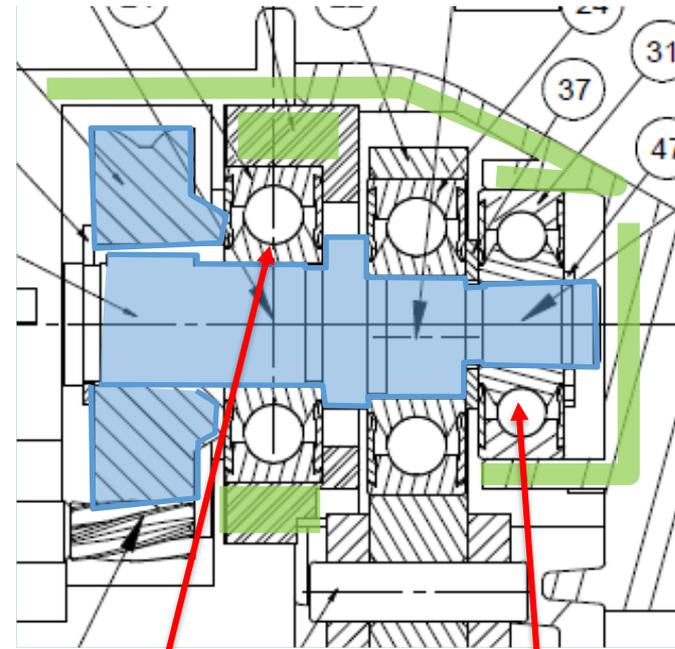
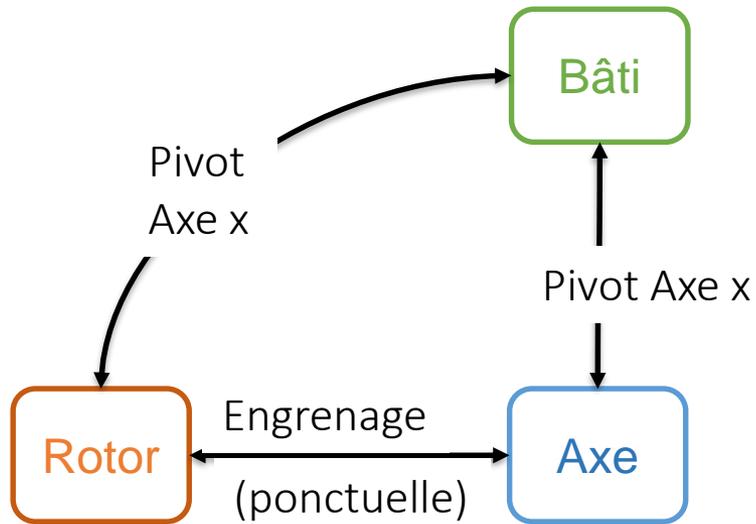


Classe axe



35, 23

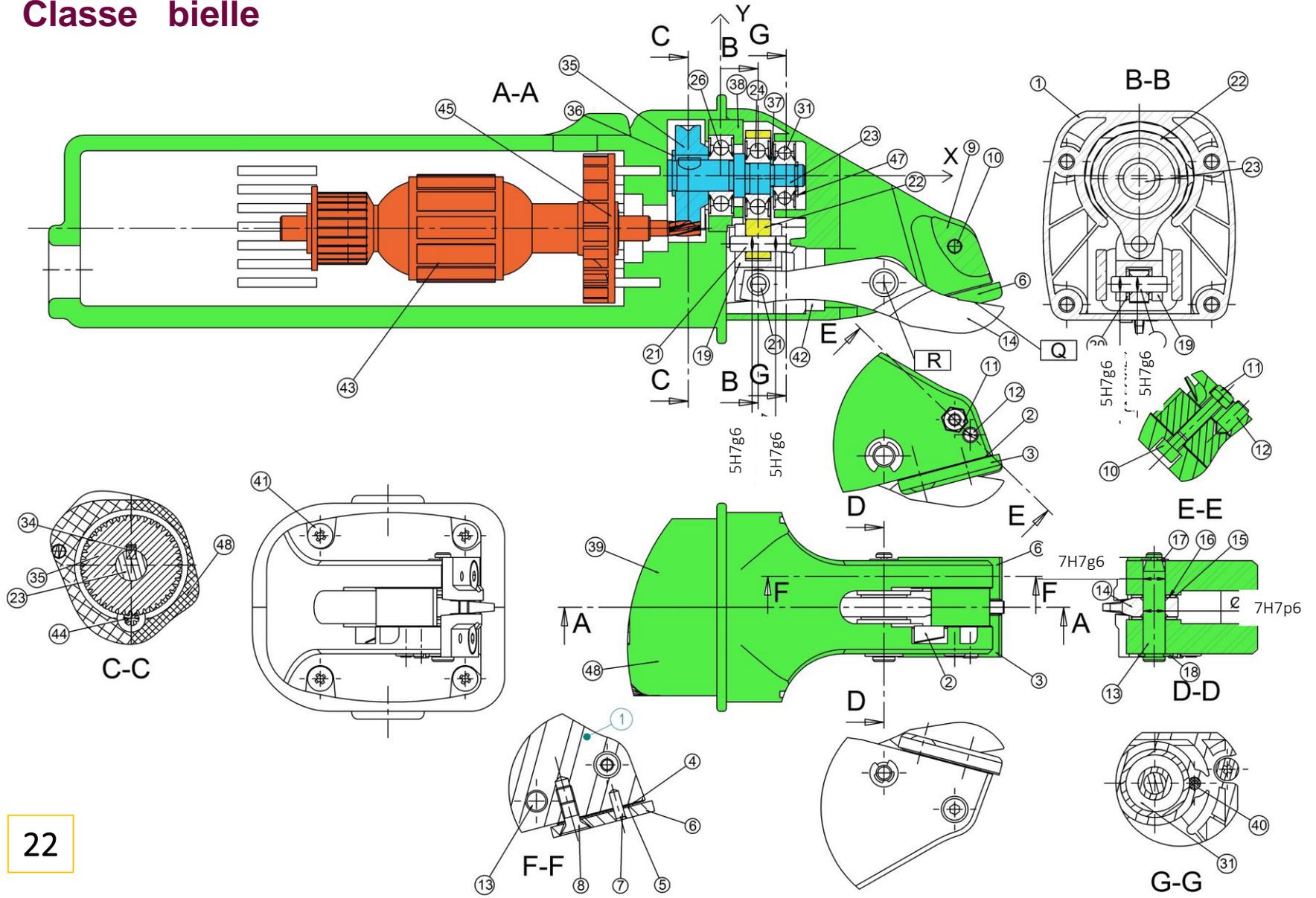
Graphe des liaisons



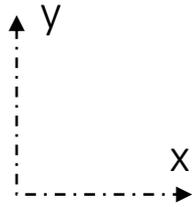
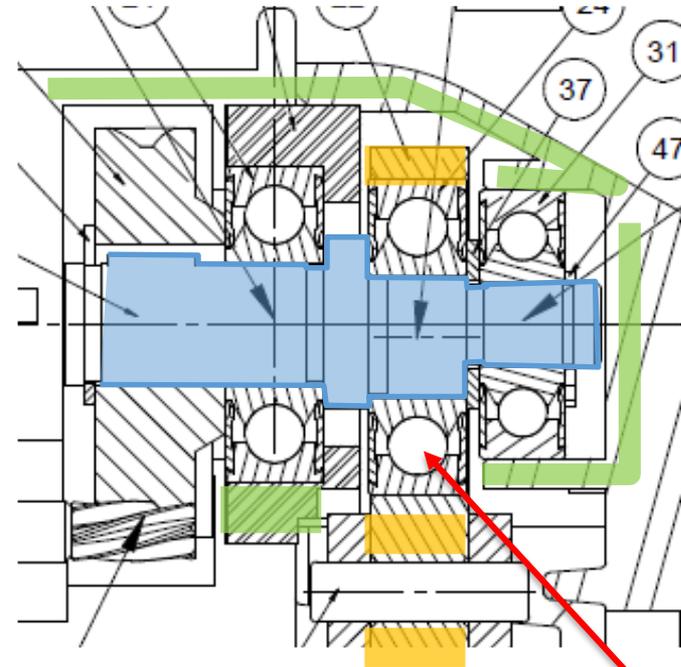
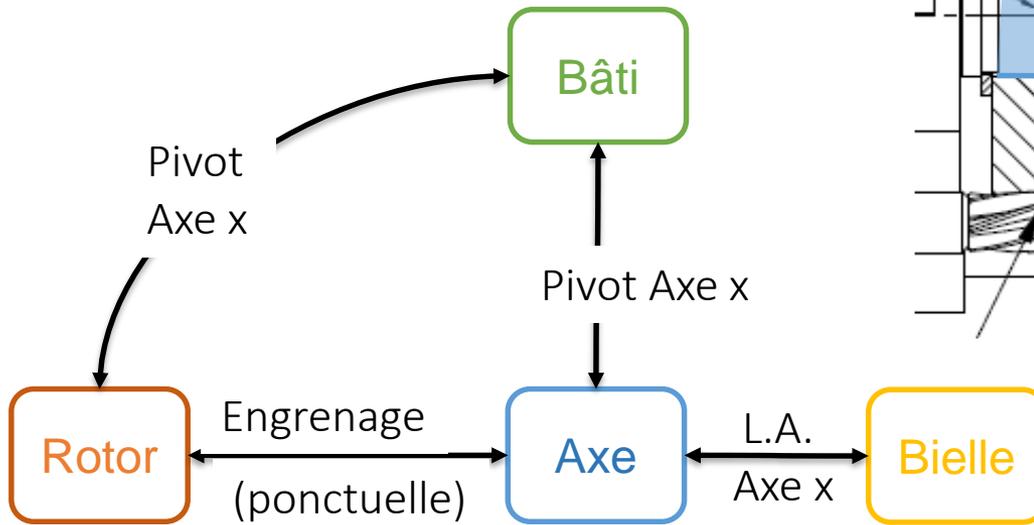
Rotule

LA

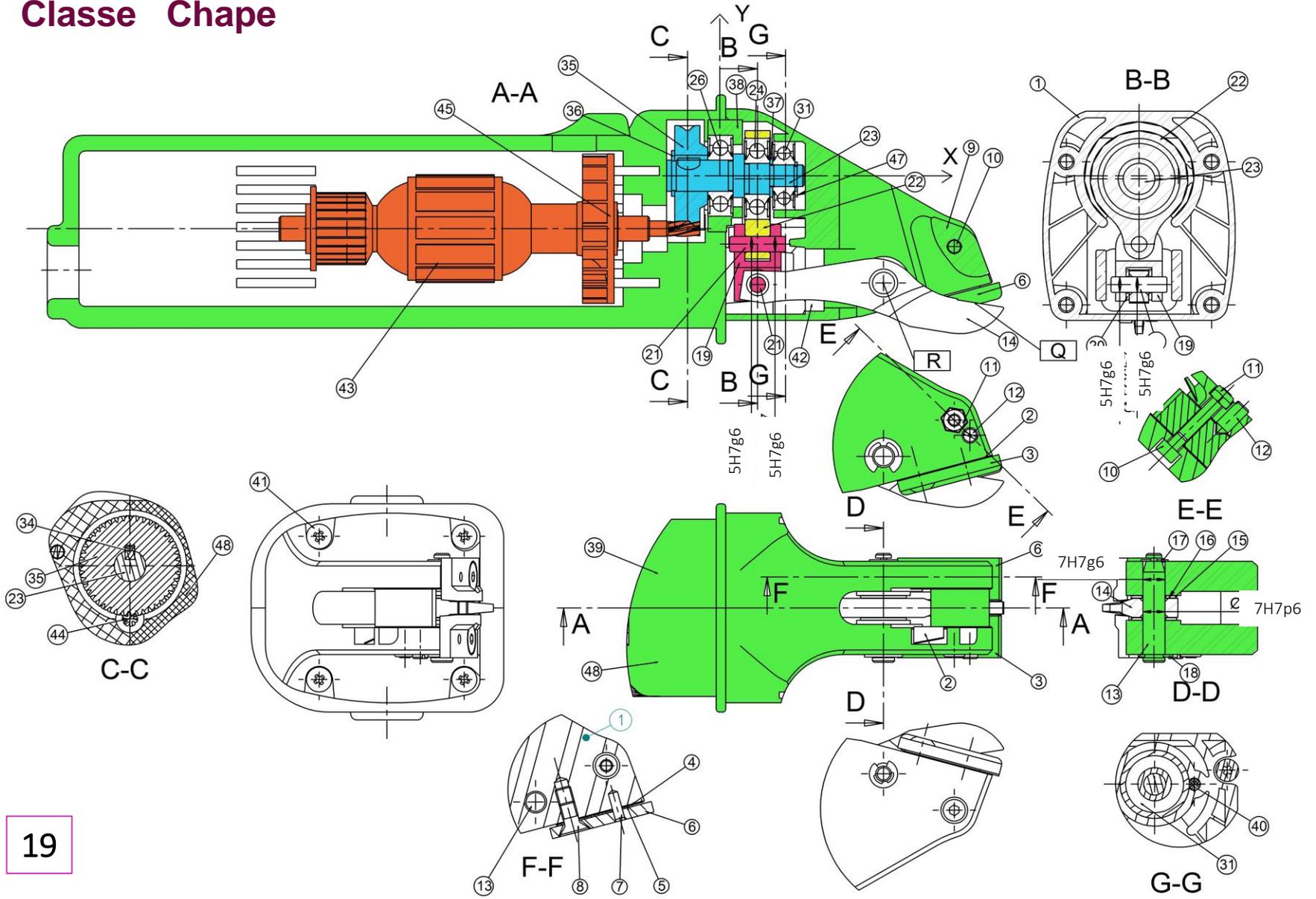
Classe bielle



Graphe des liaisons

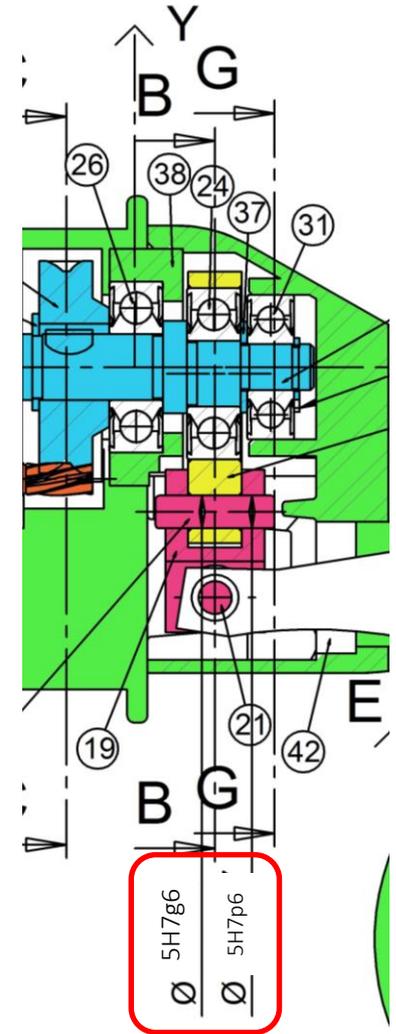
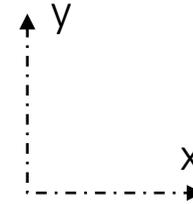
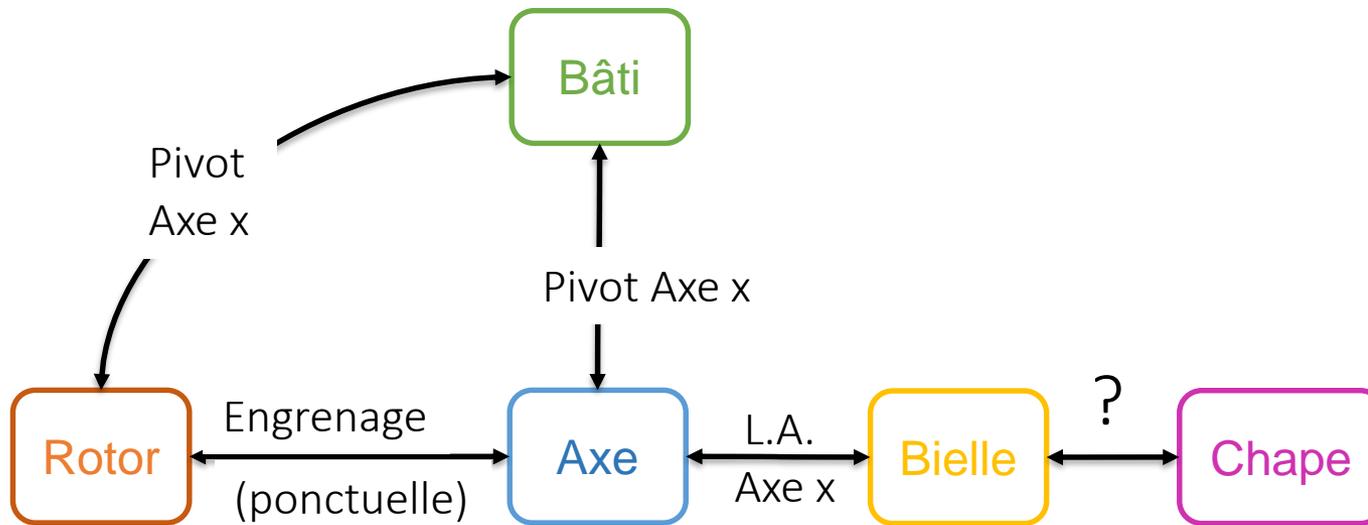


Classe Chape



19

Graphe des liaisons



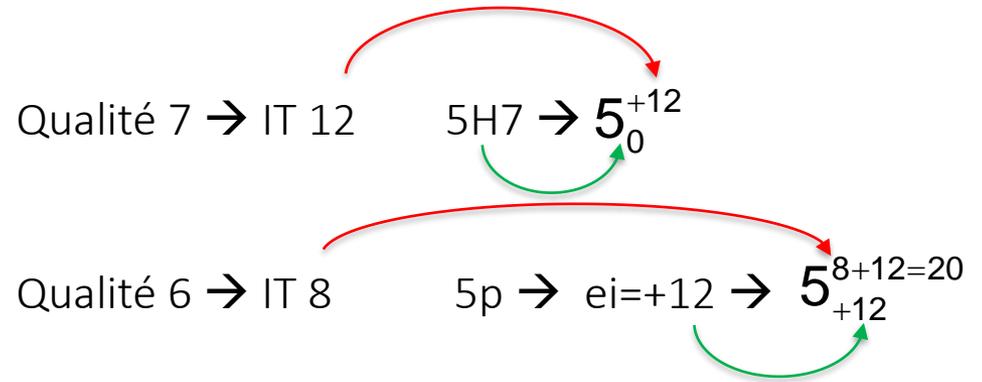
1- Etude des axes 21

- 5H7p6

Tableau 2 : Qualités normalisées

Qualité → ↓ Diamètre	6	7	8	9	10	11
<3	6	10	14	25	40	60
>3 à 6	8	12	18	30	48	75
>6 à 10	9	15	22	36	58	90

ARBRES										
	Ecart sup. (Es)				Ecart inf. (Ei)					
Φ	e	f	g	h	K	m	n	p	r	s
<3	-14	-6	-2	-0	+0	+2	+4	+6	+10	+14
>3	20	-10	-4	-0	+0	+4	+8	+12	+15	+19
>6	-25	-13	-5	-0	+0	+6	+10	+15	+19	+23



Jeux / Serrage ?

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= D_{\max} - d_{\min} \\ &= (5 + 12\mu\text{m}) - (5 + 12\mu\text{m}) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= D_{\min} - d_{\max} \\ &= (5 + 0) - (5 + 20\mu\text{m}) \\ &= -20\mu\text{m} \end{aligned}$$

➡ Serrage

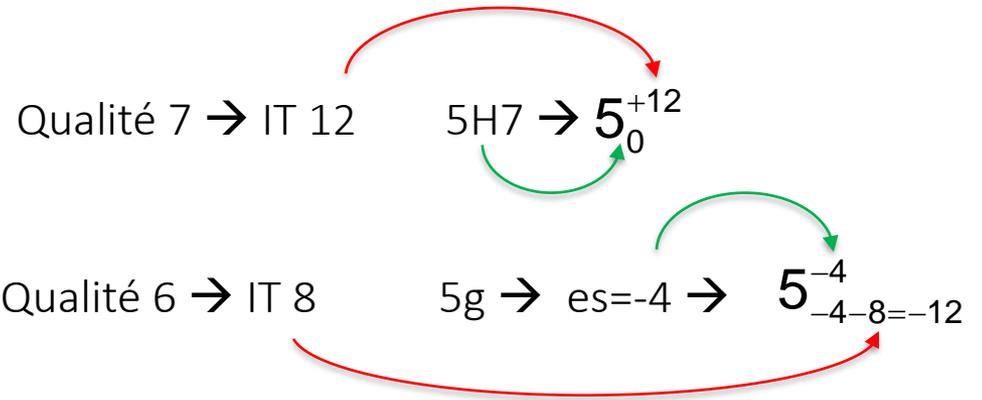
1- Etude des axes 21

- 5H7g6

Tableau 2 : Qualités normalisé

Qualité → ↓ Diamètre	6	7	8	9	10	11
<3	6	10	14	25	40	60
>3 à 6	8	12	18	30	48	75
> 6 à 10	9	15	22	36	58	90

ARBRES										
	Ecart sup. (Es)				Ecart inf. (Ei)					
Φ	e	f	g	h	K	m	n	p	r	s
<3	-14	-6	-2	-0	+0	+2	+4	+6	+10	+14
>3	20	-10	-4	-0	+0	+4	+8	+12	+15	+19
>6	-25	-13	-5	-0	+0	+6	+10	+15	+19	+23



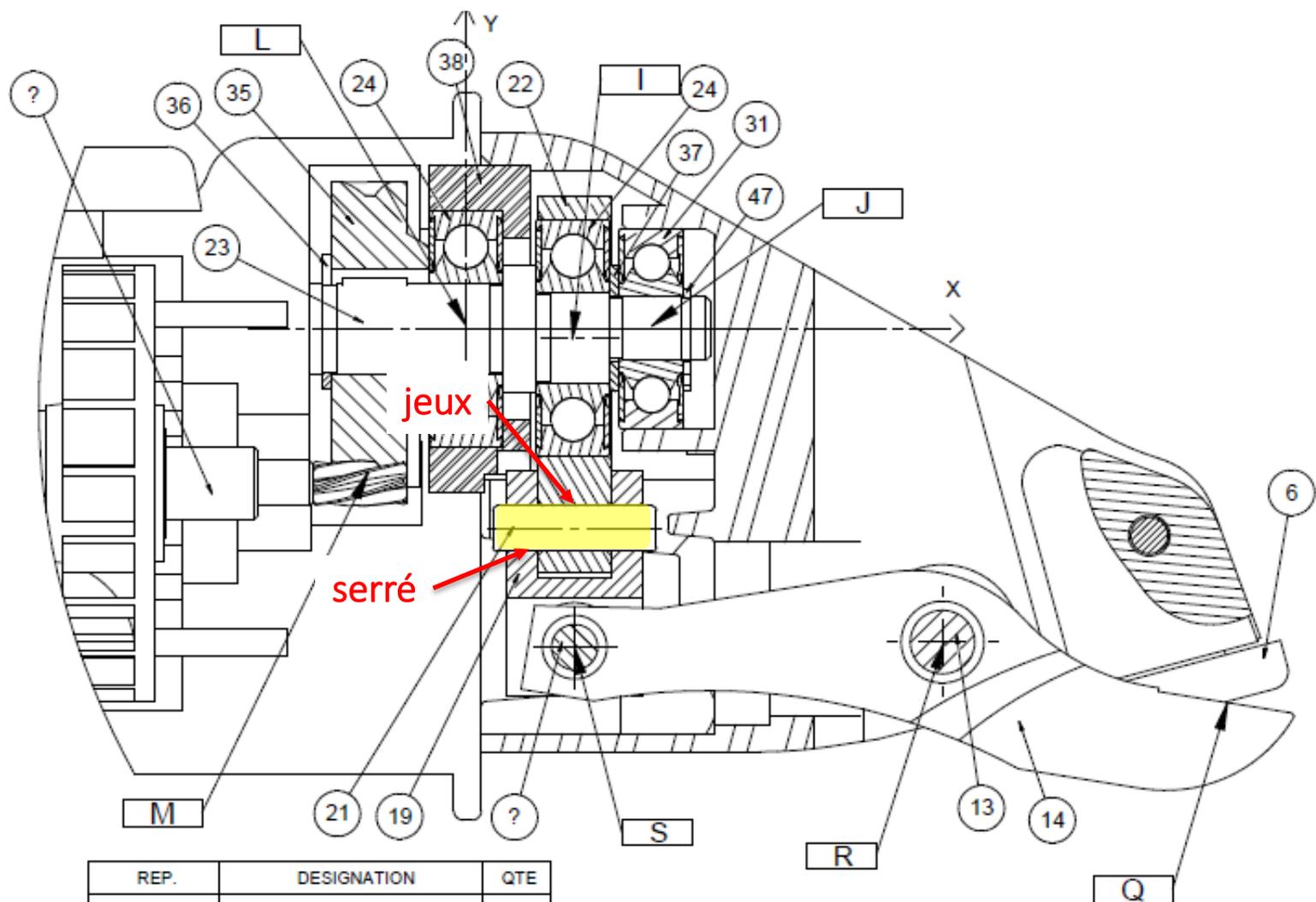
Jeux / Serrage ?

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= D_{\max} - d_{\min} \\ &= (5 + 12\mu\text{m}) - (5 - 12\mu\text{m}) \\ &= +24\mu\text{m} \end{aligned}$$

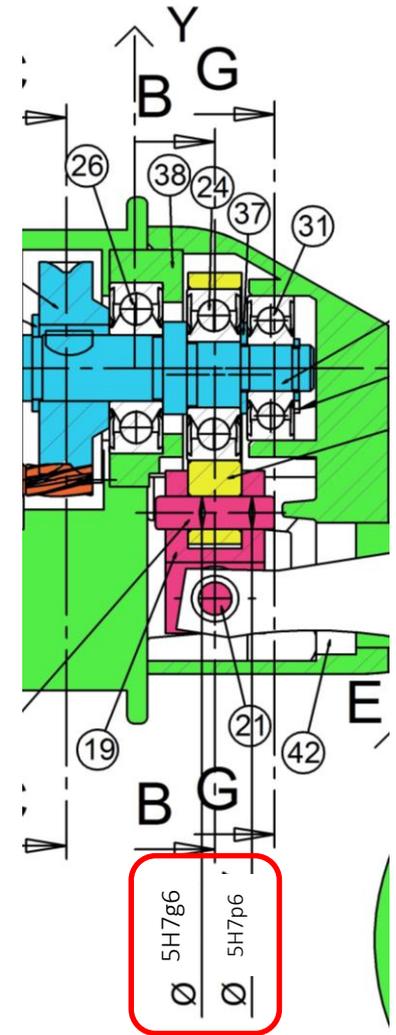
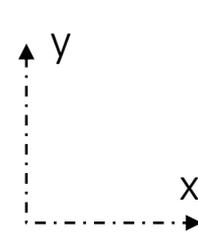
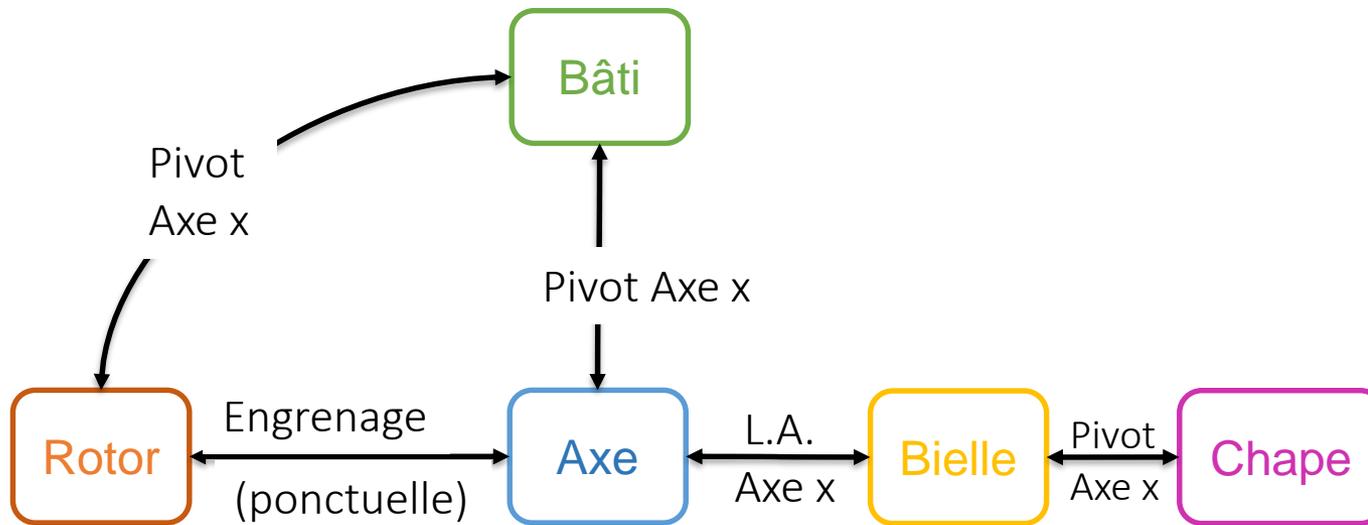
$$\begin{aligned} \Delta_2 &= D_{\min} - d_{\max} \\ &= (5 + 0) - (5 - 4\mu\text{m}) \\ &= +4\mu\text{m} \end{aligned}$$

⇒ jeux

1- Etude des axes 21

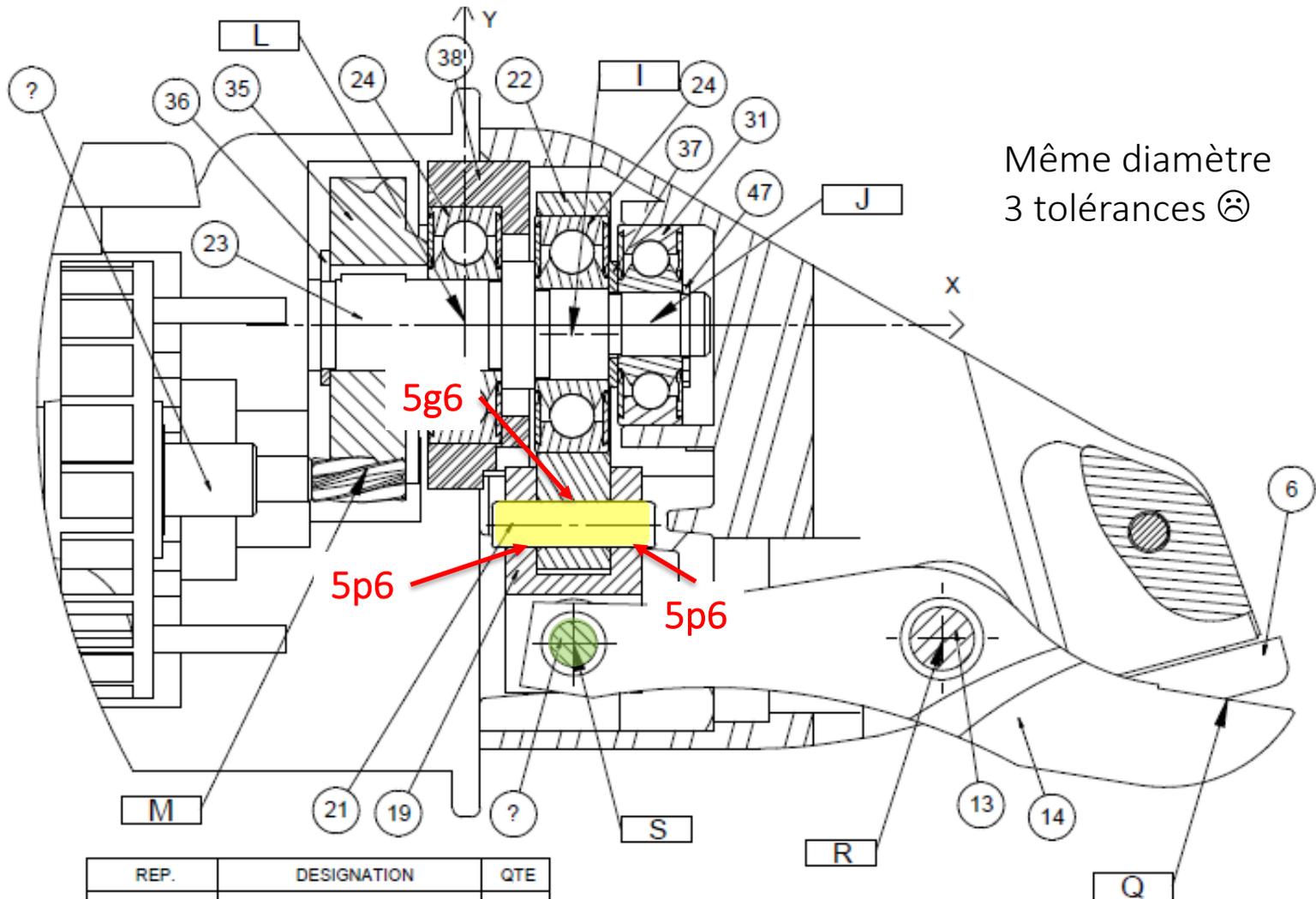


Graphe des liaisons



Centrages longs + Arrêts axiaux

Etude des axes 21 – Critique de la solution (question 6)



Etude des axes 21 – Critique de la solution (question 6)

Alésage normal → Arbre normal h

- $5H7p6 \rightarrow 5P7h6$ Qualité 7 → IT 12 $5P7 \rightarrow$ $Es = -12+4 \rightarrow 5_{-8-12=-20}^{-8}$
 Qualité 6 → IT 8 $5h \rightarrow$ $es=0 \rightarrow 5_{0-8=-8}^0$

ARBRES											ALESAGES										
Ecart sup. (Es)					Ecart inf. (Ei)						Ecart inf (Ei)			Ecart supérieur (Es)							
											F	G	H	K ¹		M		P ²		Δ	
φ	e	f	g	h	K ¹	m	n	p	r	s	Toutes qualités			<8	<8	>8	>7	6	7	8	
<3	-14	-6	-2	-0	+0	+2	+4	+6	+10	+14	+6	+2	+0	0	-2	-2	-6	0	0	0	
>3	20	-10	-4	-0	+0	+4	+8	+12	+15	+19	+10	+4	+0	-1	-4	-4	-12	3	4	6	

Jeux / Serrage ?

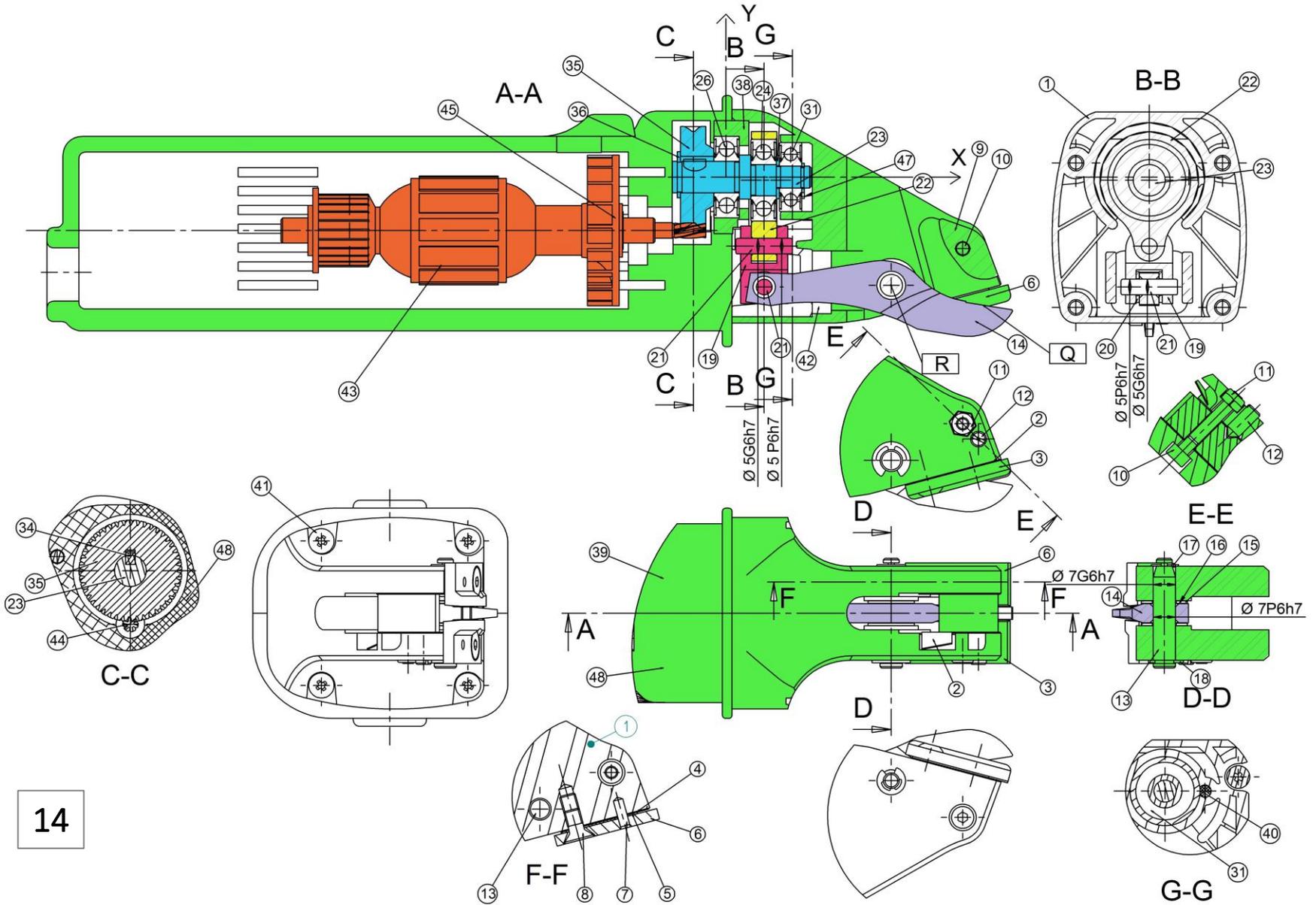
$$\begin{aligned} \Delta_1 &= D_{\max} - d_{\min} \\ &= (5 - 8\mu\text{m}) - (5 - 8\mu\text{m}) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= D_{\min} - d_{\max} \\ &= (5 + 0) - (5 + 20\mu\text{m}) \\ &= -20\mu\text{m} \end{aligned}$$

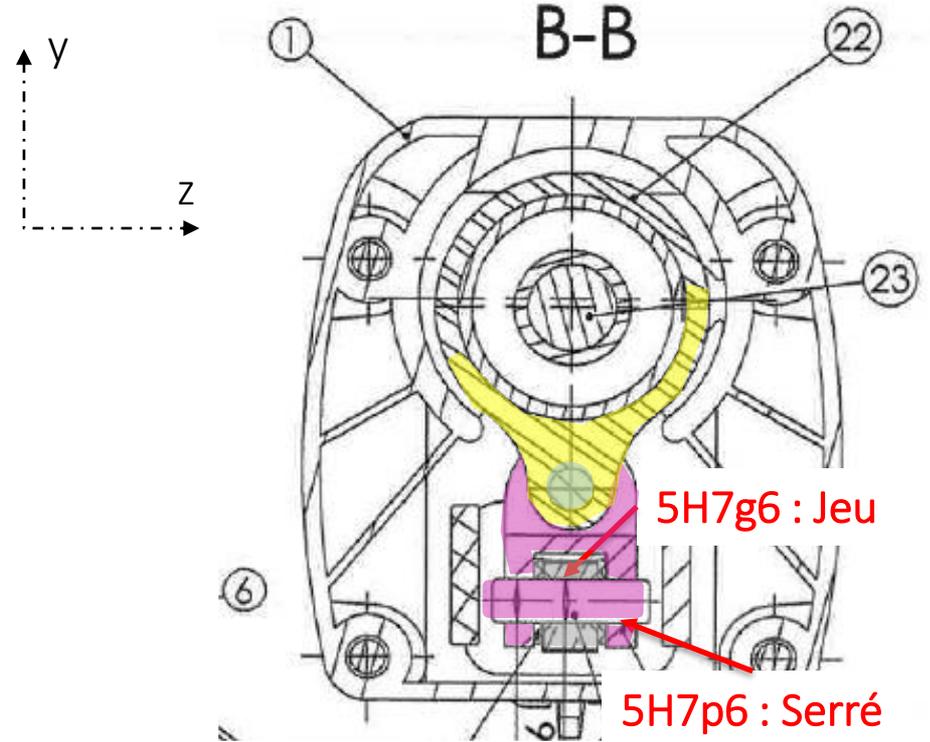
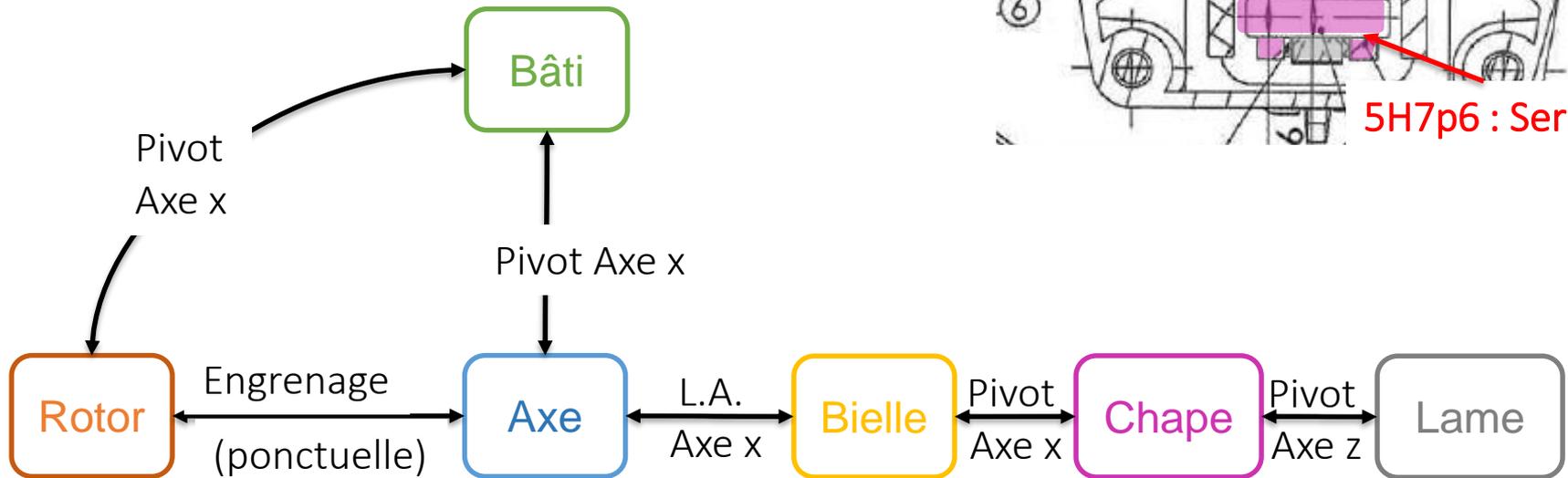


Serrage
Idem 5H7p6

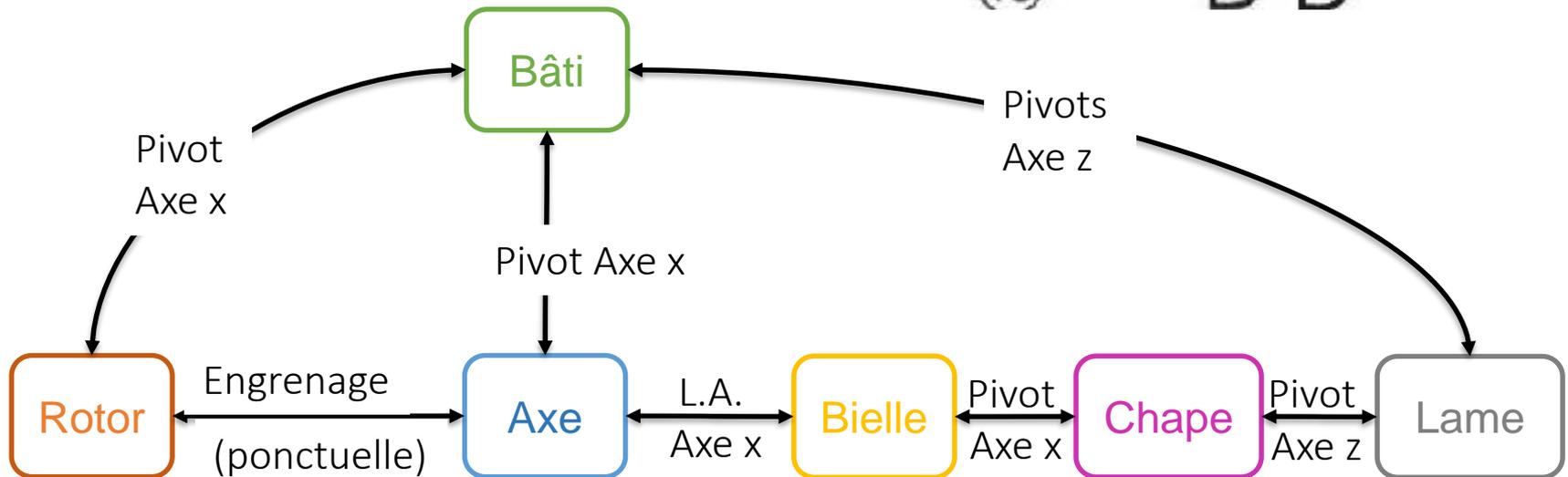
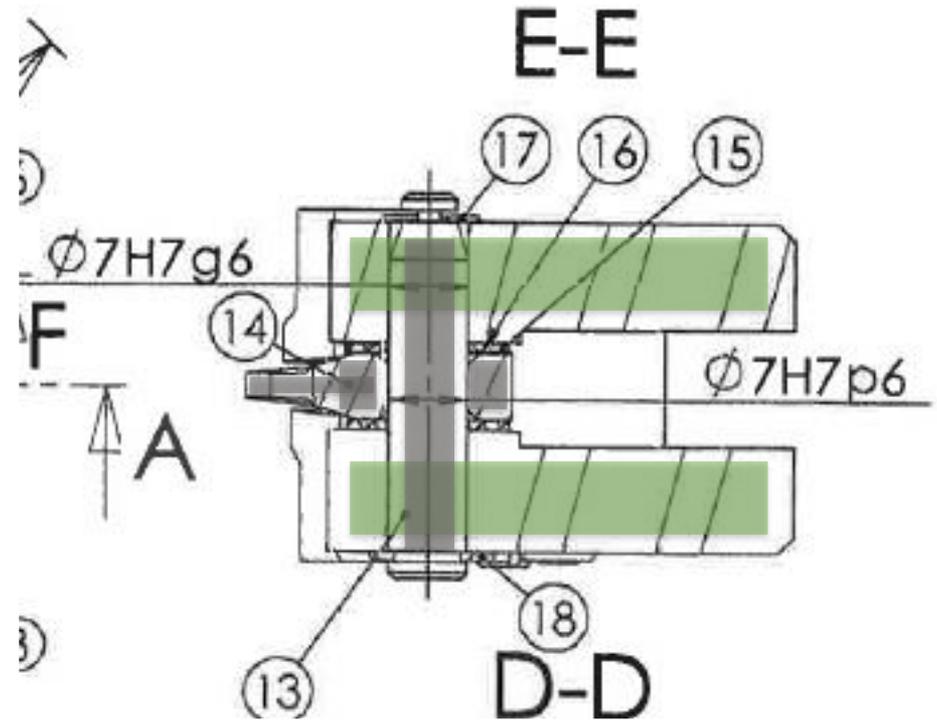
Classe Lame Mobile



Graphe des liaisons



Graphe des liaisons



Graphe des liaisons

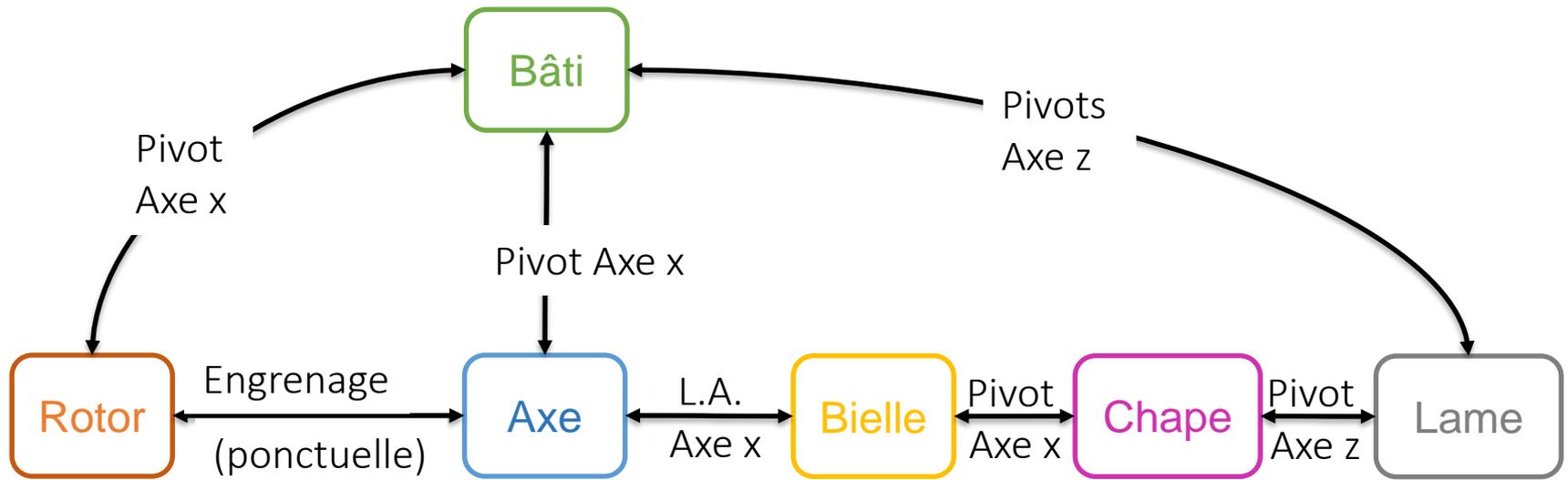


Schéma Cinématique

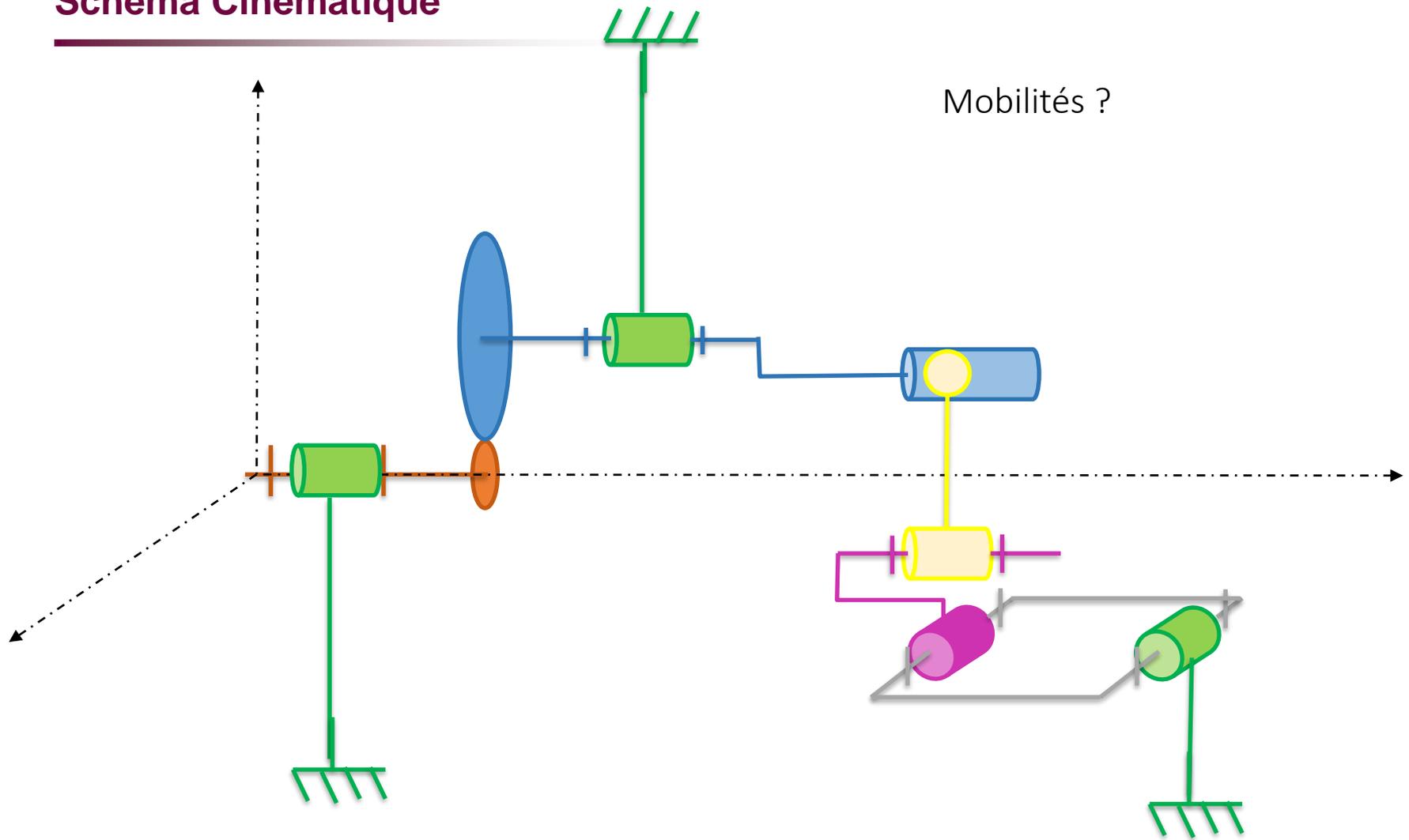


Schéma Cinématique

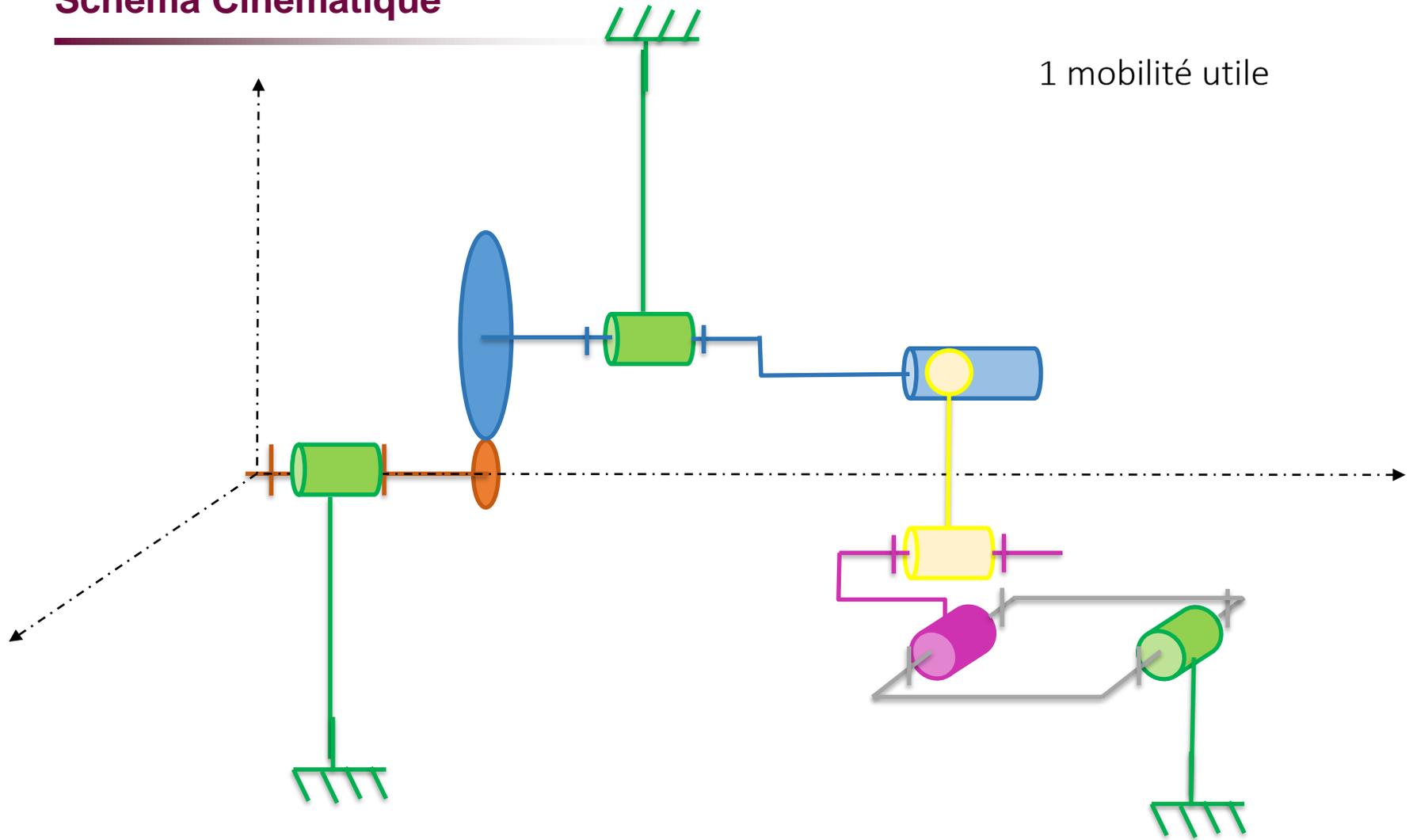


Schéma Cinématique

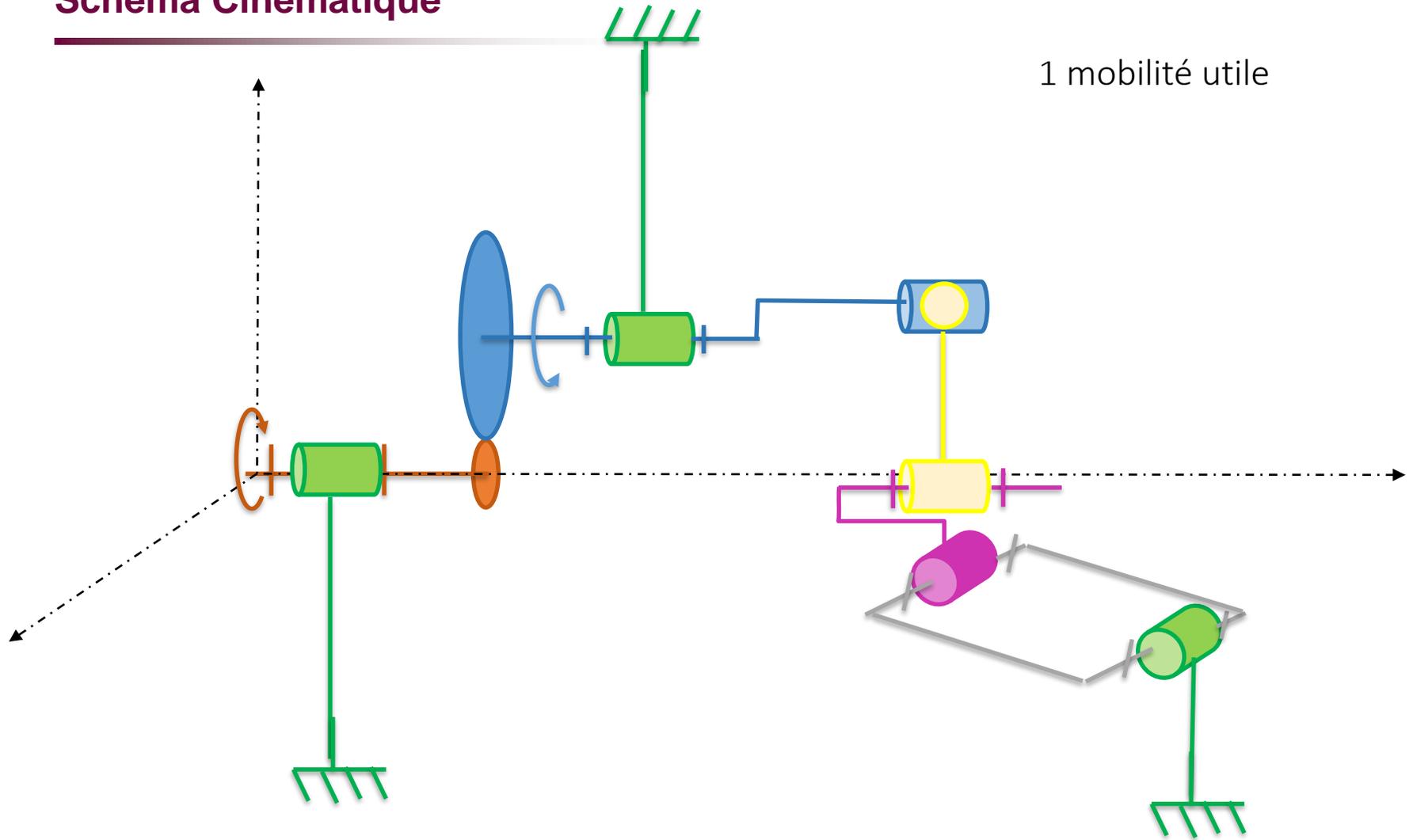


Schéma Cinématique

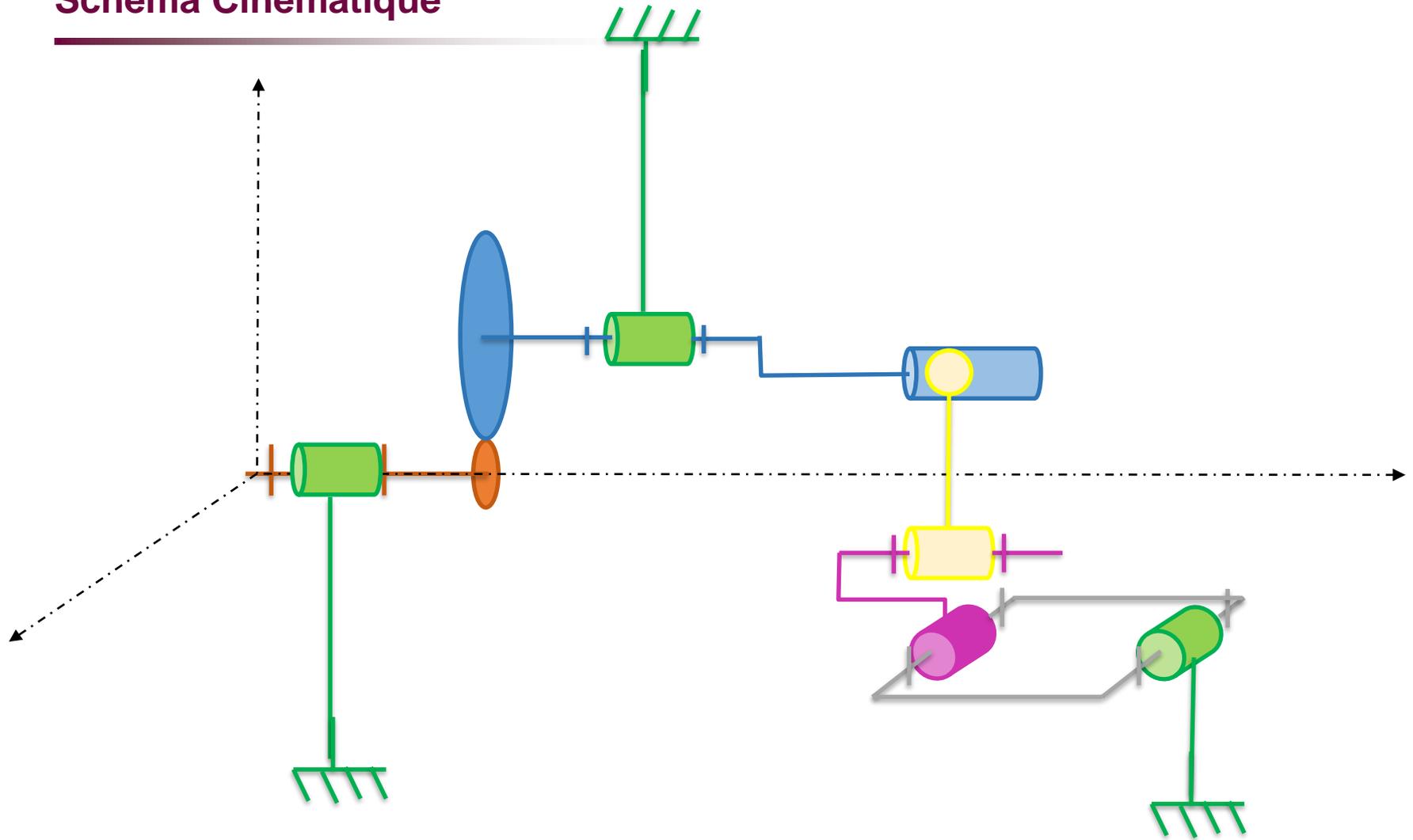


Schéma Cinématique

1 mobilité interne

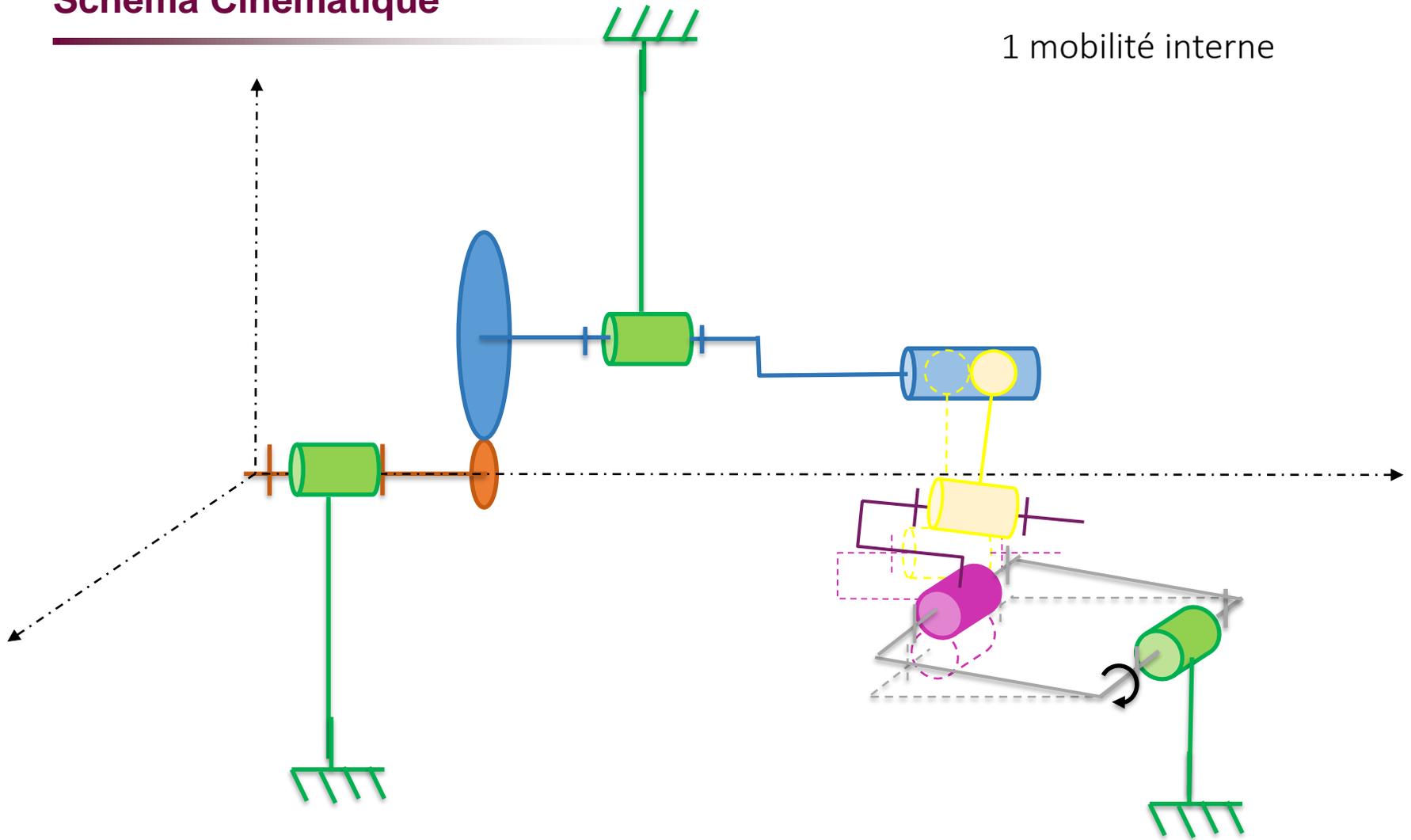
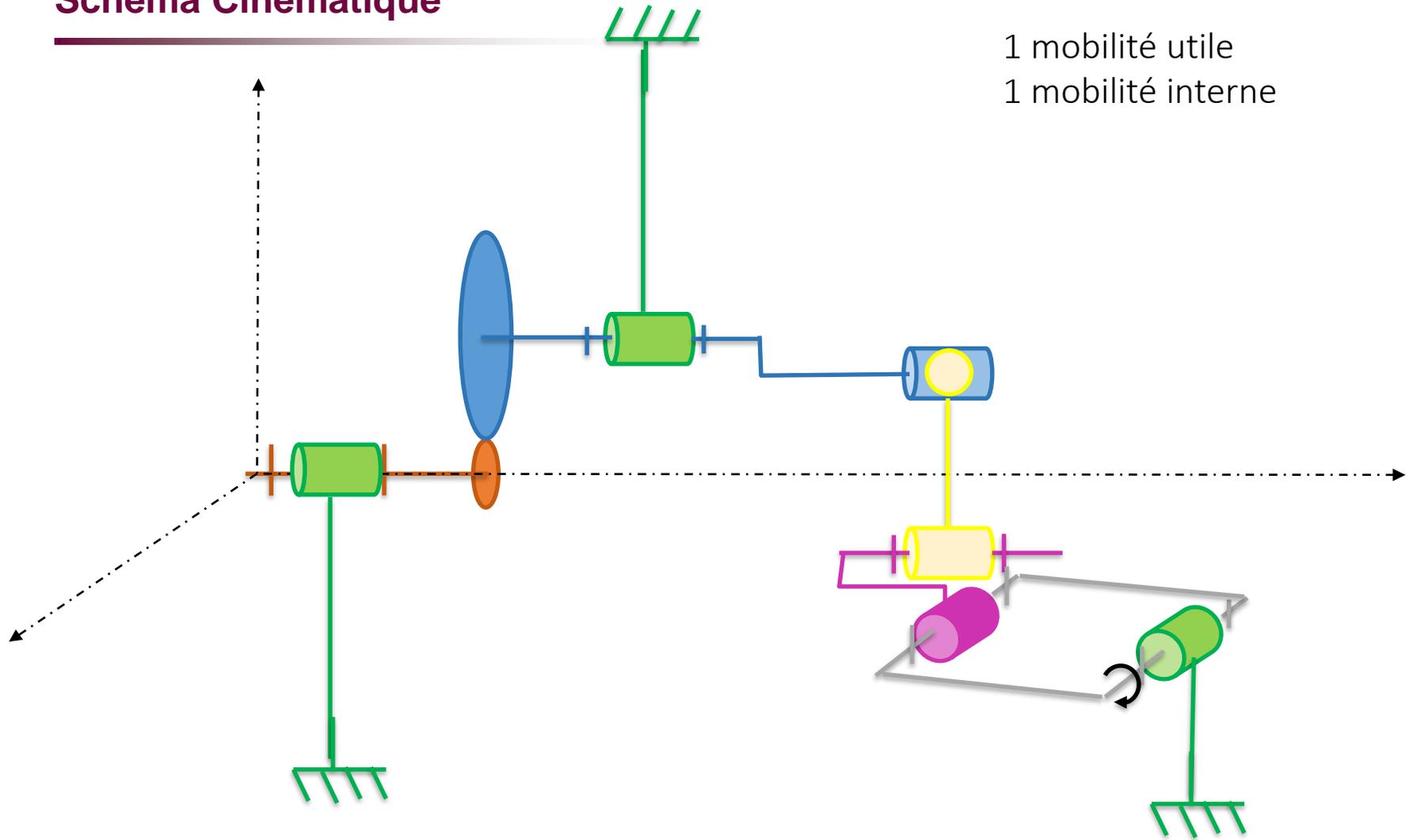


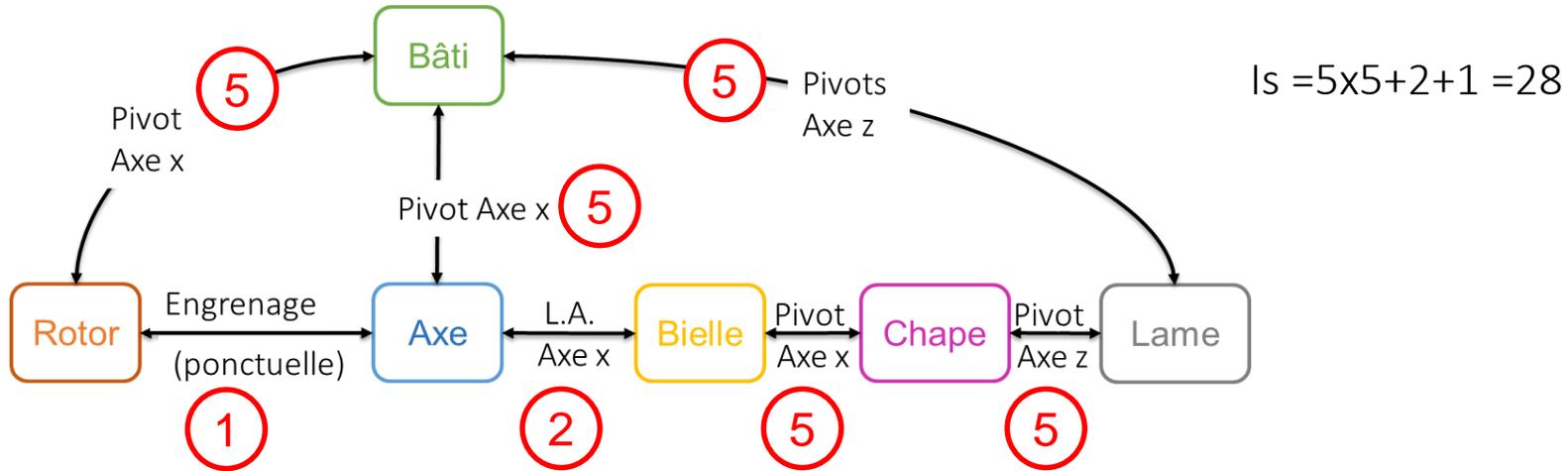
Schéma Cinématique



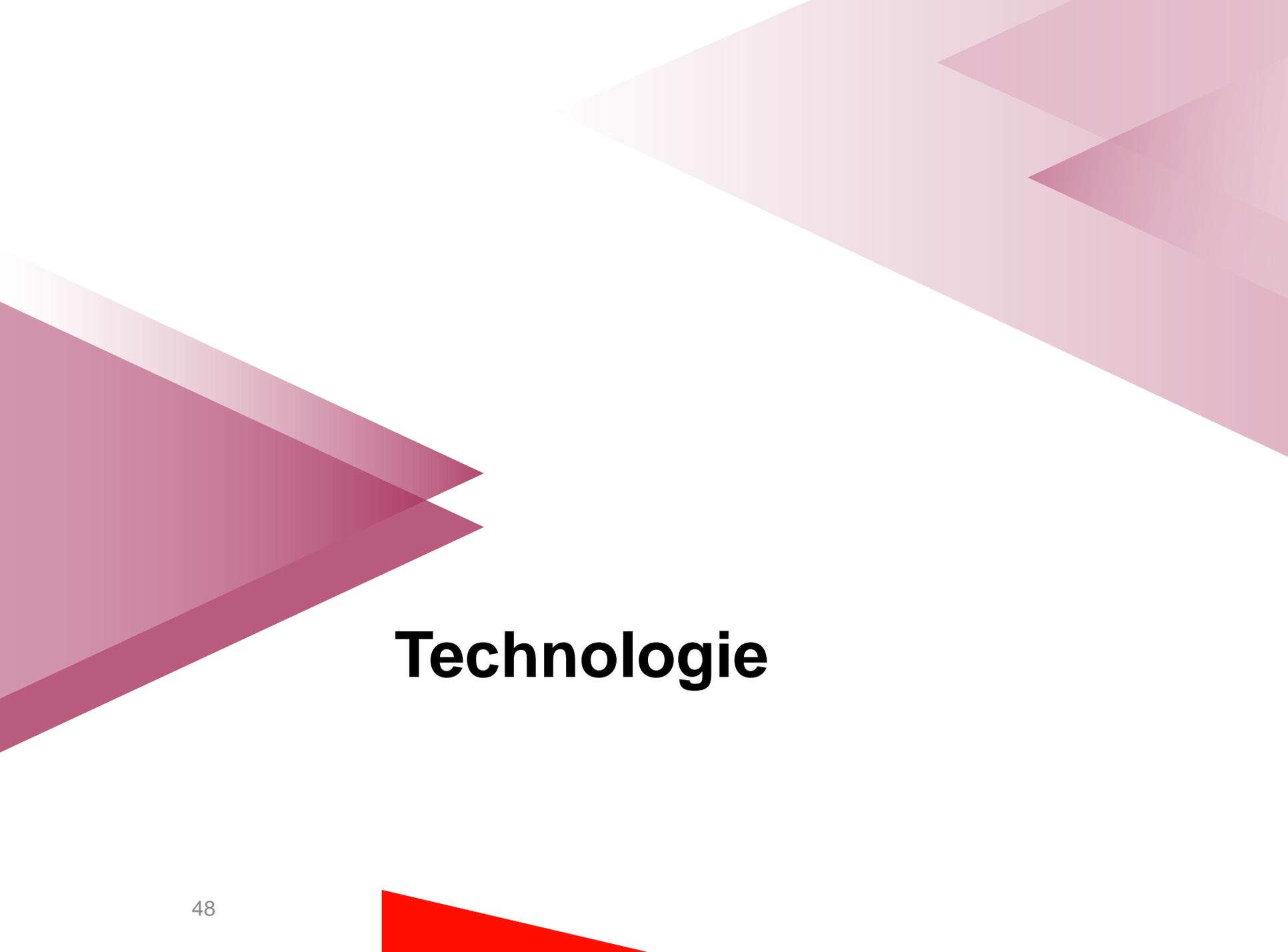
1 mobilité utile
1 mobilité interne

Hyperstatisme

$$h = I_s - (E_s - m) = m + I_s - E_s$$

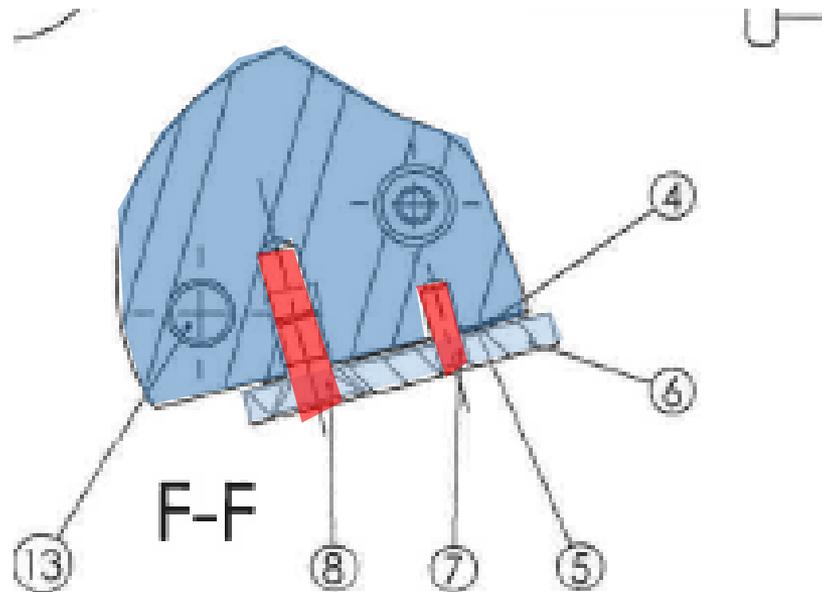


$$h = I_s - ((6-1) * 6 - 1 - 1) = 0$$



Technologie

2- Liaison lame fixe 6 et le carter 1

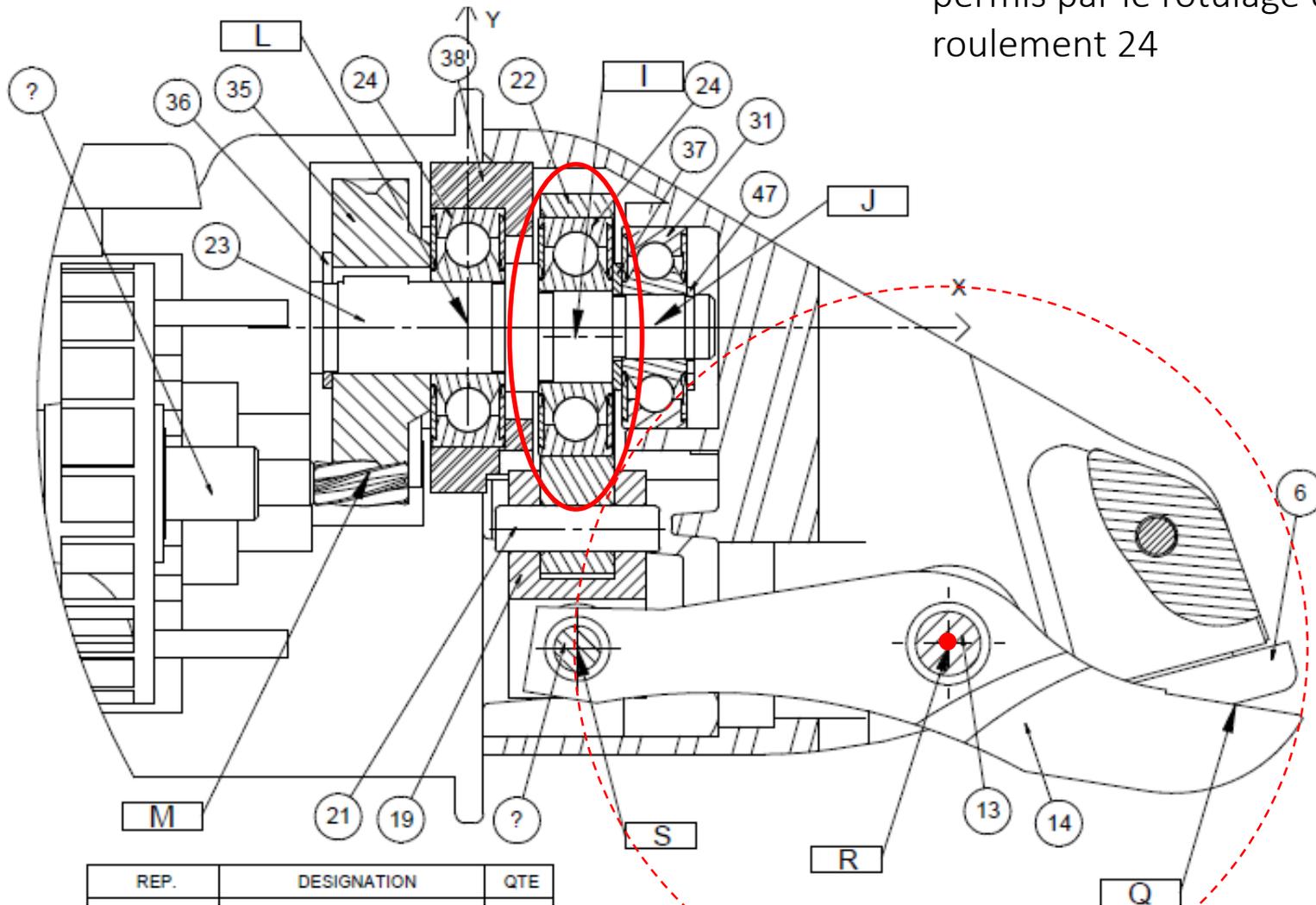


7 : Pion mise en position

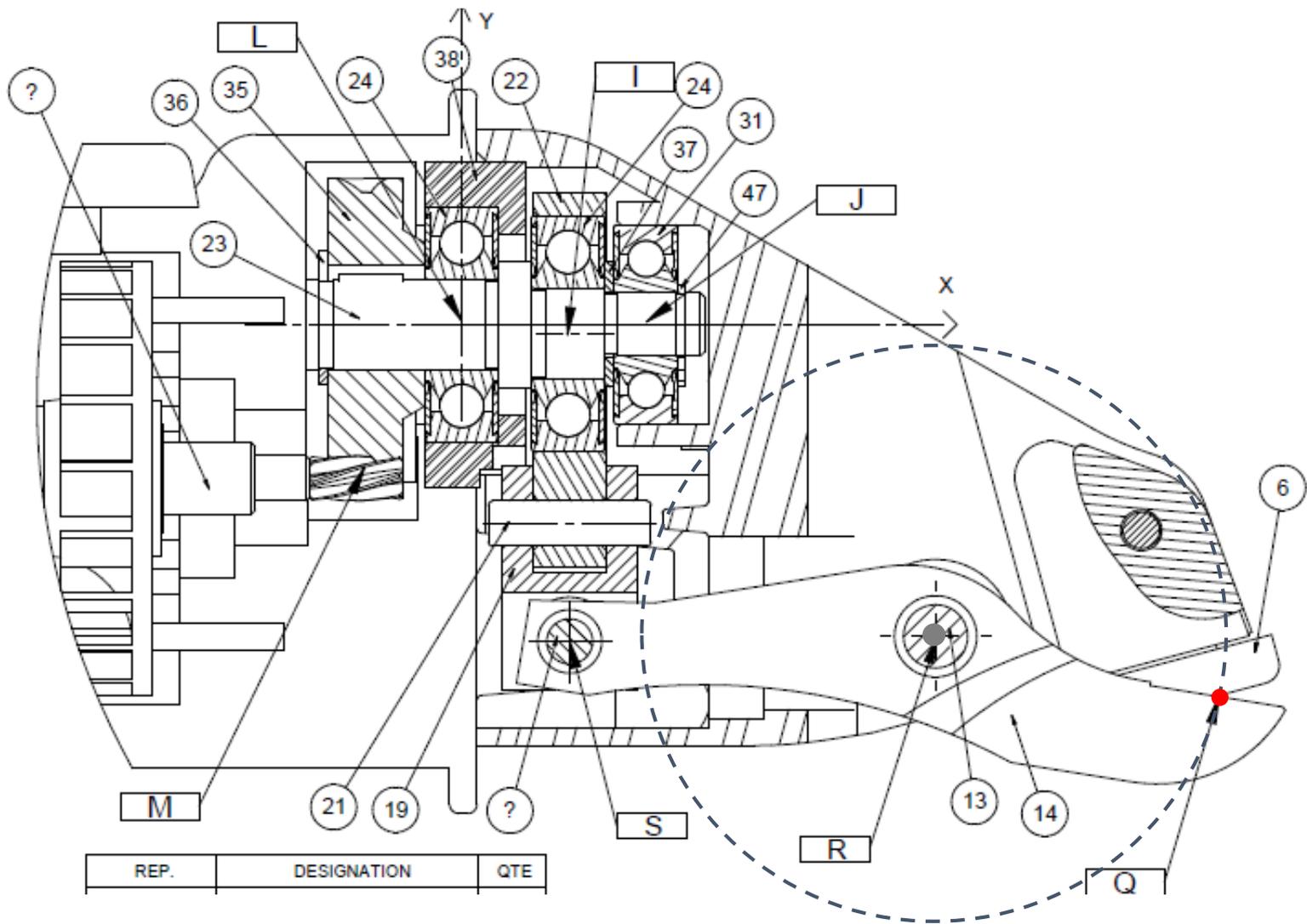
8 : Vis FHC maintien

4- Trajectoire du point S

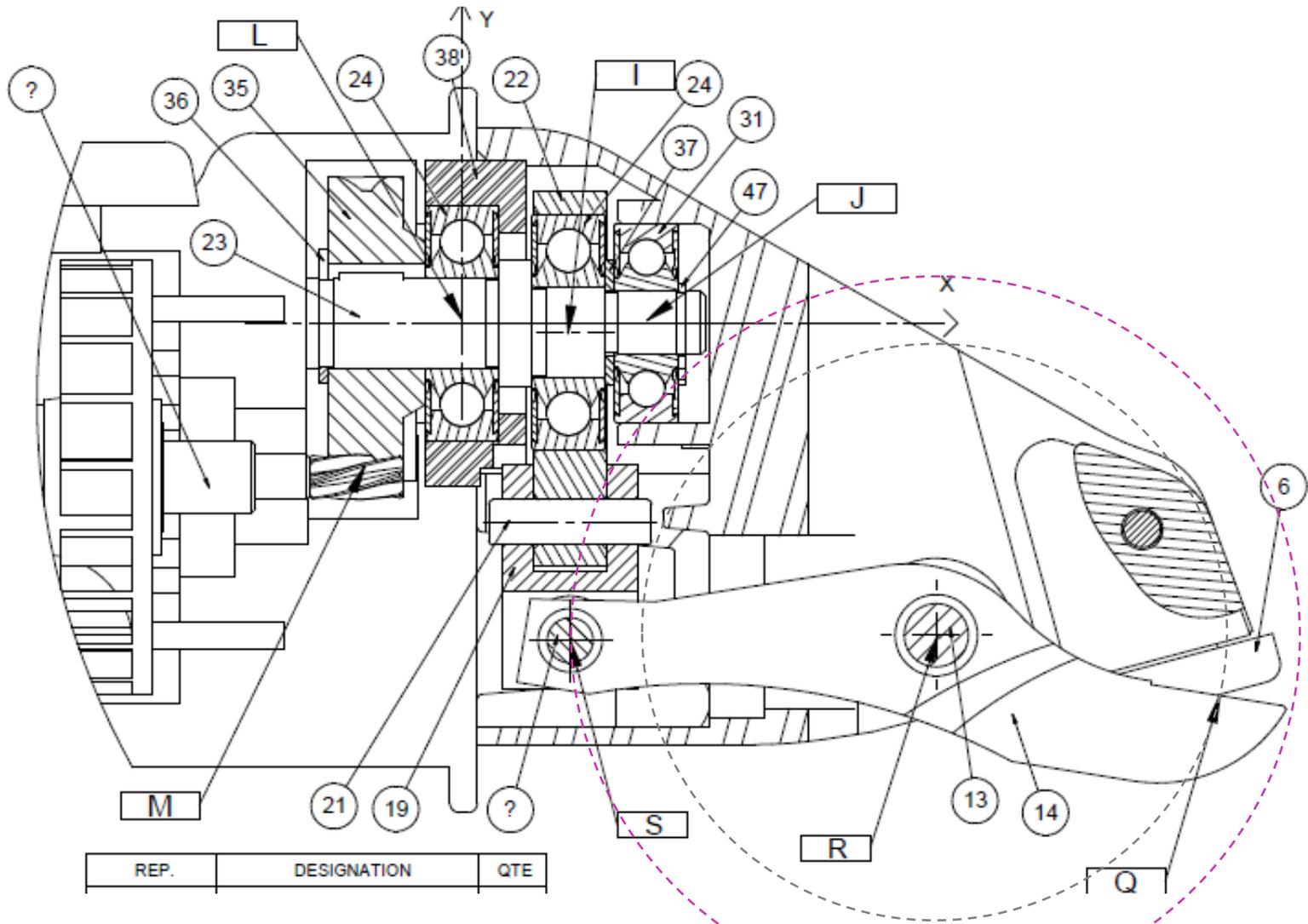
Le débattement suivant x est permis par le rotulage du roulement 24



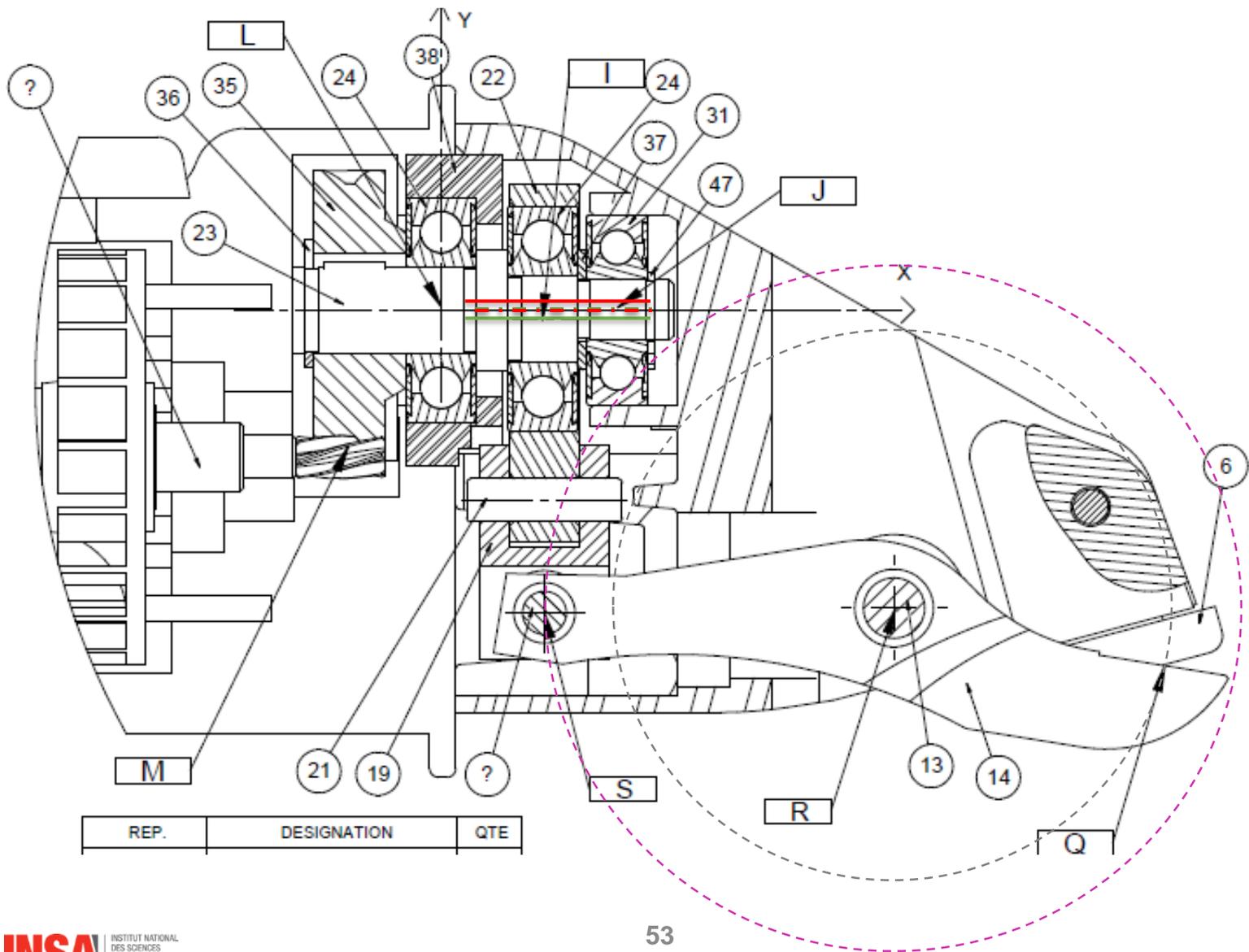
3 – Débattement du point Q



3 – Débattement du point Q

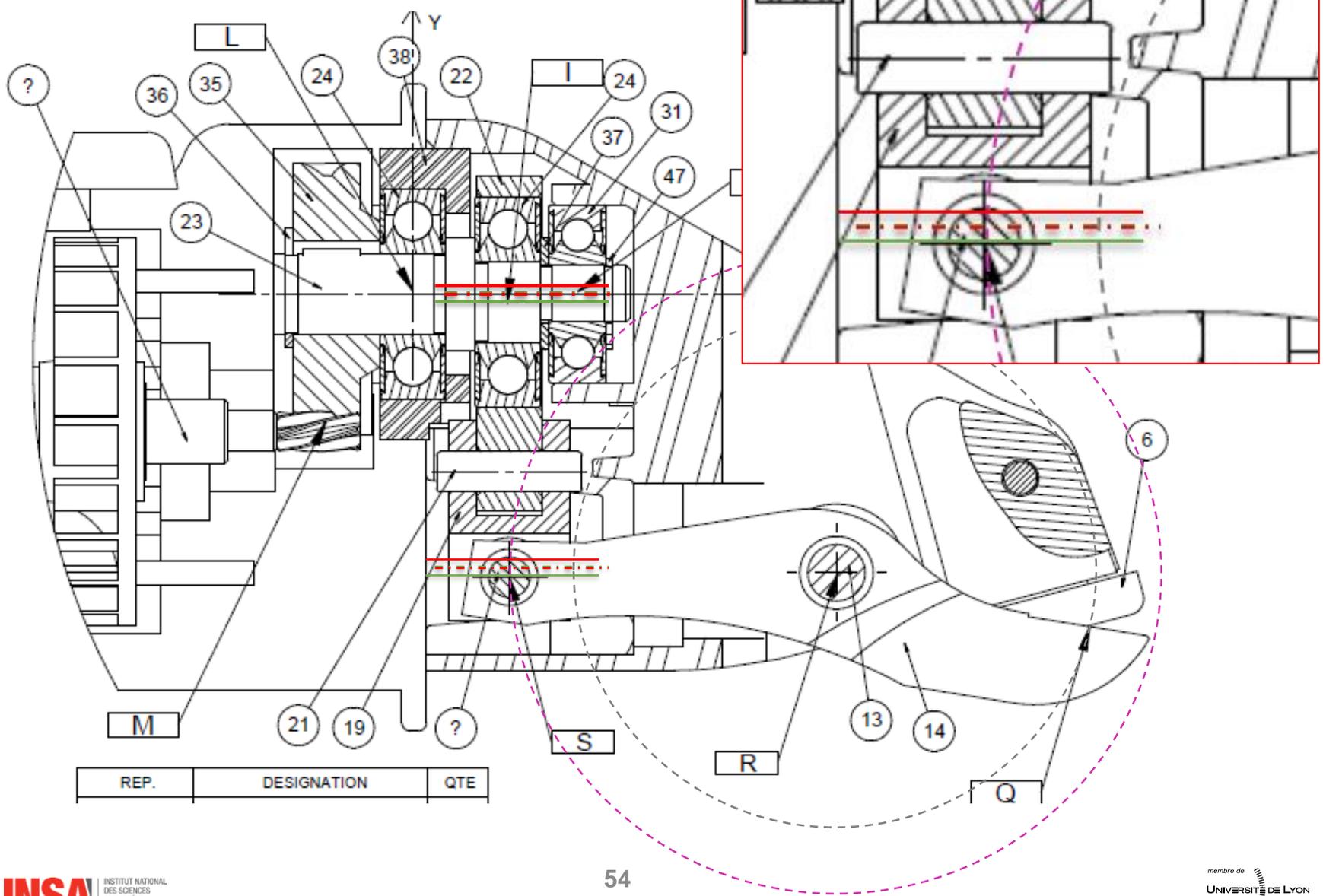


3 – Débattement du point Q

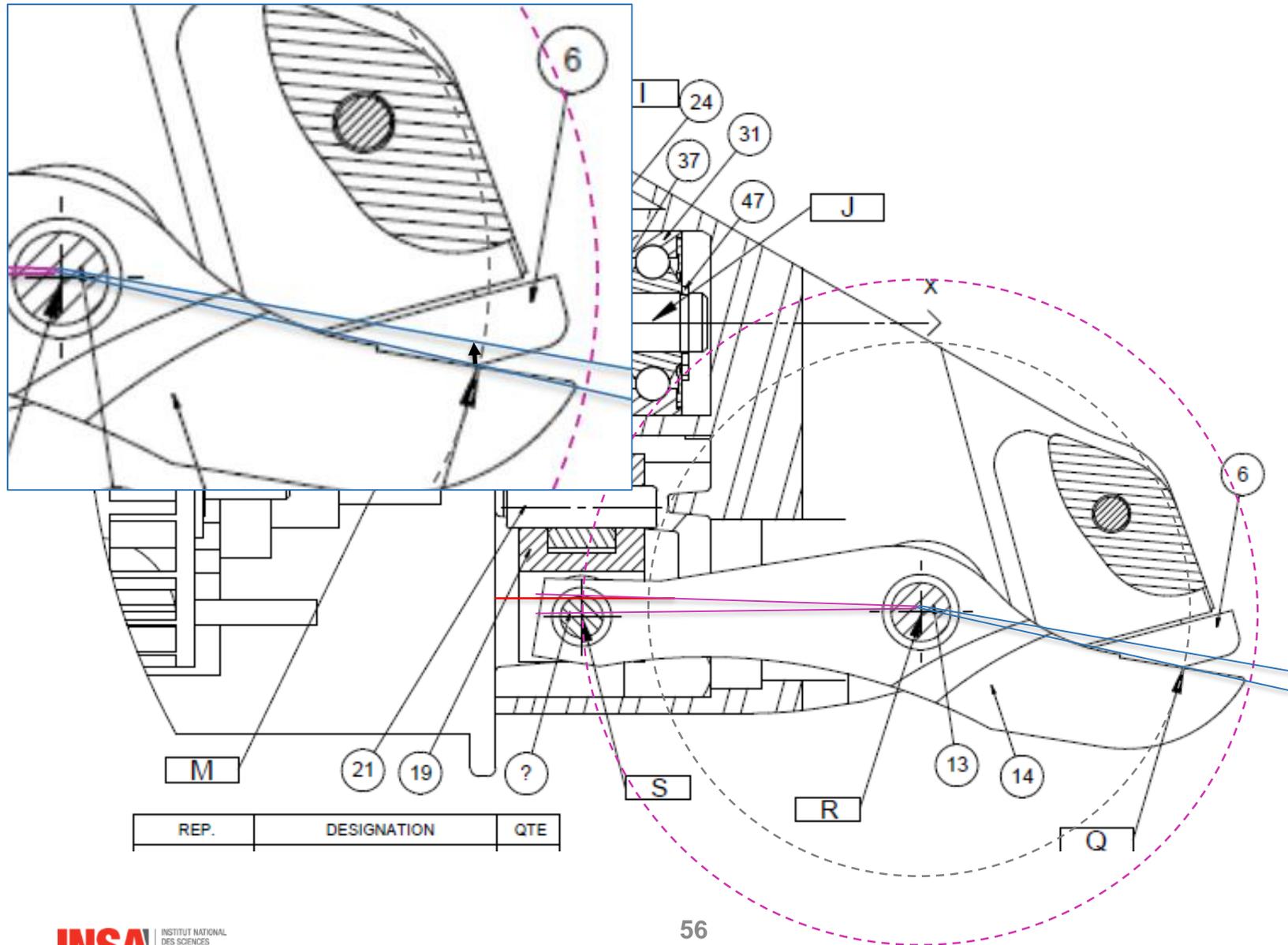


3 – Débattement du point Q

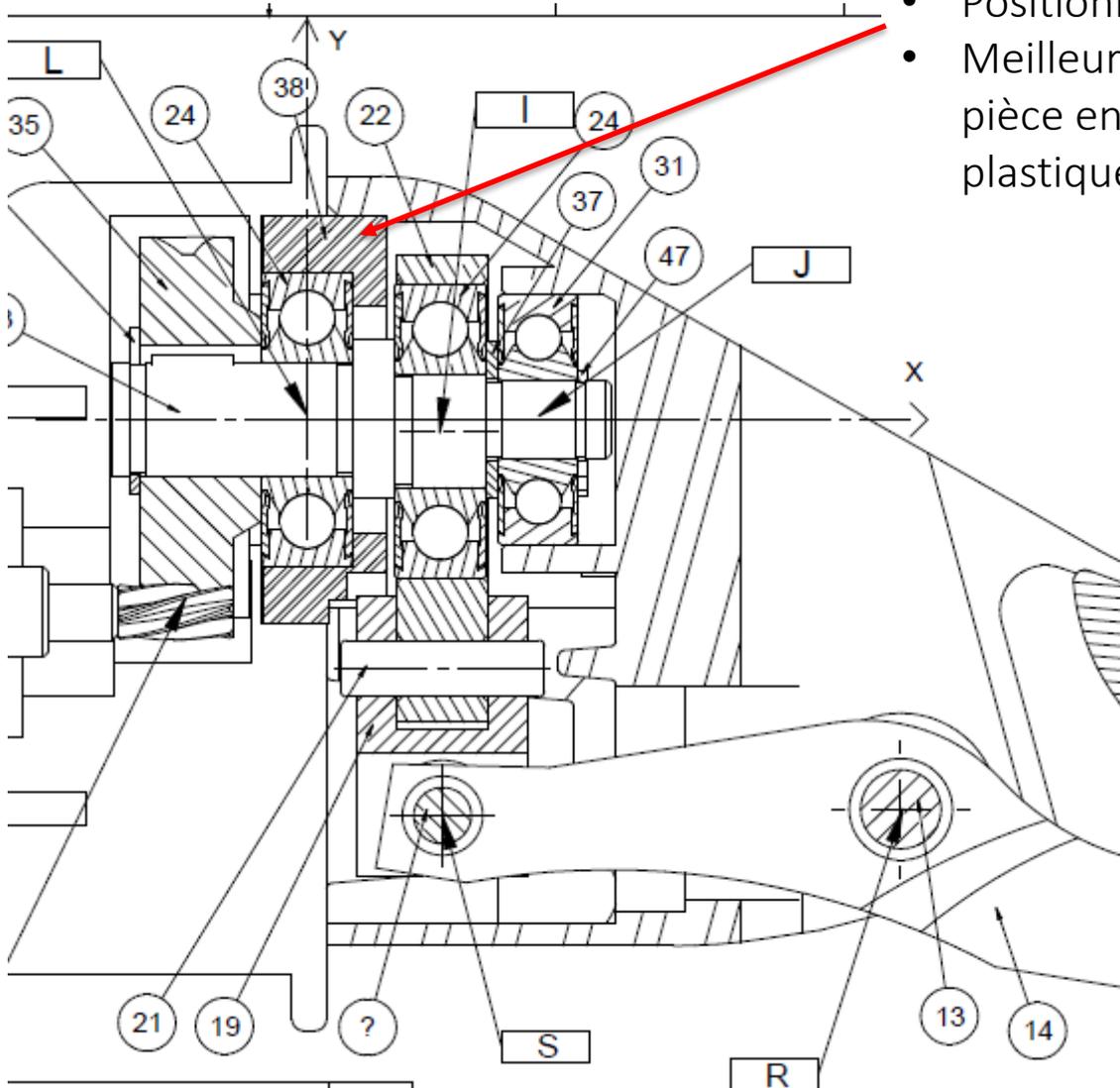
Rq : on vérifie « graphiquement » que l'angle de rotulage est tout petit



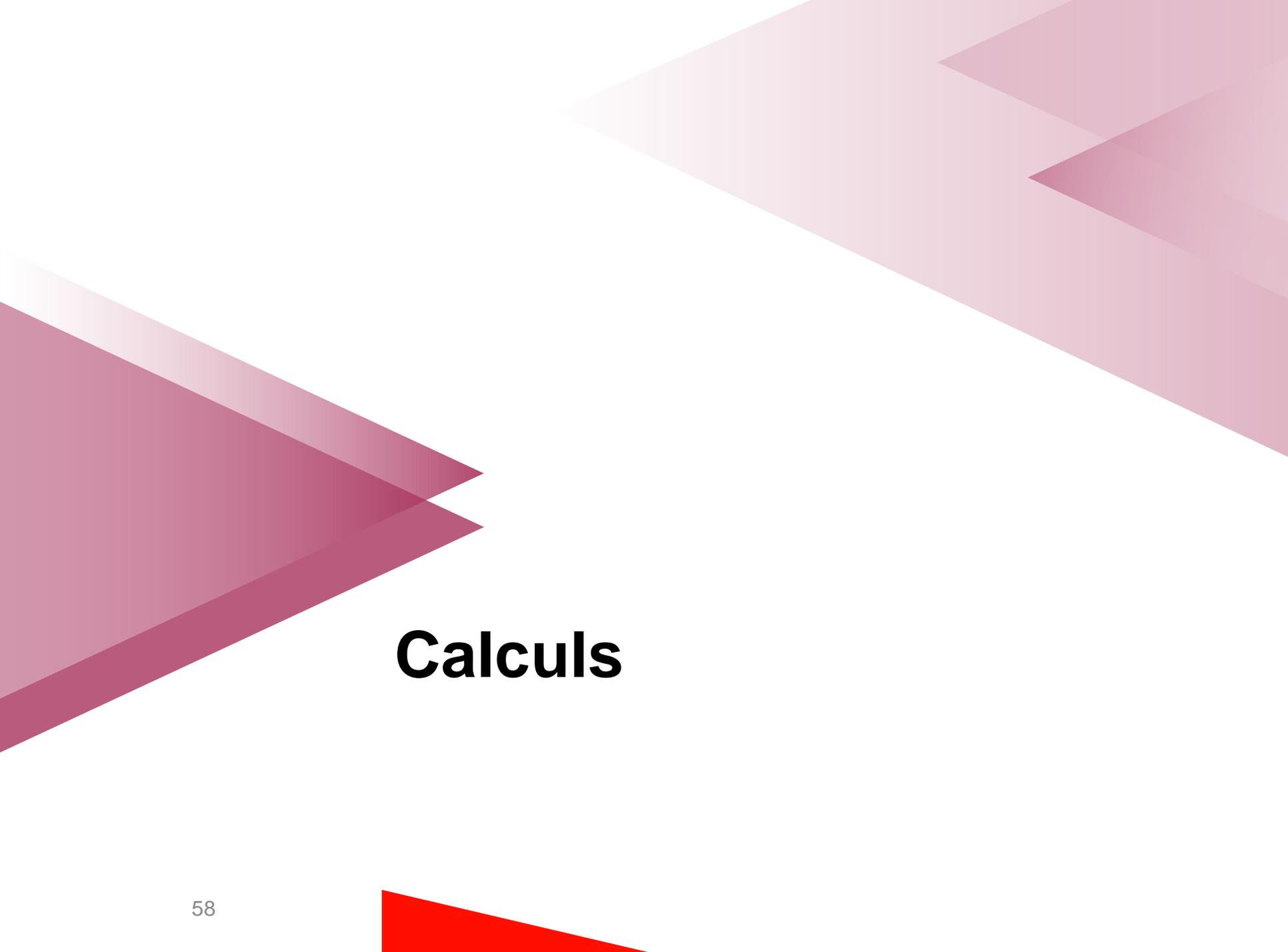
3 – Débattement du point Q



Questions divers (solllicitation, montage roulement 26 ...)

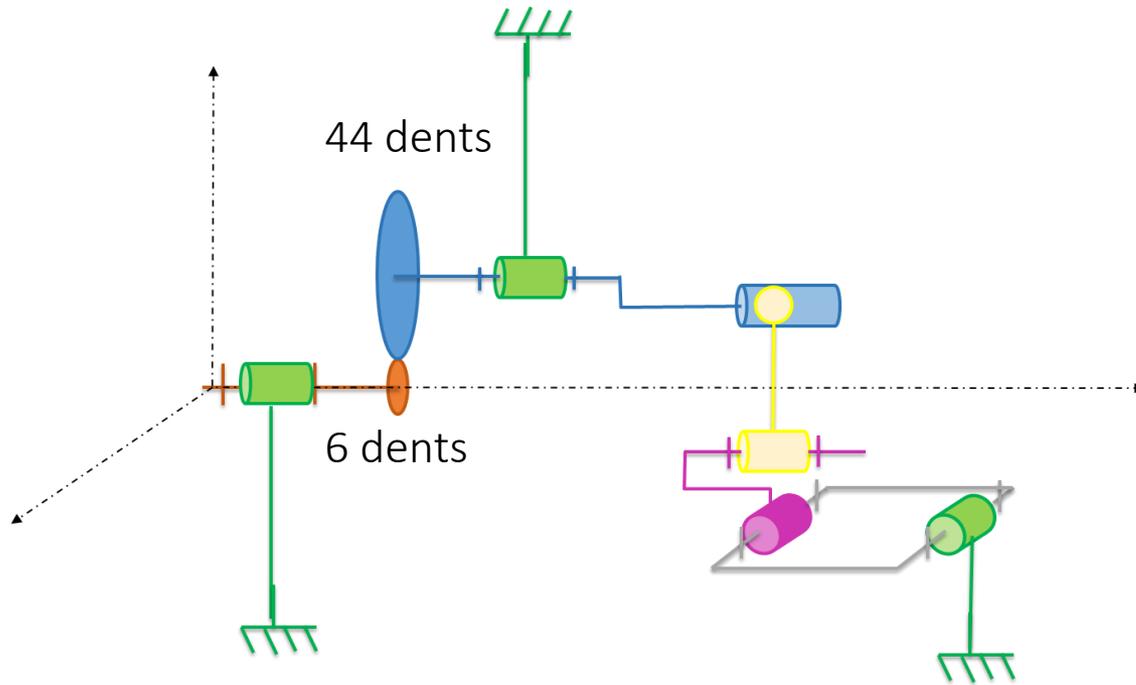


- Positionnement différentes parties du carter
- Meilleure portée du roulement (1 seule pièce en alu / plusieurs partie de carter en plastique)

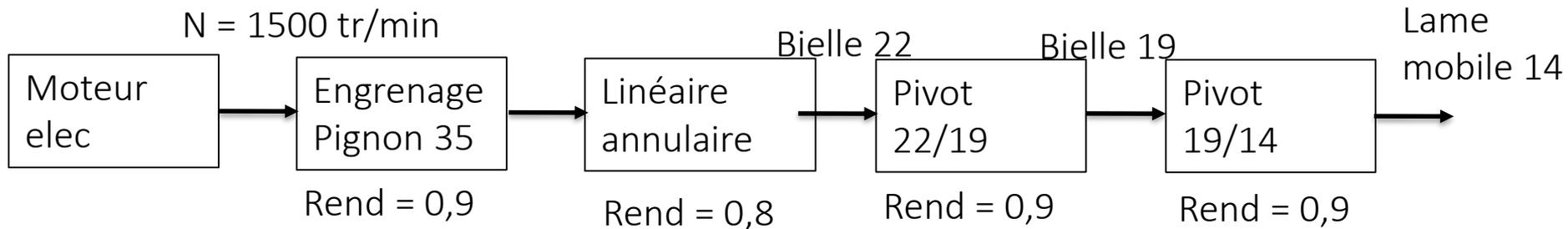


Calculs

12- Cadence de coupe



$P_u = 100W$
 $N = 1500 \text{ tr/min}$



Bloc => Transmission mécanique (liaison mécanique avec un rendement)

Flèche => flux d'effort dans une CE

Moteur 1500 tr/mn

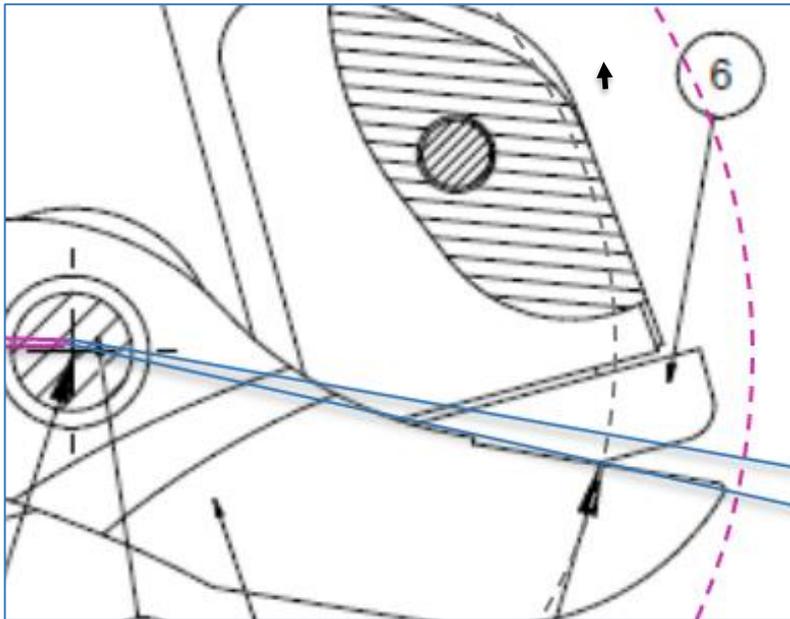
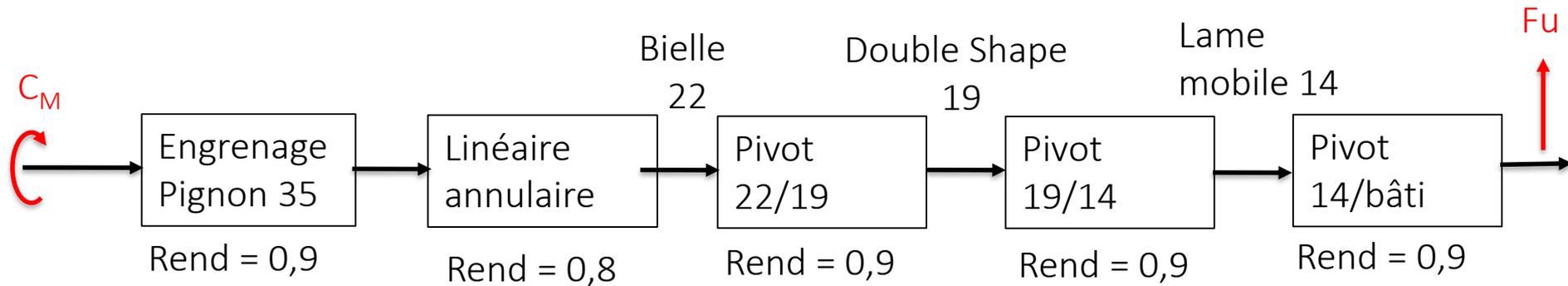


Axe $1500 * 6/44 = 204 \text{ tr/mn}$



Cisaille = 204 coups /mn

13 Couple moteur ?



On cherche à pré-dimensionner le couple moteur nécessaire

Ce dernier dépend :

- Du matériau à couper
- De l'épaisseur à couper
- De la position de coupe sur la lame
- De la longueur de matière engagée sur la lame (de la forme de la lame)
- F_u n'est pas constant sur un tour moteur à cause du système de transmission...

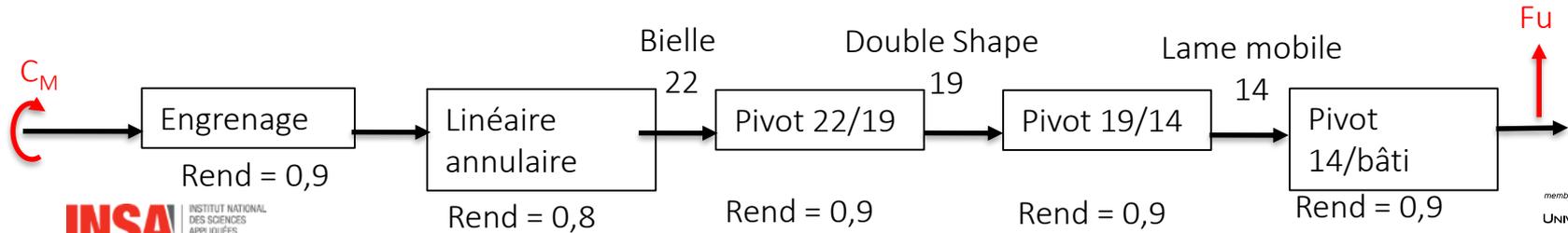
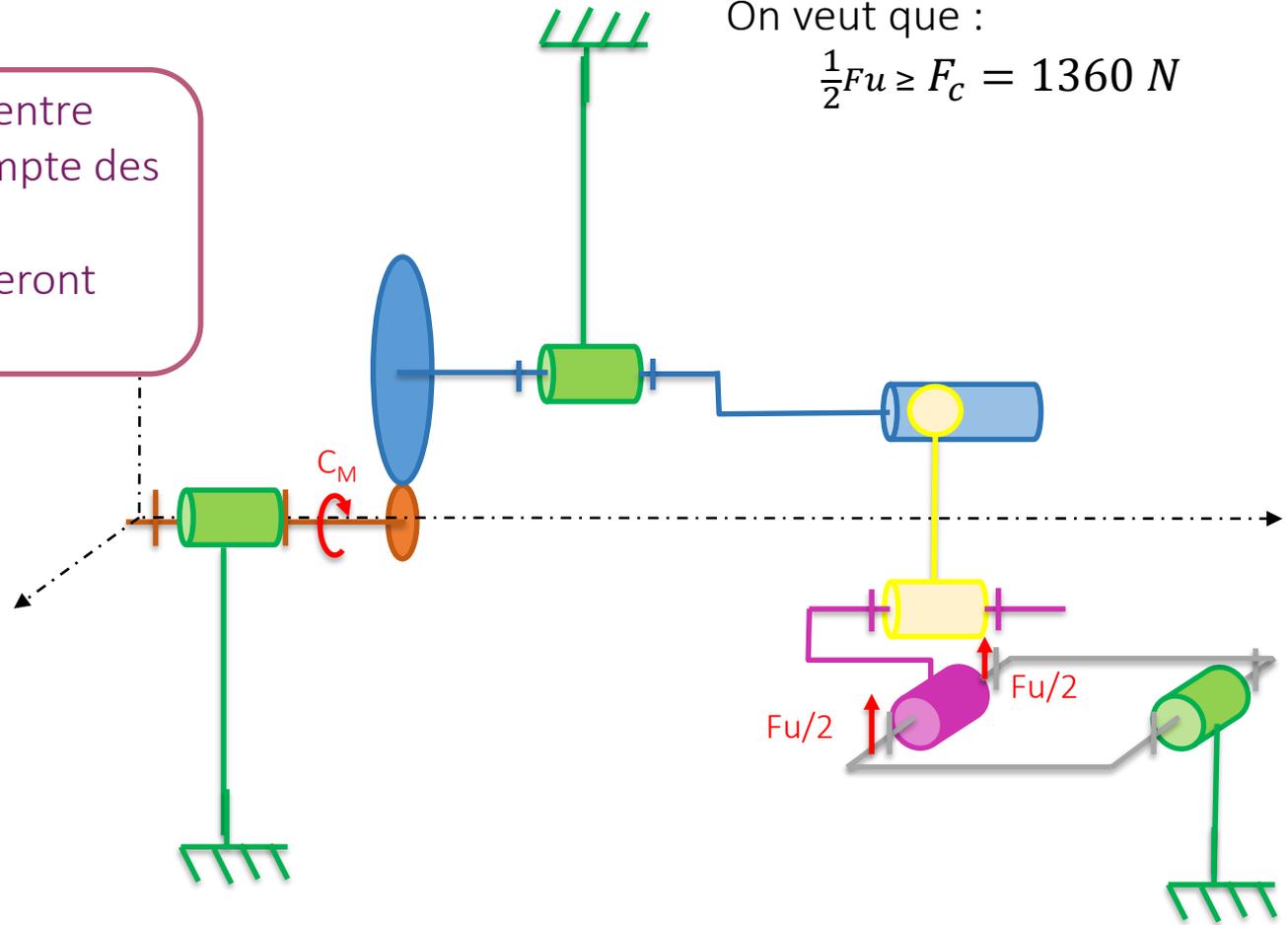
Nous ferons donc des hypothèses ...

Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

Données complémentaires :
On veut que :

$$\frac{1}{2}Fu \geq F_c = 1360 \text{ N}$$

Déterminer la relation entre C_M et F_u en tenant compte des rendements.
Les dimensions utiles seront fournies

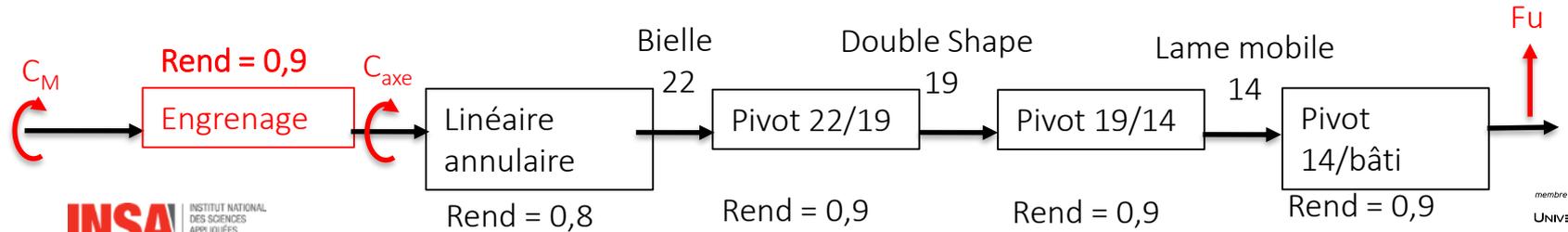
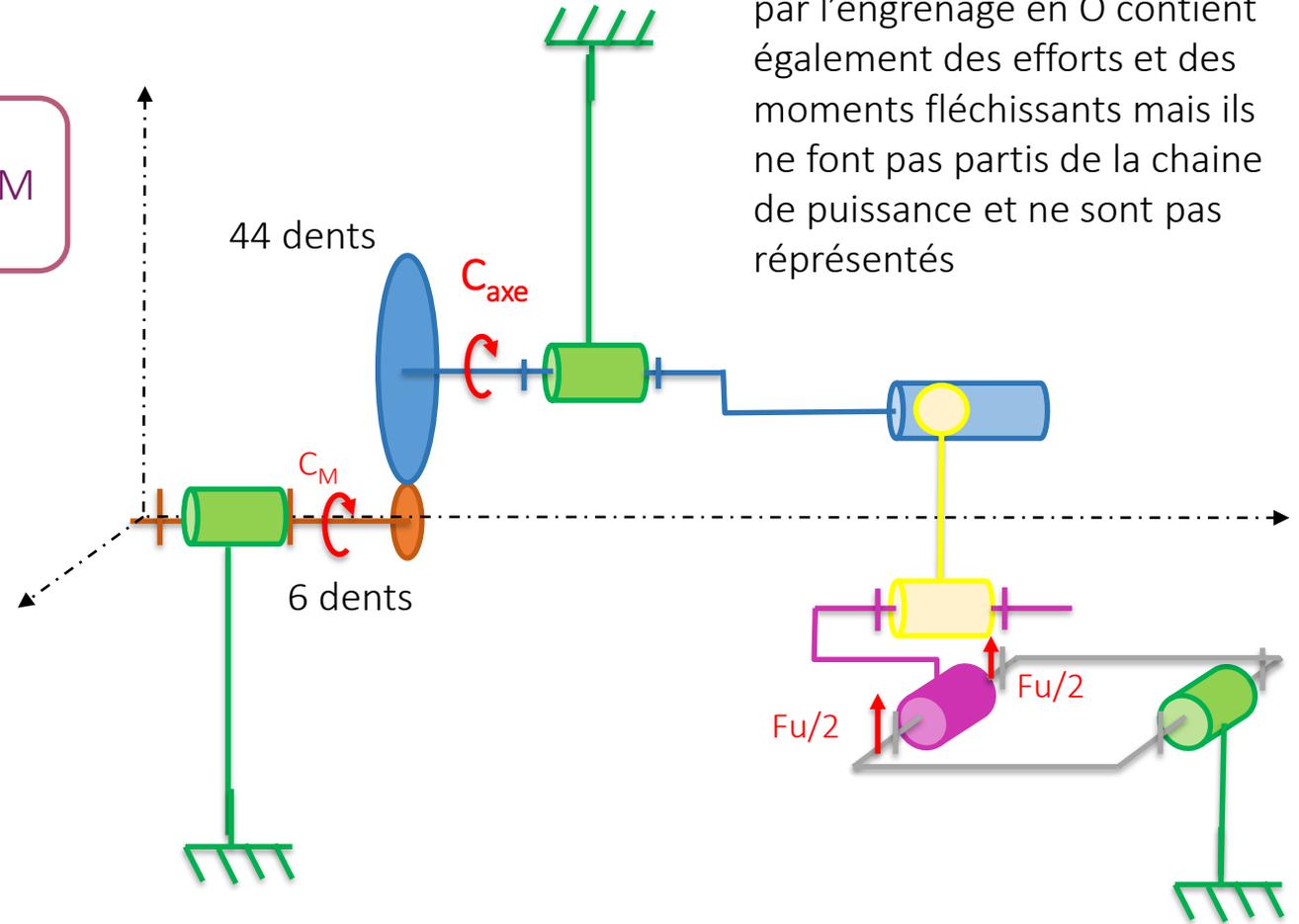


Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

Remarque :

Le torseur des efforts transmis par l'engrenage en O contient également des efforts et des moments fléchissants mais ils ne font pas partis de la chaîne de puissance et ne sont pas représentés

Déterminer la relation entre C_M et C_{axe}



Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

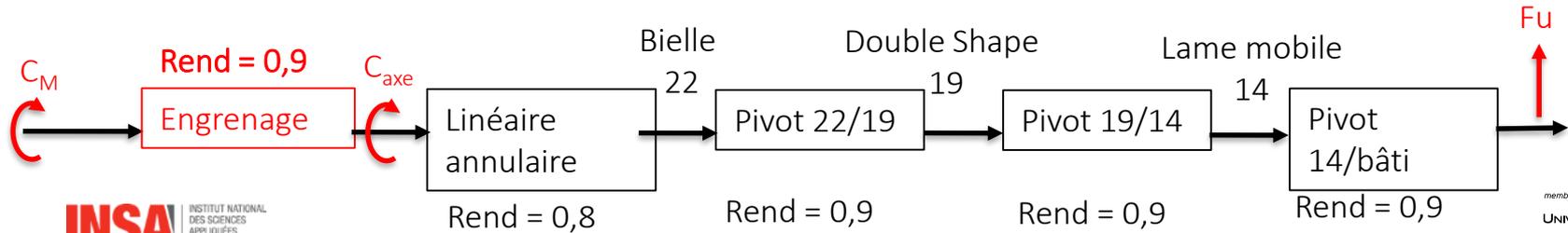
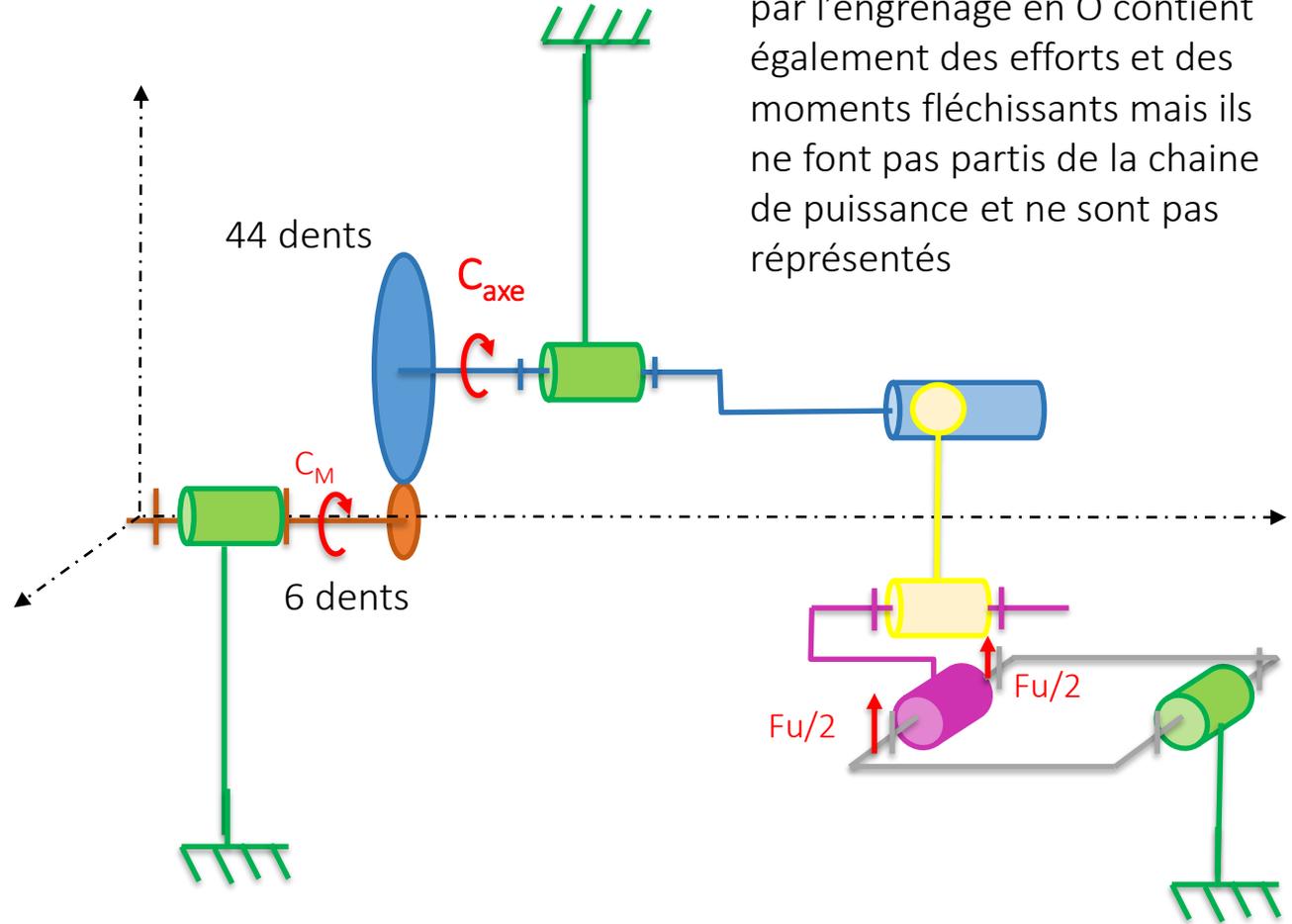
Remarque :

Le torseur des efforts transmis par l'engrenage en O contient également des efforts et des moments fléchissants mais ils ne font pas partis de la chaîne de puissance et ne sont pas représentés

rendement

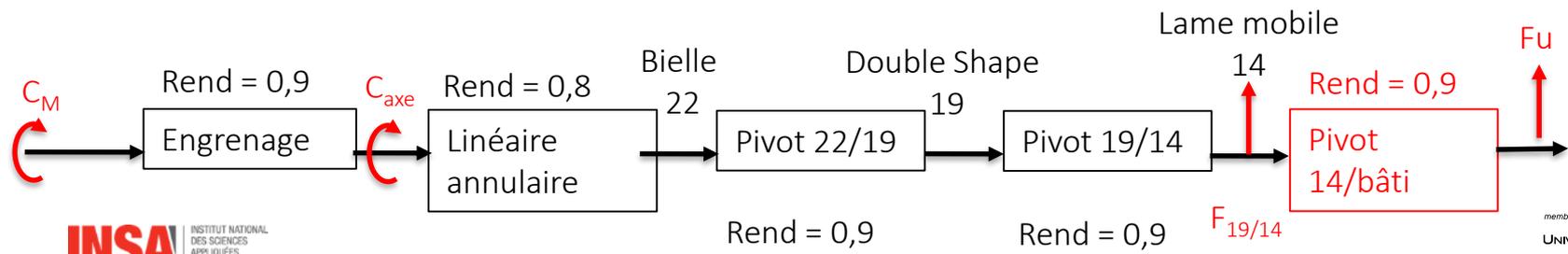
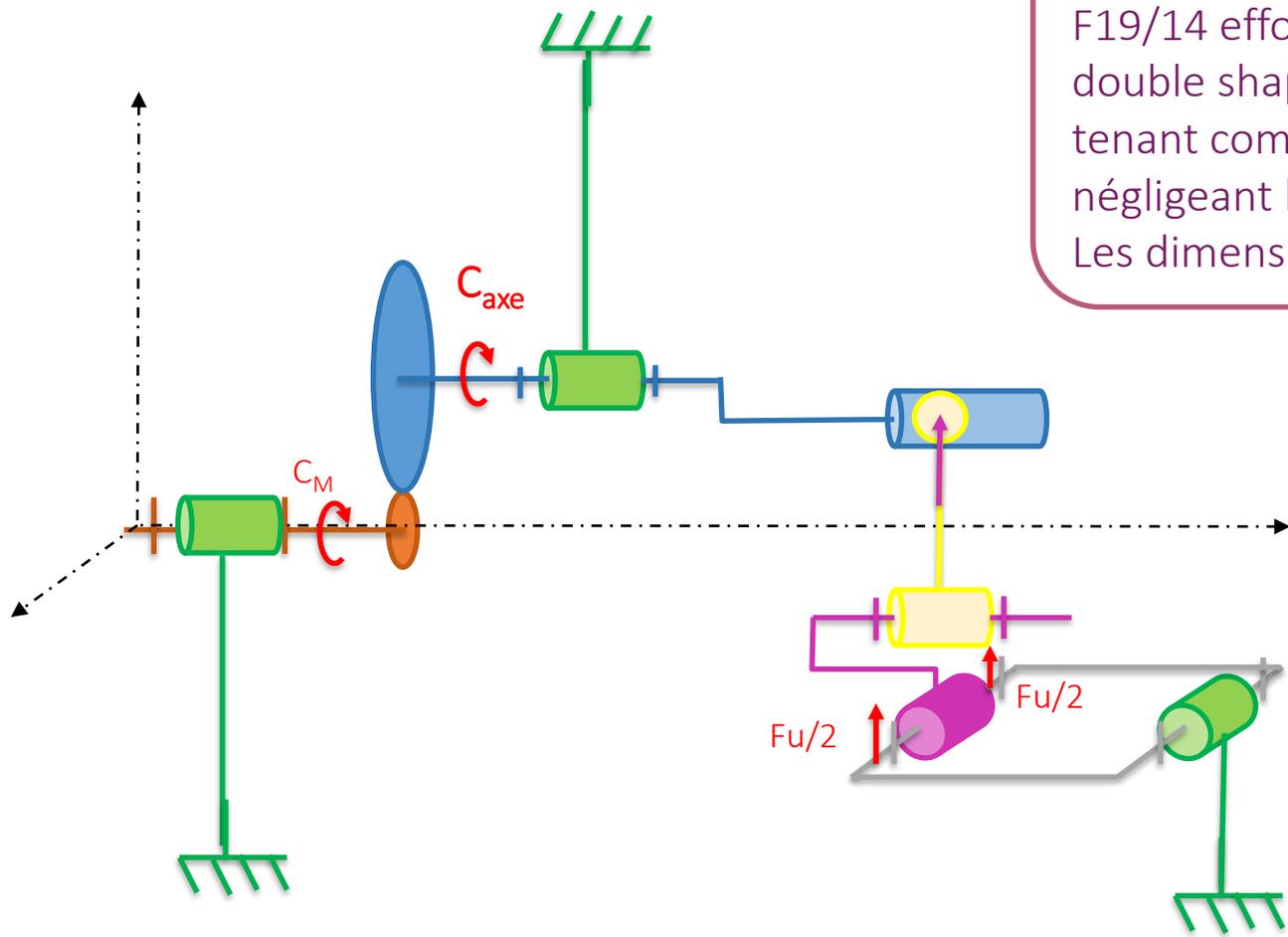
$$C_{axe} = 0,9 \cdot \frac{44}{6} \cdot C_M$$

Rapport d'engrènement

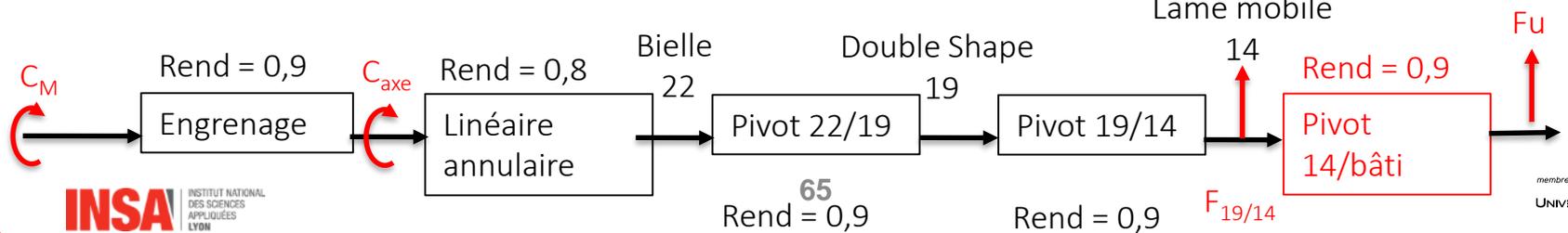
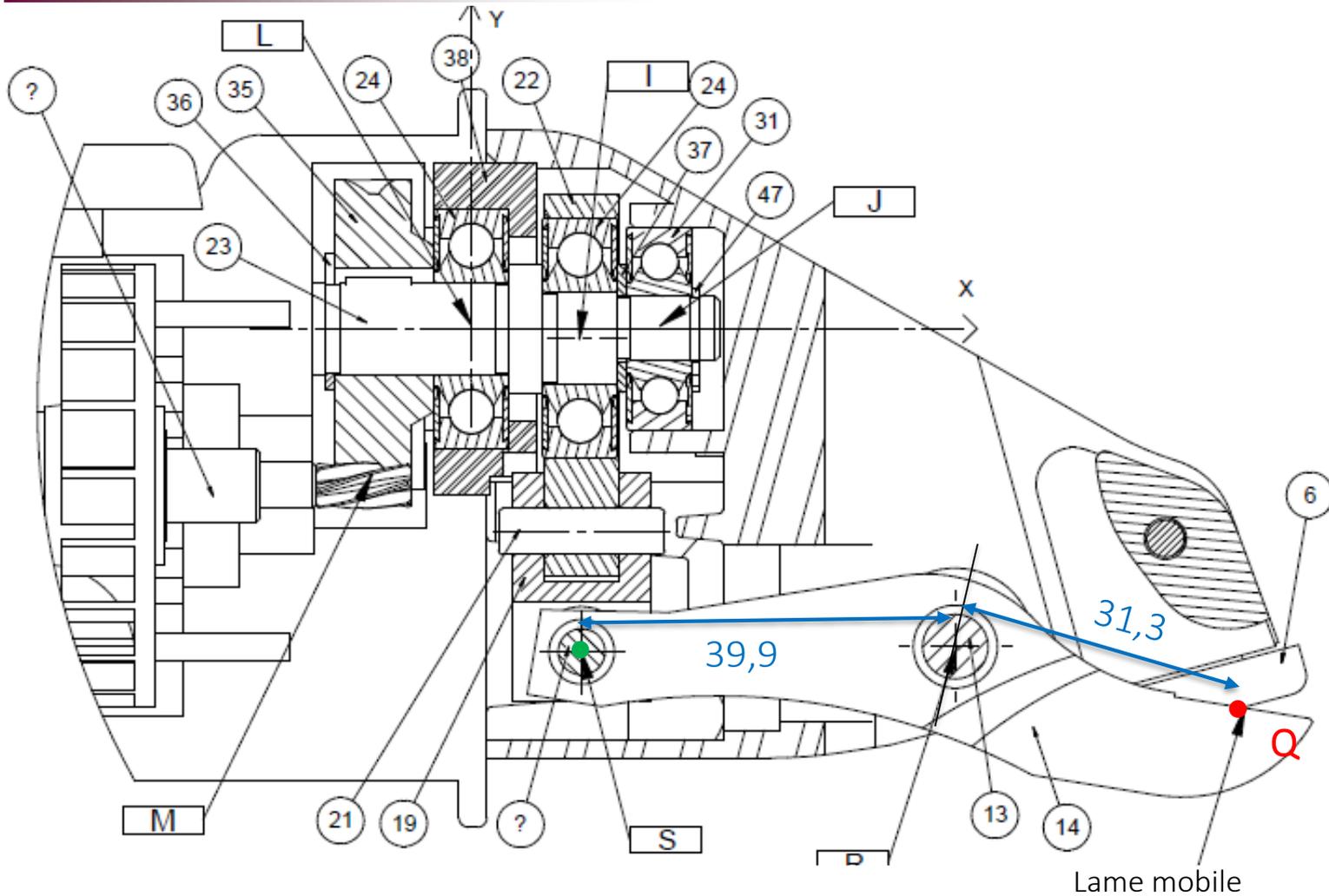


Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

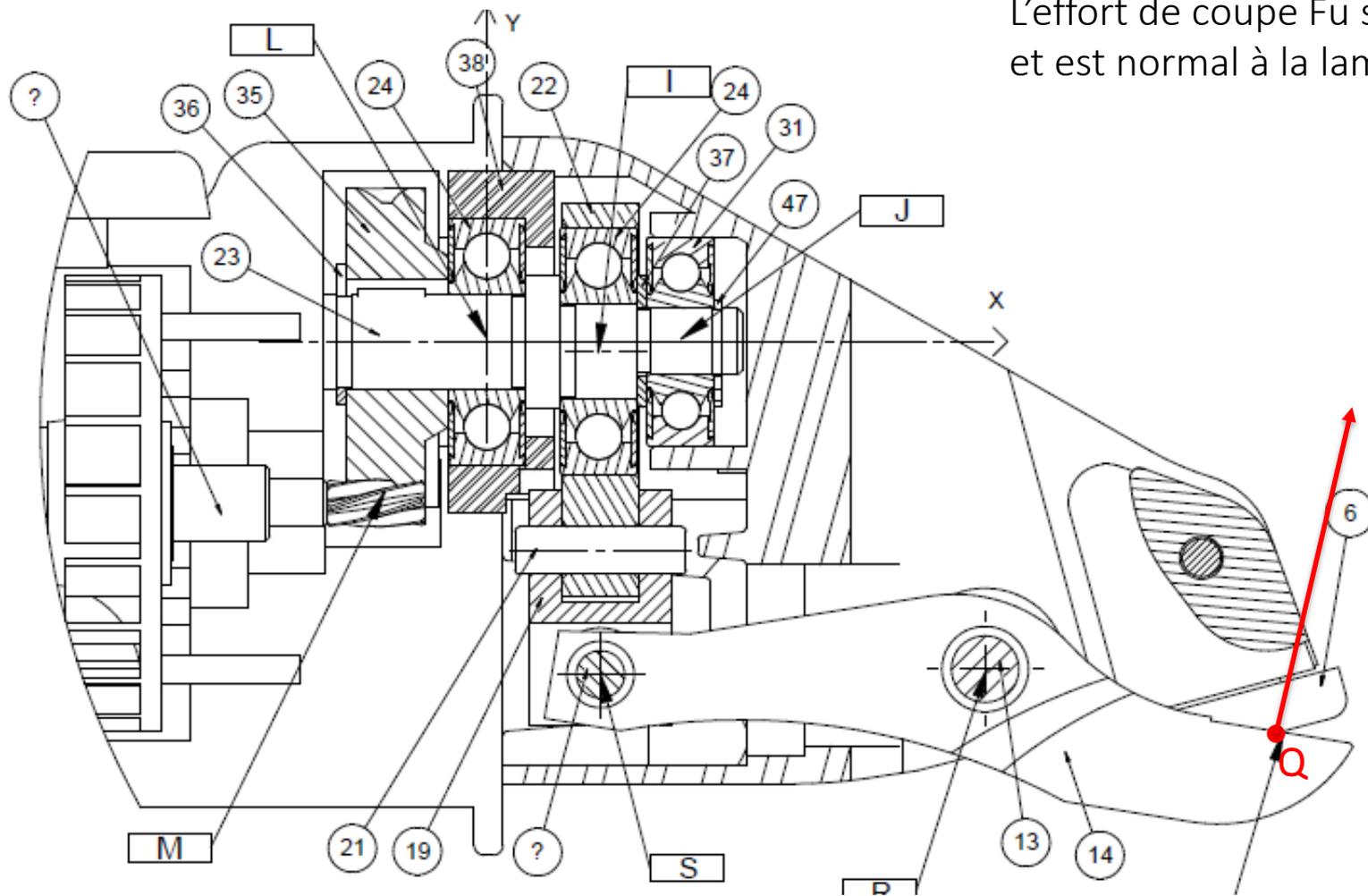
Déterminer la relation entre F_u et $F_{19/14}$ effort utile exercé par la double shape sur la lame mobile en tenant compte des rendements et en négligeant les effets dynamiques
Les dimensions utiles seront fournies



Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

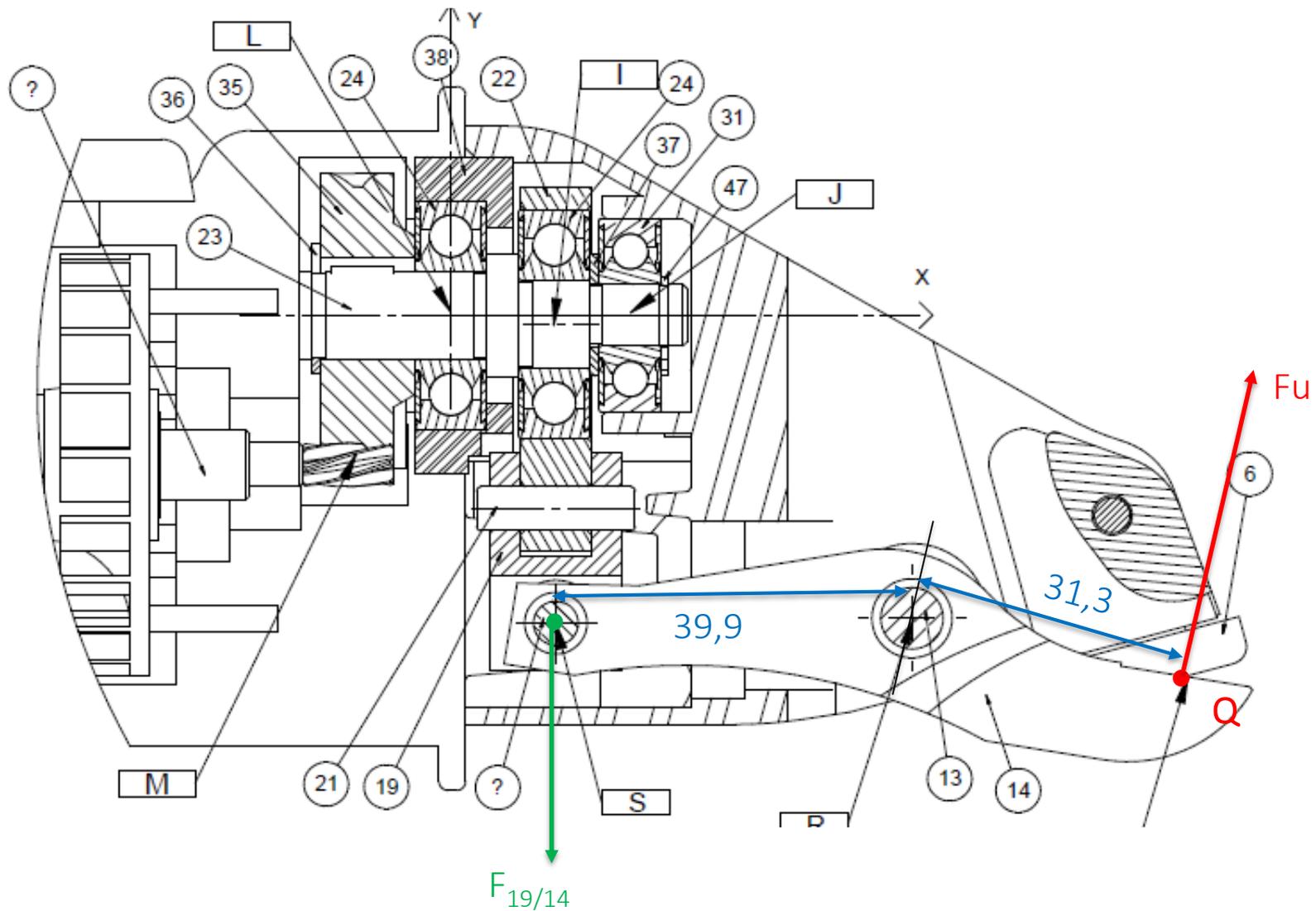


Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

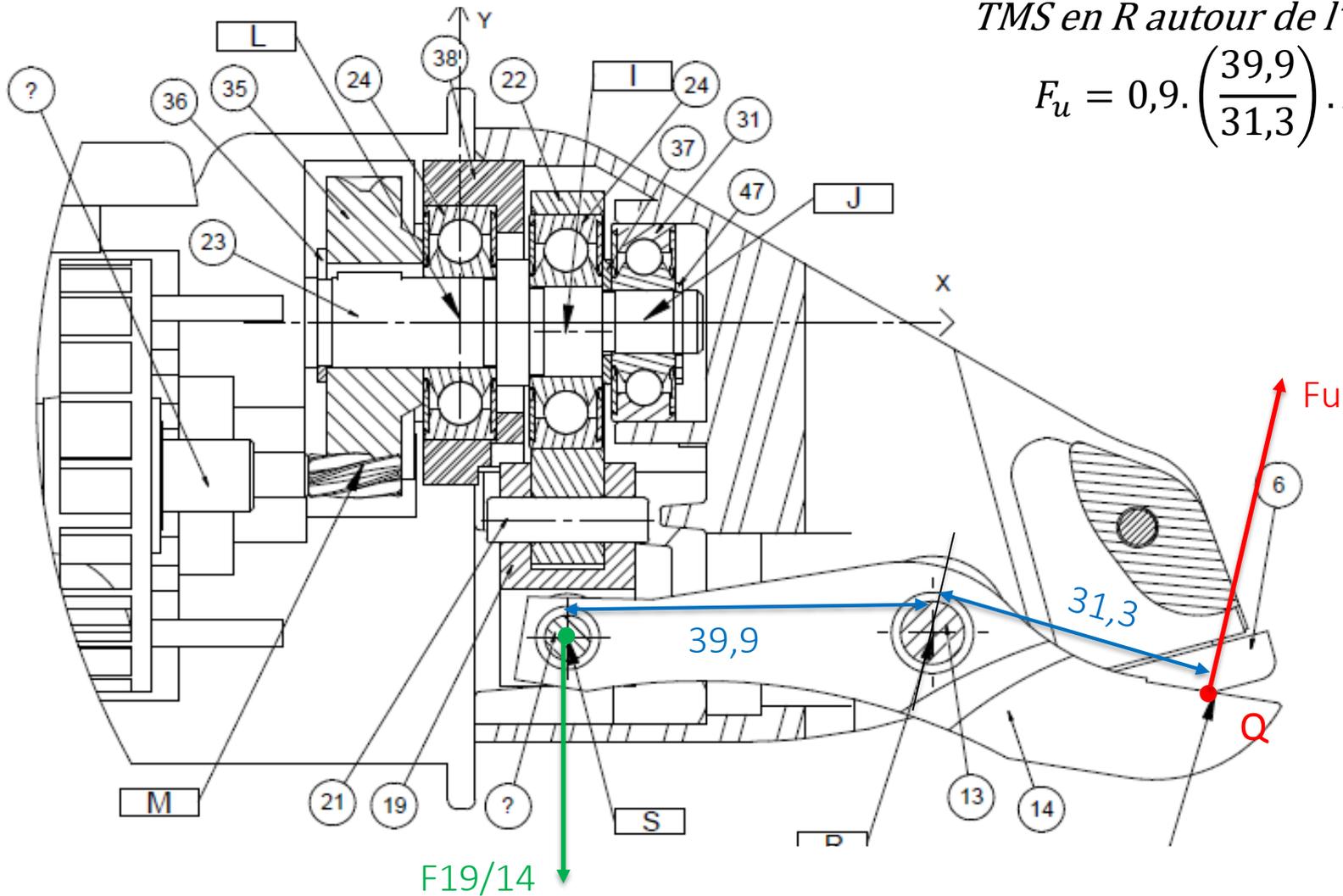


L'effort de coupe F_u s'exerce en Q et est normal à la lame.

Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?



Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?



TMS en R autour de l'axe z

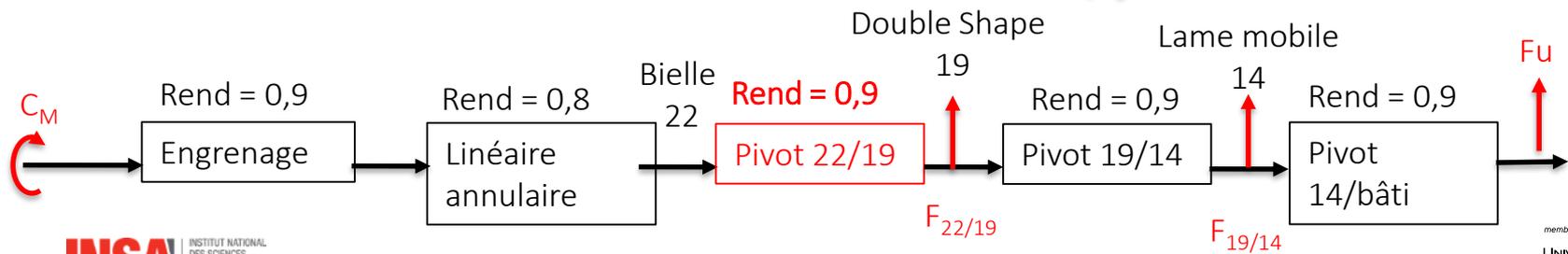
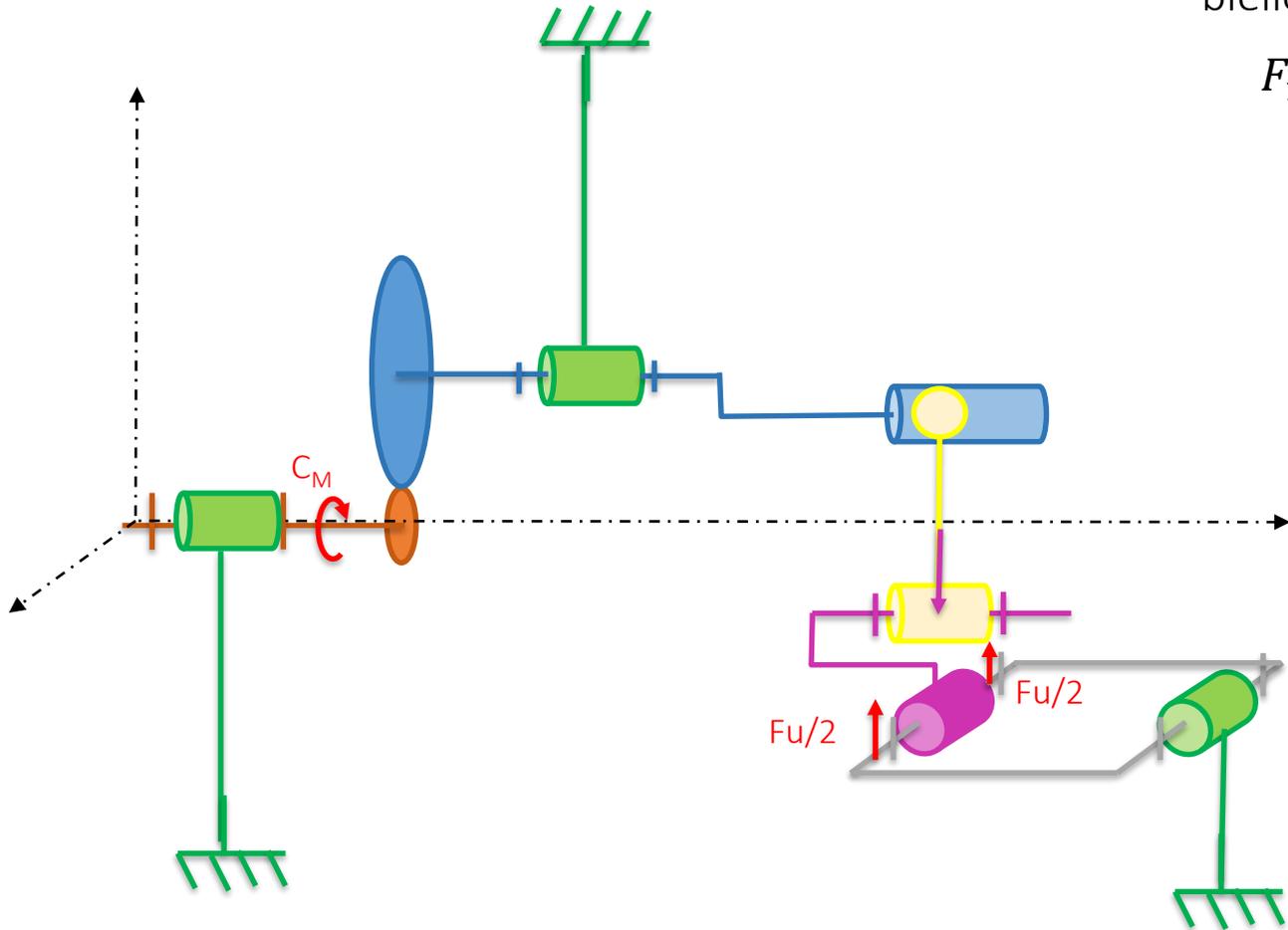
$$F_u = 0,9 \cdot \left(\frac{39,9}{31,3} \right) \cdot F_{19/14}$$

On néglige par la suite le rotulage et on considère que $F_{19/14}$ est suivant y

Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

Effort « utile » exercé par la bielle sur la double shape :

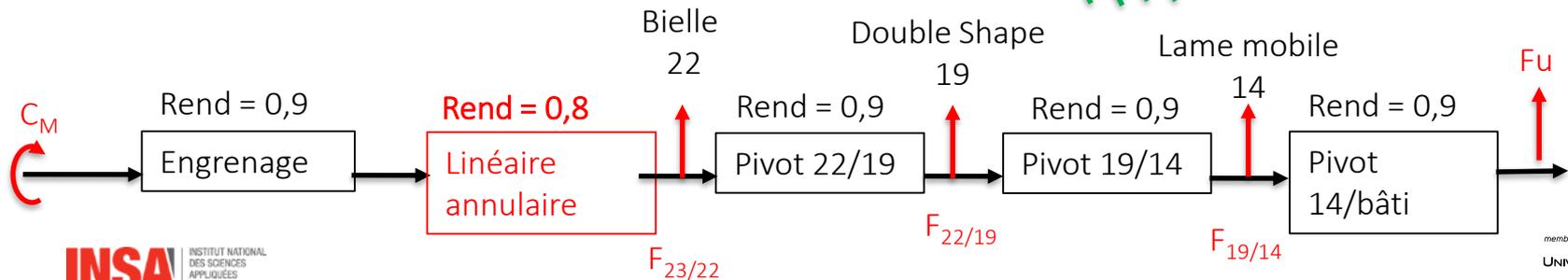
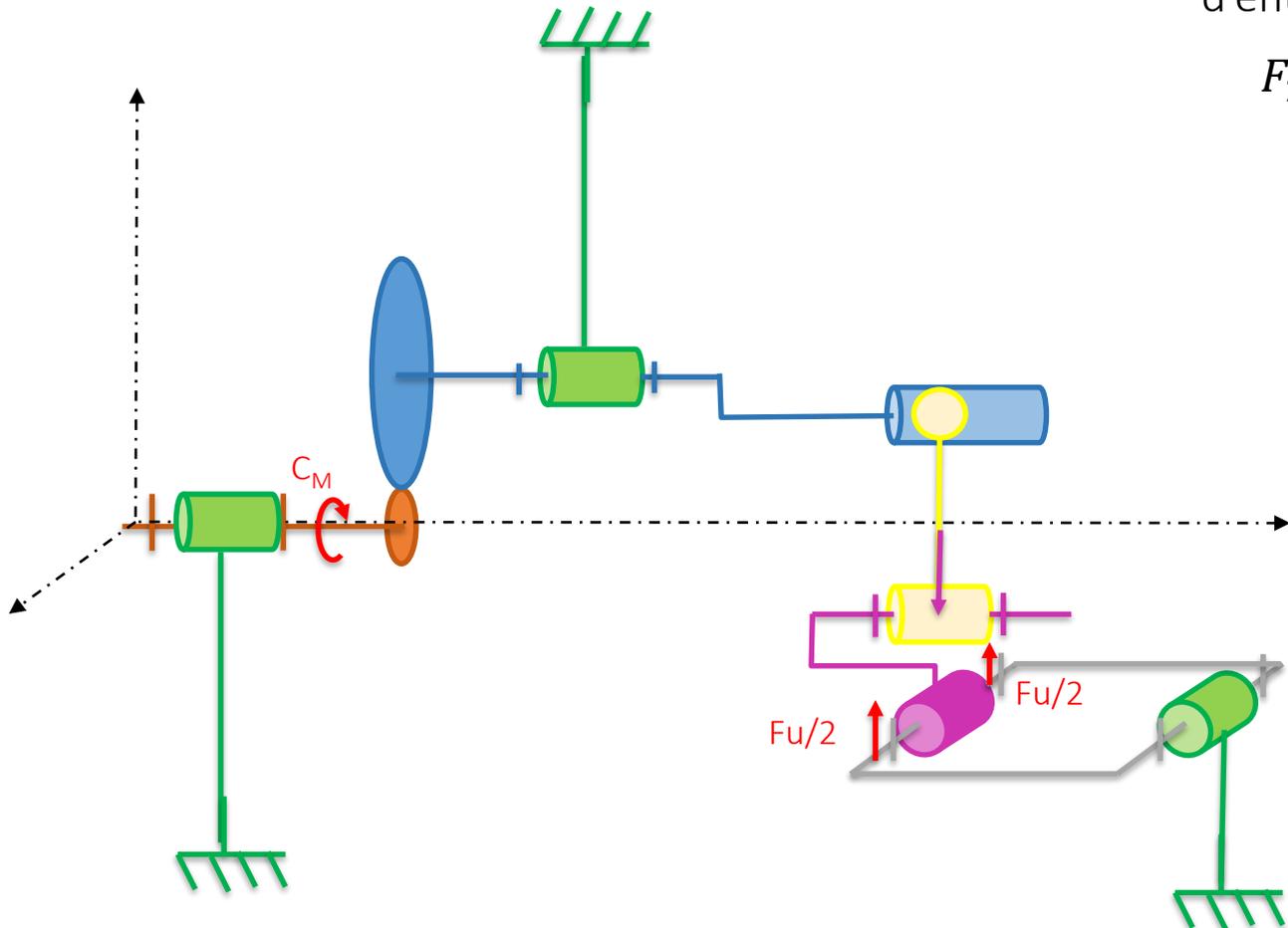
$$F_{19/14} = 0,9 \cdot F_{22/19}$$



Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

Effort « utile » exercé par l'axe d'entrée sur la bielle :

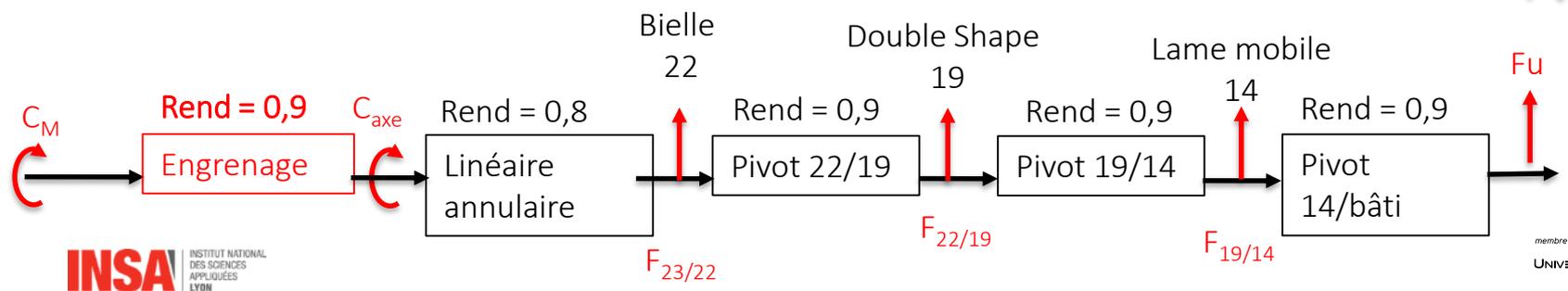
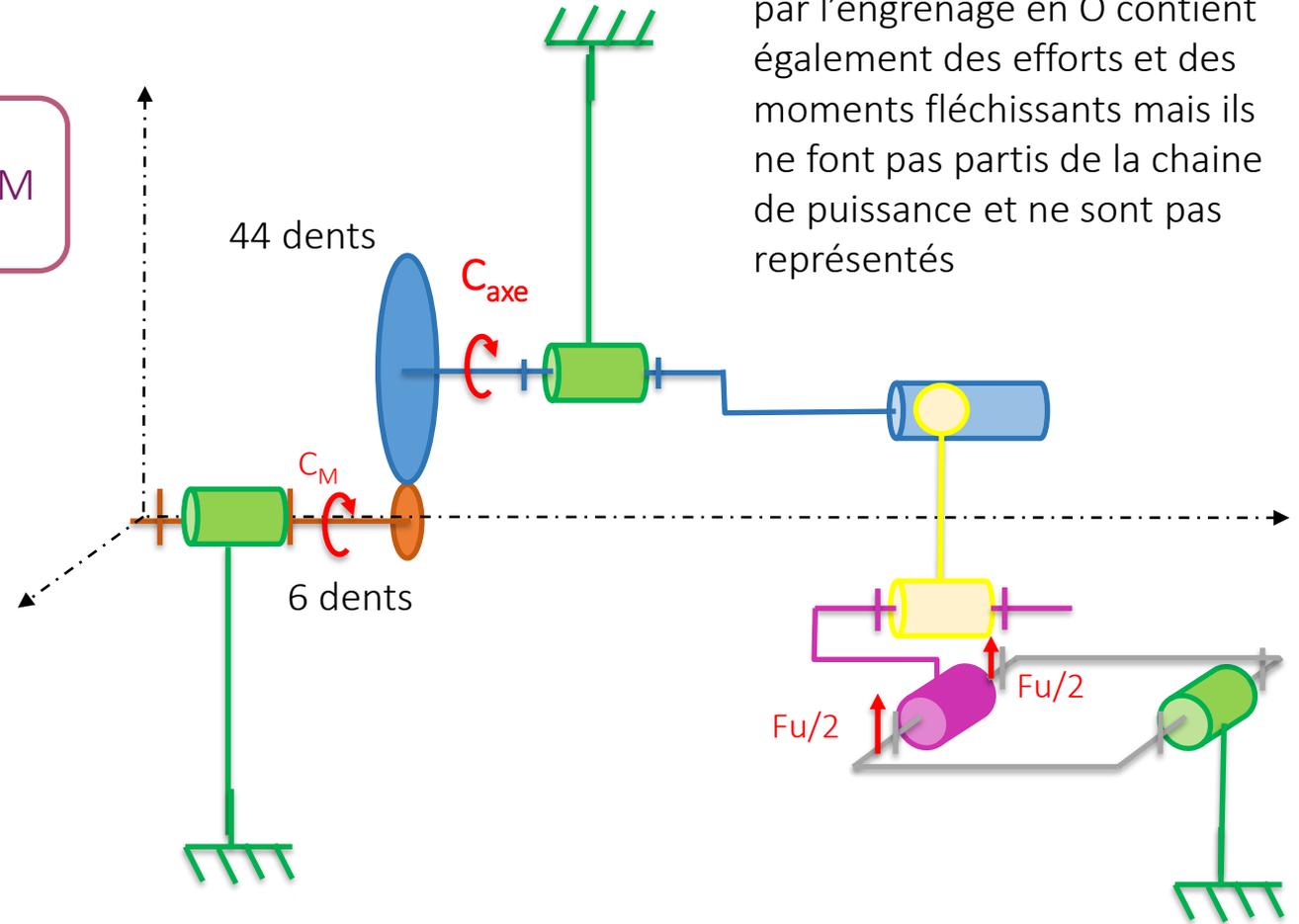
$$F_{22/19} = 0,8 \cdot F_{23/22}$$



Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

Remarque :
Le torseur des efforts transmis par l'engrenage en O contient également des efforts et des moments fléchissants mais ils ne font pas partis de la chaîne de puissance et ne sont pas représentés

Déterminer la relation entre C_M et C_{axe}



Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

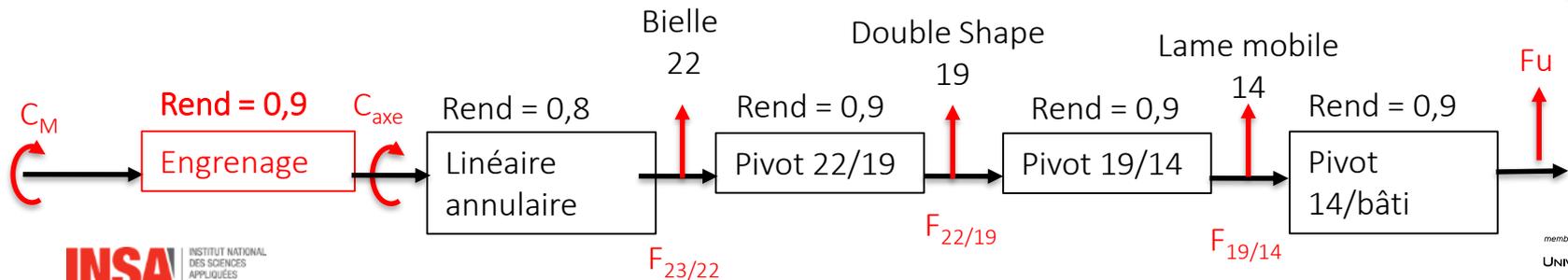
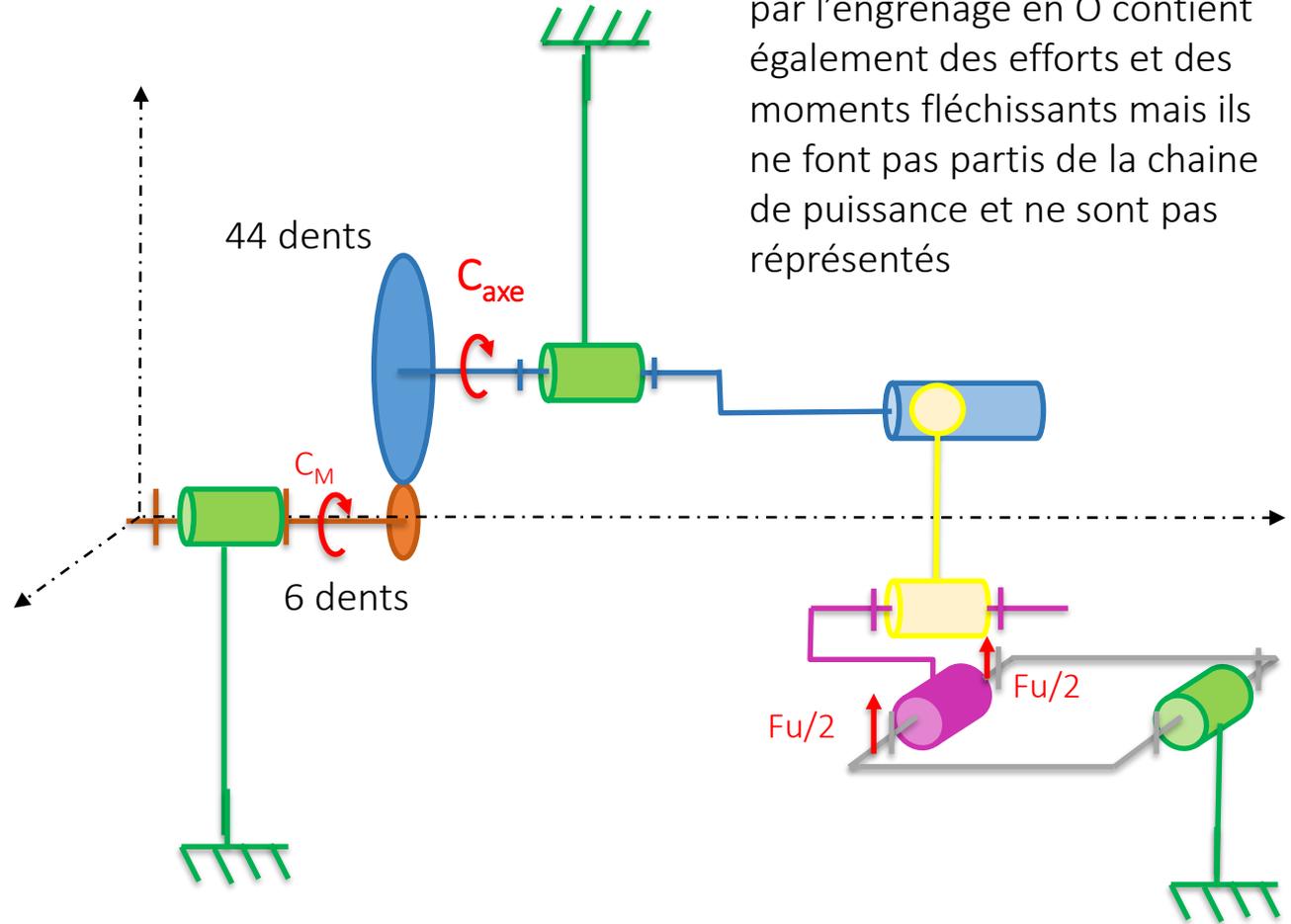
Remarque :

Le torseur des efforts transmis par l'engrenage en O contient également des efforts et des moments fléchissants mais ils ne font pas partis de la chaîne de puissance et ne sont pas représentés

rendement

$$C_{axe} = 0,9 \cdot \frac{44}{6} \cdot C_M$$

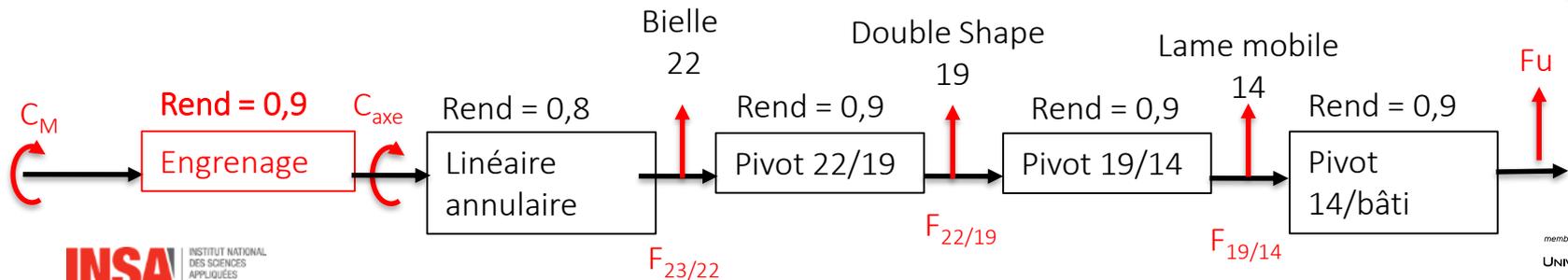
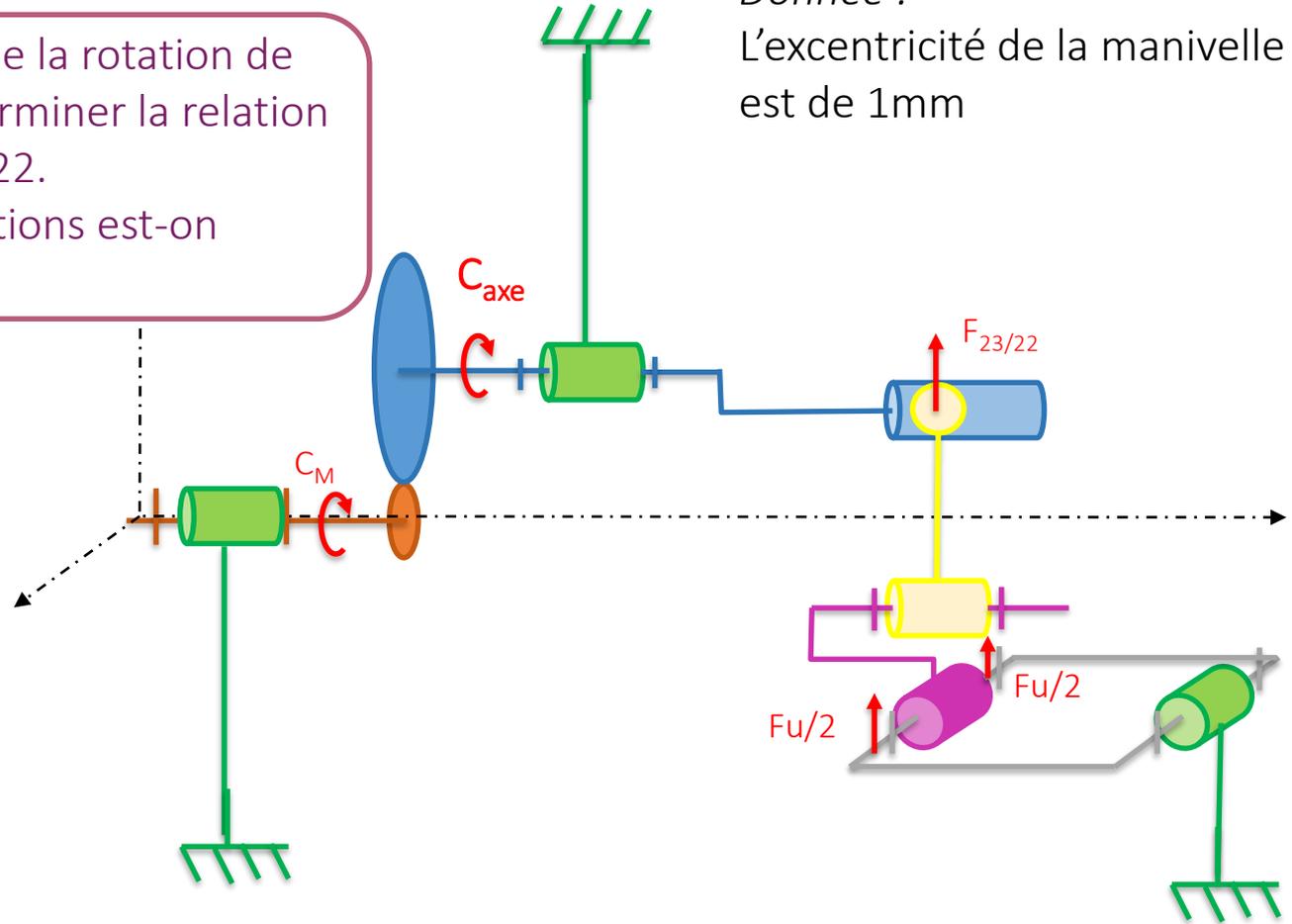
Rapport d'engrènement



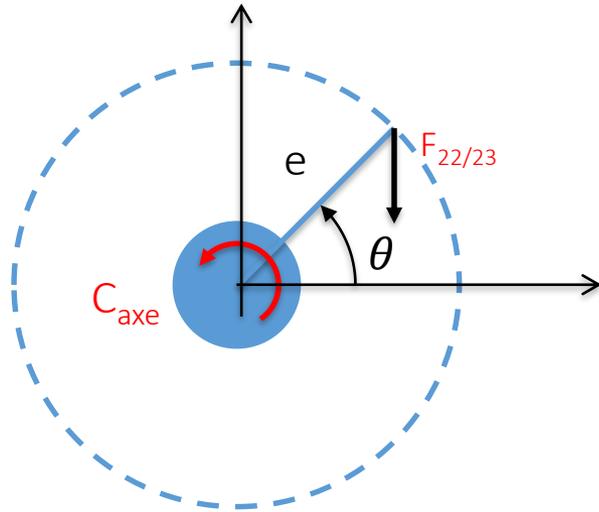
Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

En considérant que la rotation de l'axe d'entrée, déterminer la relation entre C_{axe} et $F_{23/22}$.
Quelles simplifications est-on amené à faire ?

Donnée :
L'excentricité de la manivelle est de 1mm



Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?



Efforts sur la « manivelle »

Equation du mouvement :

$$I \cdot \frac{d\omega_1}{dt} = C_{axe} - e \cdot F_{22/23} \cdot \cos \theta$$

Pour un couple moteur constant :

- La vitesse n'est pas constante
- L'effort de coupe effectif dépend de la dynamique

Approximation : $|F_{22/23}|_{max} \simeq \frac{C_{axe}}{e}$

Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

$$C_{axe} = 0,9 \cdot \frac{44}{6} \cdot C_M$$

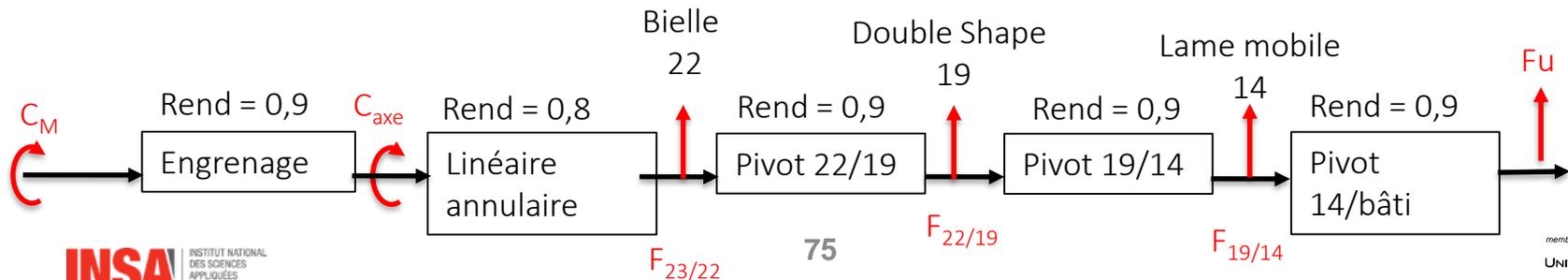
$$|F_{23/22}|_{max} \simeq 0,8 \frac{C_{axe}}{e}$$

$$F_{22/19} = 0,9 \cdot F_{23/22}$$

$$F_{19/14} = 0,9 \cdot F_{22/19}$$

$$F_u = 0,9 \cdot \left(\frac{39,9}{31,3} \right) \cdot F_{19/14}$$

Déduire des expressions précédentes le couple minimal nécessaire au fonctionnement du dispositif



Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

$$C_{axe} = 0,9 \cdot \frac{44}{6} \cdot C_M$$

$$|F_{23/22}|_{max} \simeq 0,9 \frac{C_{axe}}{e}$$

$$F_u = 0,9 \cdot \left(\frac{39,9}{31,3}\right) \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot \frac{1}{e} \cdot 0,9 \cdot \frac{44}{6} \cdot C_M$$

$$F_u = \underbrace{0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,9}_{\text{Rendement}} \cdot \underbrace{\left(\frac{39,9}{31,3}\right)}_{\text{Réduction transmission}} \cdot \frac{1}{e} \cdot \frac{44}{6} \cdot C_M$$

$$F_{22/19} = 0,8 \cdot F_{23/22}$$

$$\text{A.N : } F_u = 2 \cdot 1360 = 2720 \text{ N / } e = 1\text{mm}$$

$$F_{19/14} = 0,9 \cdot F_{22/19}$$

$$C_M = 0,55 \text{ N}$$

$$F_u = 0,9 \cdot \left(\frac{39,9}{31,3}\right) \cdot F_{19/14}$$

