

Conception et Analyse de Systèmes Mécaniques

TD3 – Cisaille portative Makita

Objectifs :

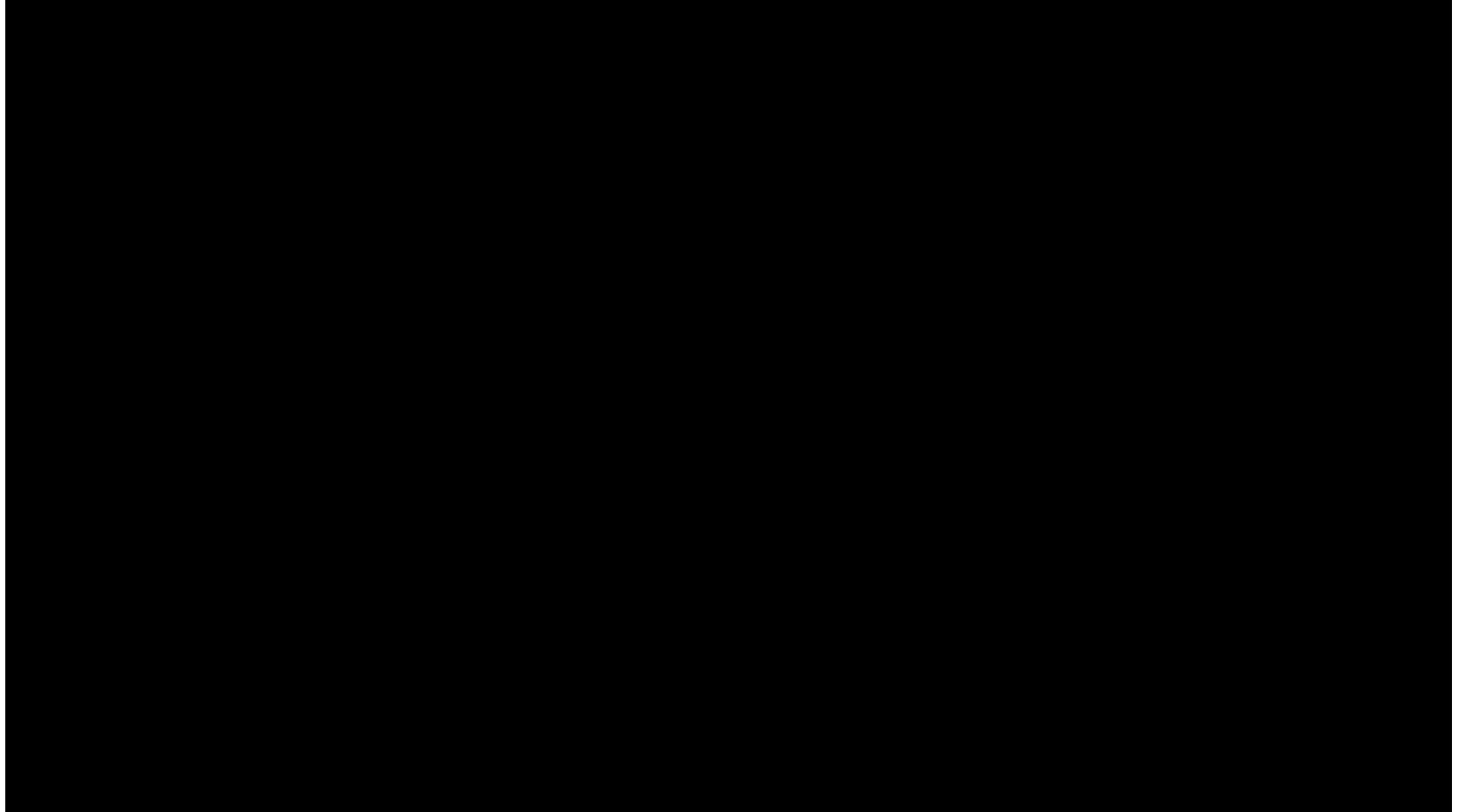
- Analyser le fonctionnement d'un système: Cisaille portative Makita
- Etude cinématique, schéma, trajectoire
- Modèle des liaisons
- Calcul de l'hyperstatisme
- Analyse technologique
- Calculs préliminaires



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?



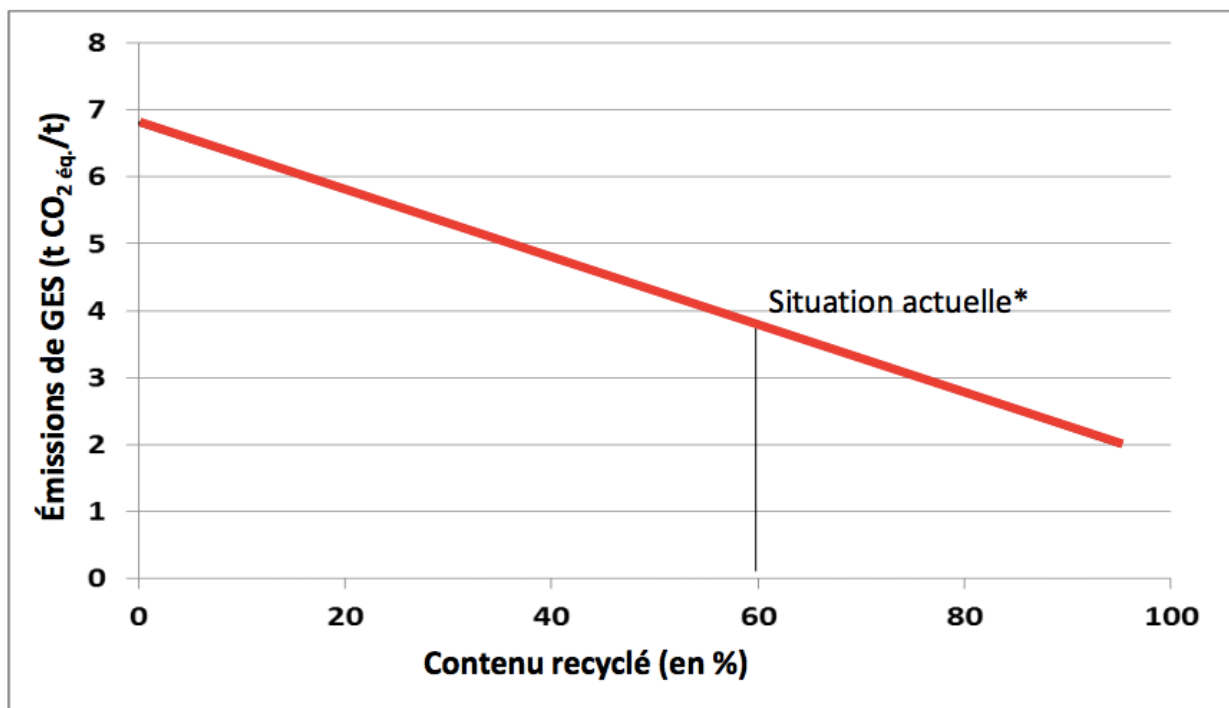
Des presses de 20 à 300 tonnes compactent les boues et des copeaux d'usinage en briquettes de métal réutilisables en aciérie et extraient le fluide de coupe qui peut ainsi être réutilisé.

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.

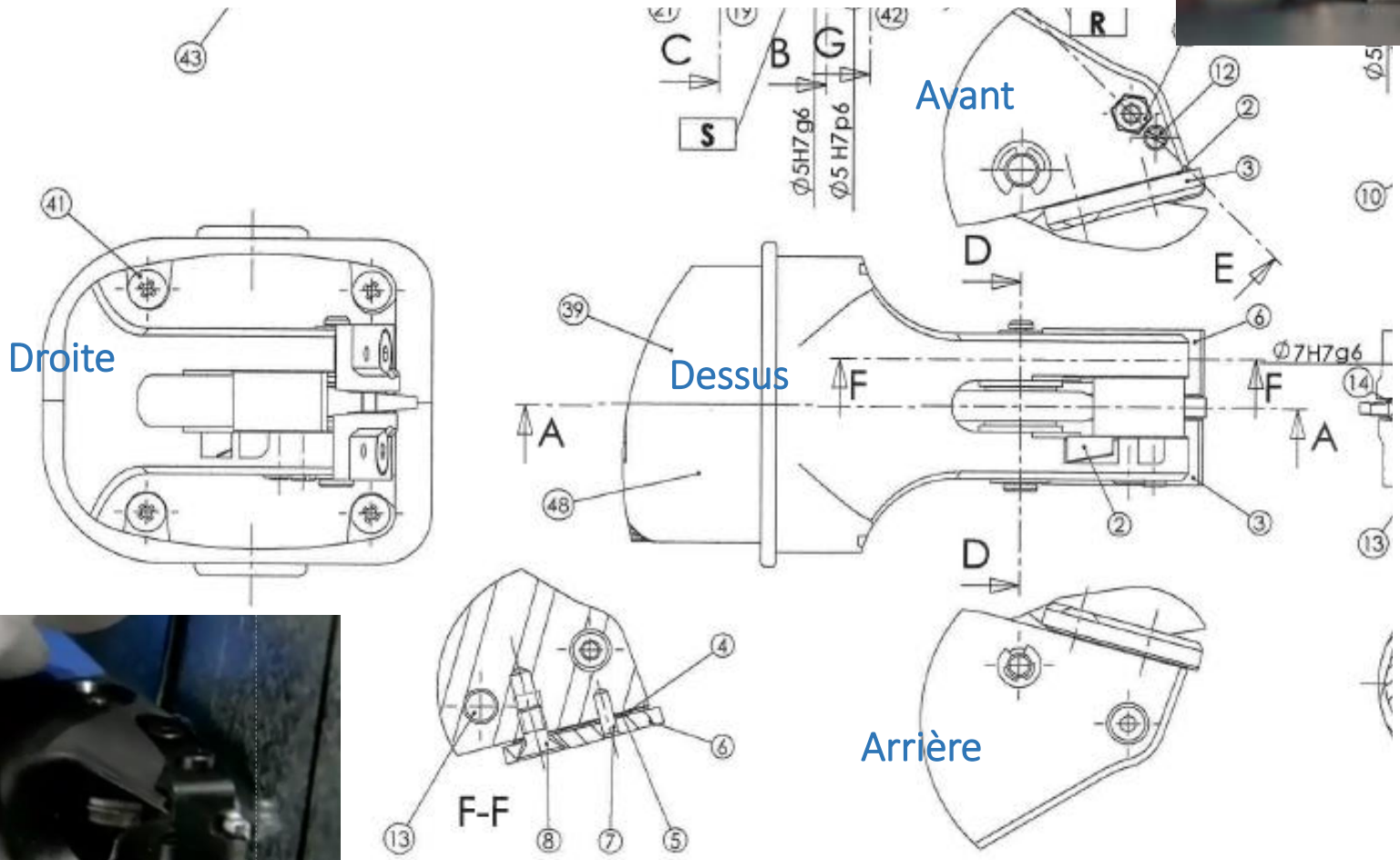
Avantages du recyclage de l'acier



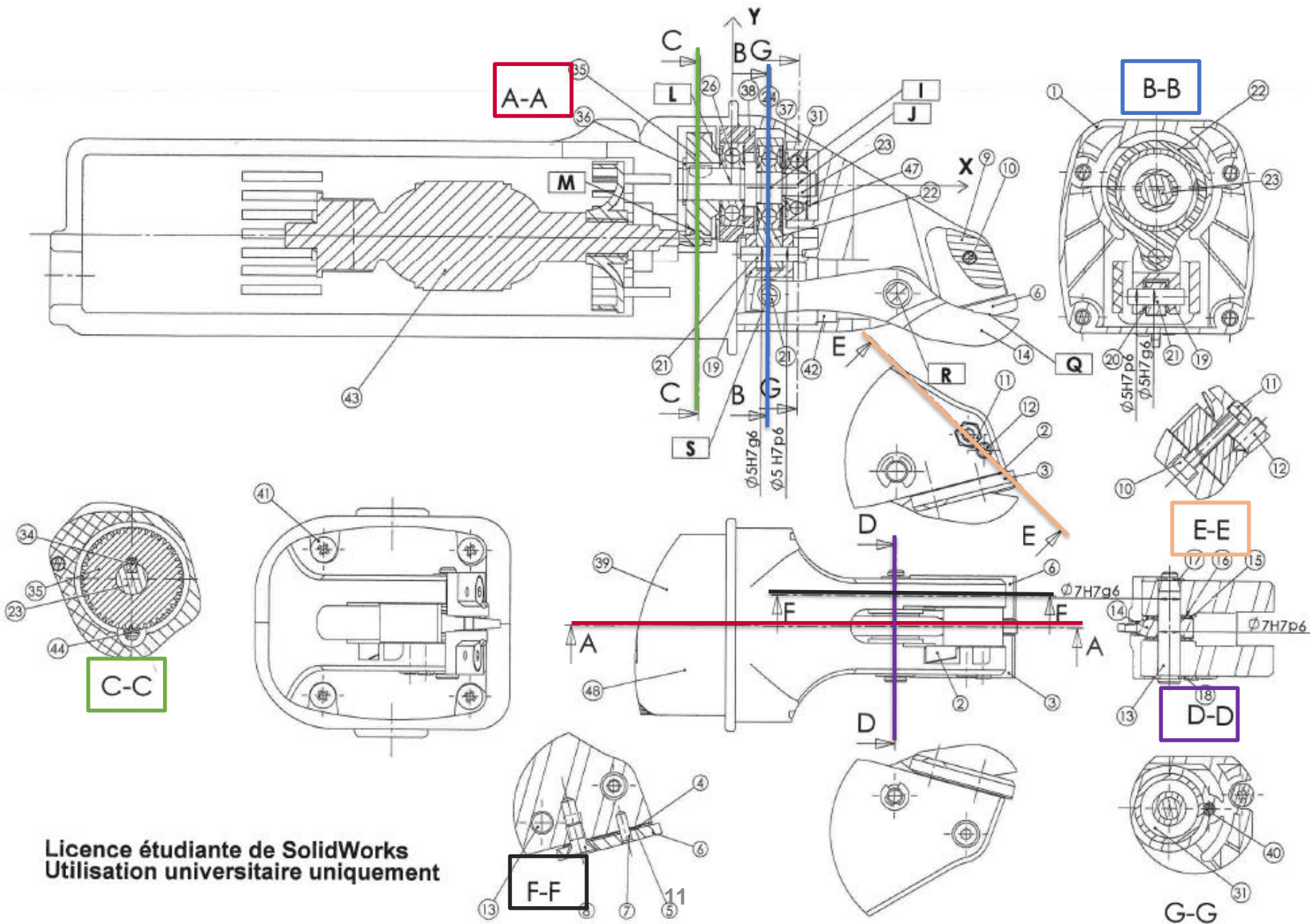
Analyse de plan

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

Vues Principales (partielles)



Identification plans de coupe



Licence étudiante de SolidWorks
Utilisation universitaire uniquement

Chaîne de transmission

Analyse nomenclature

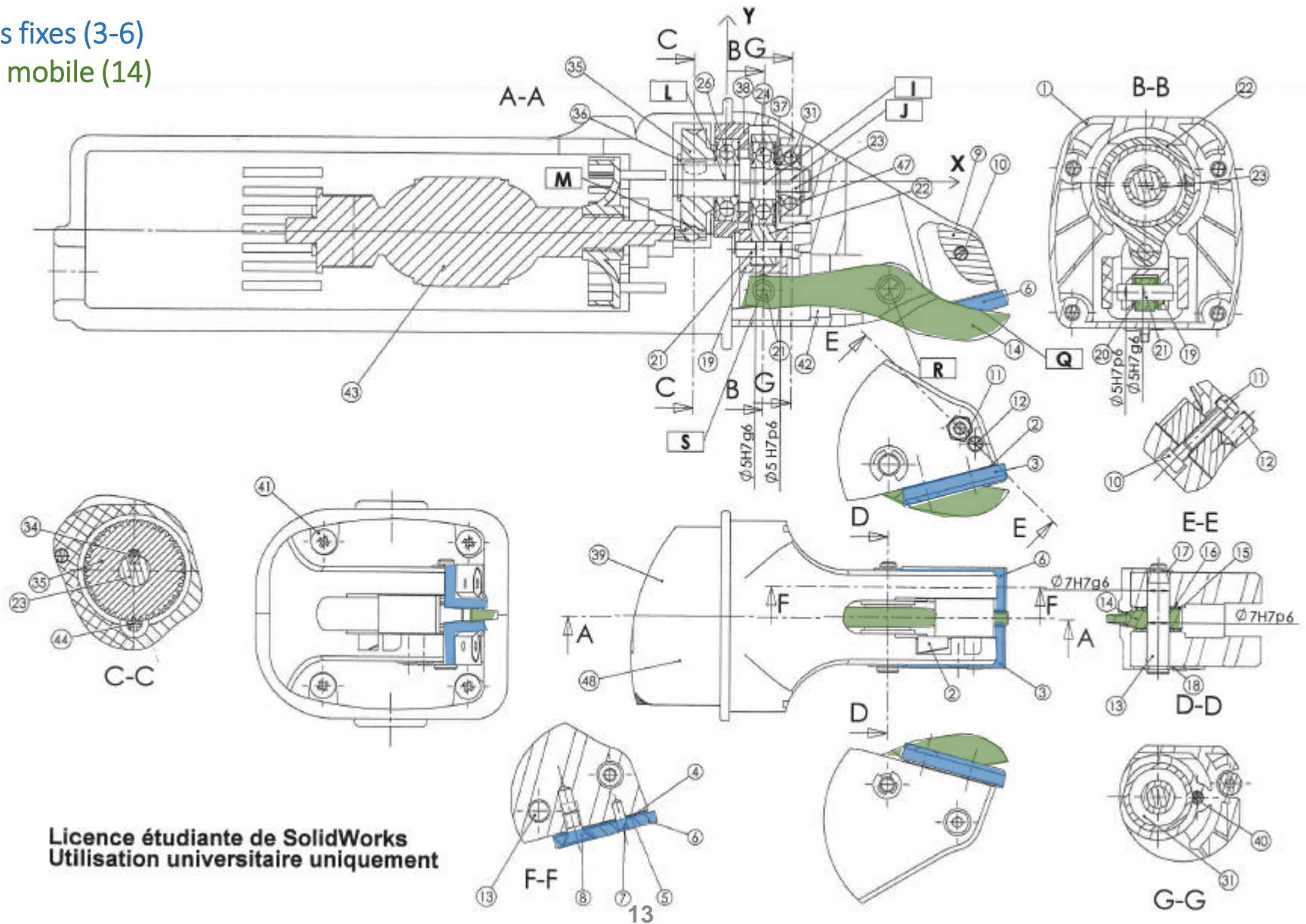
REP.	DESIGNATION	QTE
41	Vis CBL Z M4x35	4
43	Rotor	1
44	Roue dentée de 8 dents. module 0,6	1
45	Turbine	1
46	Rondelle Z, 8	1
47	anneau élastique	1
48	carcasse droite	1

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)

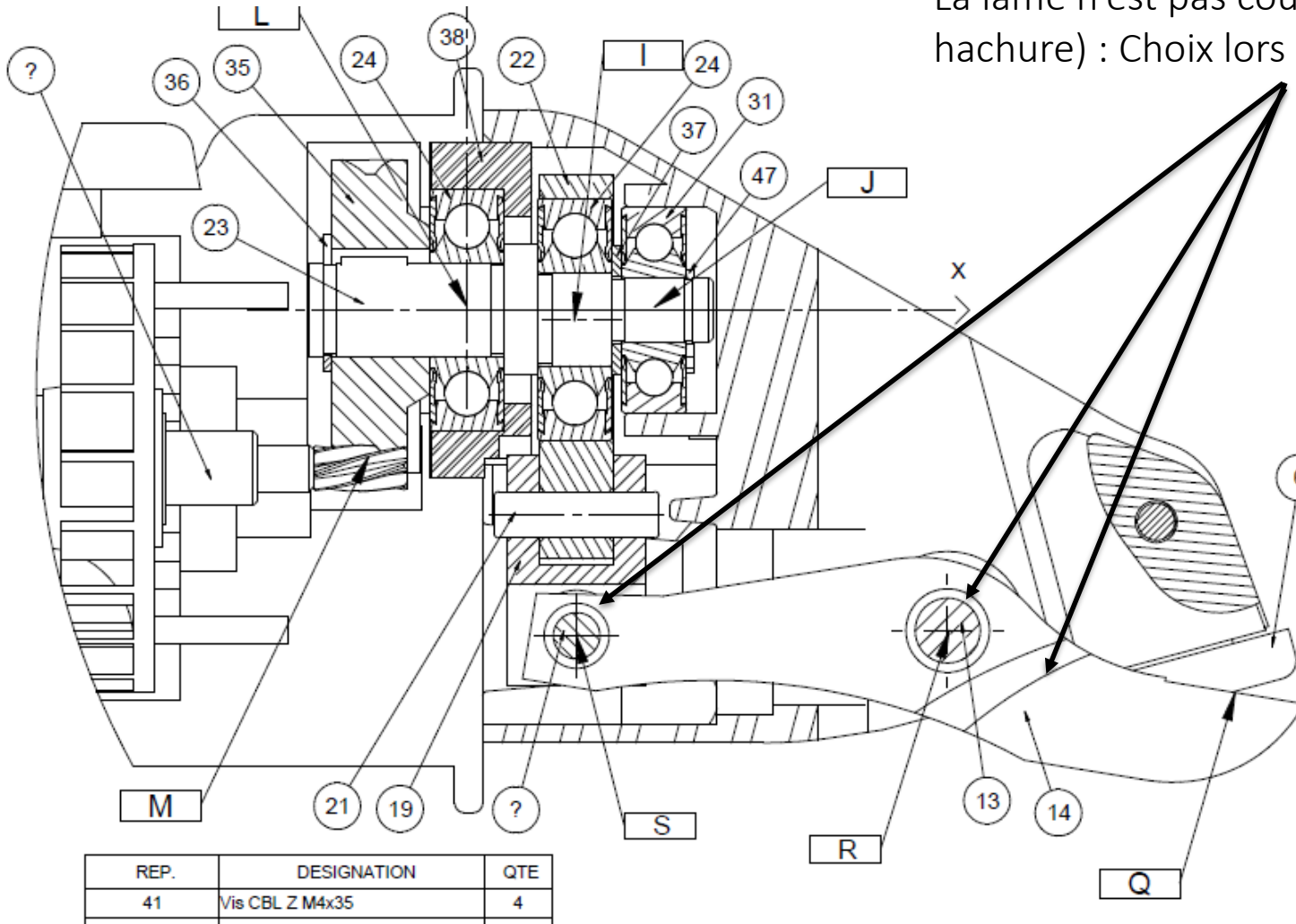
Lame mobile (14)



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

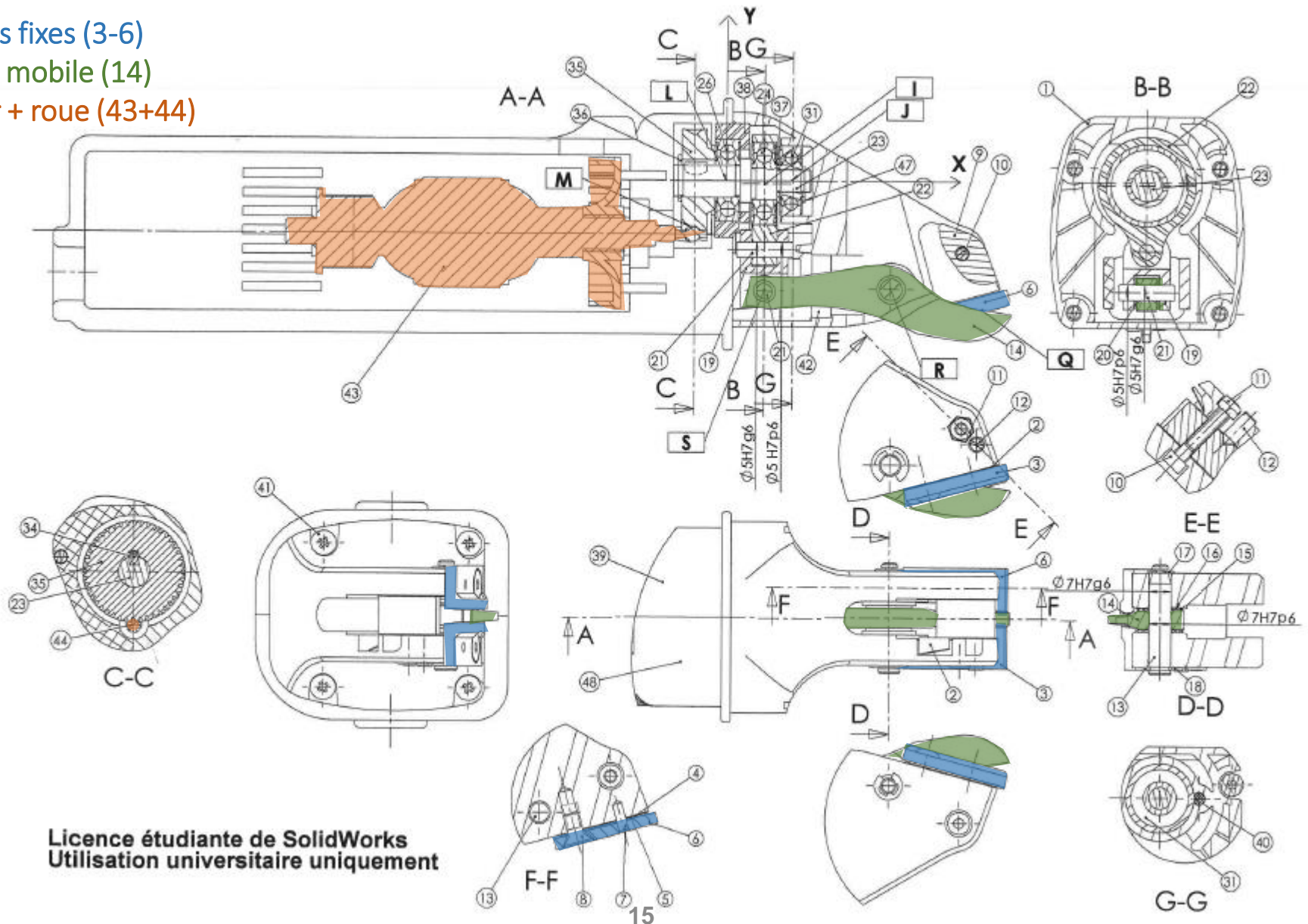


Chaine de transmission - Eléments caractéristiques

Lames fixes (3-6)

Lame mobile (14)

Rotor + roue (43+44)



Licence étudiante de SolidWorks
Utilisation universitaire uniquement

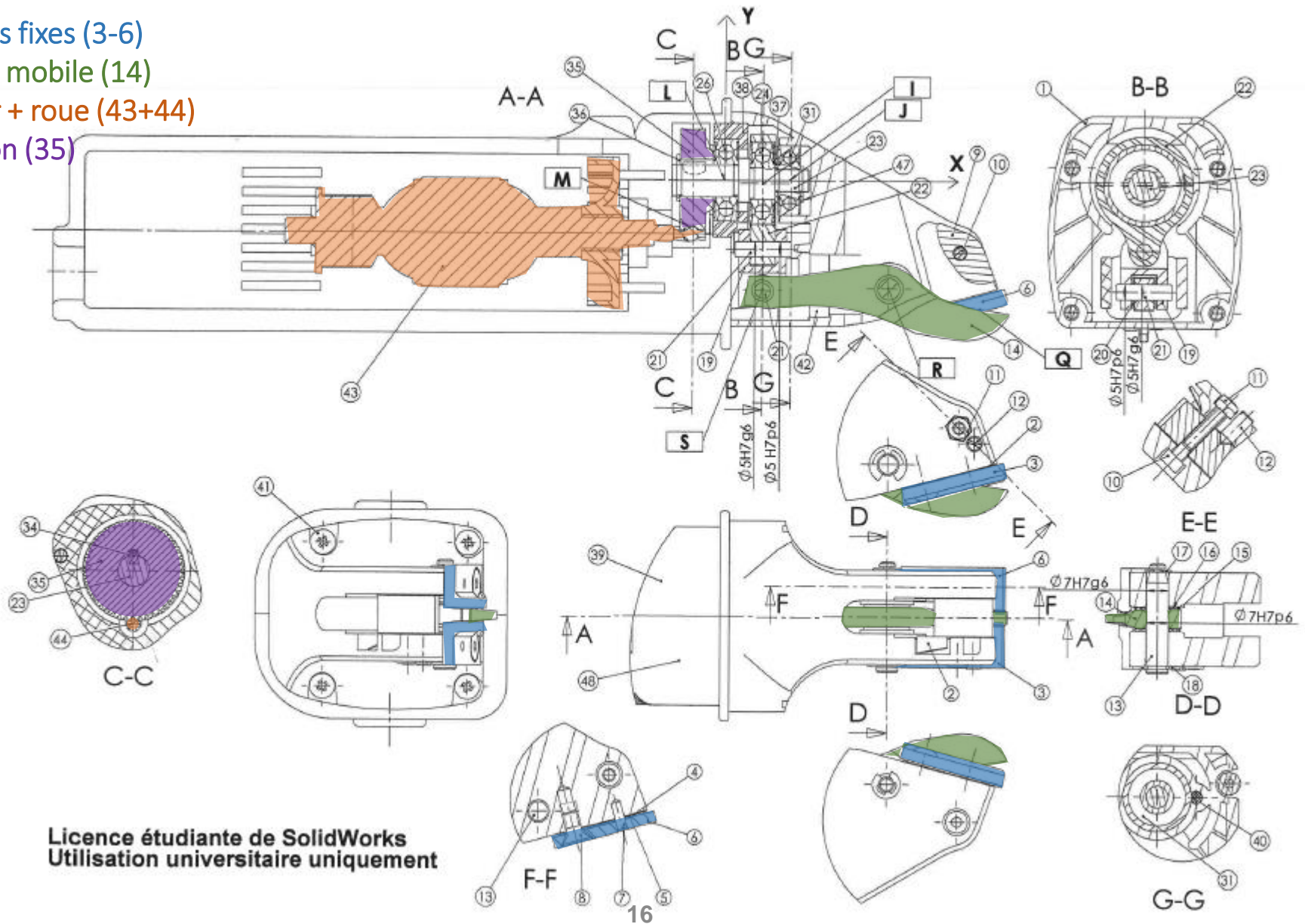
Chaine de transmission - Eléments caractéristiques

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

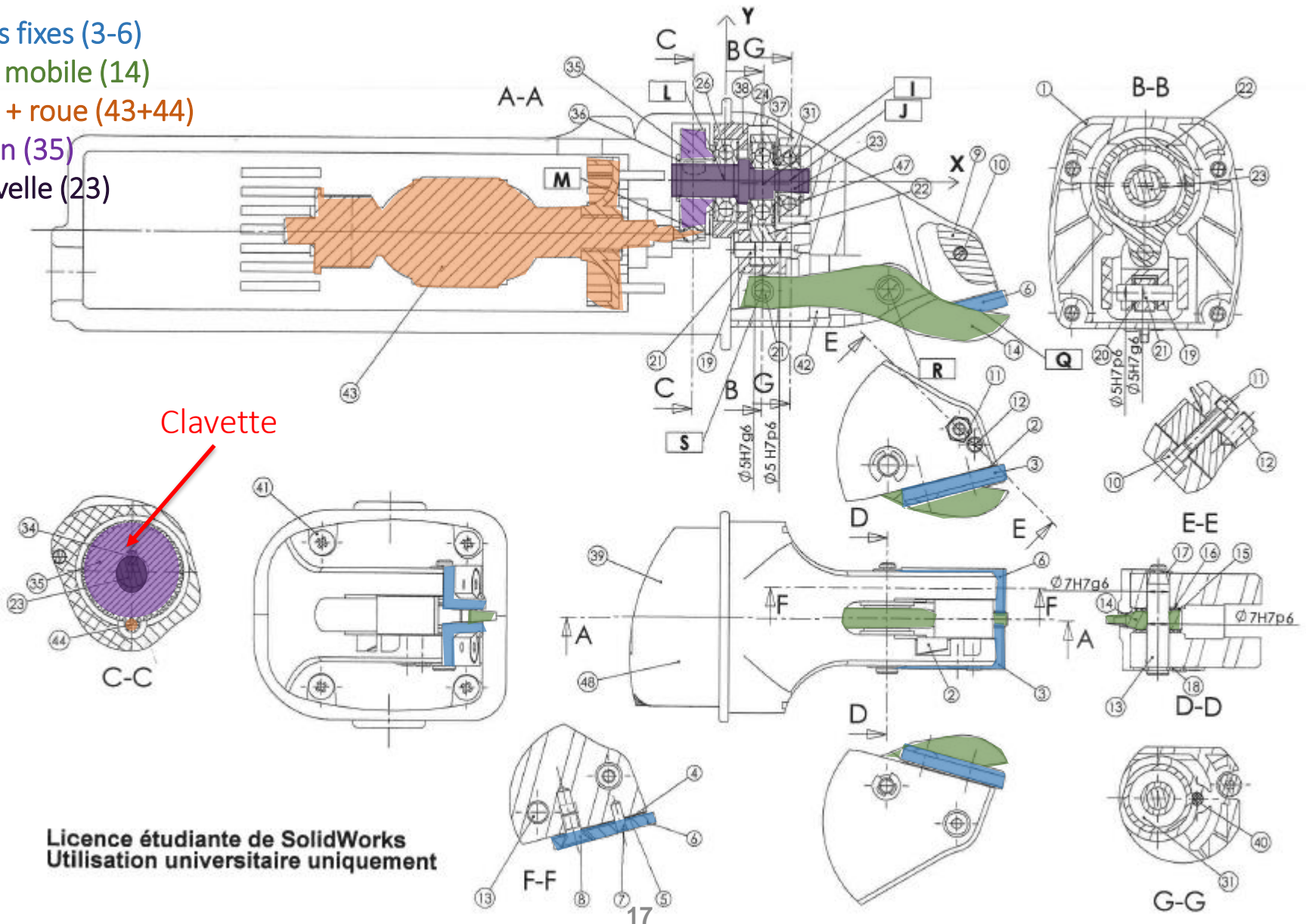
Lames fixes (3-6)

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)

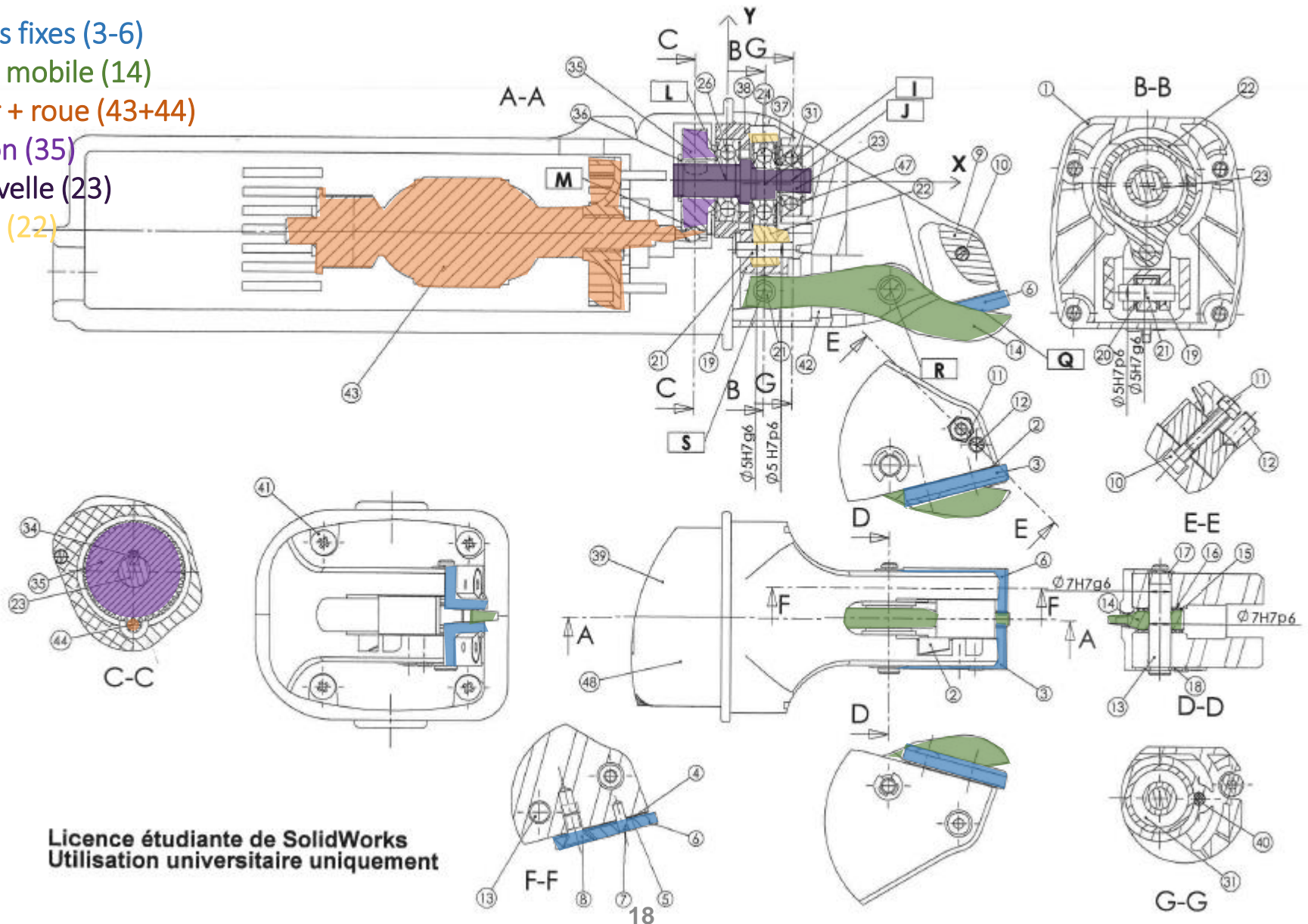
Lame mobile (14)

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)

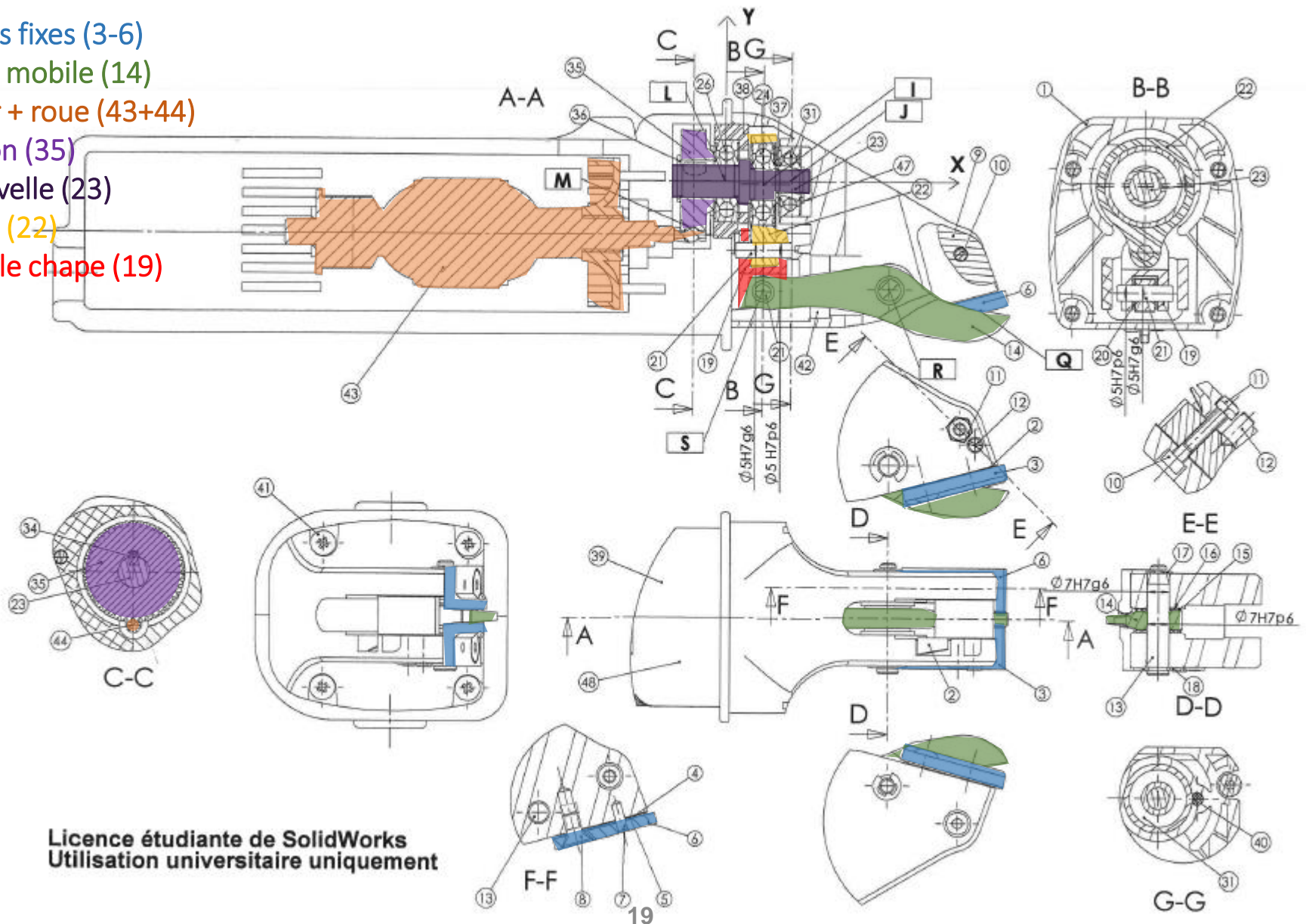
Rotor + roue (43+44)

Pignon (35)

Manivelle (23)

Bielle (22)

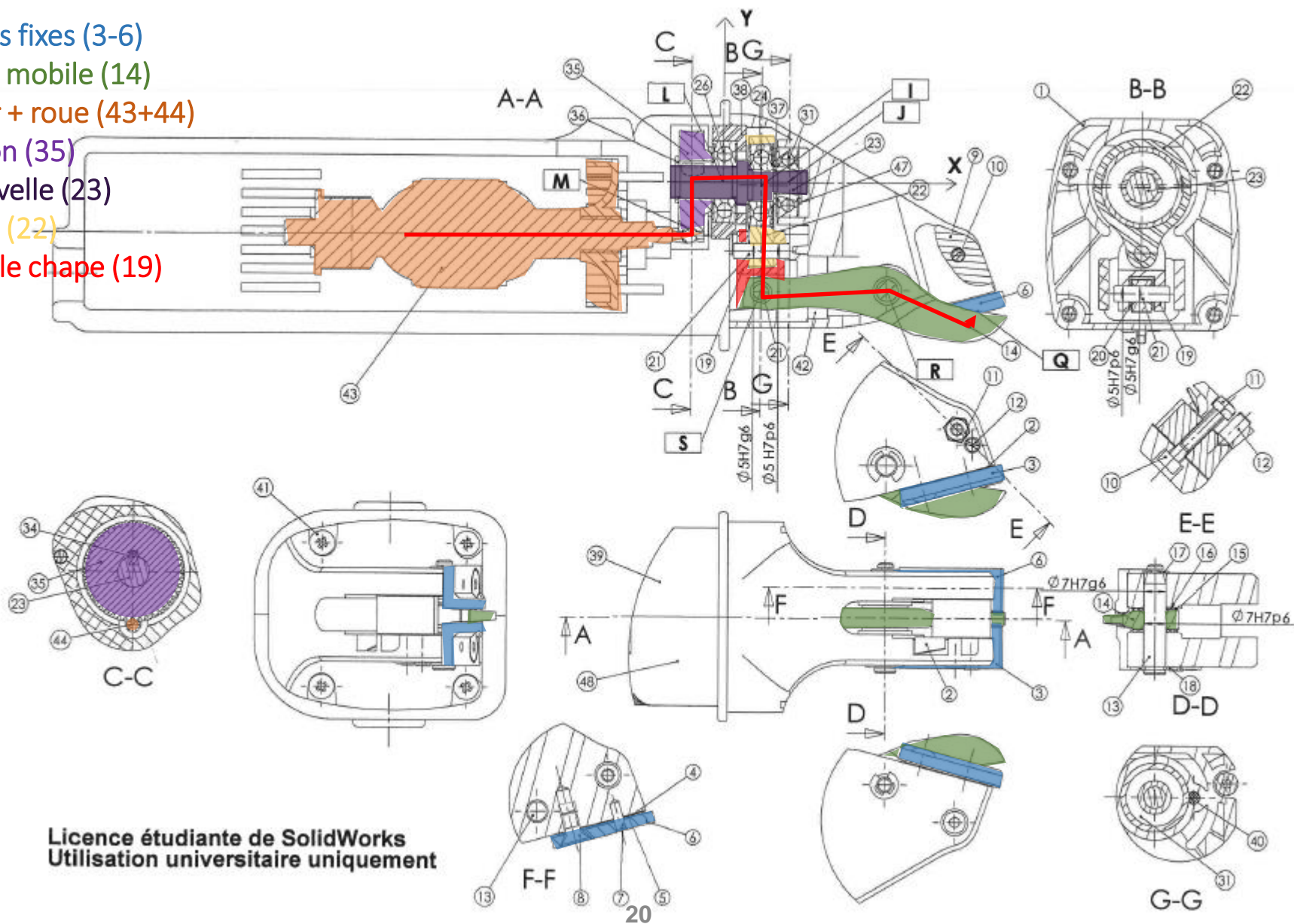
Double chape (19)



Licence étudiante de SolidWorks
Utilisation universitaire uniquement

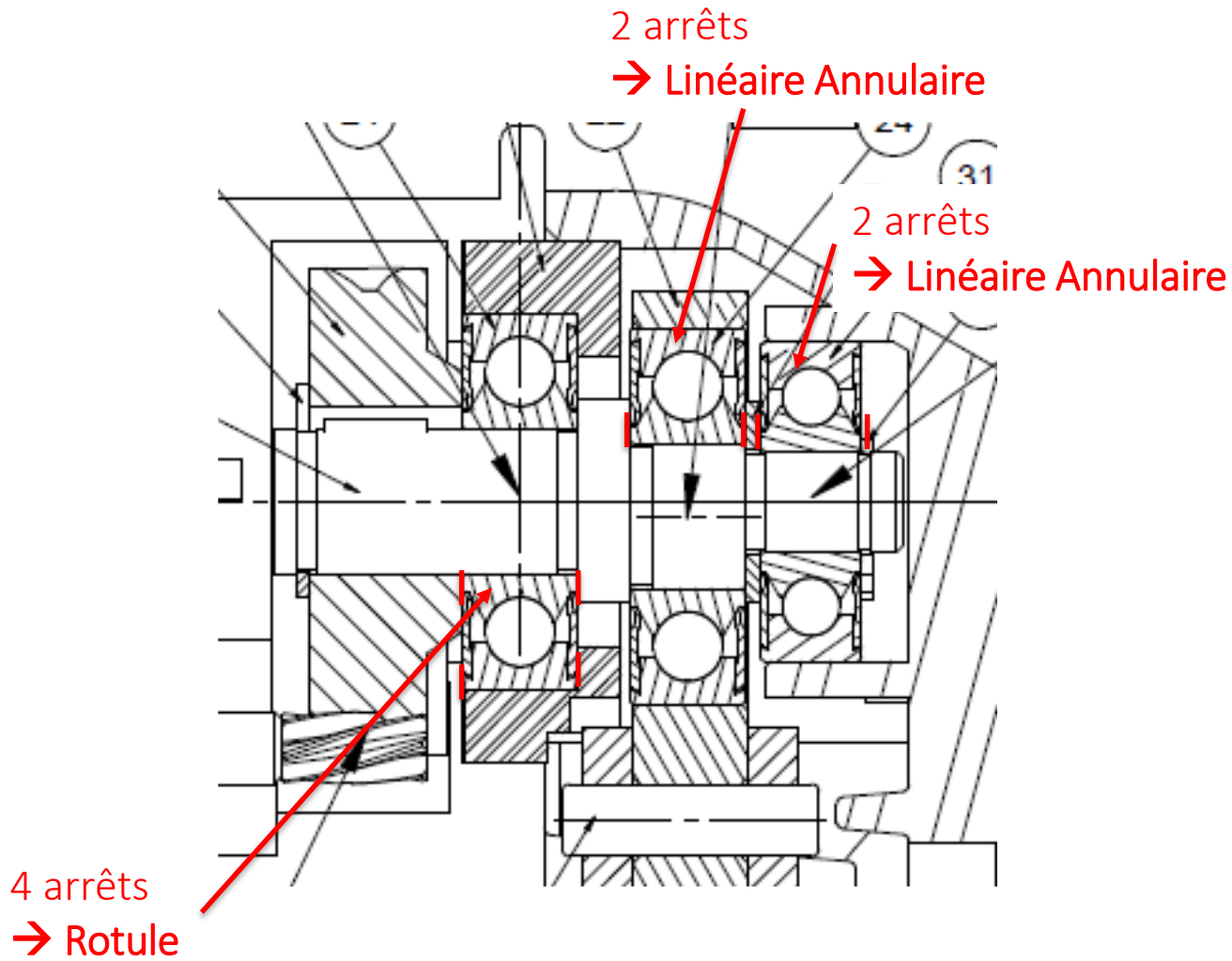
Chaine de transmission

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

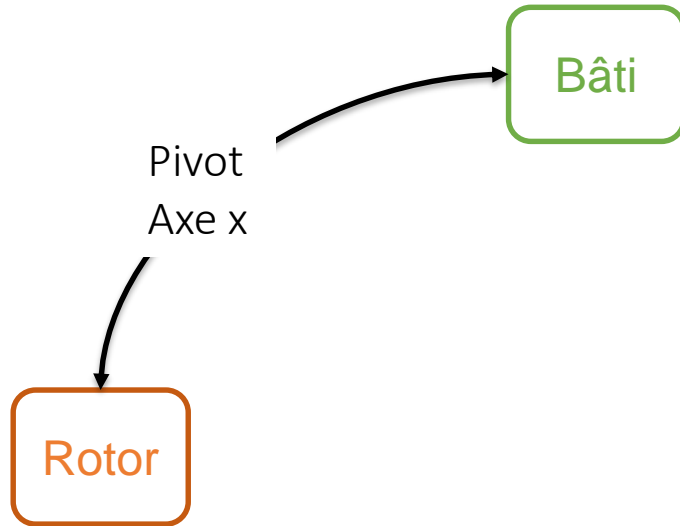


Licence étudiante de SolidWorks
Utilisation universitaire uniquement

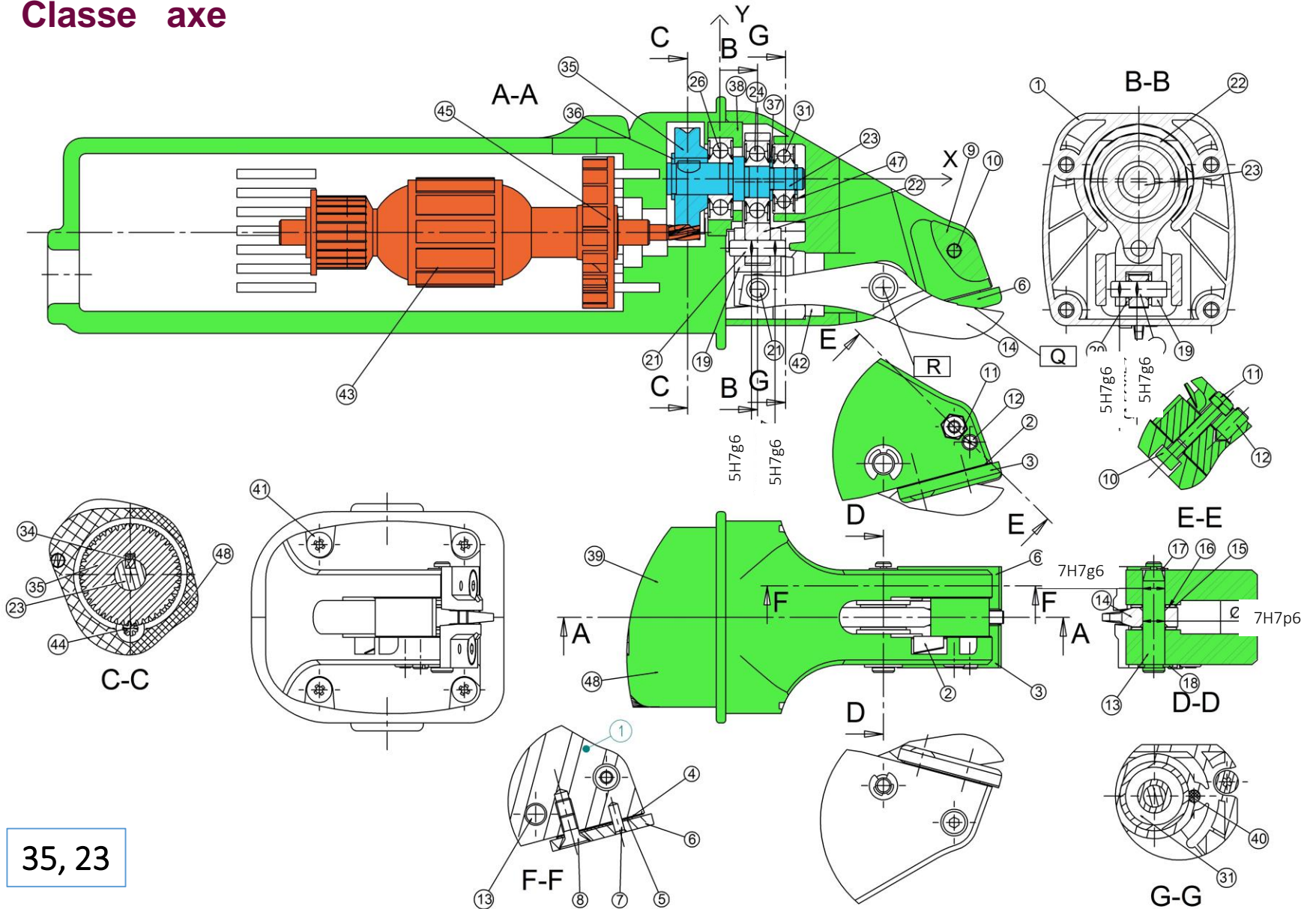
Etude des roulements



Graphe des liaisons

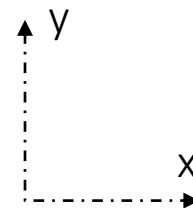
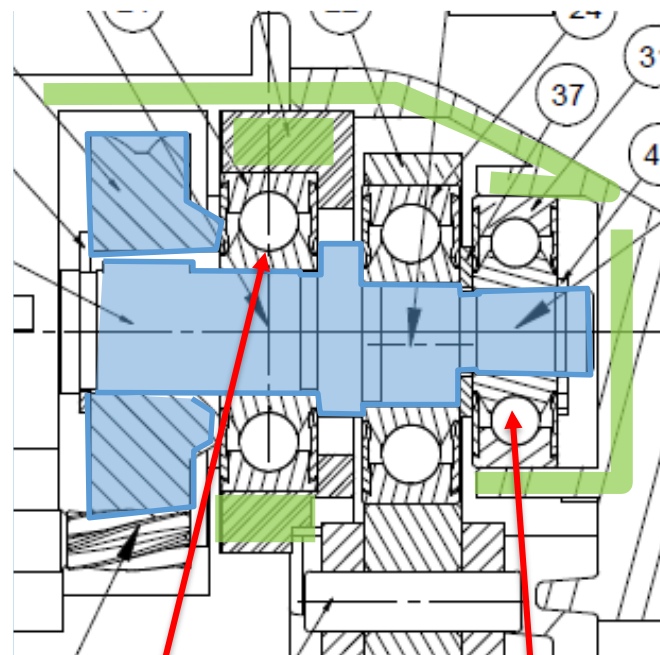
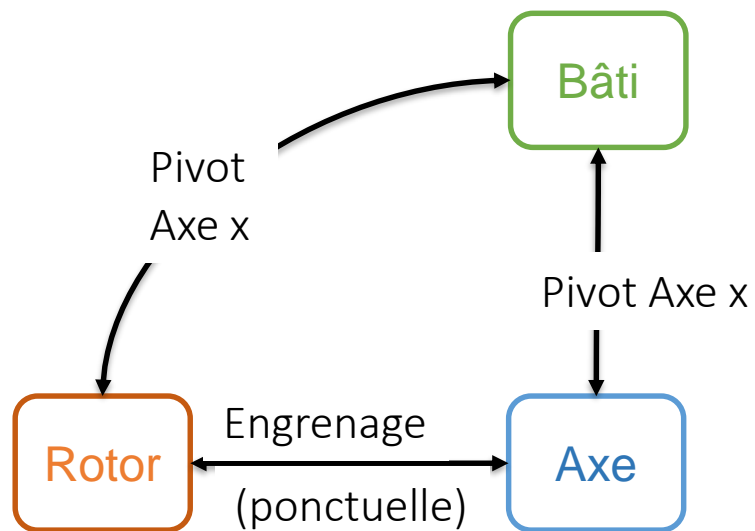


Classe axe



35, 23

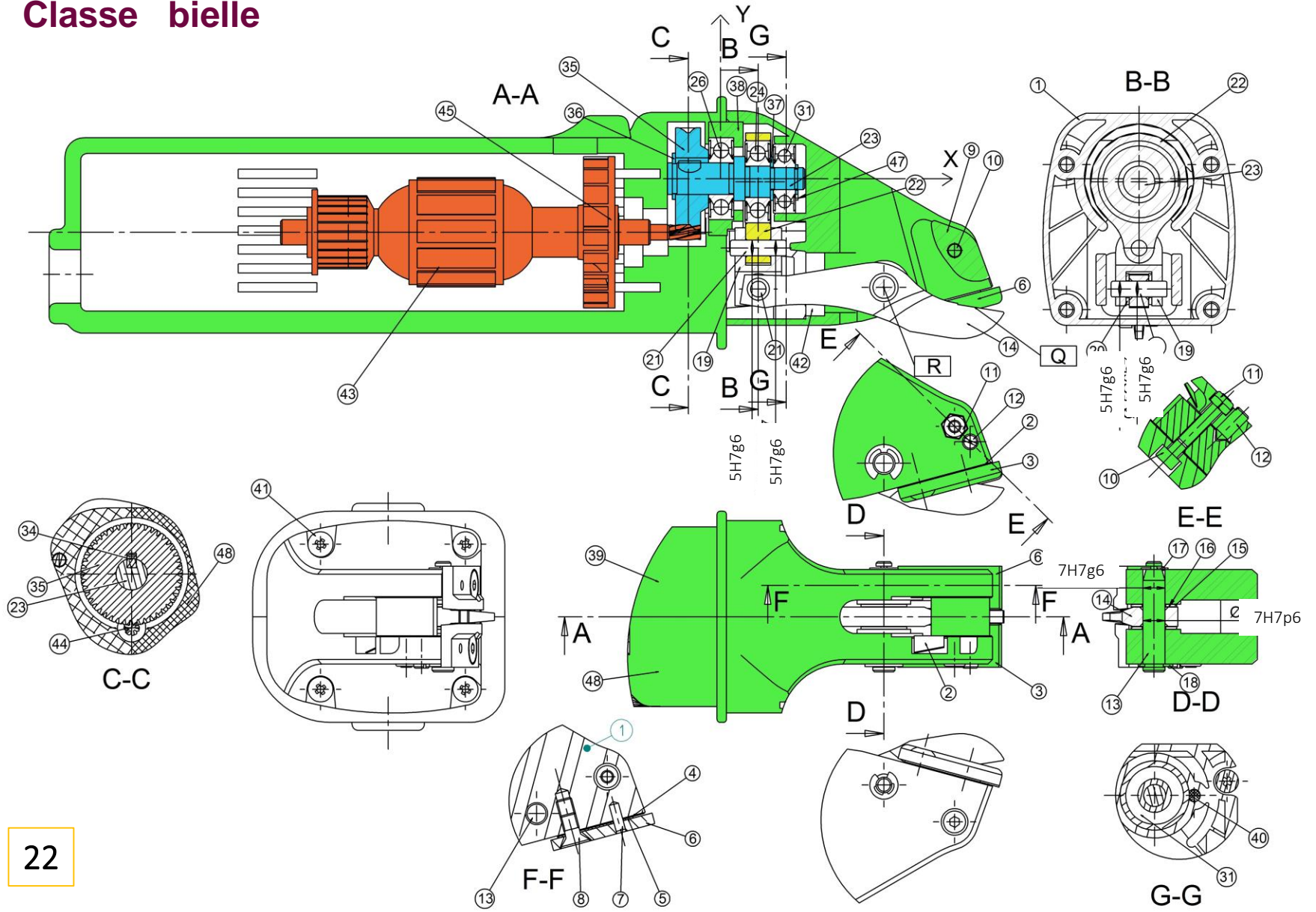
Graphe des liaisons



Rotule

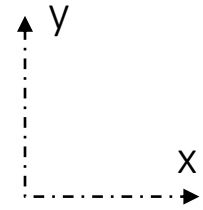
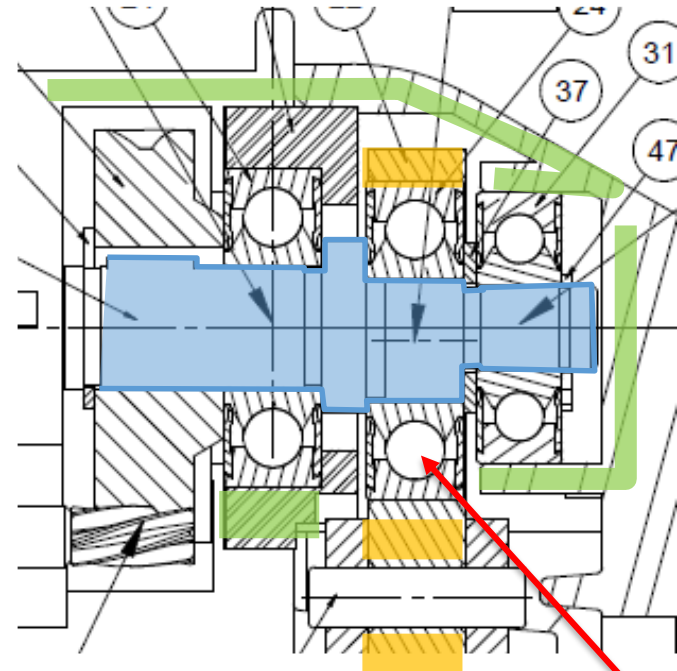
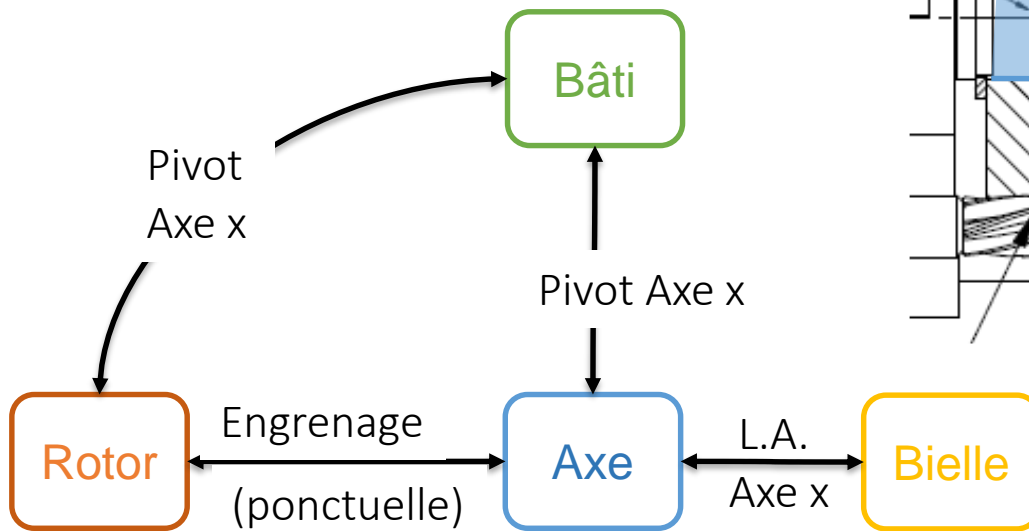
LA

Classe bielle

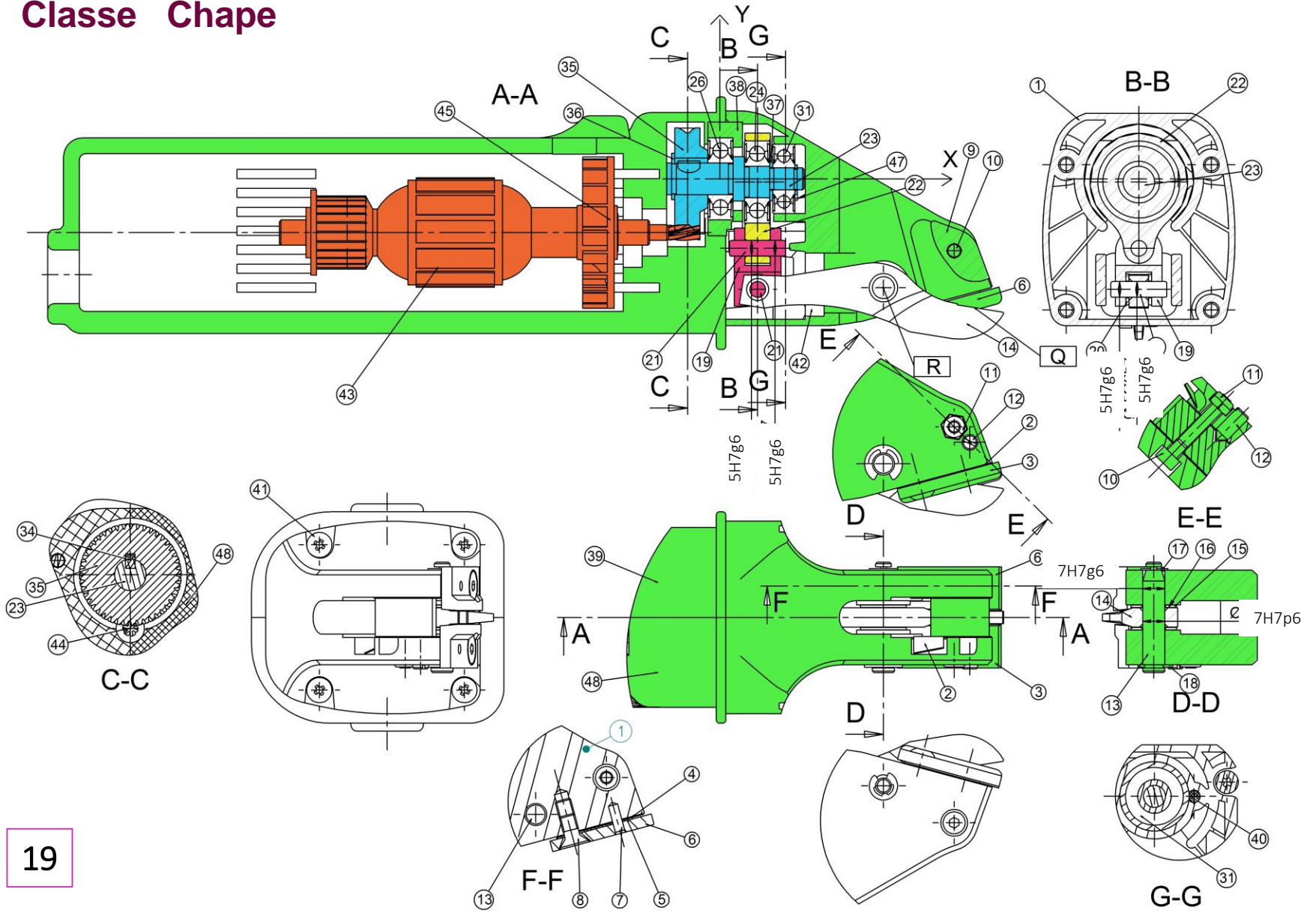


22

Graphe des liaisons

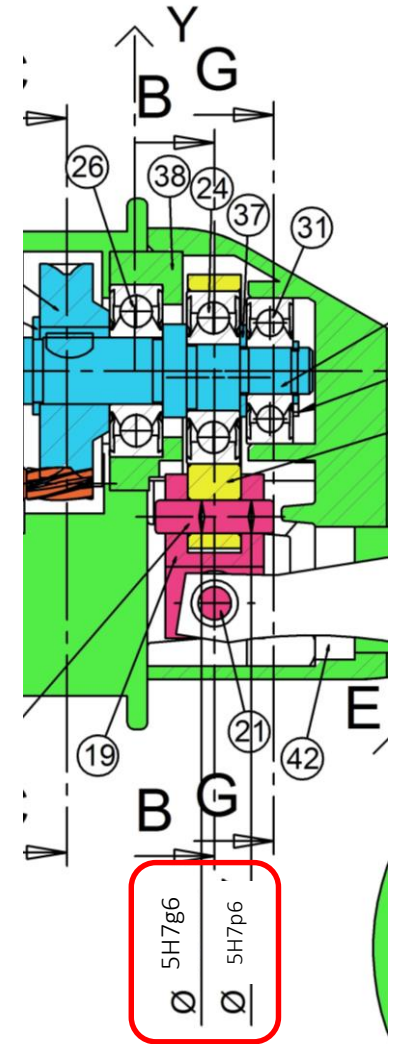
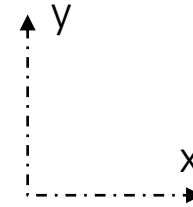
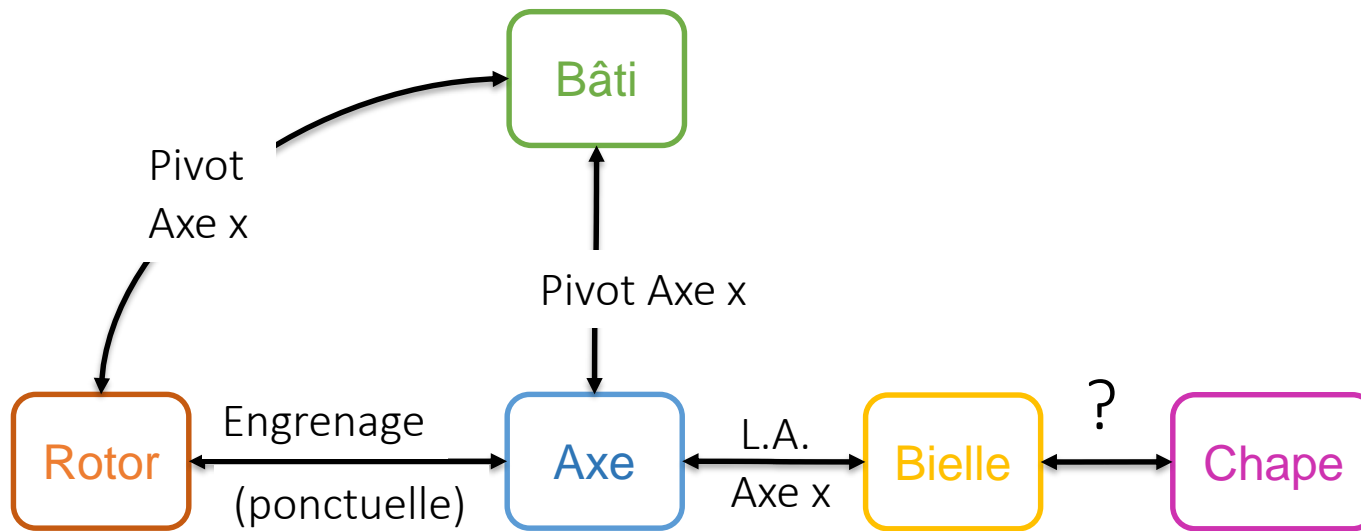


Classe Chape



19

Graphe des liaisons



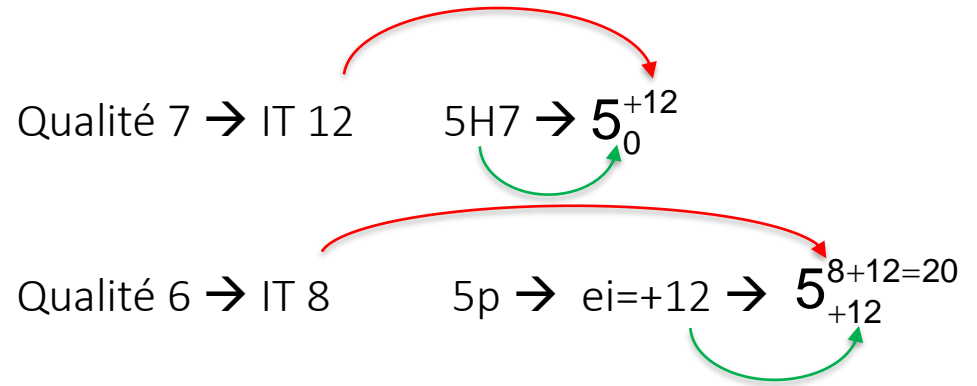
1- Etude des axes 21

- 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

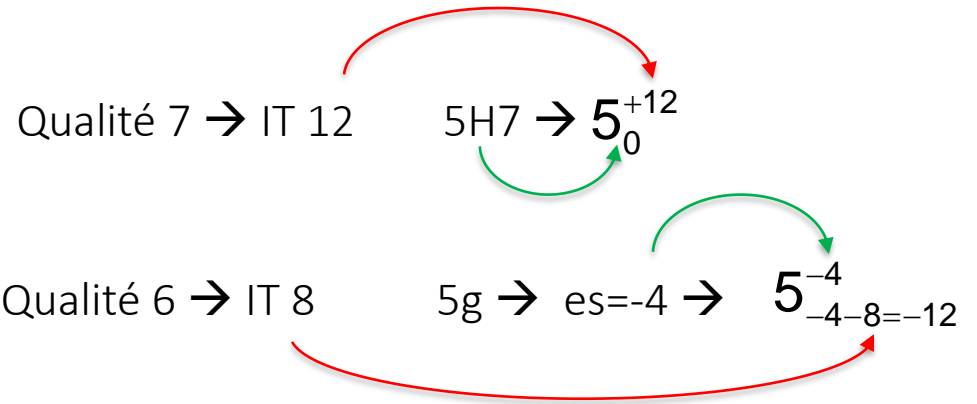
1- Etude des axes 21

- 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



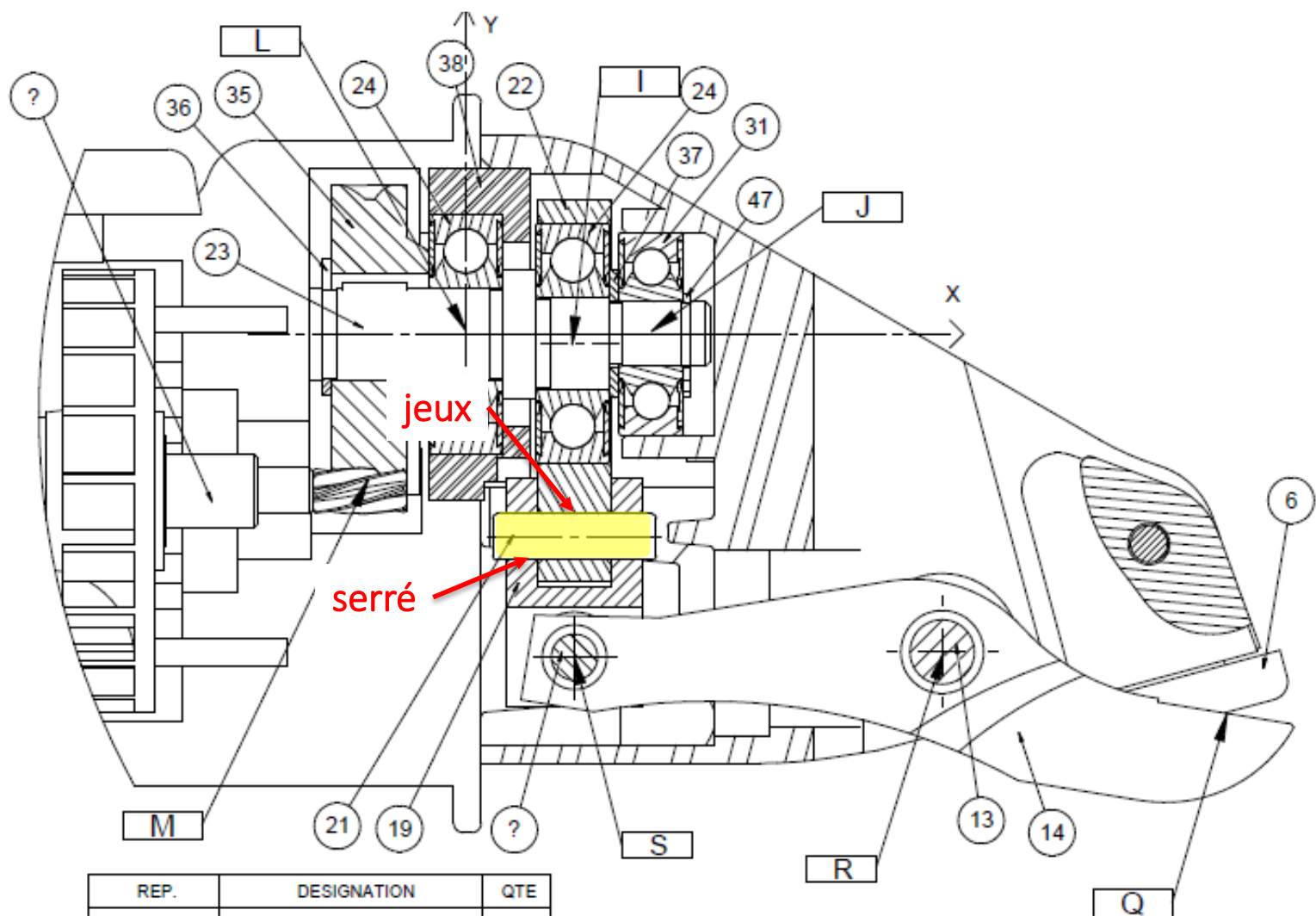
Jeux / Serrage ?

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

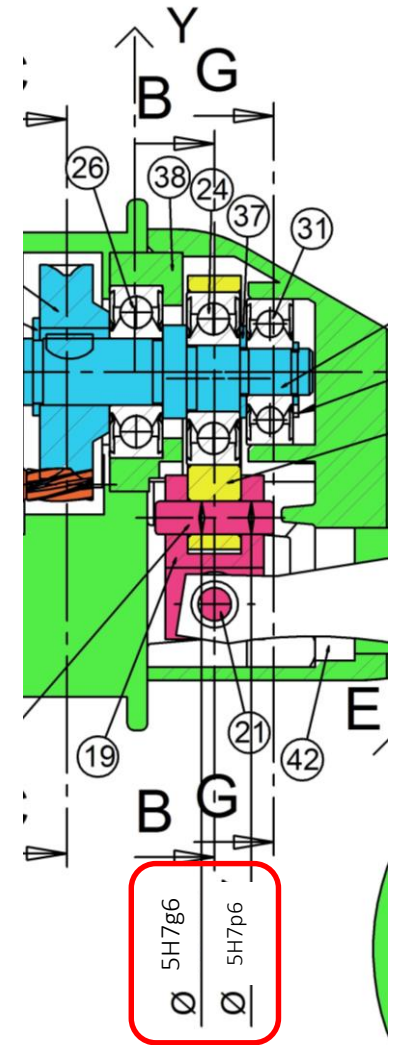
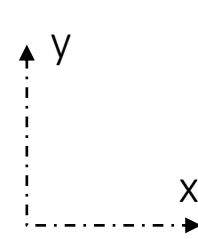
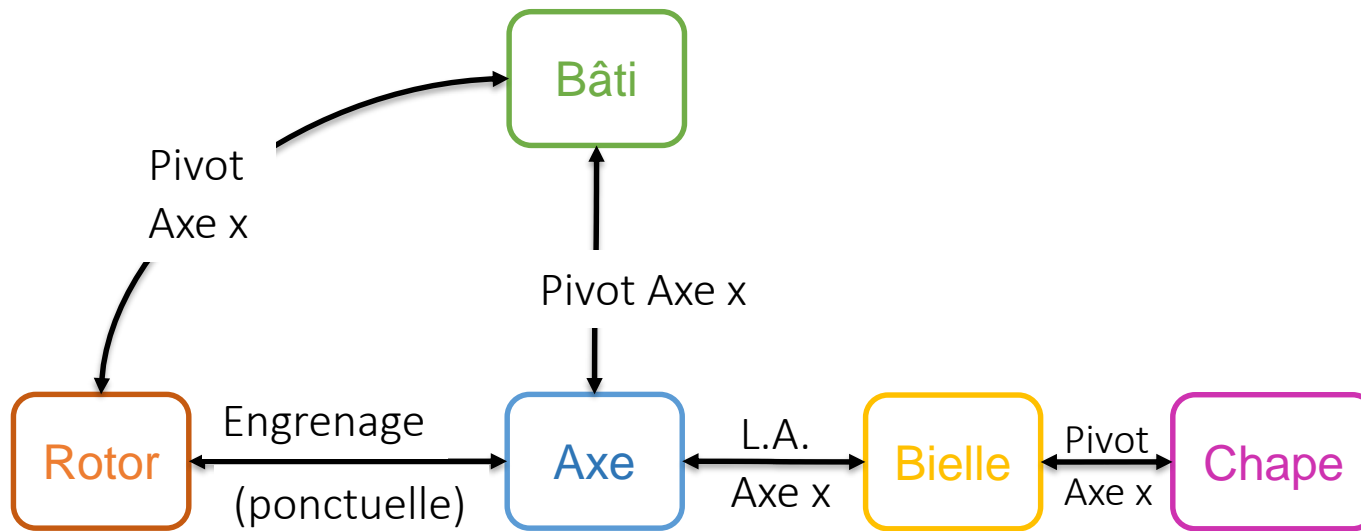
$$\begin{aligned} \Delta_2 &= D_{\min} - d_{\max} \\ &= (5 + 0) - (5 - 4\mu\text{m}) \\ &= +4\mu\text{m} \end{aligned}$$

⇒ jeux

1- Etude des axes 21

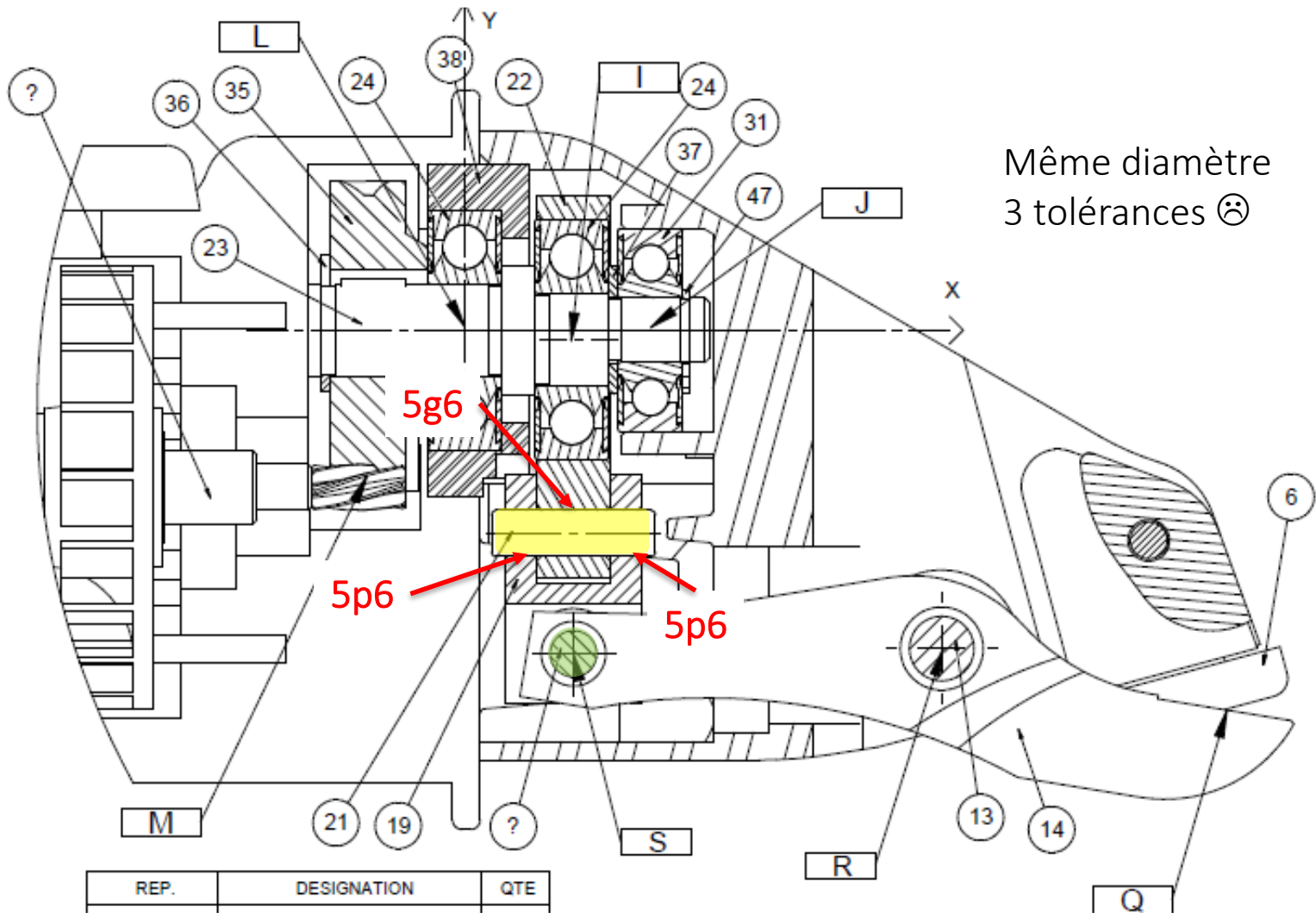


Graphe des liaisons



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 ?

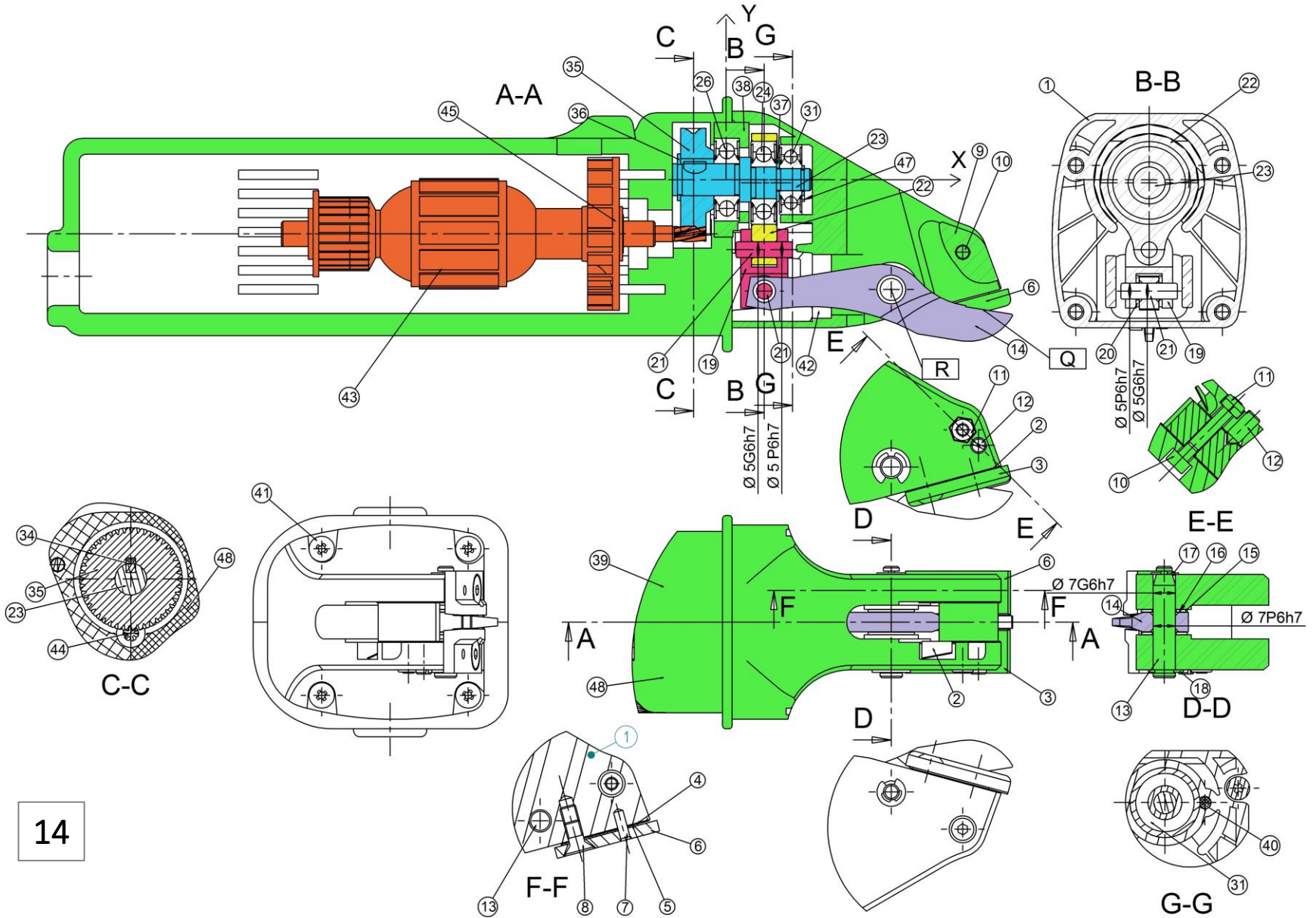
$$\begin{aligned} \Delta_1 &= D_{\max} - d_{\min} \\ &= (5 - 8\mu\text{m}) - (5 - 8\mu\text{m}) \\ &= 0 \end{aligned}$$

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

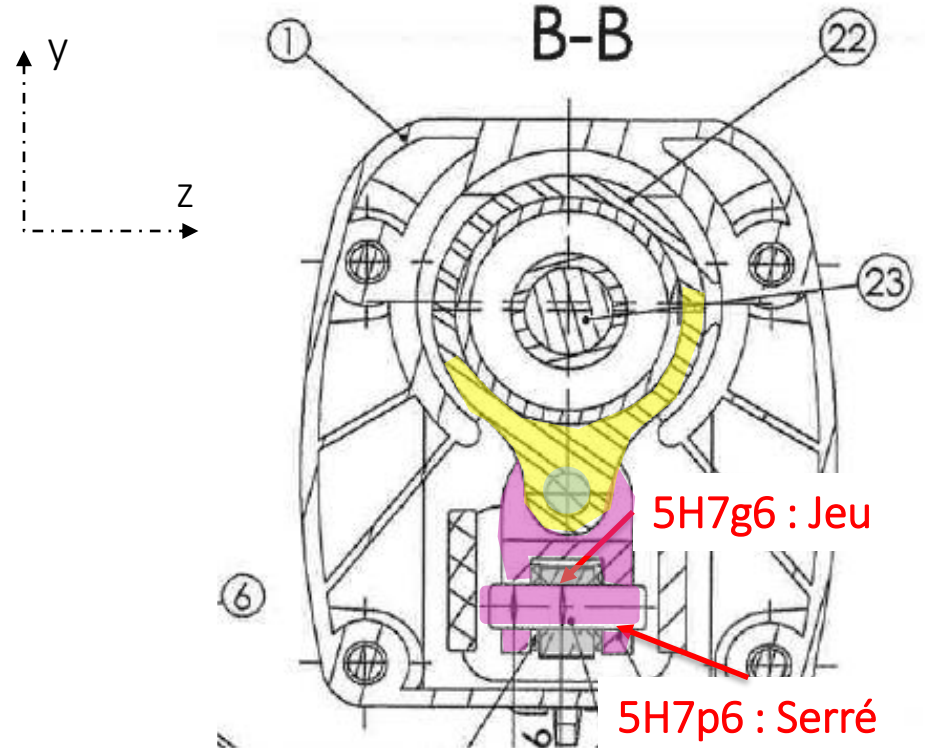
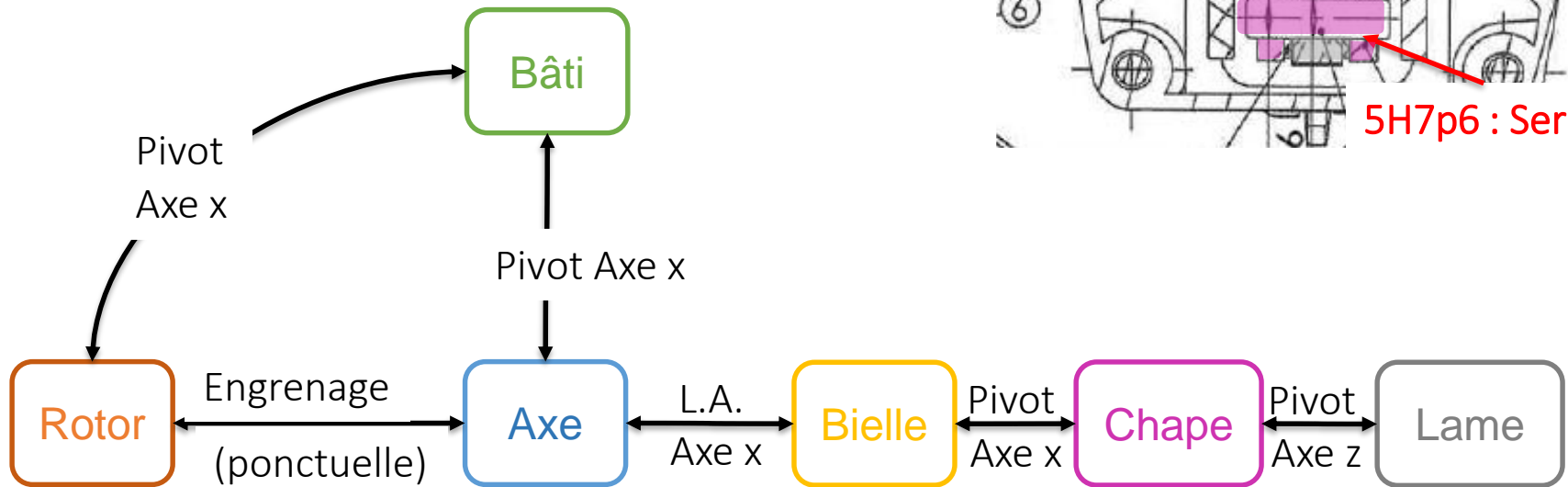


Serrage
Idem 5H7p6

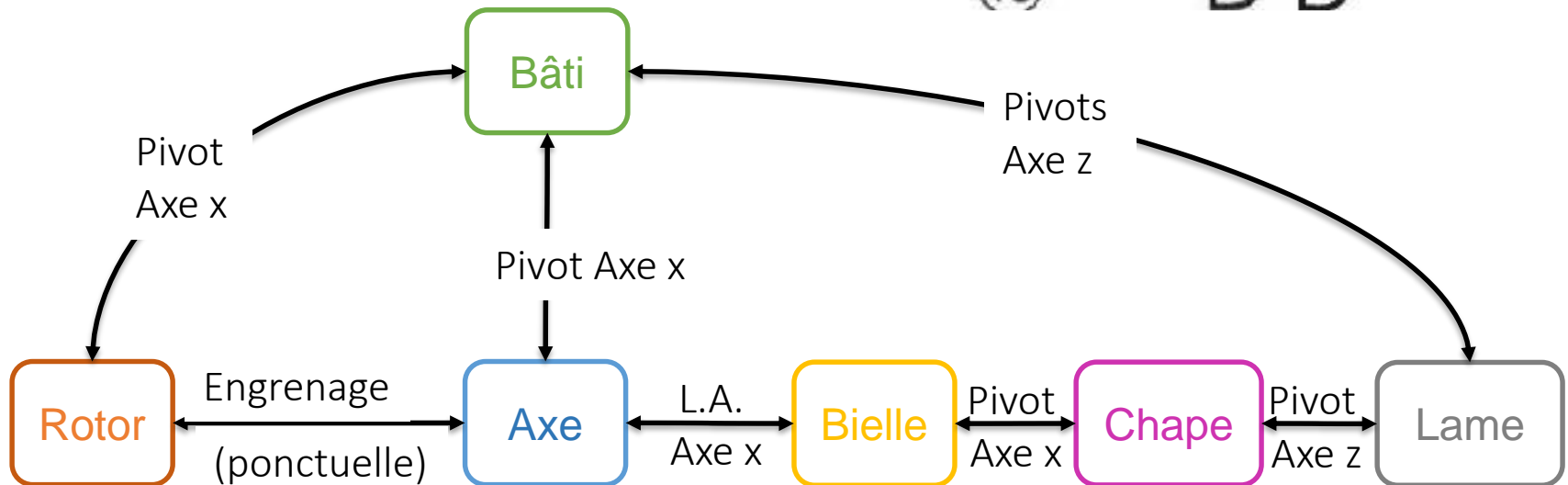
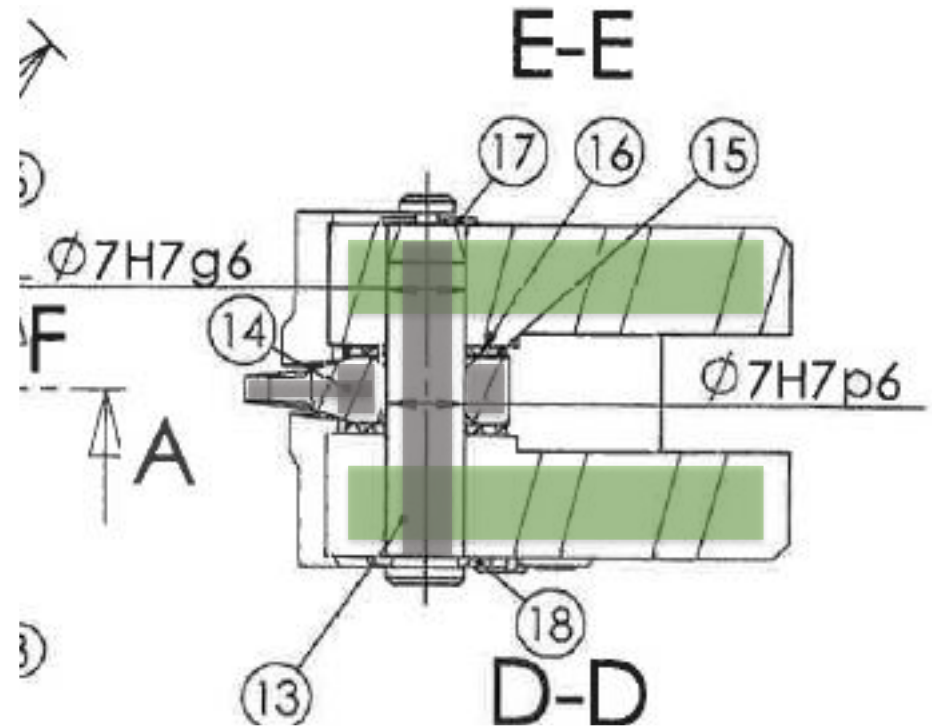
Classe Lame Mobile



Graphe des liaisons



Graphe des liaisons



Graphe des liaisons

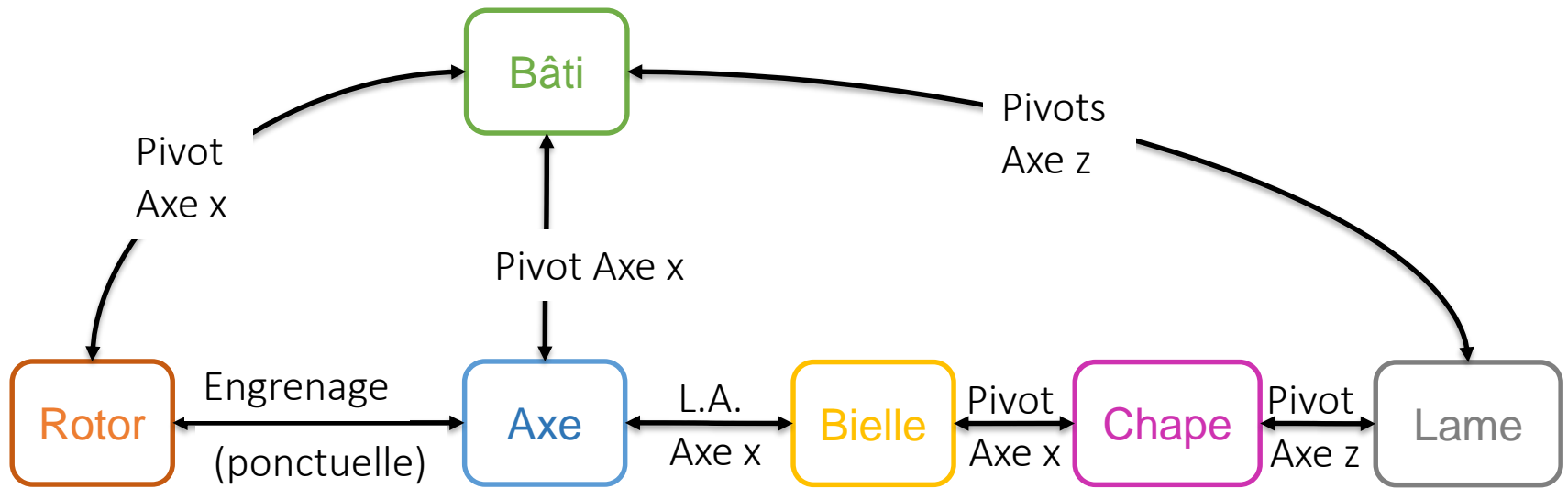


Schéma Cinématique

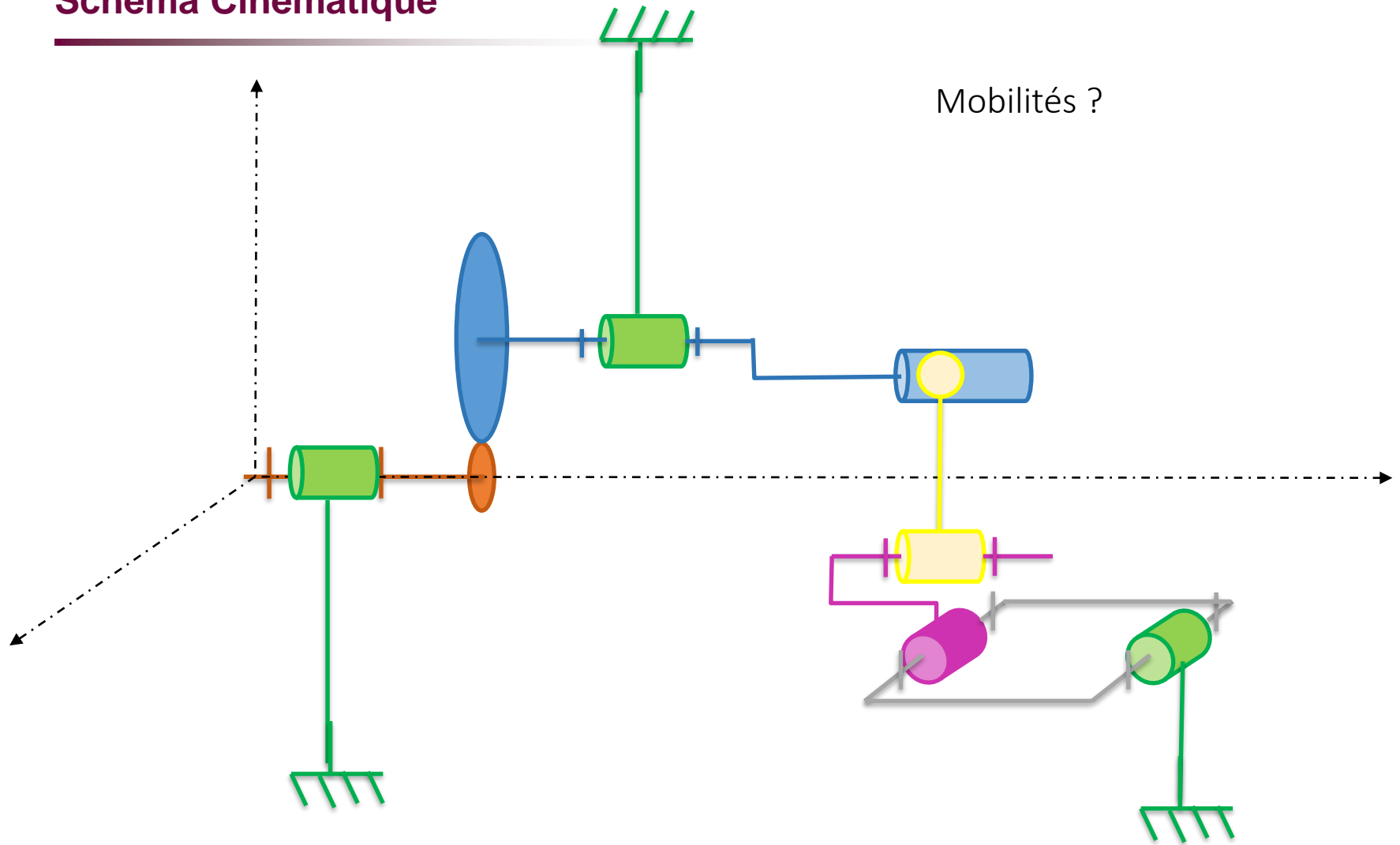


Schéma Cinématique

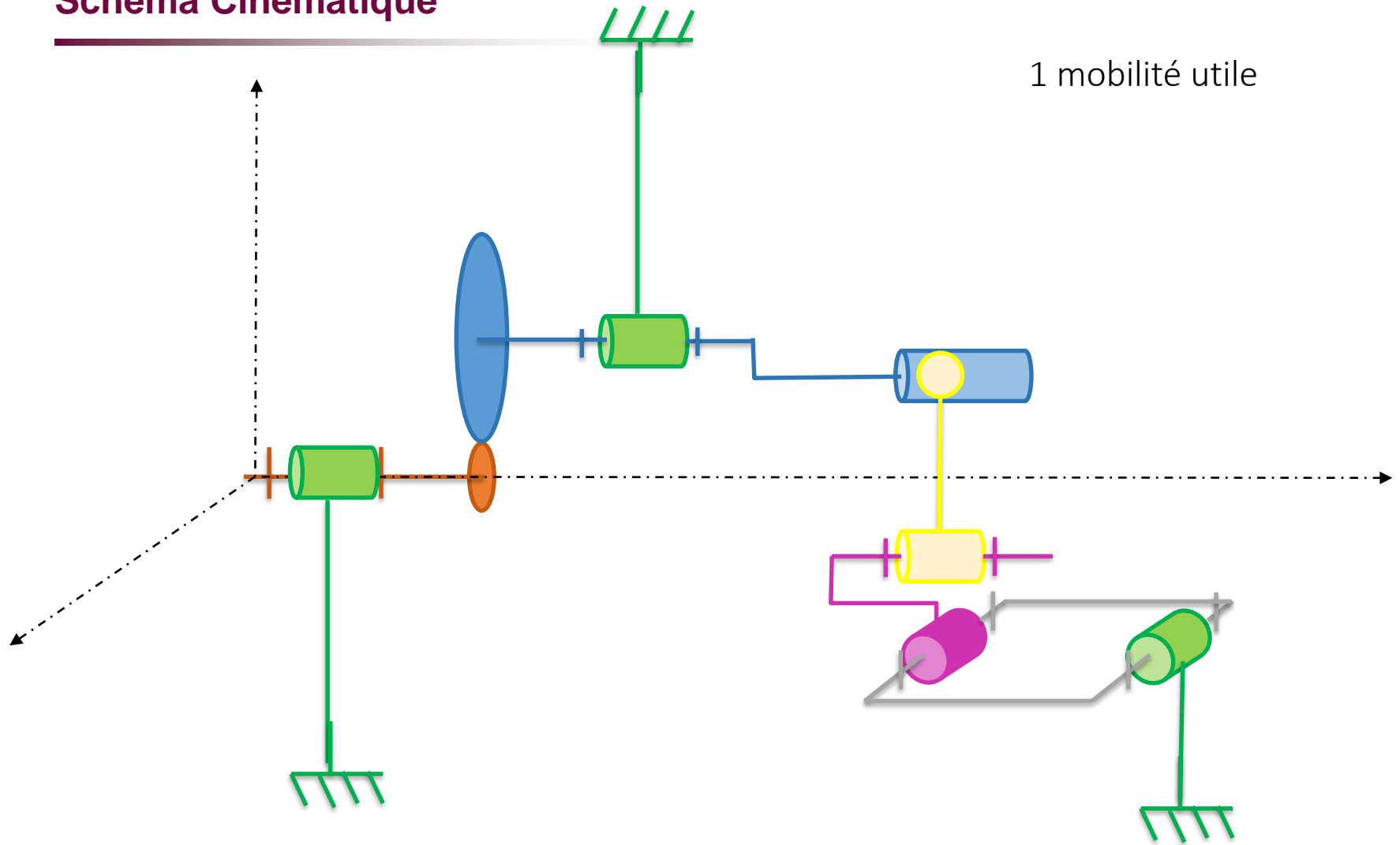


Schéma Cinématique

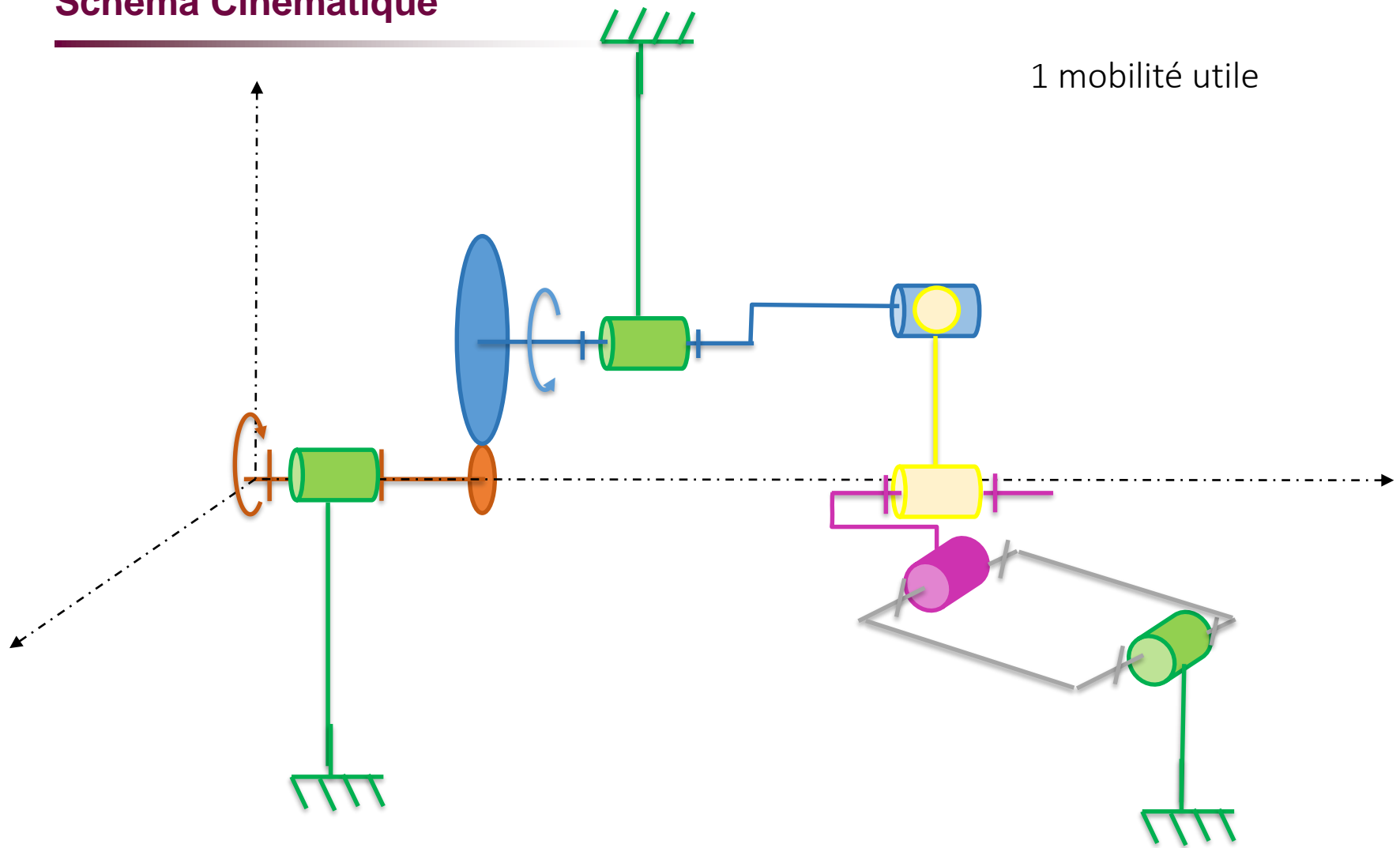


Schéma Cinématique

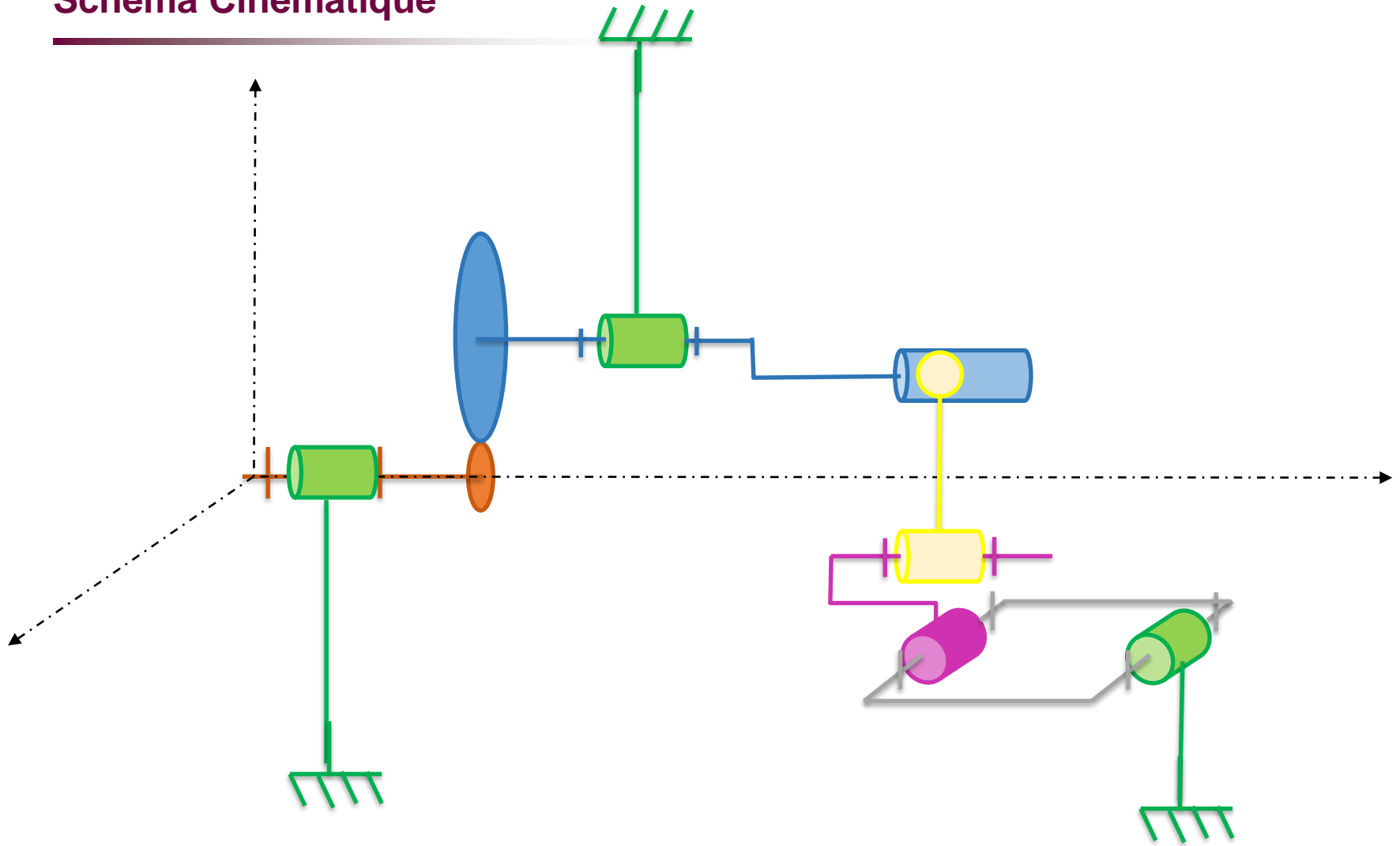


Schéma Cinématique

1 mobilité interne

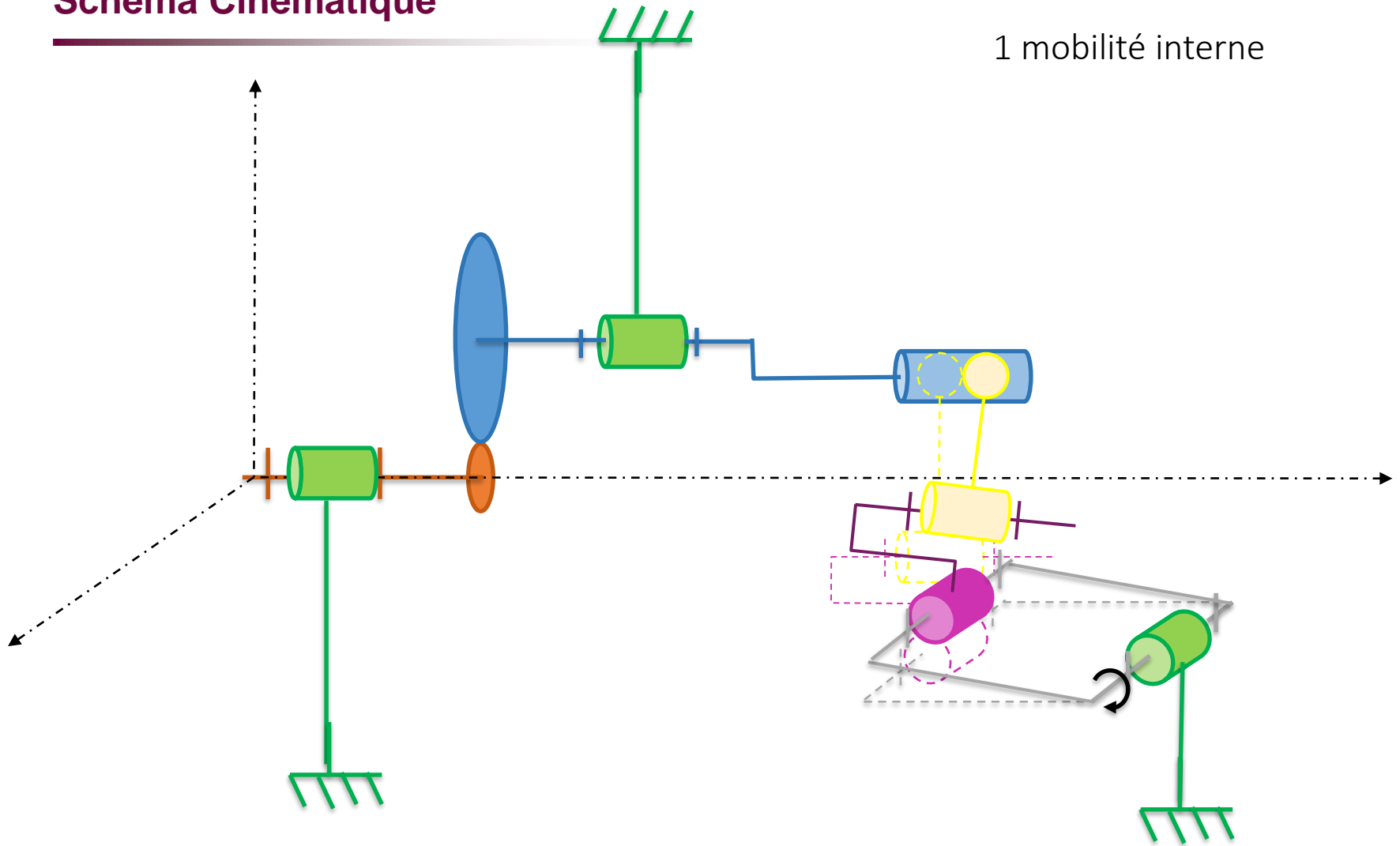
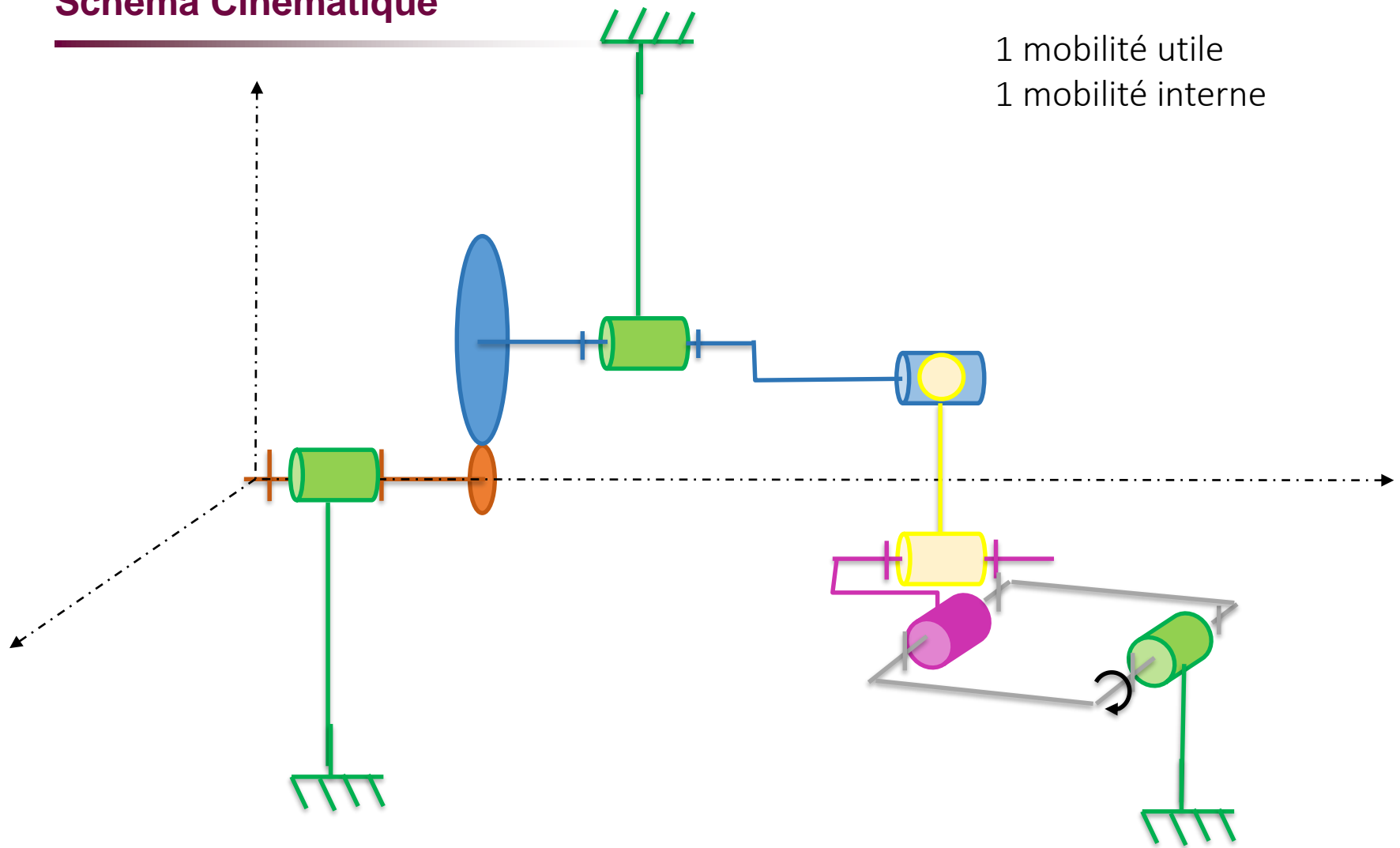


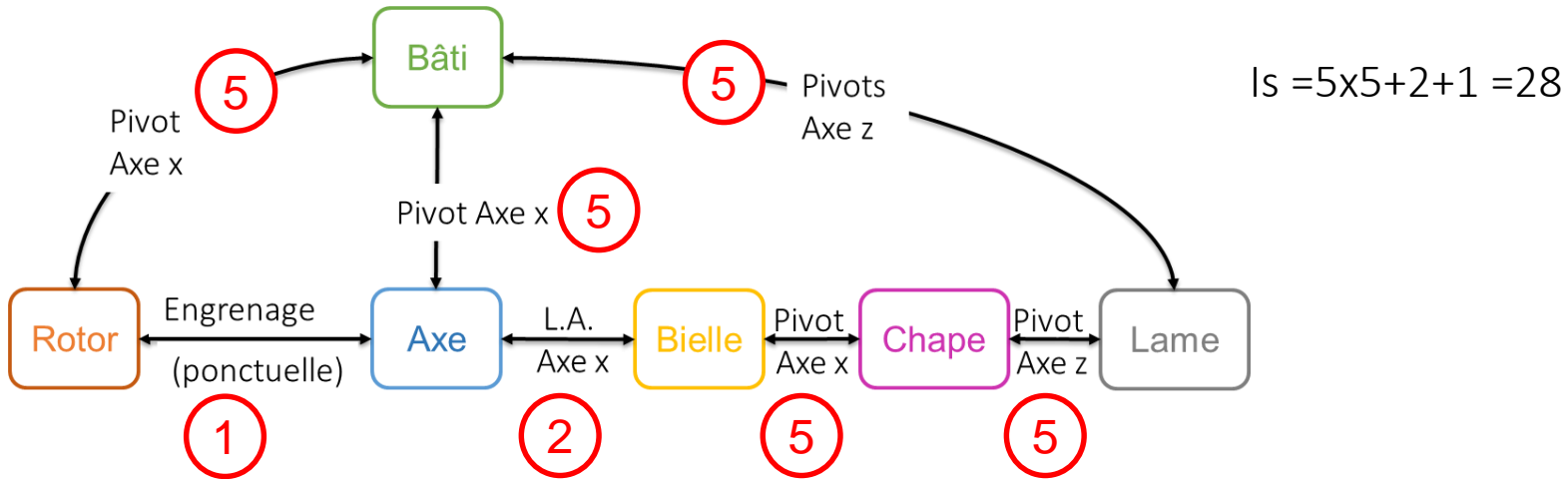
Schéma Cinématique



1 mobilité utile
1 mobilité interne

Hyperstatisme

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

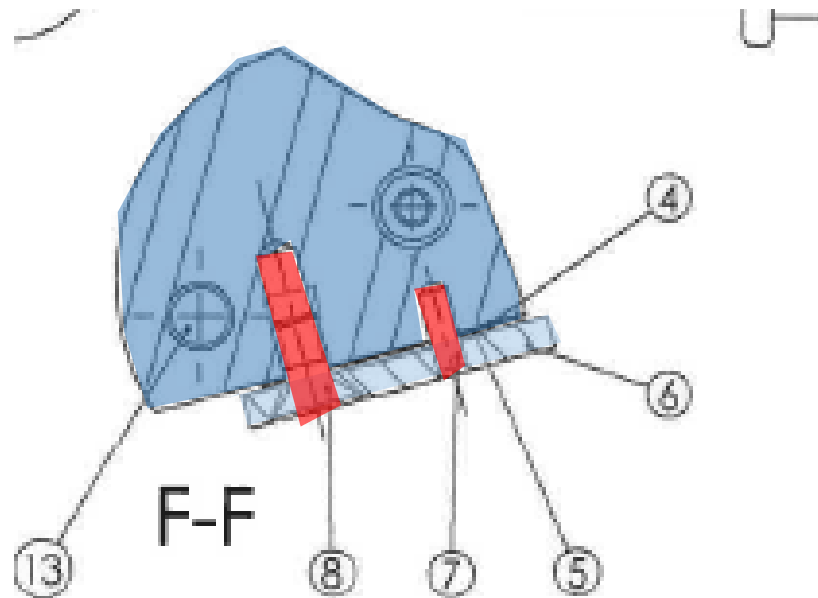


$$h = I_s - ((6-1) * 6 - 1 - 1) = 0$$



Technologie

2- Liaison lame fixe 6 et le carter 1

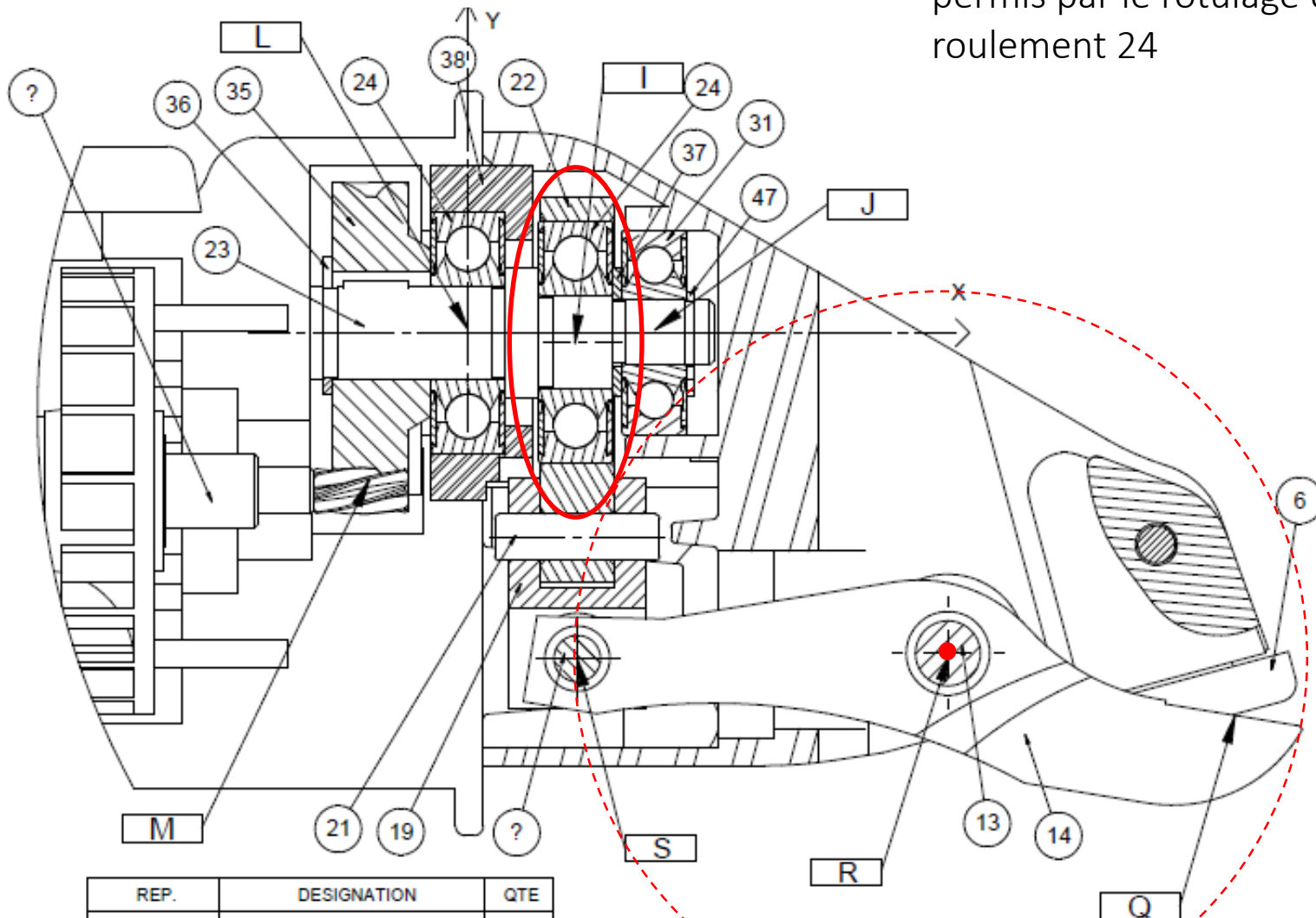


7 : Pion mise en position

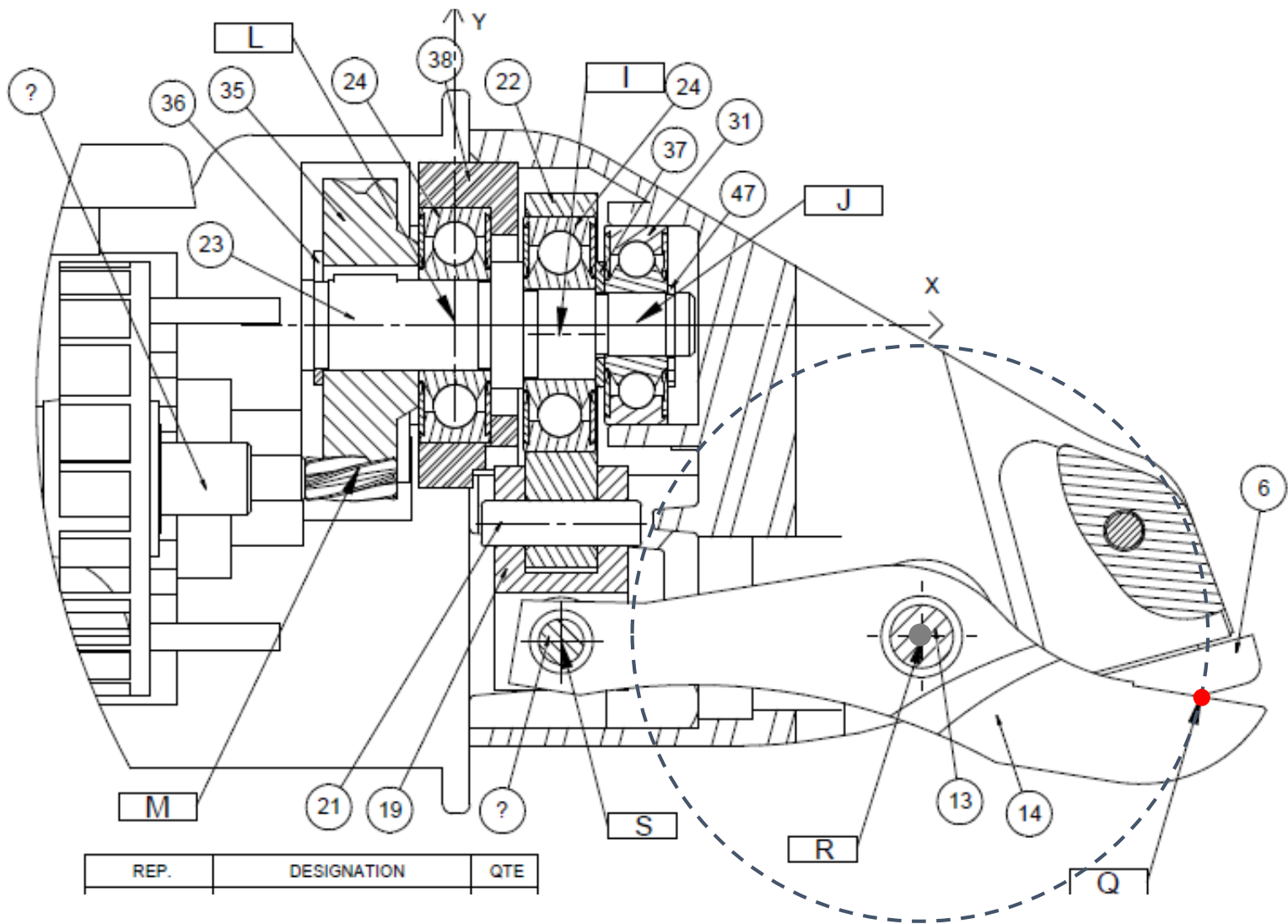
8 : Vis FHC maintien

4- Trajectoire du point S

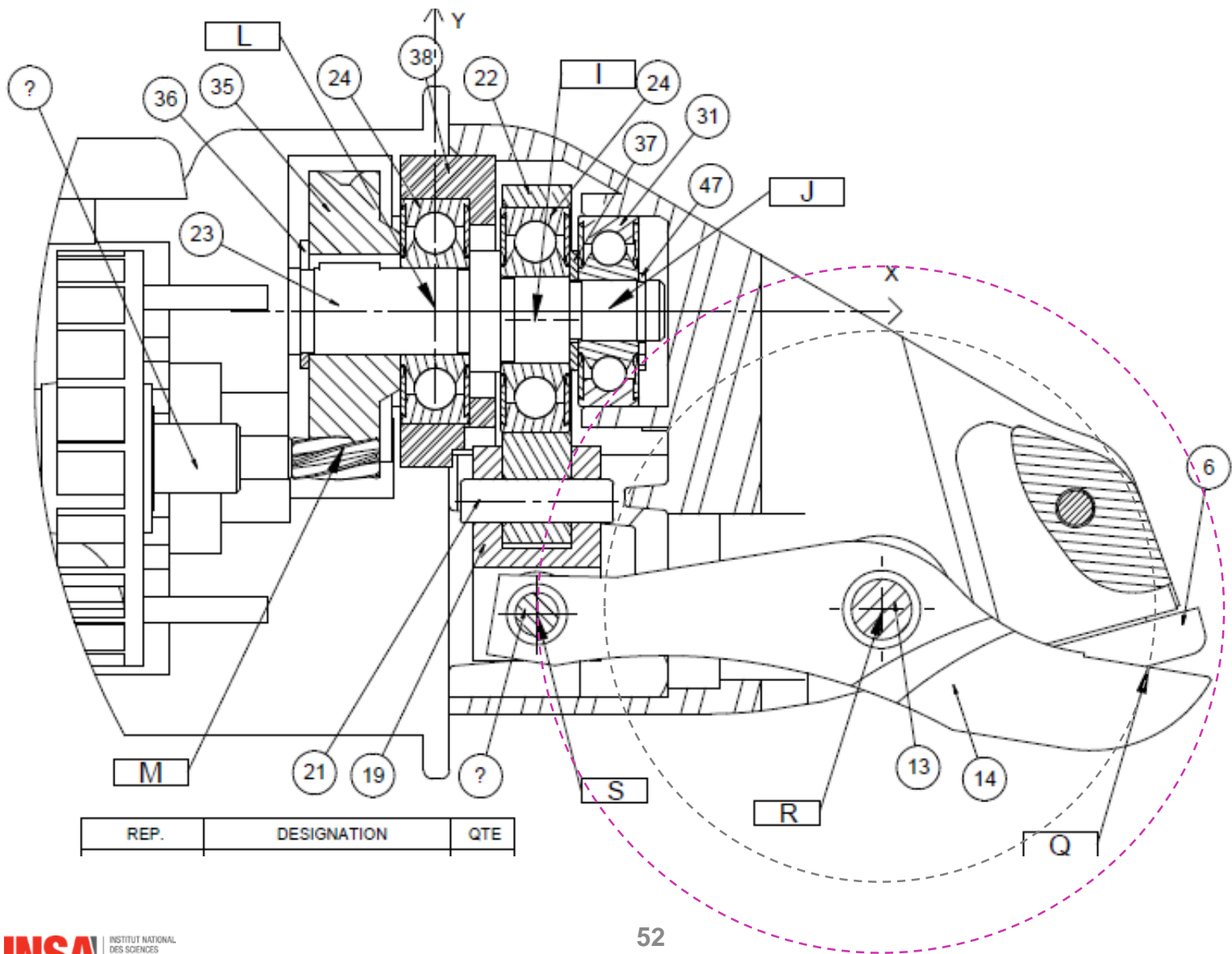
Le débattement suivant x est permis par le rotulage du roulement 24



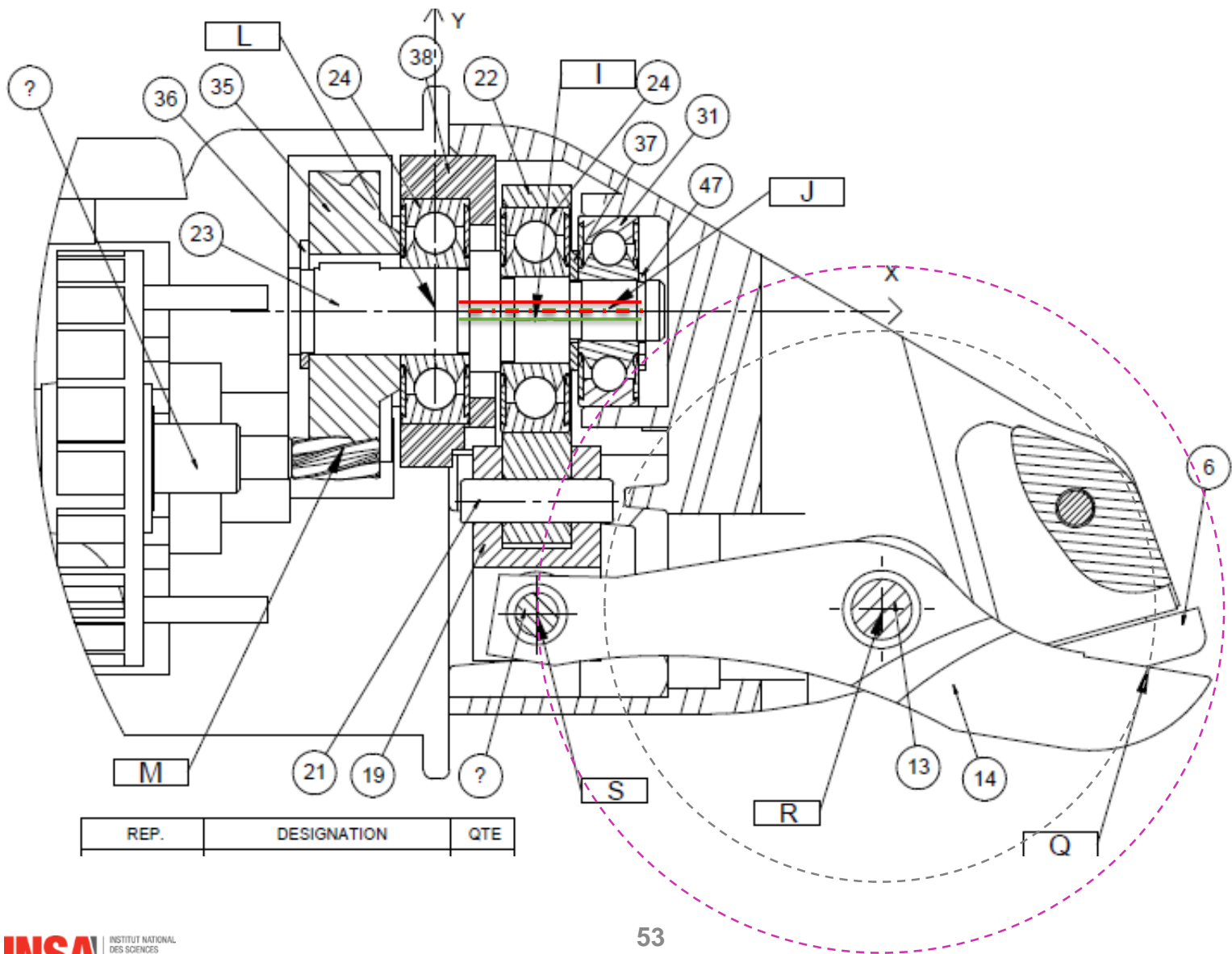
3 – Débattement du point Q



3 – Débattement du point Q

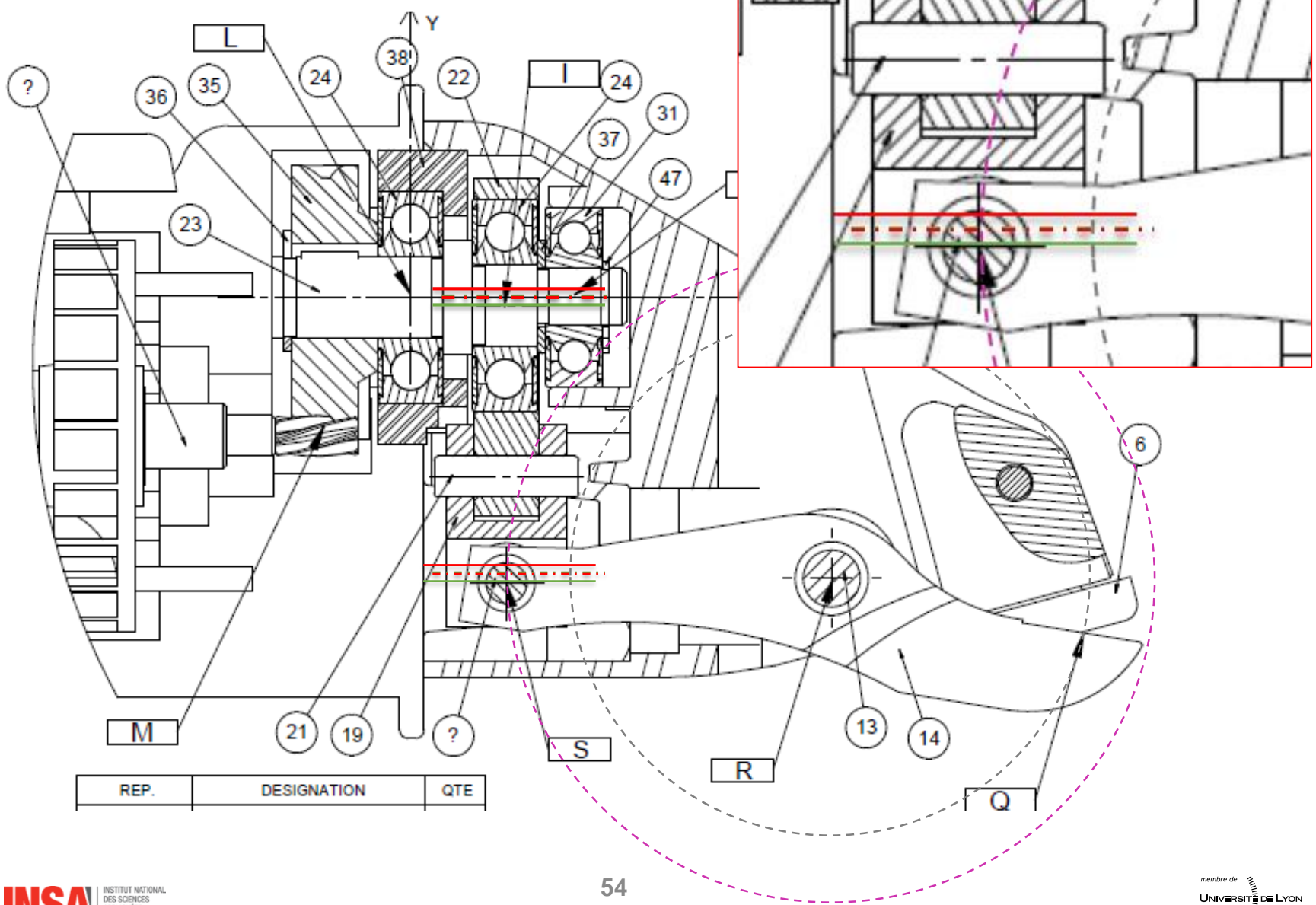


3 – Débattement du point Q

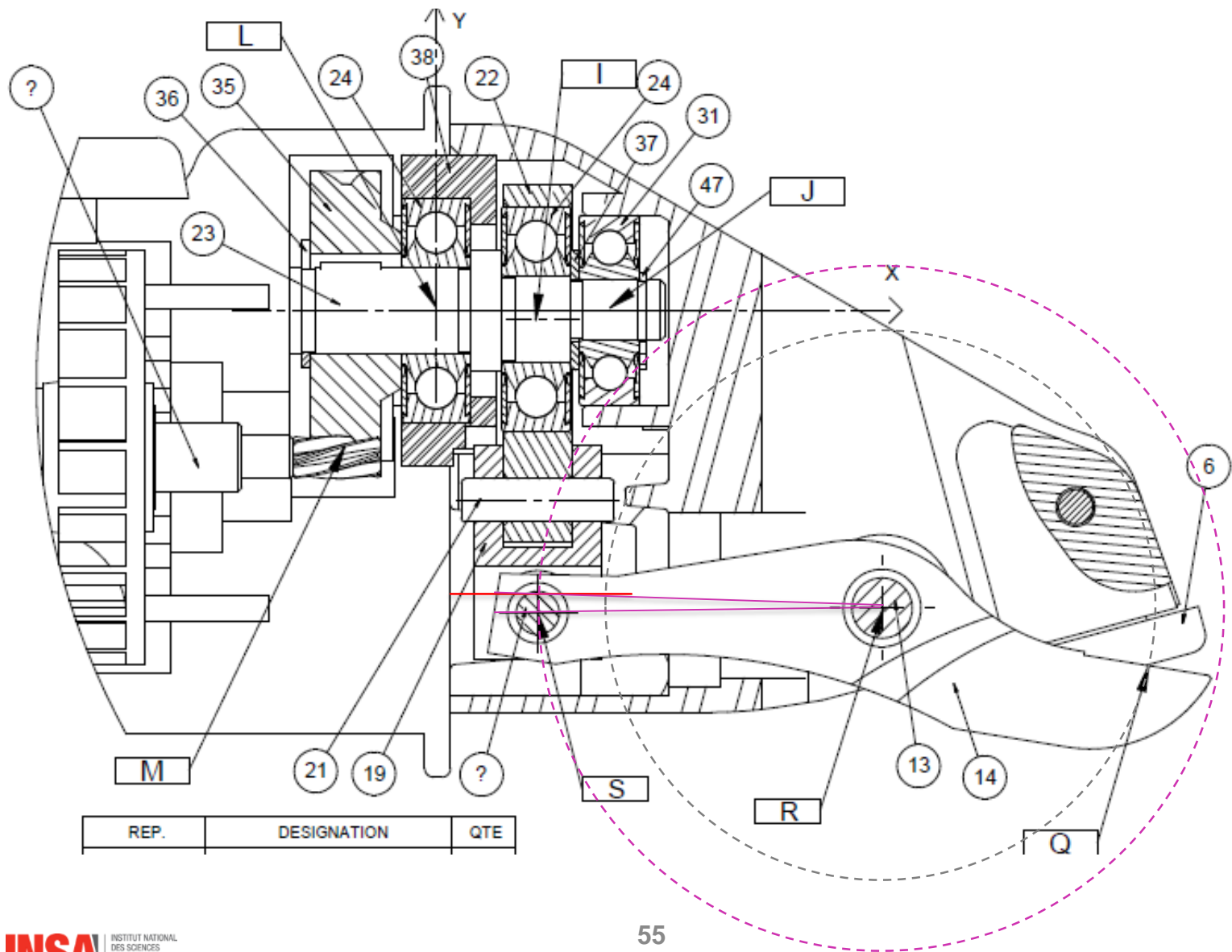


3 – Débattement du point Q

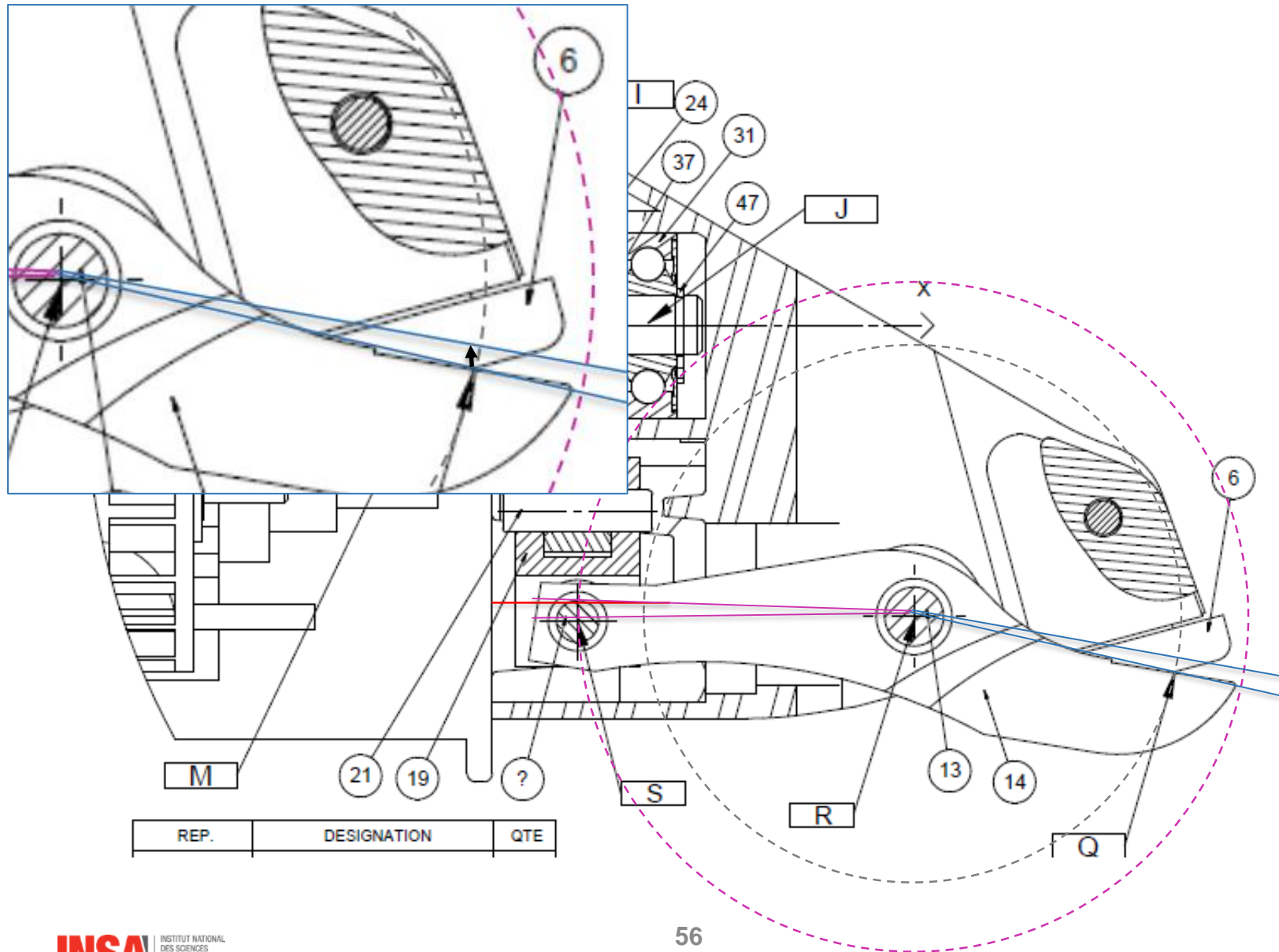
Rq : on vérifie « graphiquement » que l'angle de rotulage est tout petit



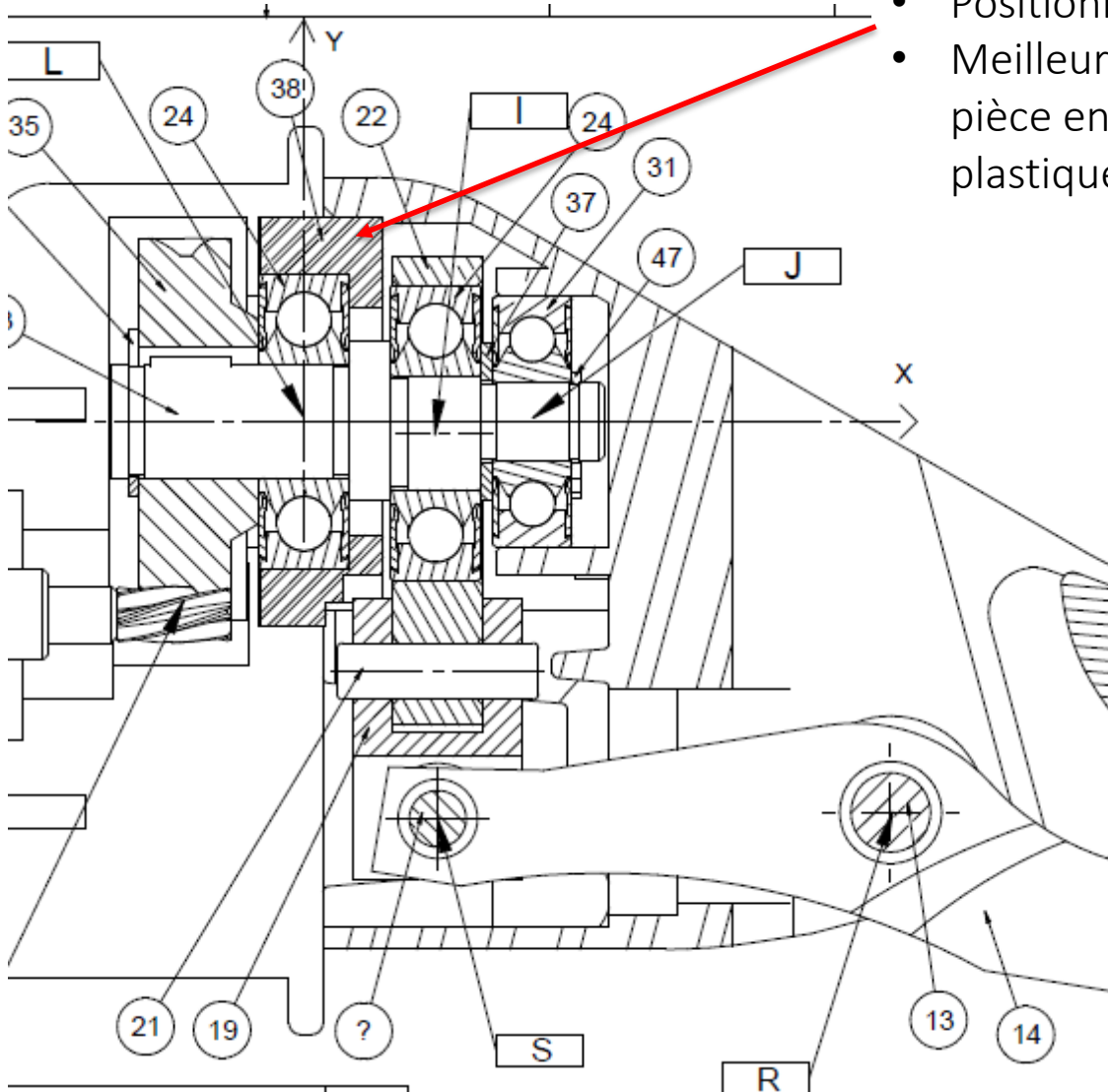
3 – Débattement du point Q



3 – Débattement du point Q



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

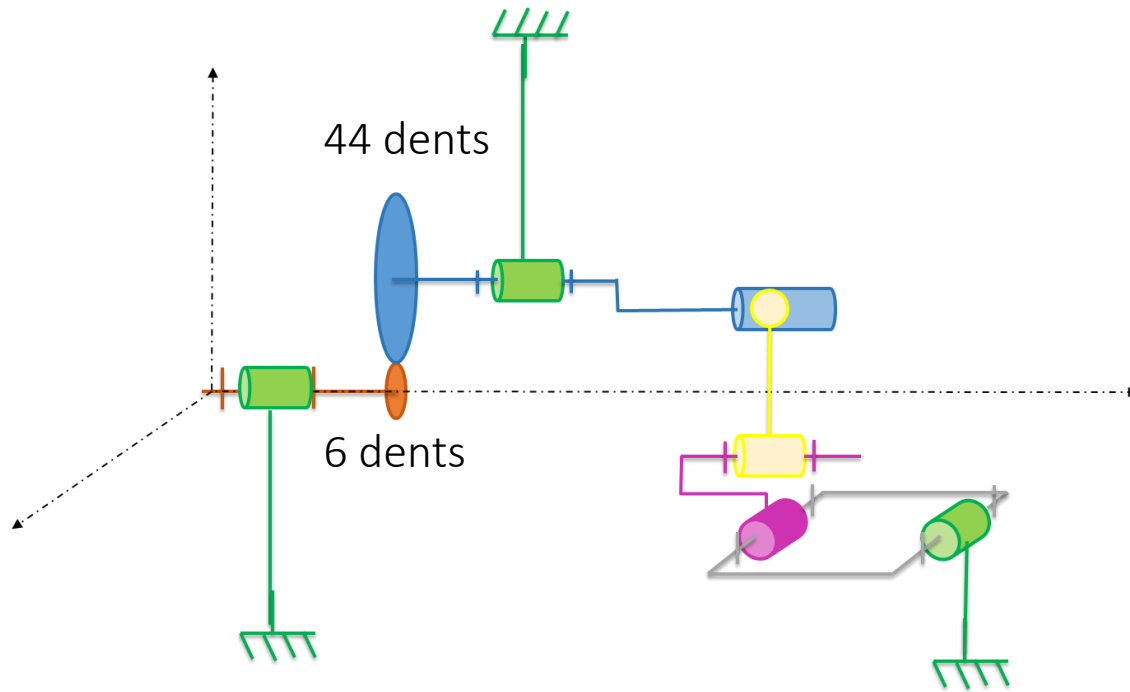


- Positionnement différentes parties du carter
- Meilleure portée du roulement (1 seule pièce en alu / plusieurs partie de carter en plastique)

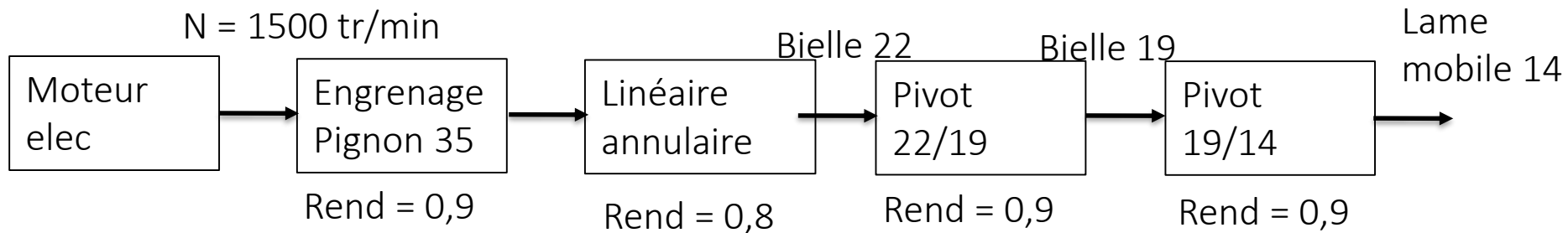


Calculs

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

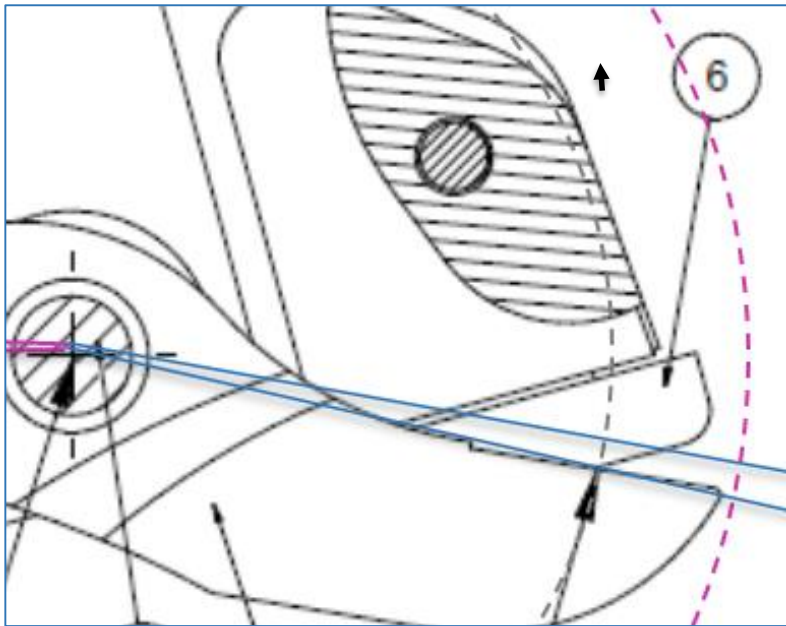
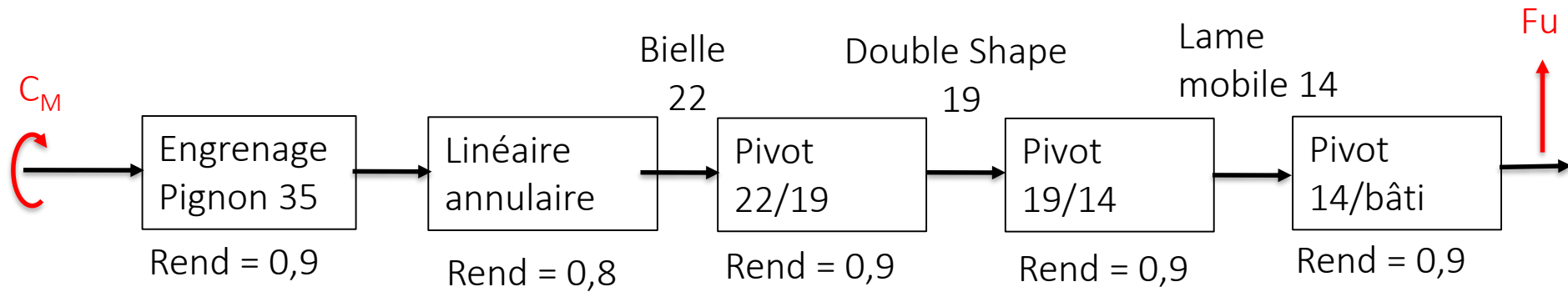


Axe $1500 * 6/44 = 204 \text{ tr/mn}$



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...

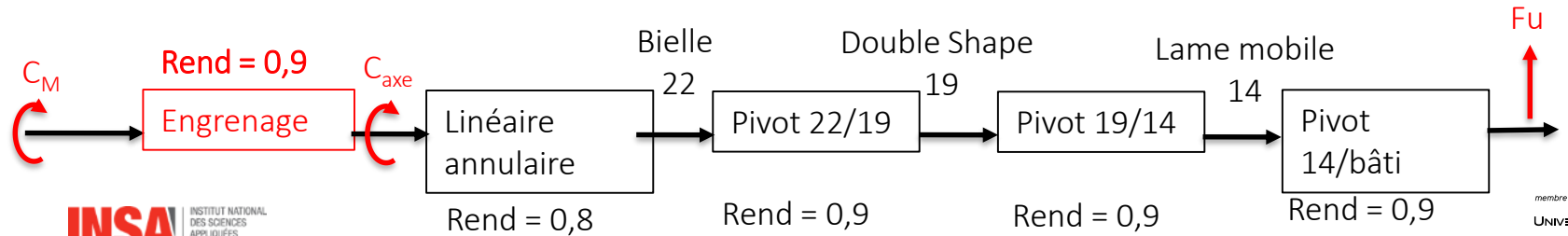
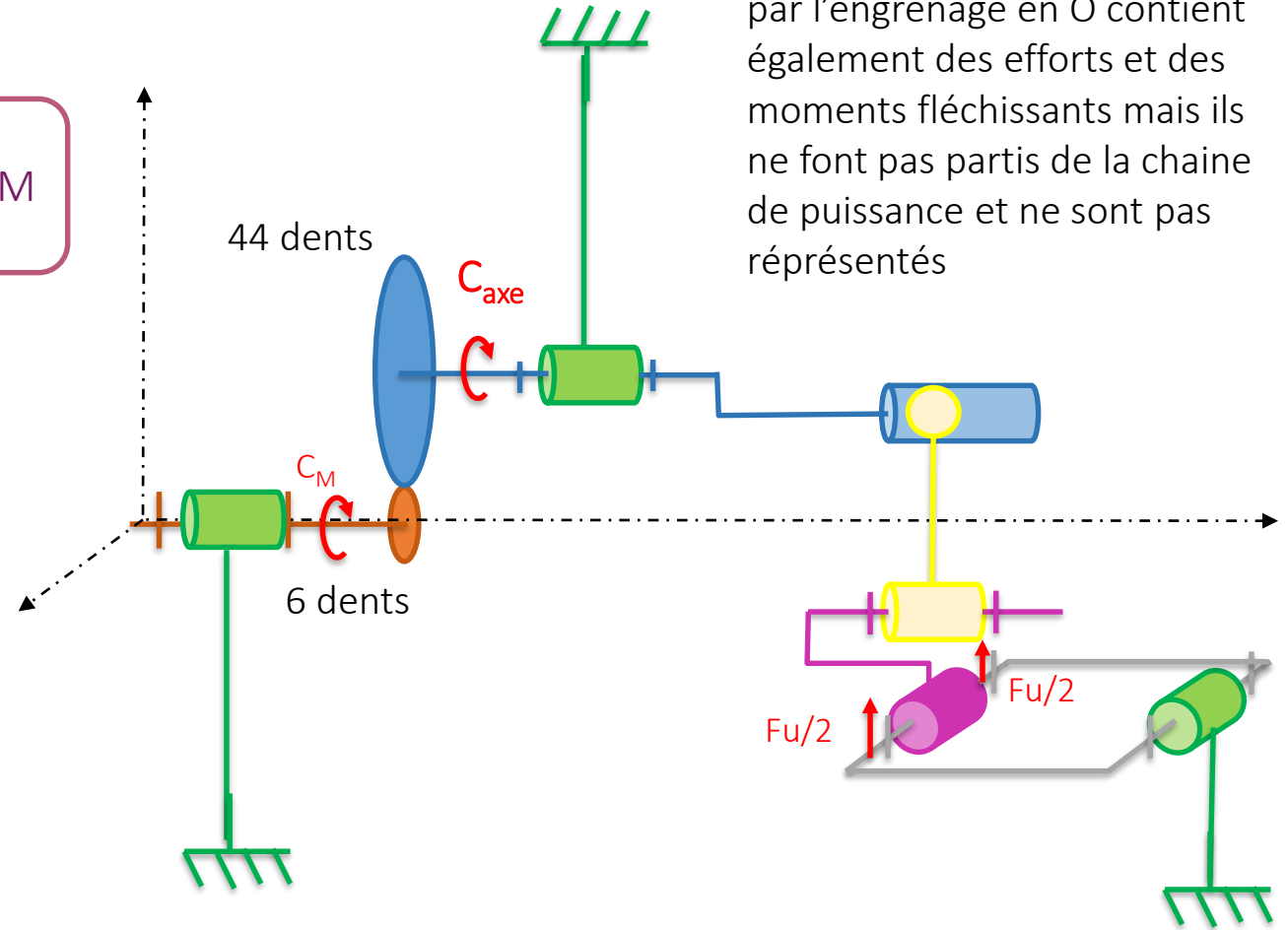
Nous ferons donc des hypothèses ...

Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

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 ?

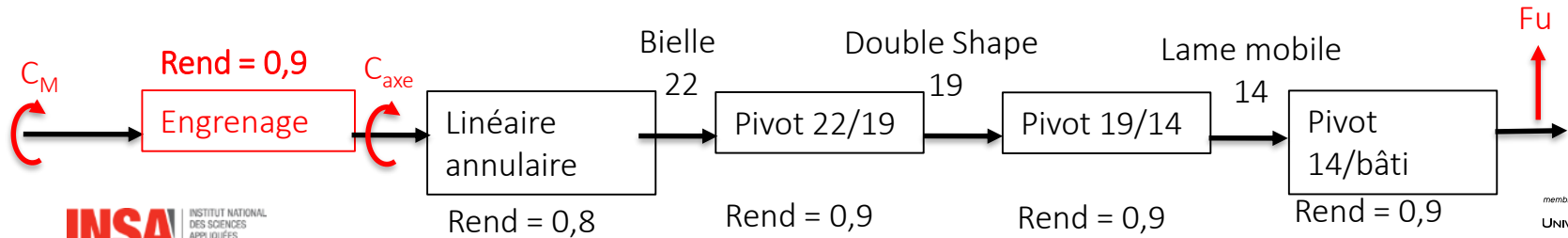
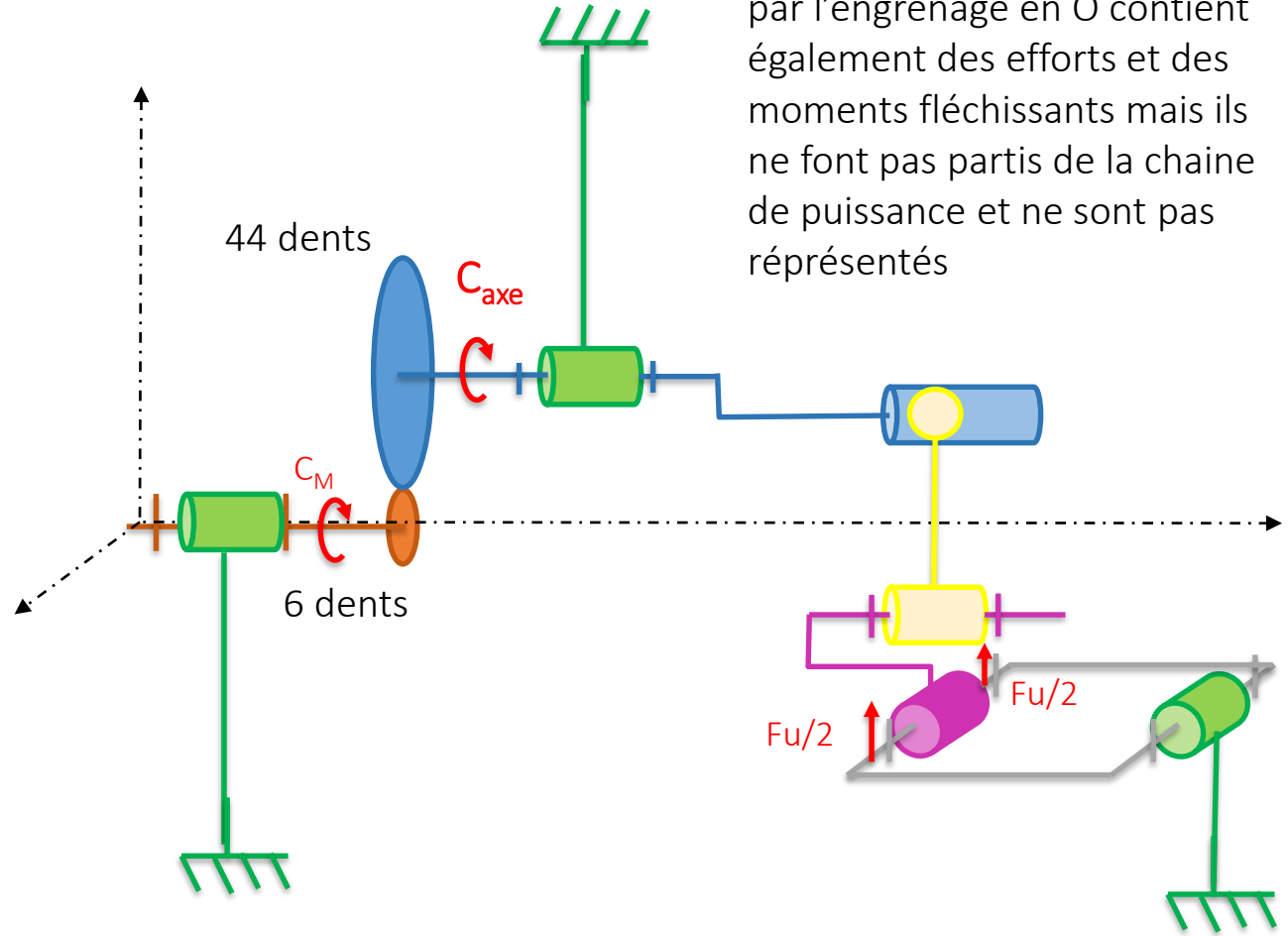
Remarque :

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

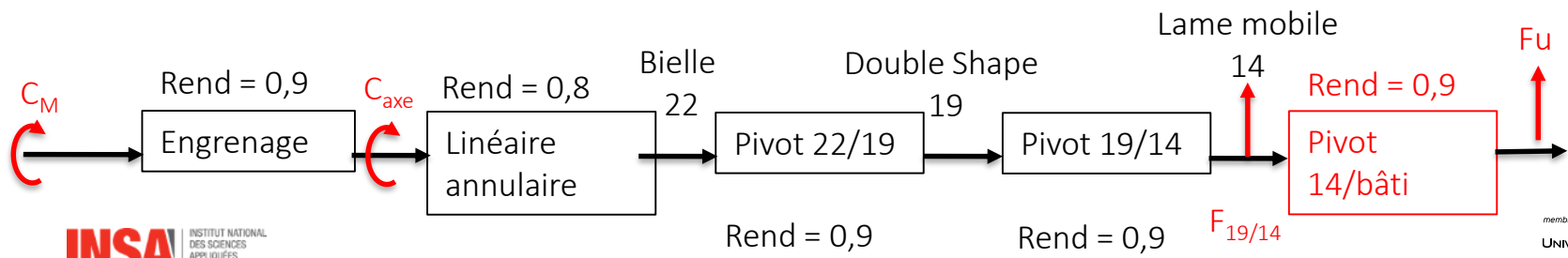
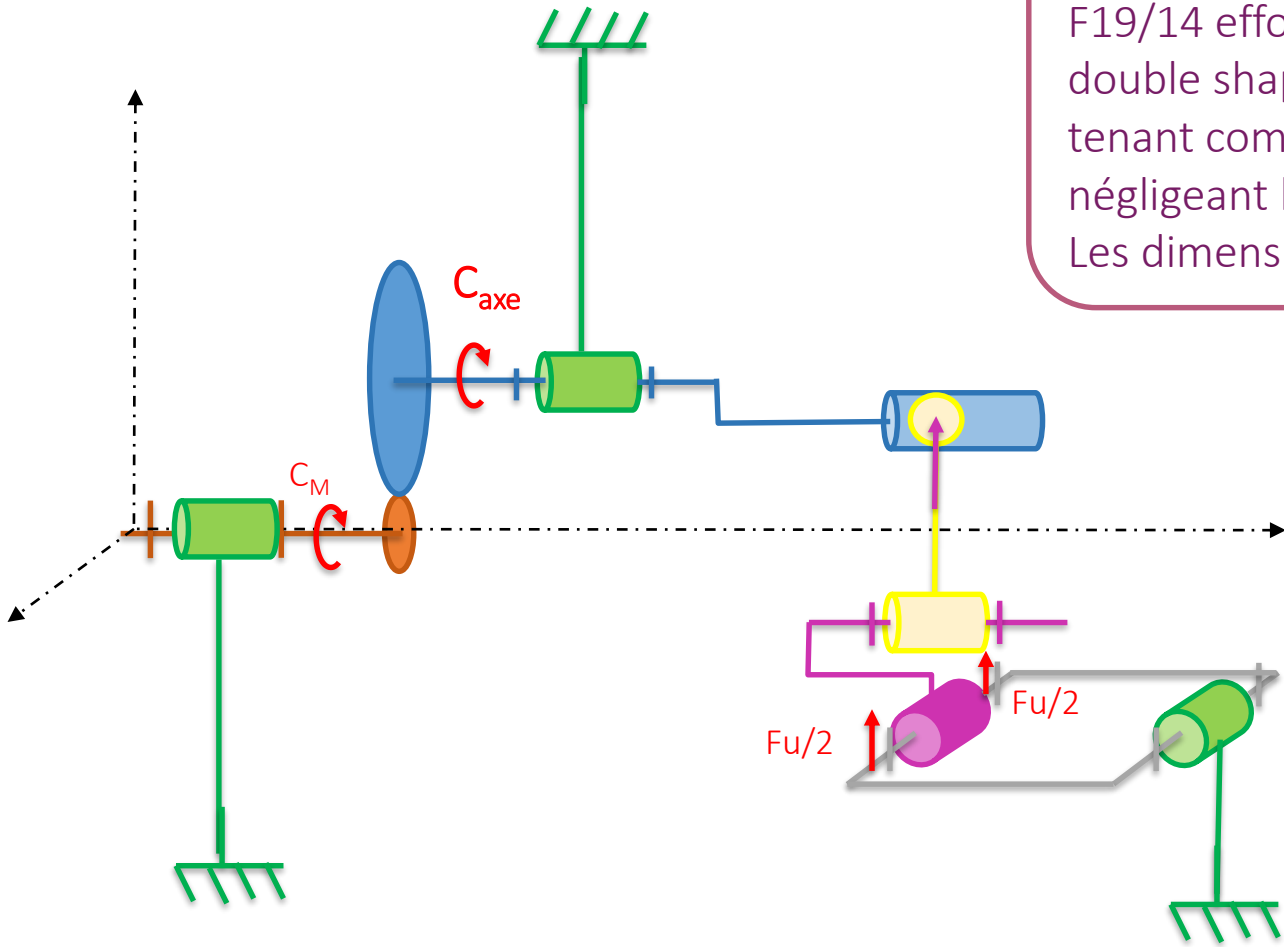
$$C_{axe} = 0,9 \cdot \frac{44}{6} \cdot C_M$$

Rapport d'engrènement

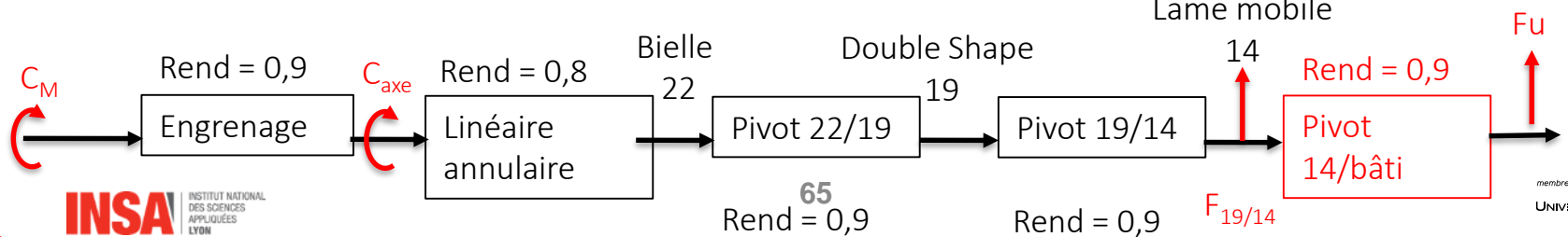
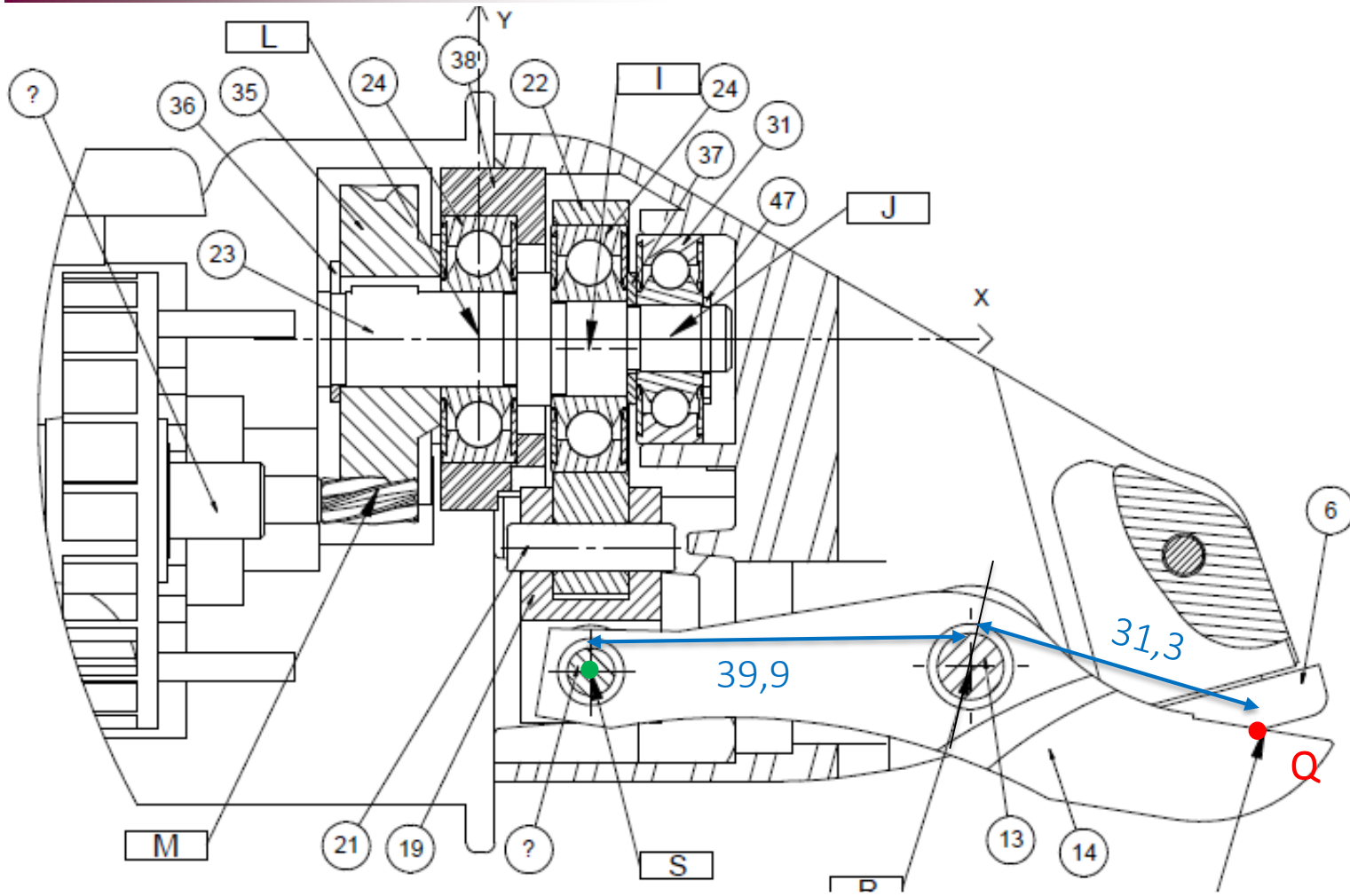


Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

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

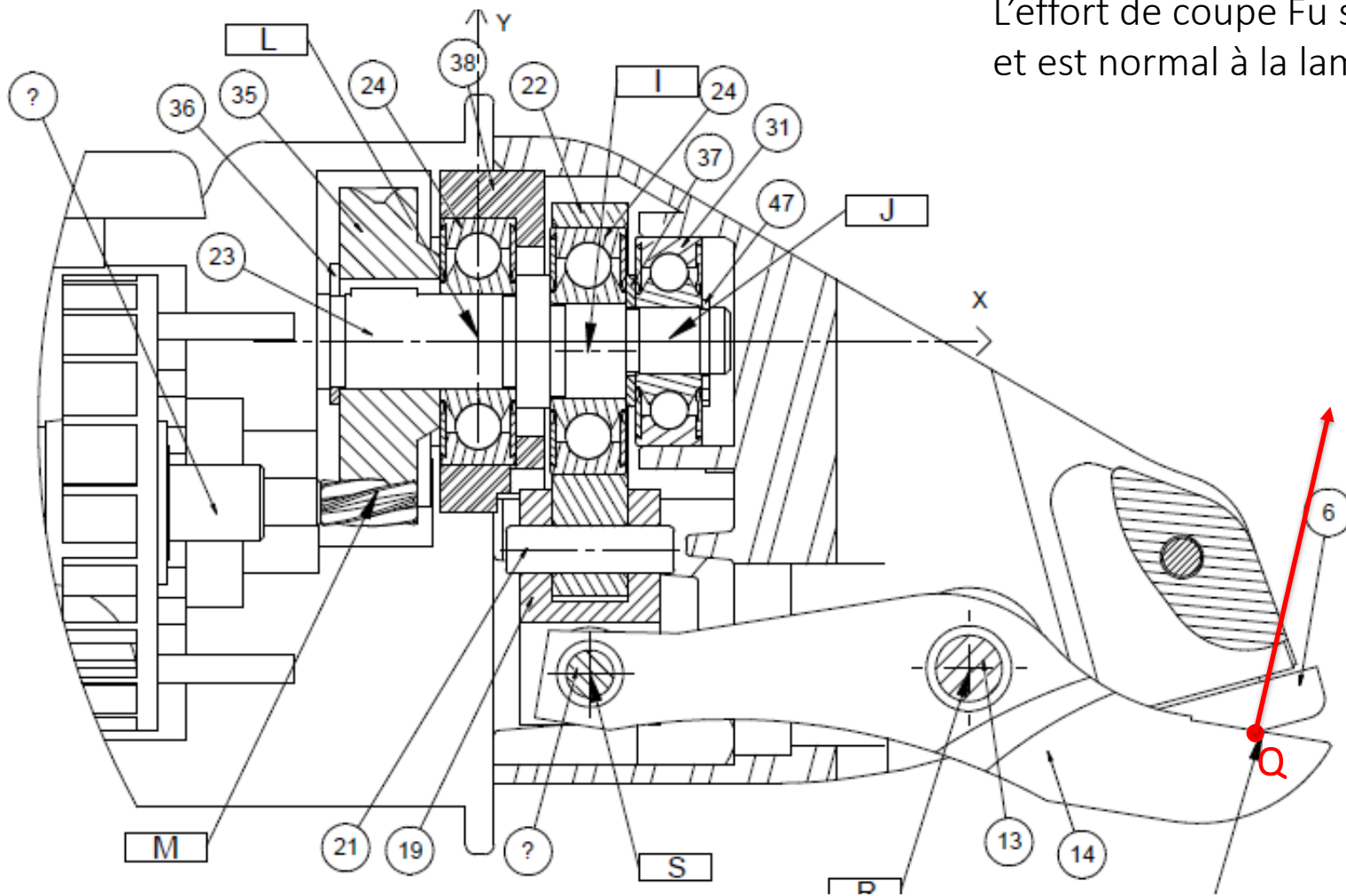


Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

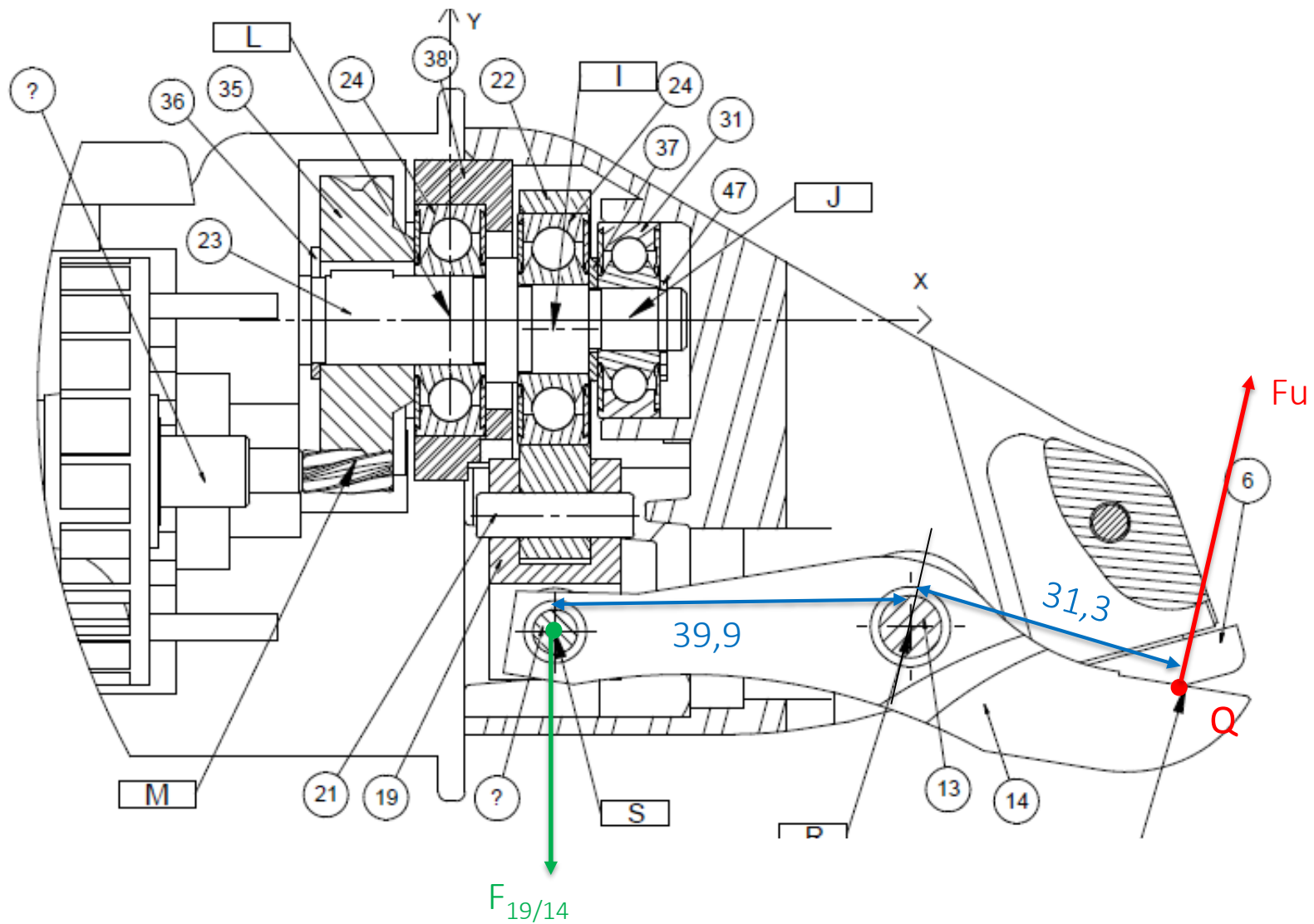


Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

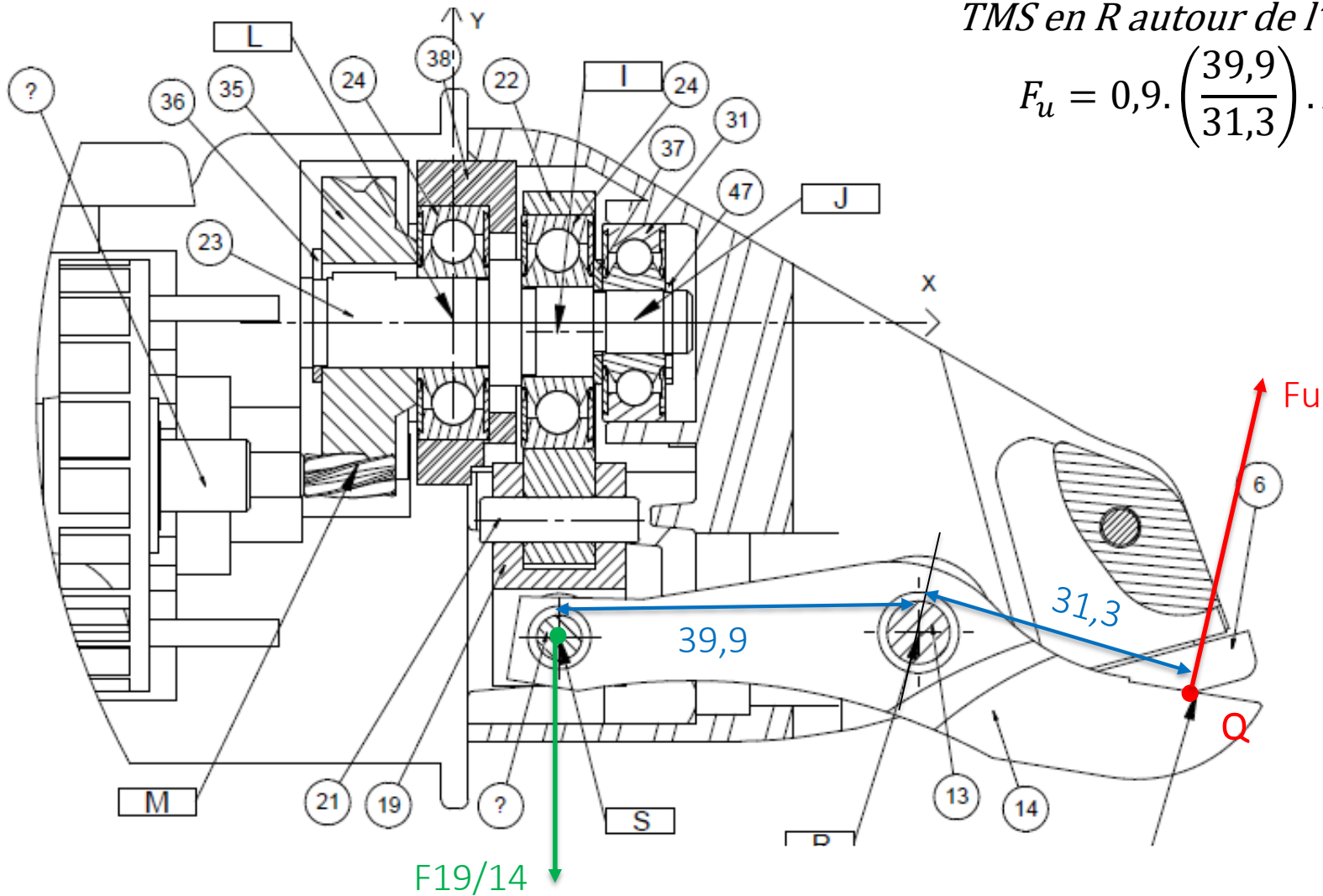
L'effort de coupe F_u s'exerce en Q et est normal à la lame.



Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?



Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?



TMS en R autour de l'axe z

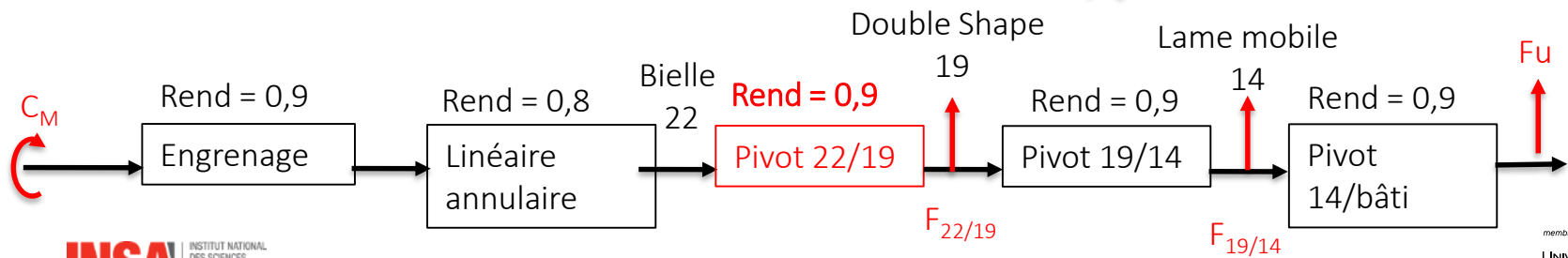
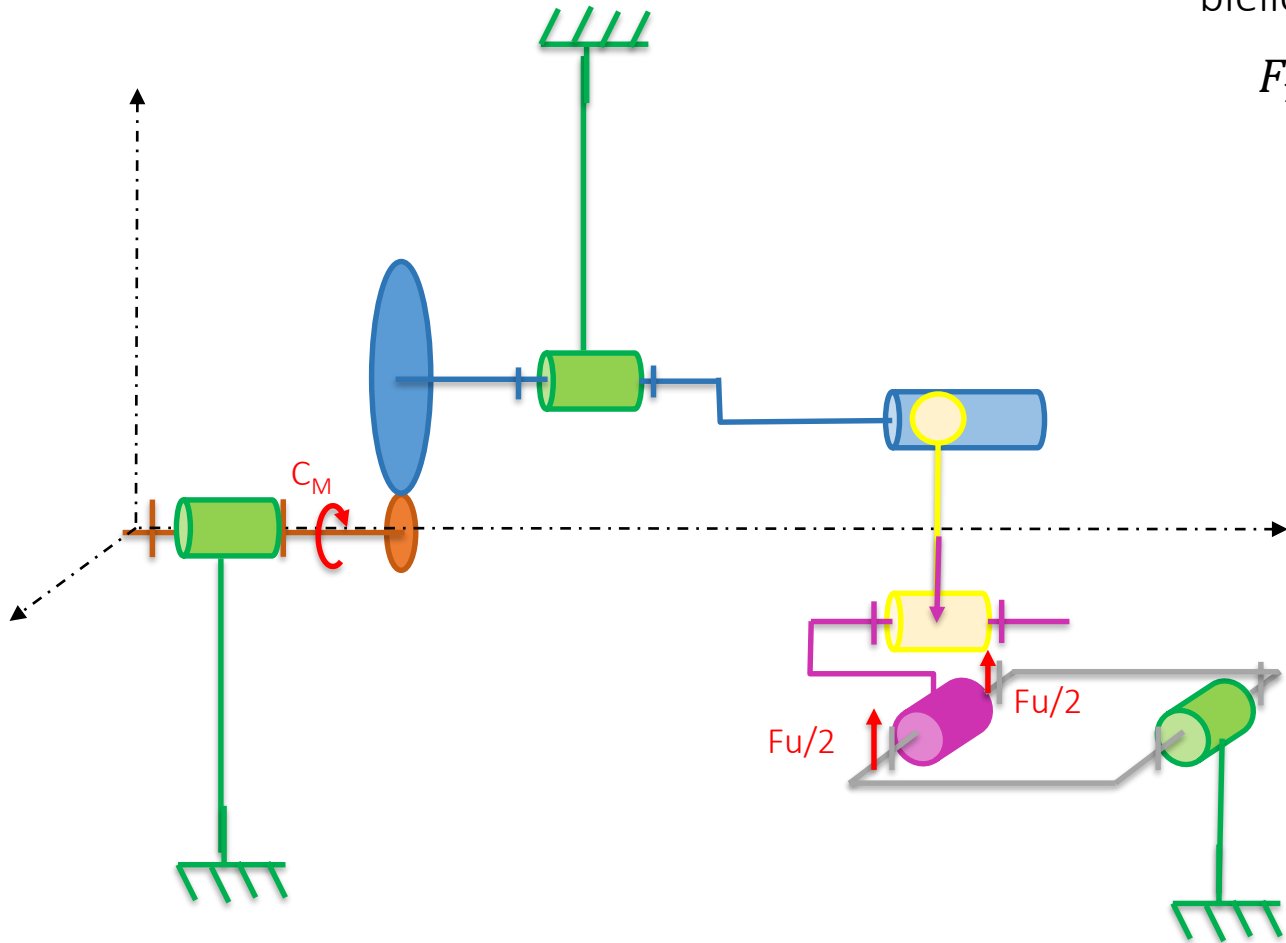
$$F_u = 0,9 \cdot \left(\frac{39,9}{31,3} \right) \cdot F_{19/14}$$

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 :

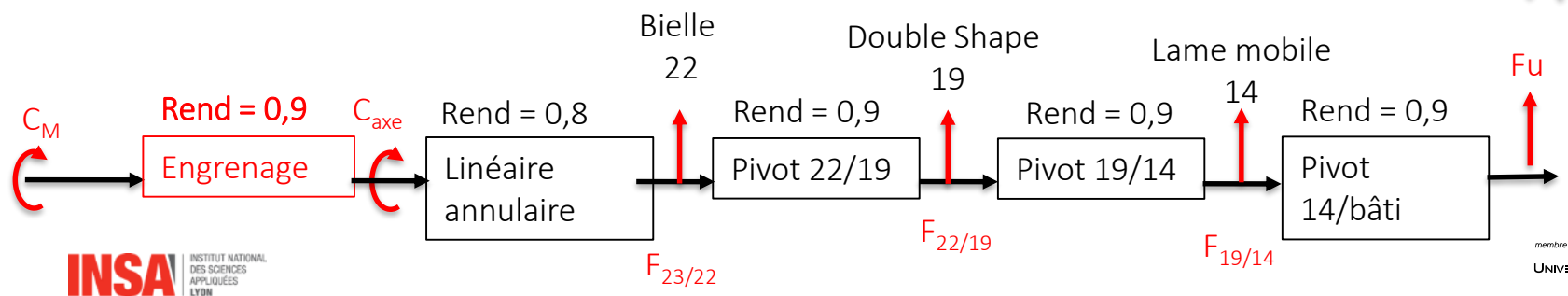
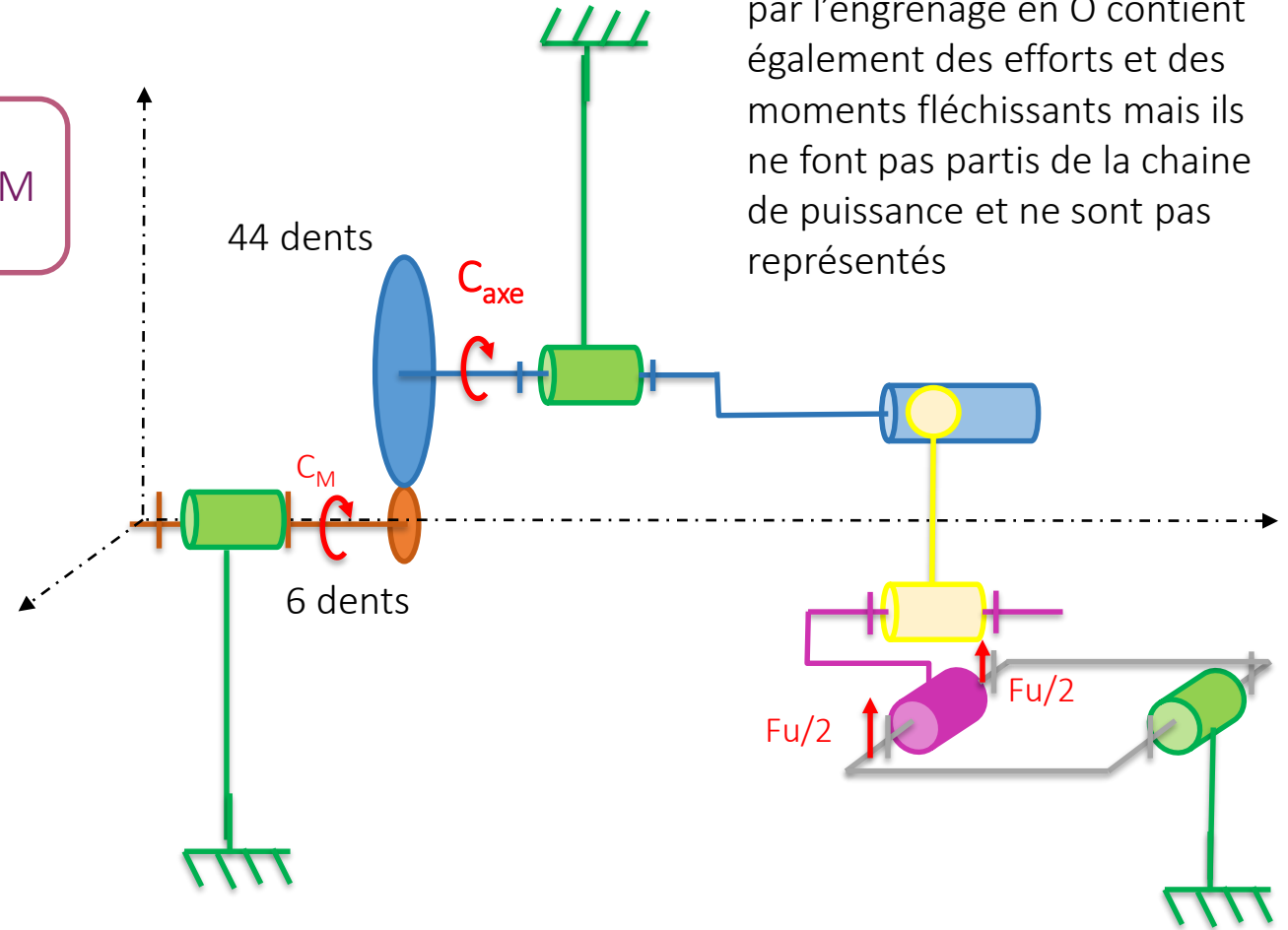
$$F_{19/14} = 0,9 \cdot F_{22/19}$$



Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

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 ?

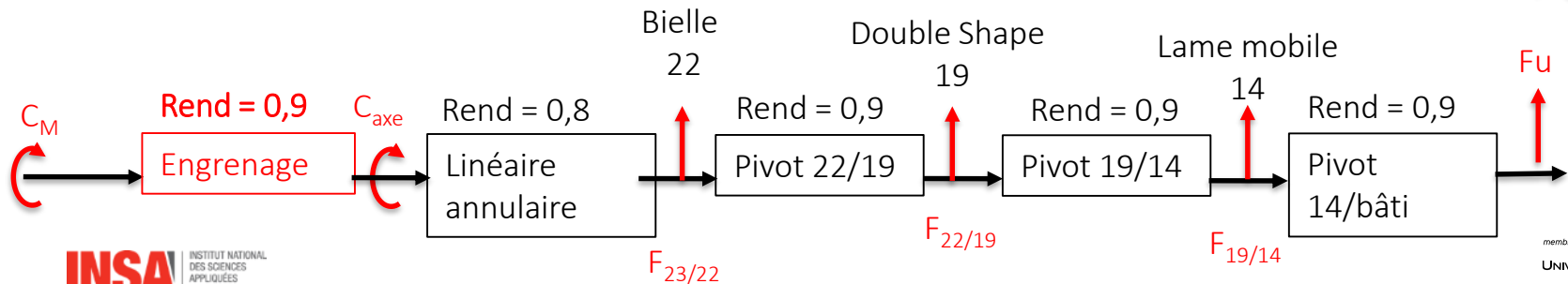
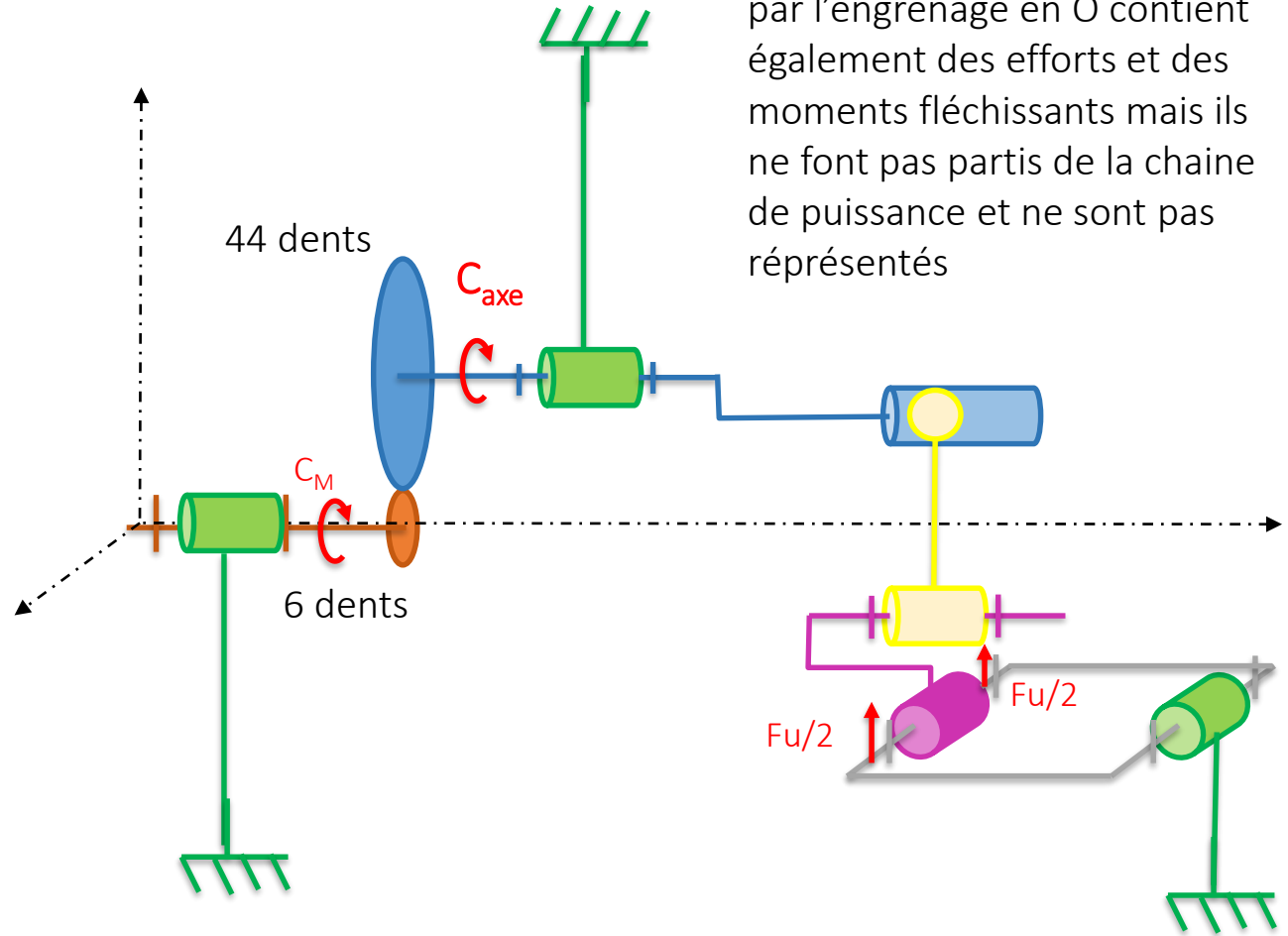
Remarque :

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

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

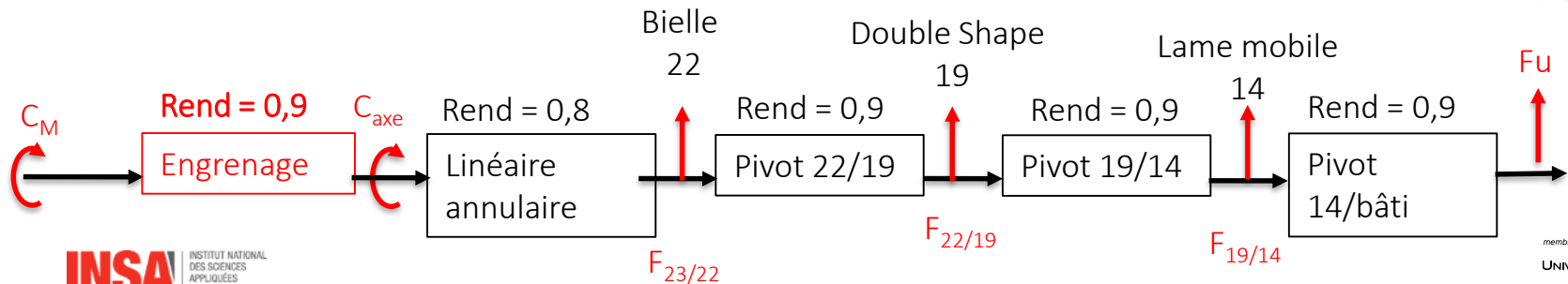
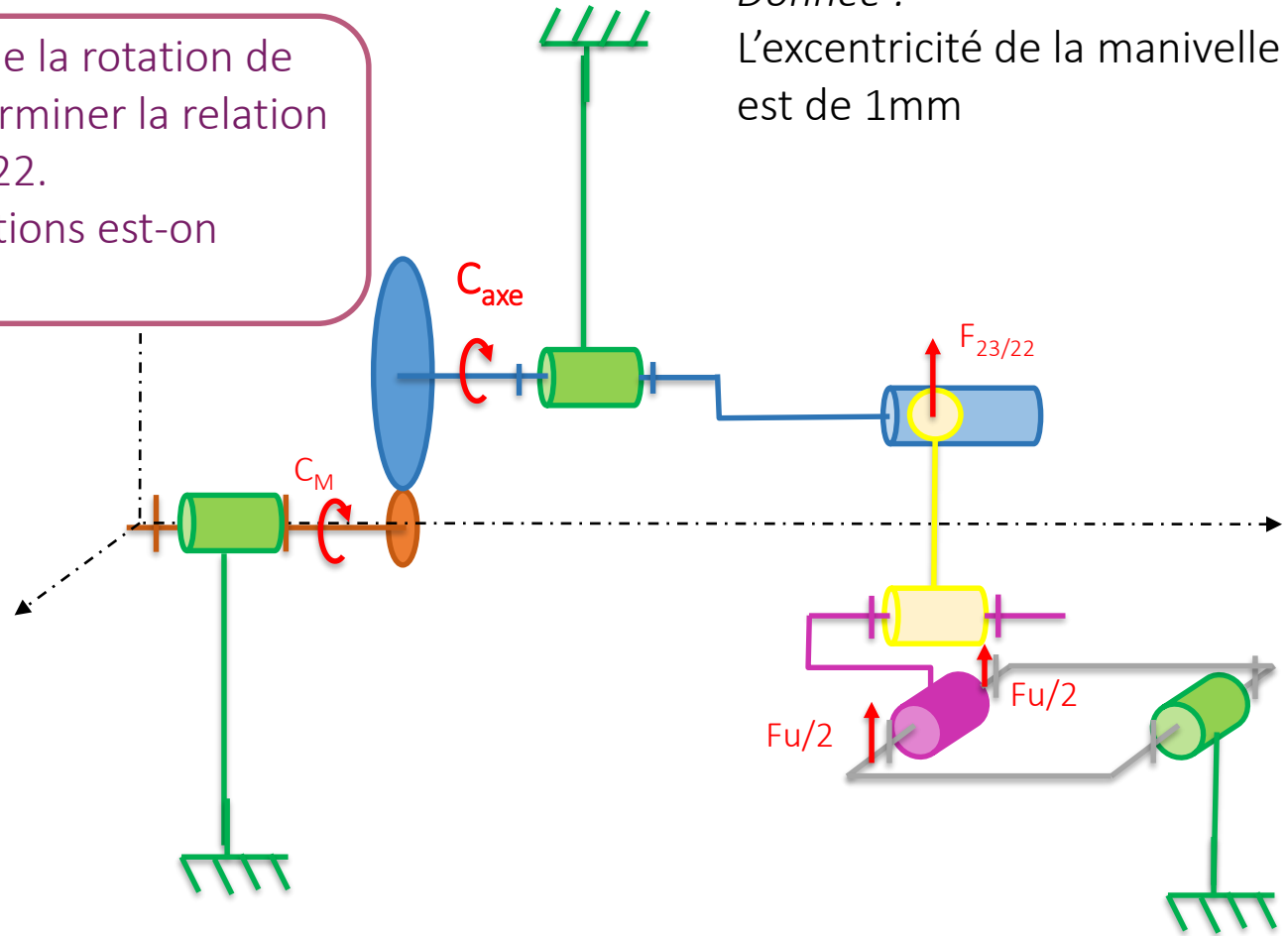
Rapport d'engrènement



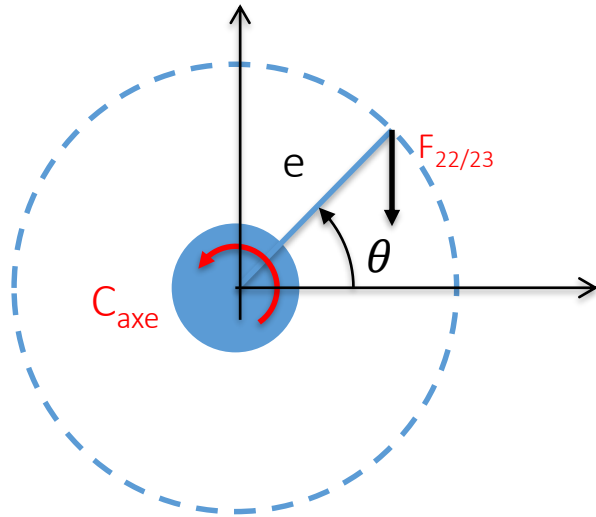
Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

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 ?

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

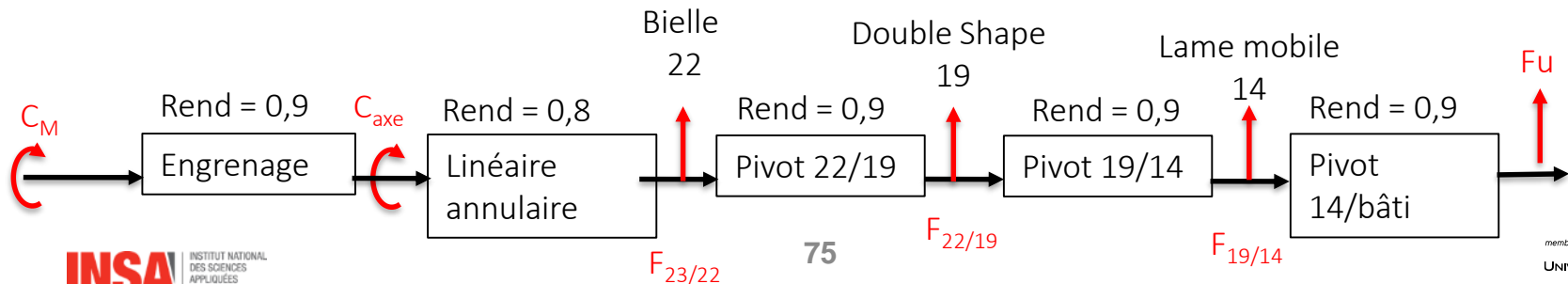
$$|F_{23/22}|_{max} \simeq 0,8 \frac{C_{axe}}{e}$$

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

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

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

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



Relation Couple Moteur – Effort de coupe ?

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

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

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

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

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

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

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

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

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

