

INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON

Conception et Analyse de Systèmes Mécaniques

**TD 3 – Lecture de Plan , Analyse des choix
technologiques ... Eolienne Eolicc**

Équipe pédagogique CONAN

GM

GÉNIE MÉCANIQUE

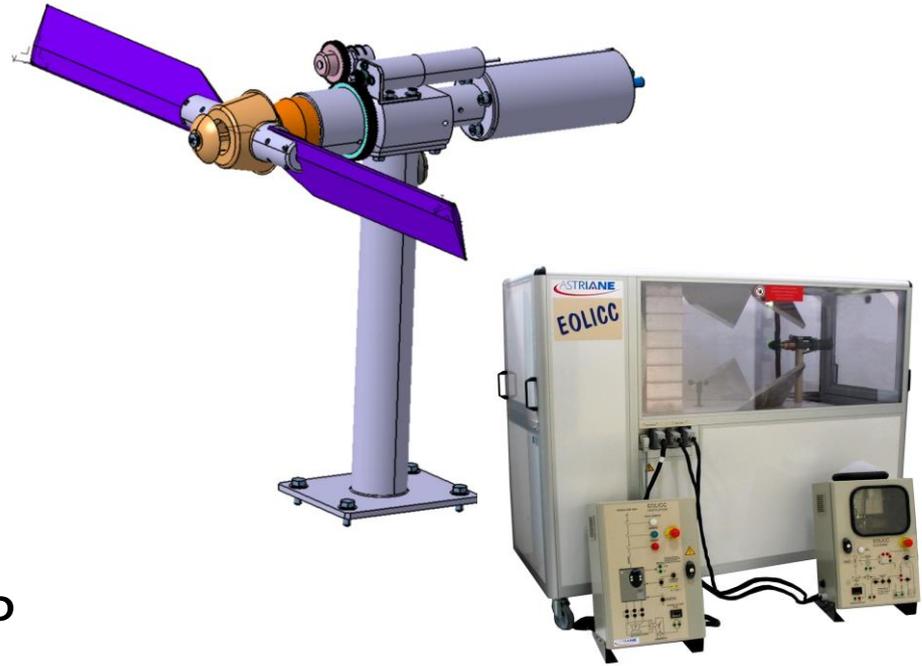
INSA Lyon - Université de Lyon

membre de
UNIVERSITÉ DE LYON

Objectifs :

- Extraire du dessin d'ensemble d'un système mécanique les classes d'équivalence cinématique.
- Comprendre le fonctionnement d'un mécanisme, savoir l'expliquer et l'analyser (déterminer les limites, établir la loi d'entrée sortie)
- Une partie de l'analyse est à réaliser en travail personnel.

Support : Eolienne Eolic

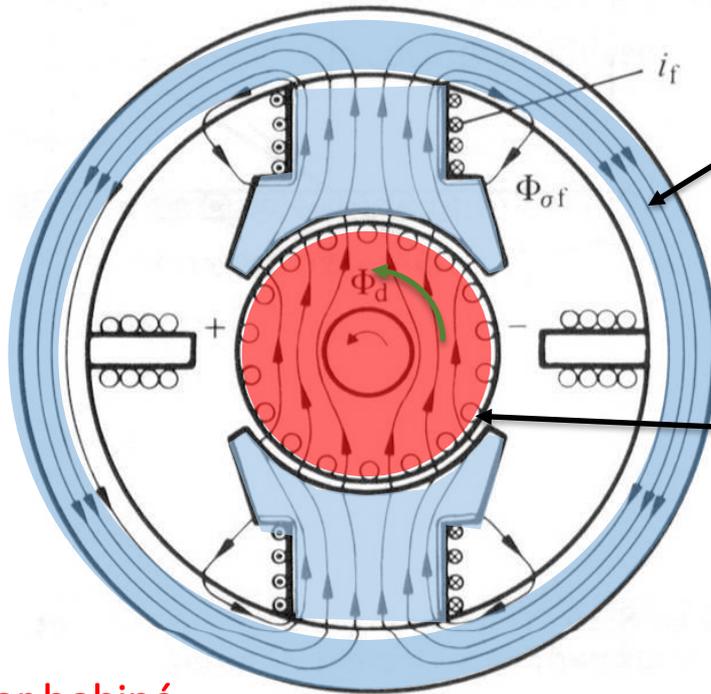


- Dispositif visible en salle TP actionneurs électriques (J. ferrand)
- Support potentiel de différents TP, TD en GM

Principe de fonctionnement

- **Transformer l'énergie** du vent en énergie électrique à l'aide d'une génératrice à courant continu :

La loi fondamentale de l'électromagnétisme (**loi de Faraday**) : lorsqu'un conducteur se déplace dans un champ magnétique, une tension y est induite.



Flux du champ magnétique **B_s** créé par des aimants permanents ou par des électroaimants (courant excitation i_f ou courant statorique)

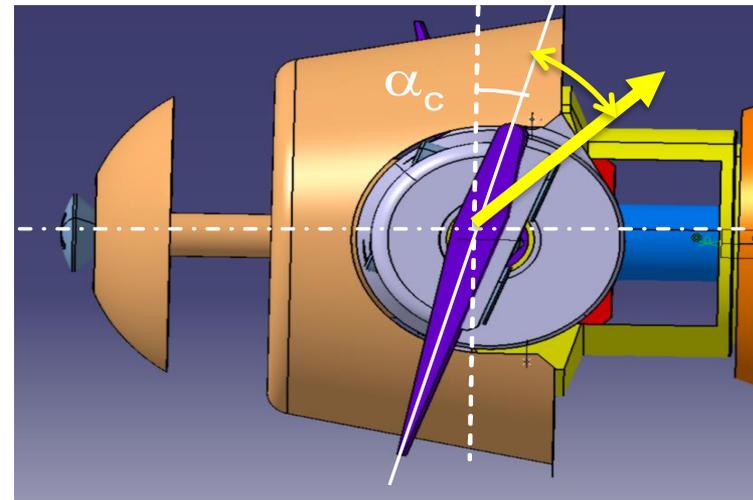
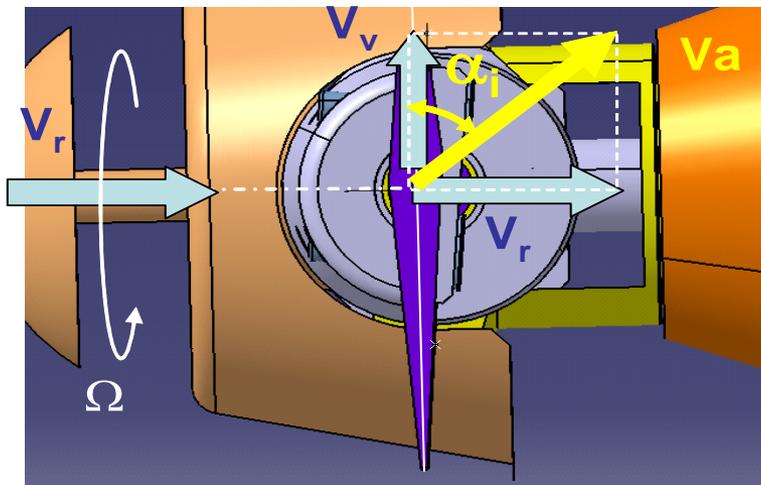
Courants induits → E tension induite aux bornes du bobinage rotorique (induit)

$$E = k' \cdot B_s \cdot \Omega$$

Rotor bobiné
Stator

Principe de fonctionnement

- **Contrôler E**
 - Contrôler la vitesse de rotation
 - ~~Contrôler la force du vent~~
 - Contrôler le couple généré par le vent
 - Contrôler l'angle d'incidence
 - Contrôler l'angle de calage

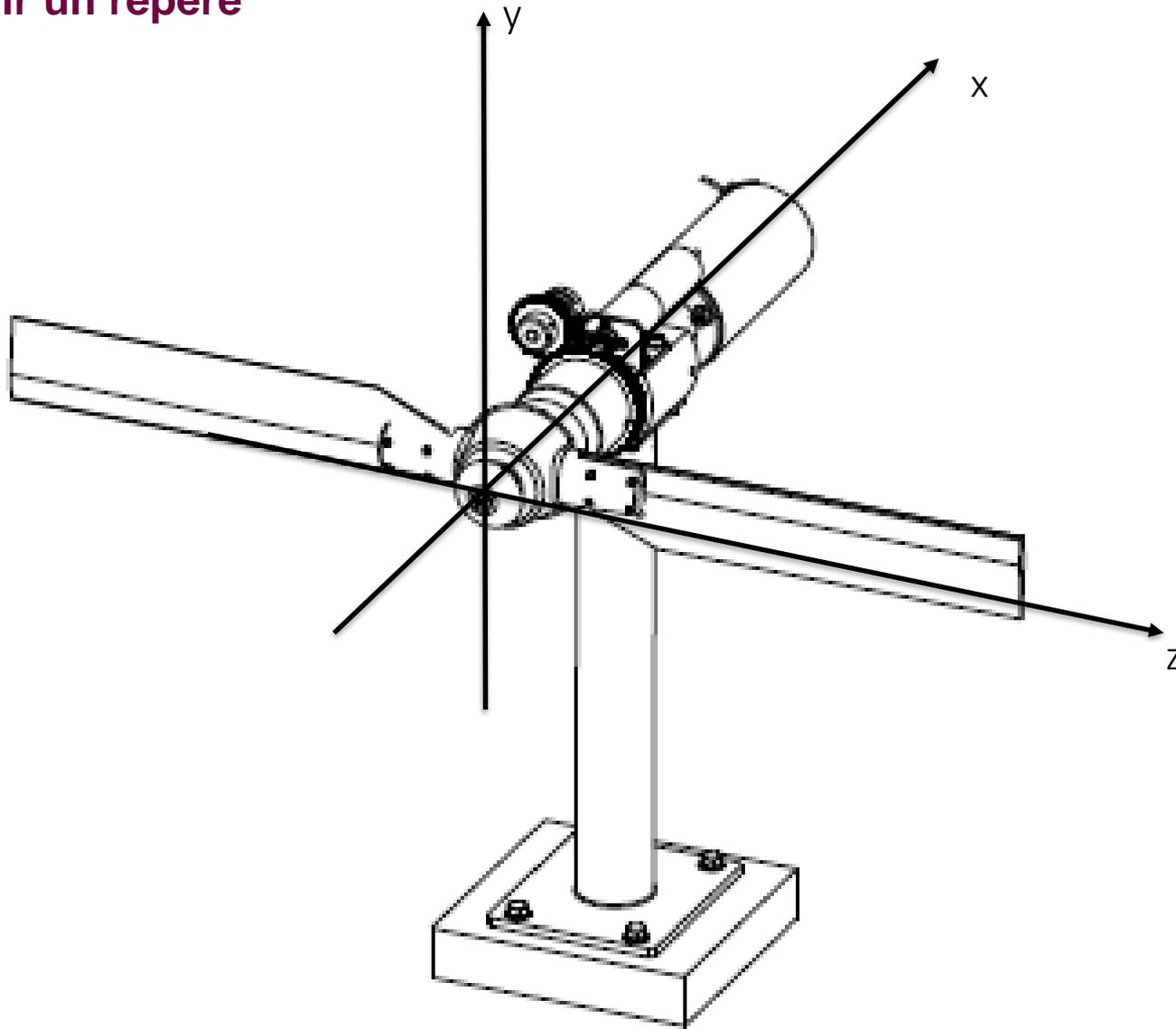


V_r : vent réel – V_v vent vitesse

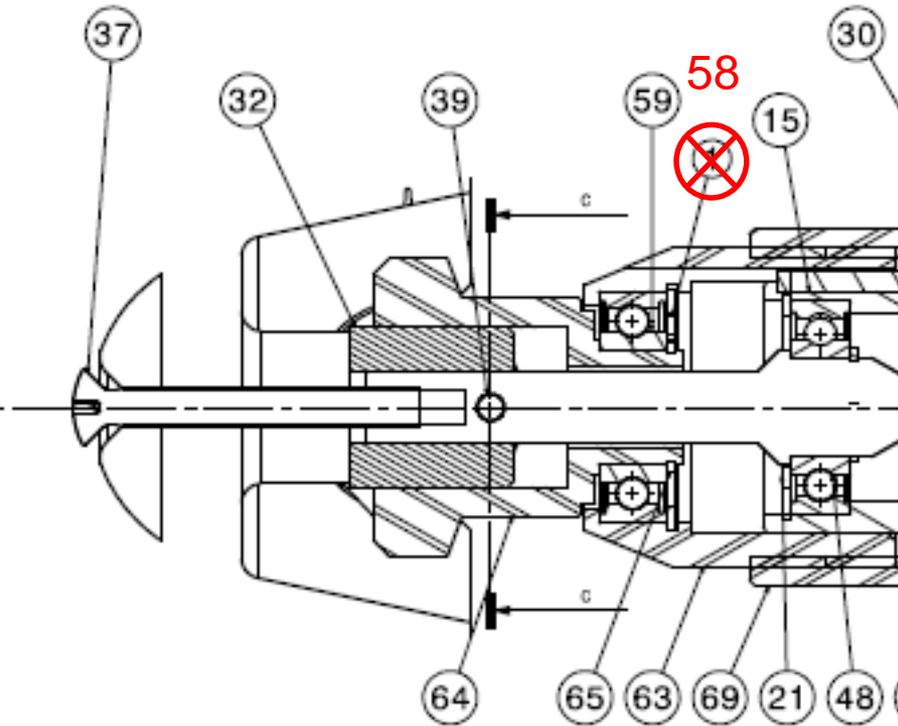
Analyse du Mécanisme

- Déterminer les (CE)
- Lister leurs composants et les liaisons cinématiques associées
- Tracer le graphe des liaisons.
- En déduire le degré d'hyperstatisme du mécanisme.

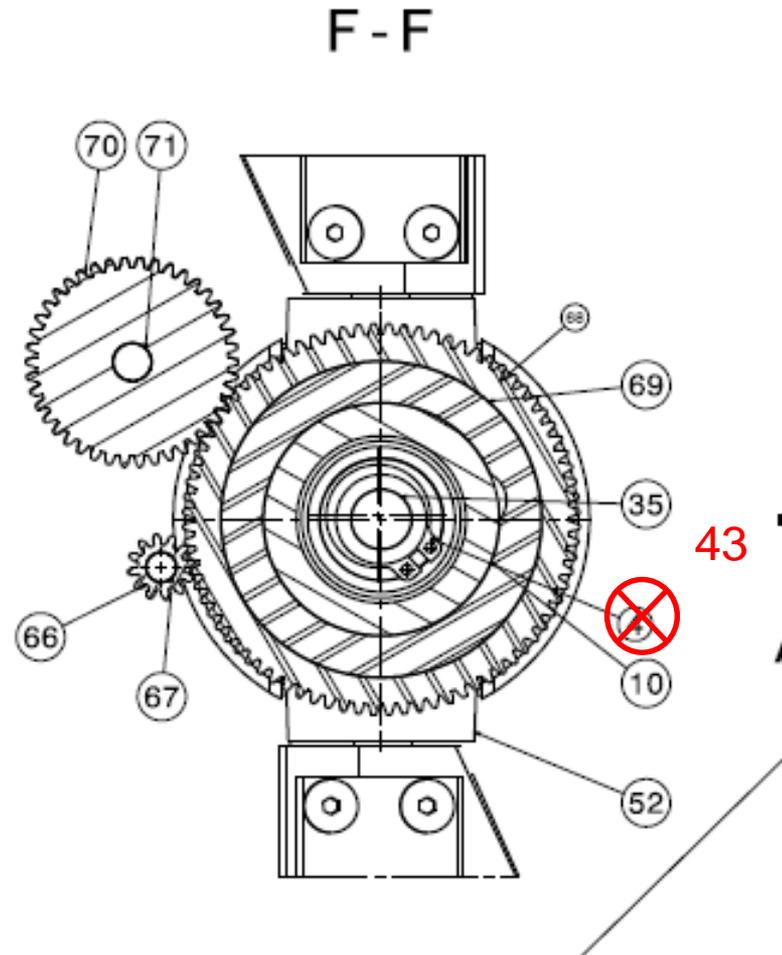
1- Définir un repère



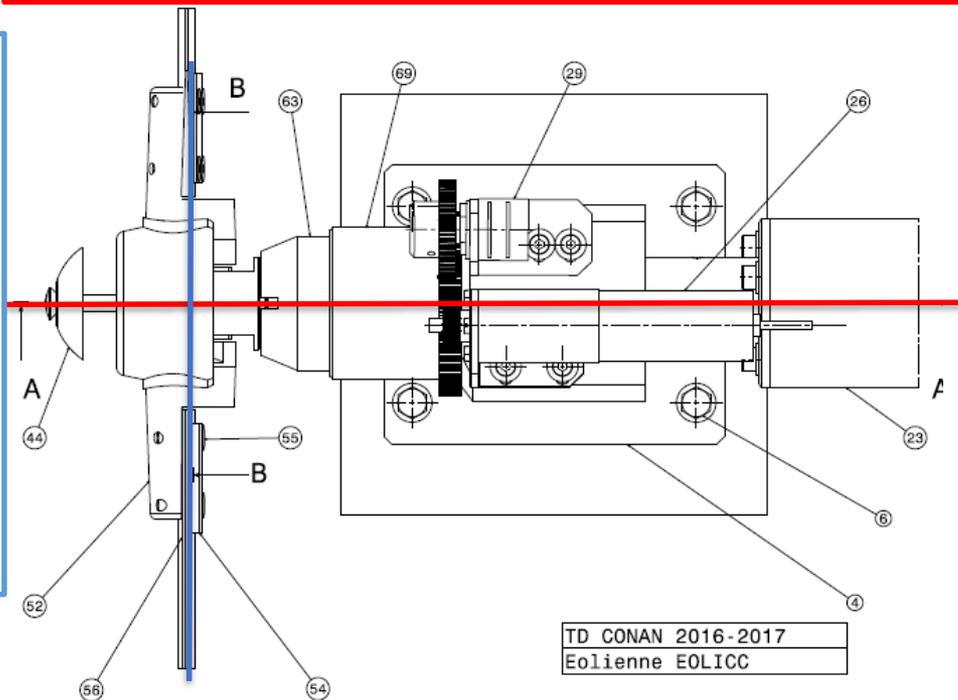
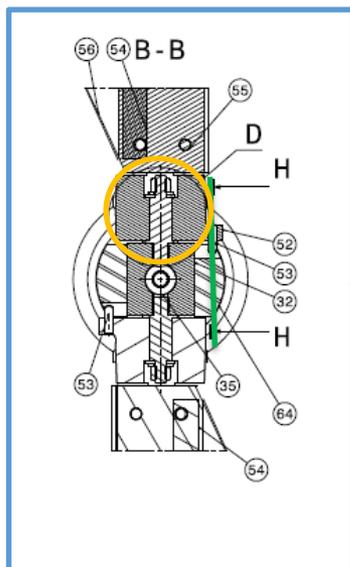
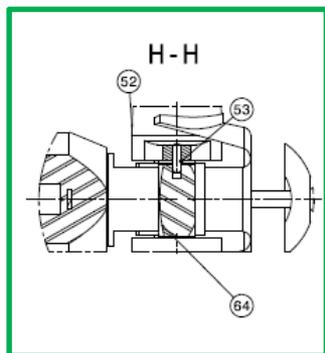
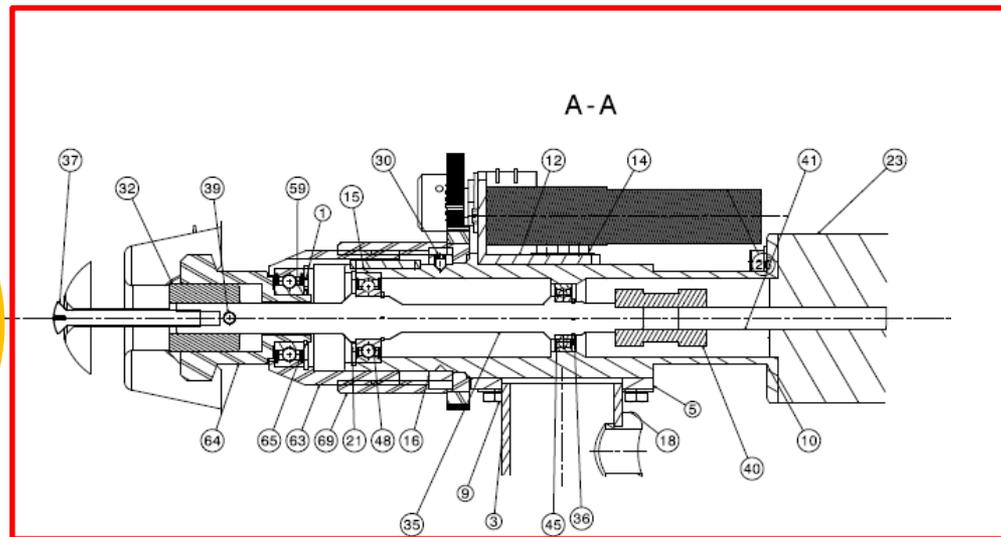
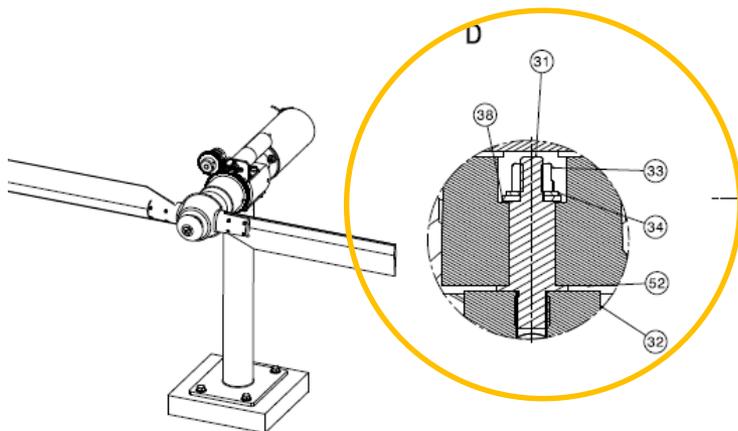
Petites erreurs sur le plan et la nomenclature



$Z_{68} = 80$ à la place de 42



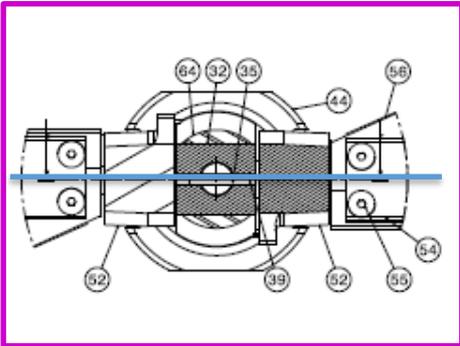
1- Repérer les différentes vues



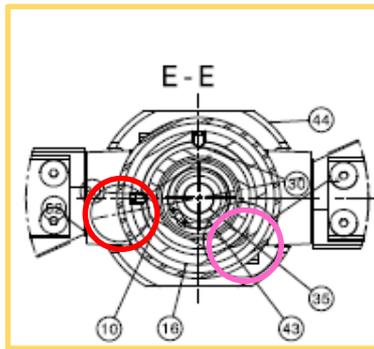
TD CONAN 2016-2017
Eolienne EOLICC

1- Repérer les différentes vues

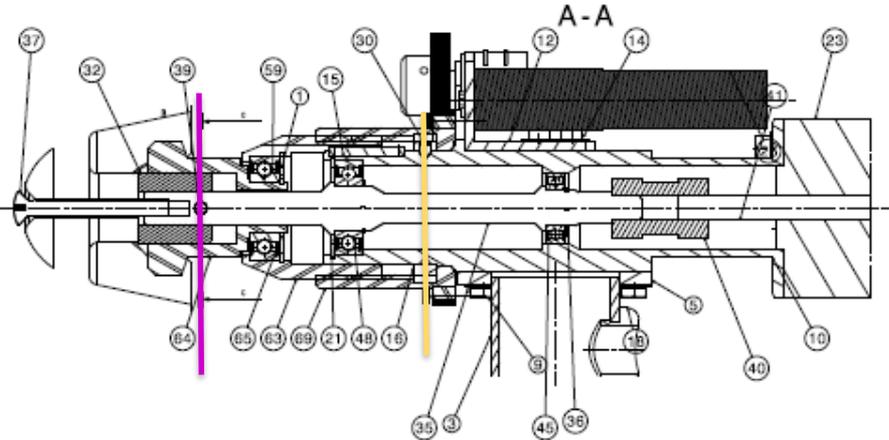
C-C



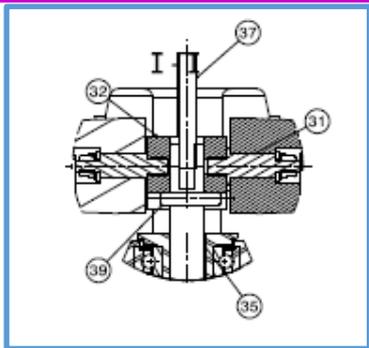
E-E



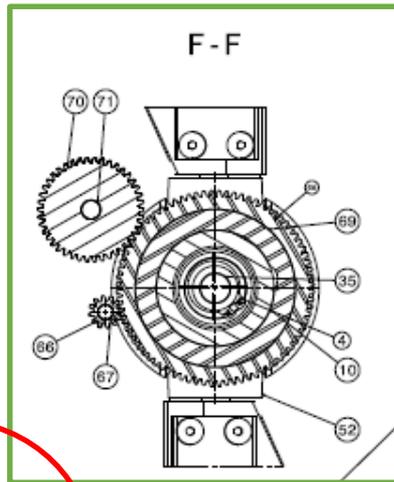
A-A



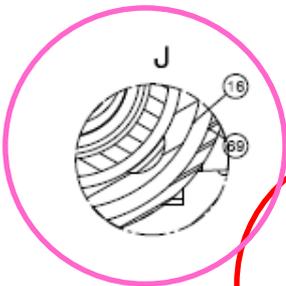
I



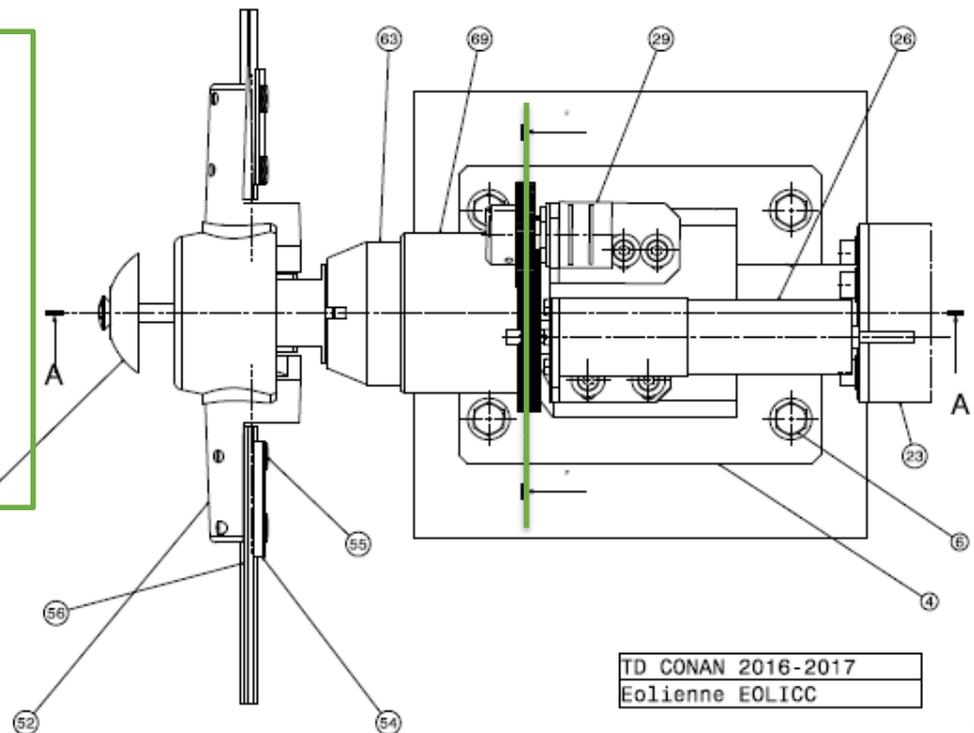
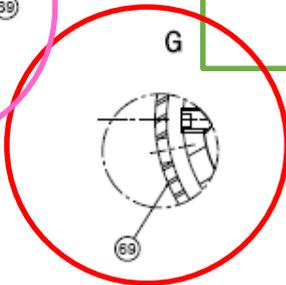
F-F



J

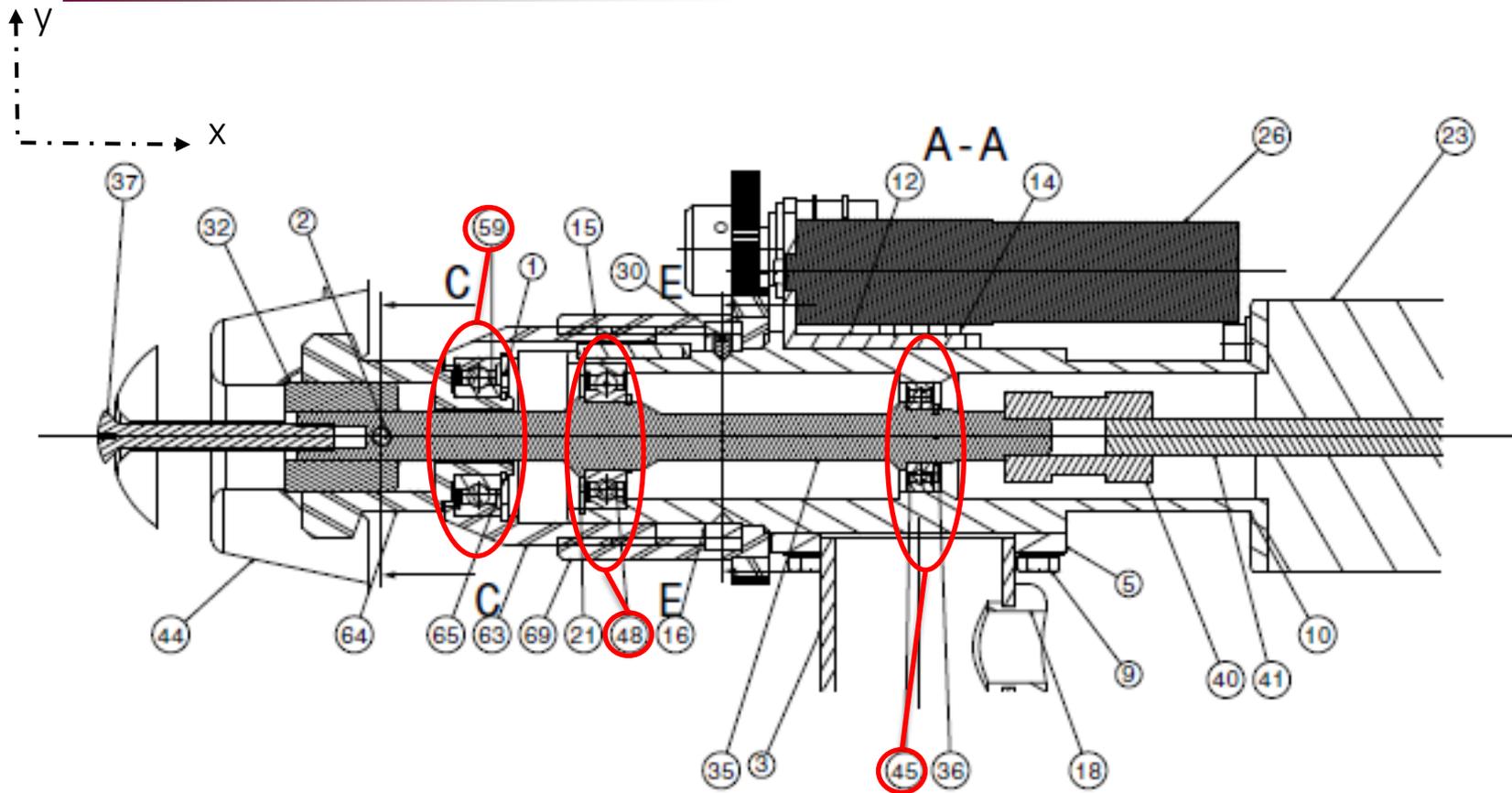


G



TD CONAN 2016-2017
Eolienne EOLICC

2- Identifier les roulements et donner la liaison cinématique équivalente

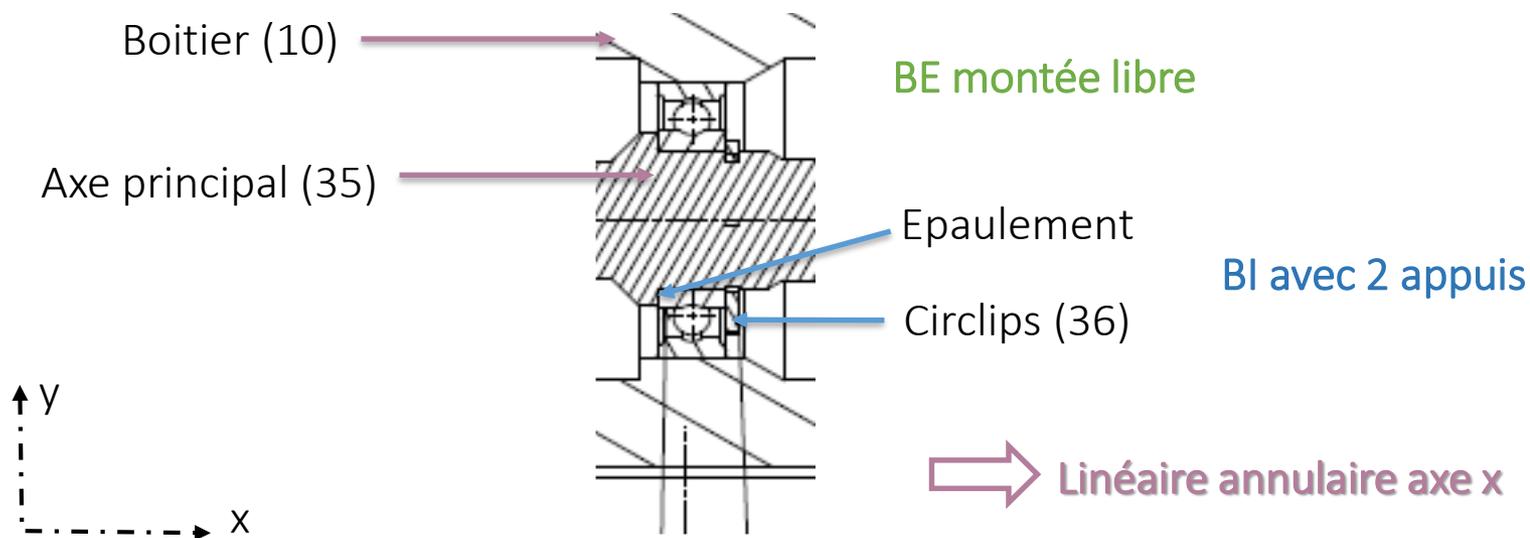


Remarque : dans la nomenclature les roulements sont décomposés en bague Intérieure, bague extérieure, billes, flasque ... dans les plans seules les bagues intérieures sont repérées par un numéro,

2- Identifier les roulements et donner la liaison cinématique équivalente

Roulement 44-45-46 : SKF 61901

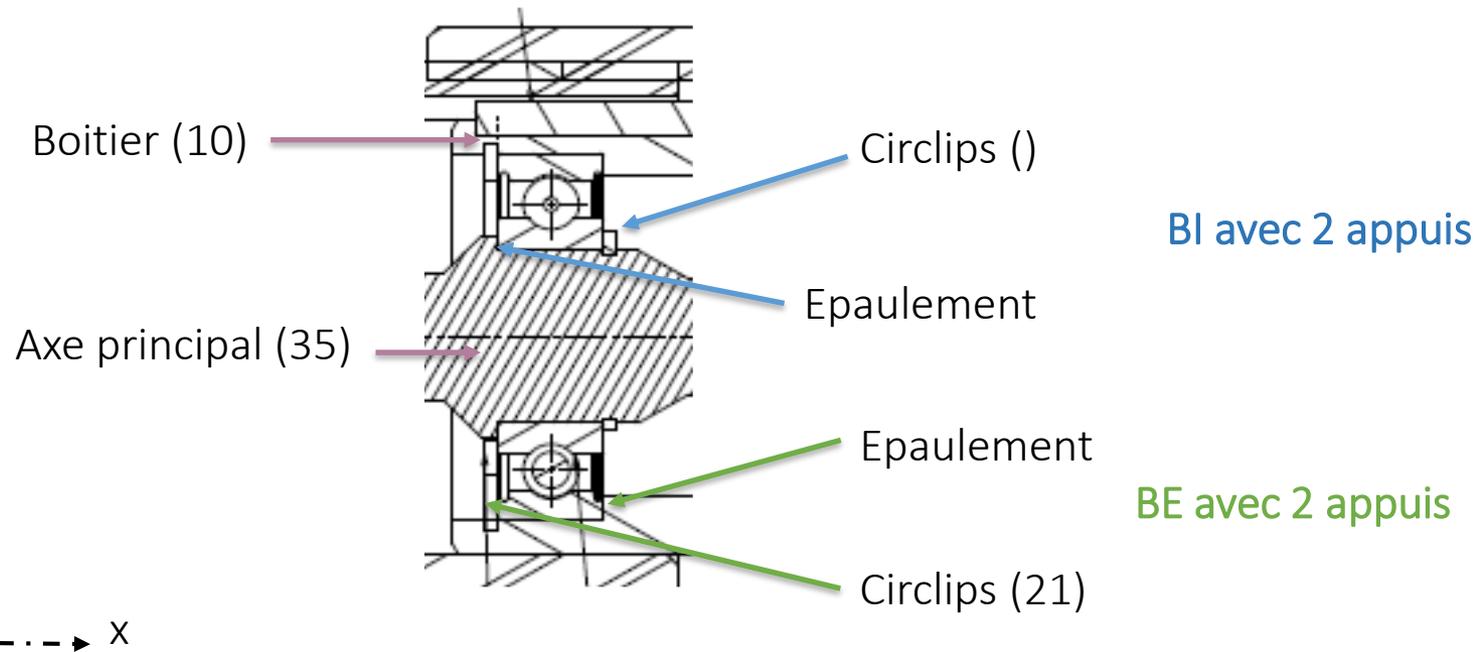
45	1	3dp094597	Roulement Rigide à billes SKF 61901 (BE)
46	1	3dp094596	Roulement Rigide à billes SKF 61901 (BI)
47	10	3dp094595	Roulement Rigide à billes SKF 61901 (bille)



2 Identifier les roulements et donner la liaison cinématique équivalente

Roulement 48-49-50-51 : SKF 6002-Z

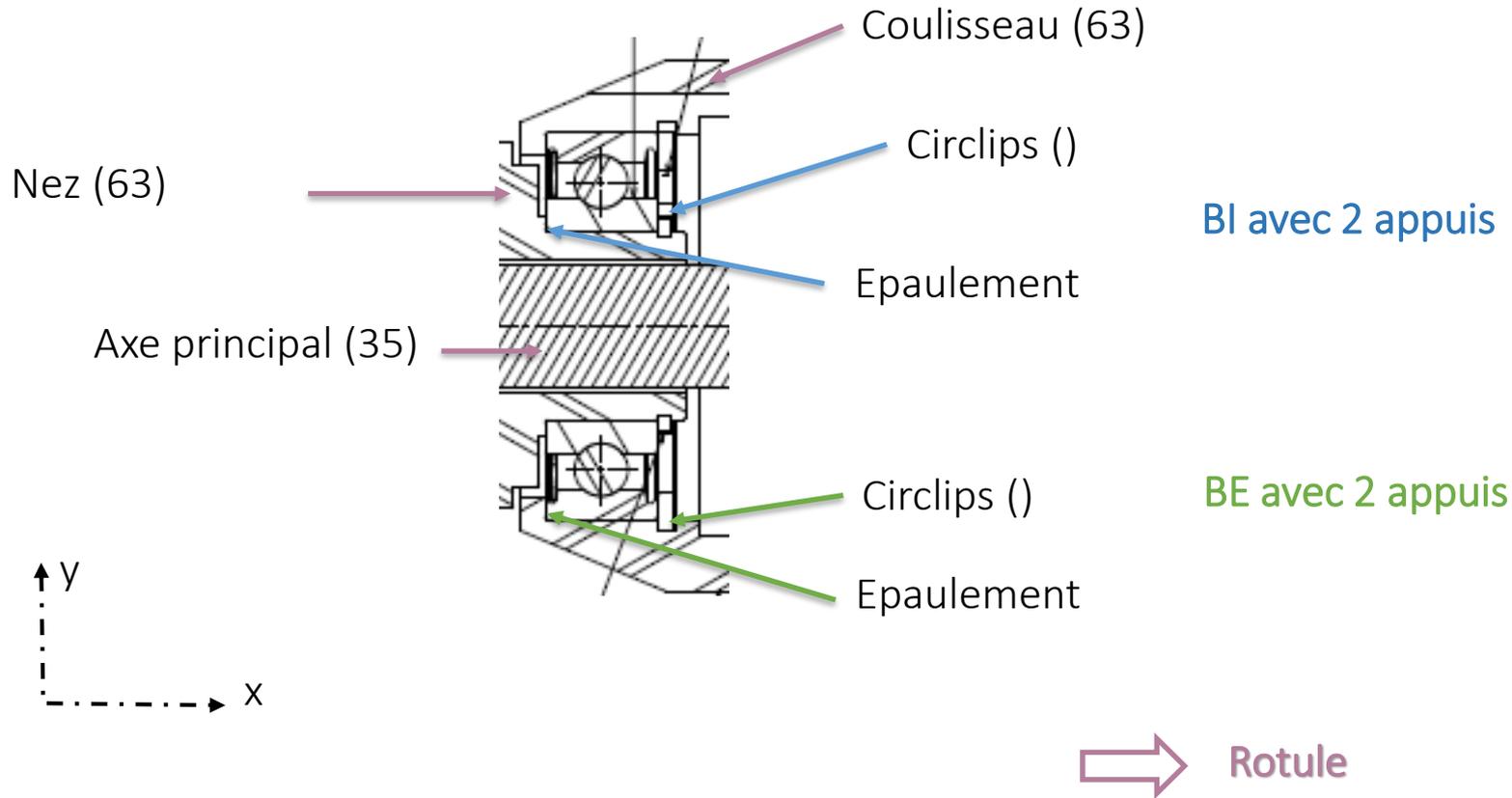
48	1	3dp094605	Roulement Rigide à billes avec flasque (BE)	SKF 6002-Z
49	1	3dp094604	Roulement Rigide à billes avec flasque (BI)	SKF 6002-Z
50	1	3dp094607	Roulement Rigide à billes avec flasque (Bille)	SKF 6002-Z
51	9	3dp094606	Roulement à billes SKF 6002Z (billes)	



➡ Rotule

2- Identifier les roulements et donner la liaison cinématique équivalente

Roulement 59-60-61-62 : SKF 6003-Z

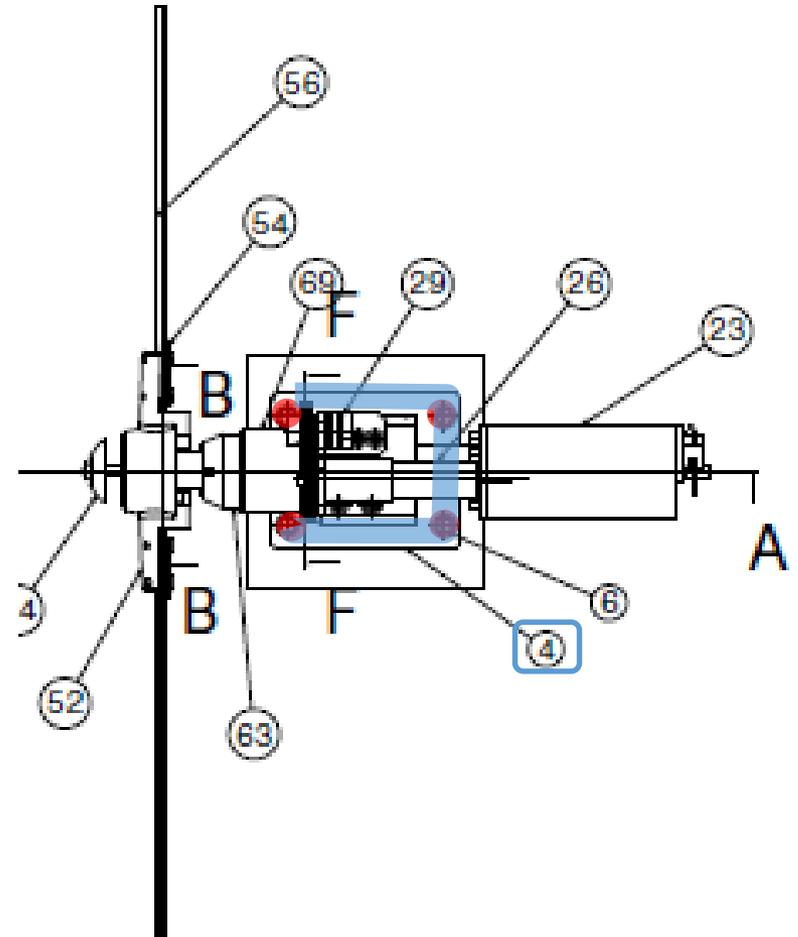
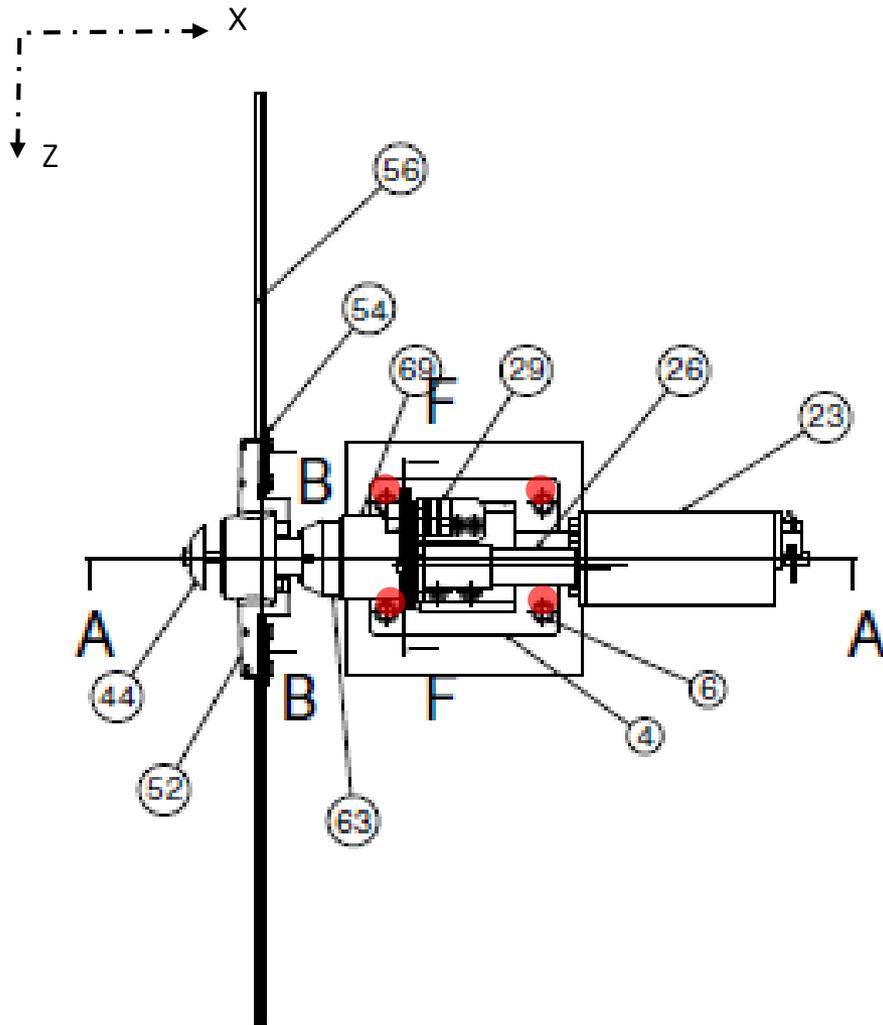




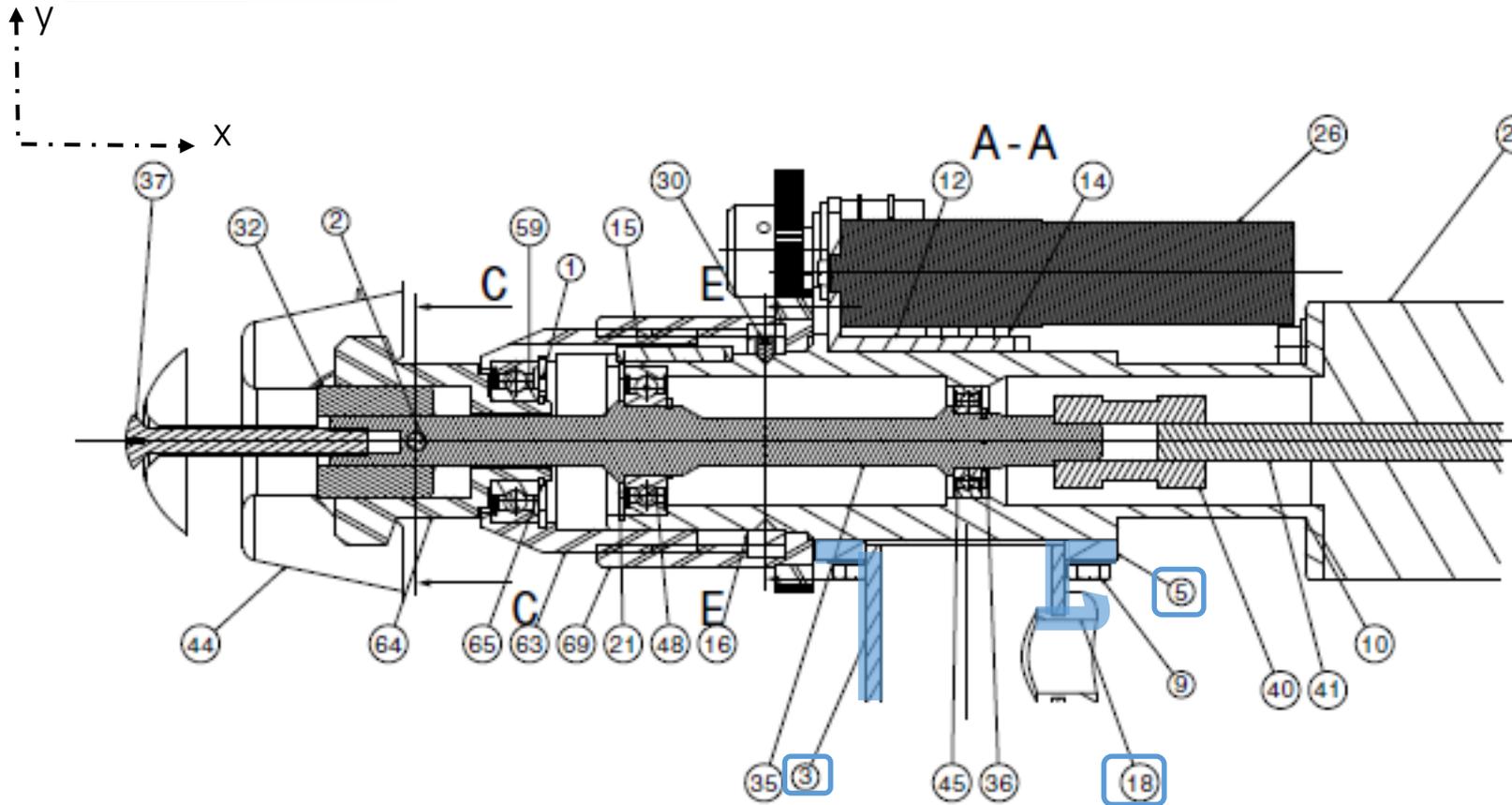
Travail Personnel

**Analyse de la fonction :
Générer de l'électricité**

3- Identifier la CE « bâti »

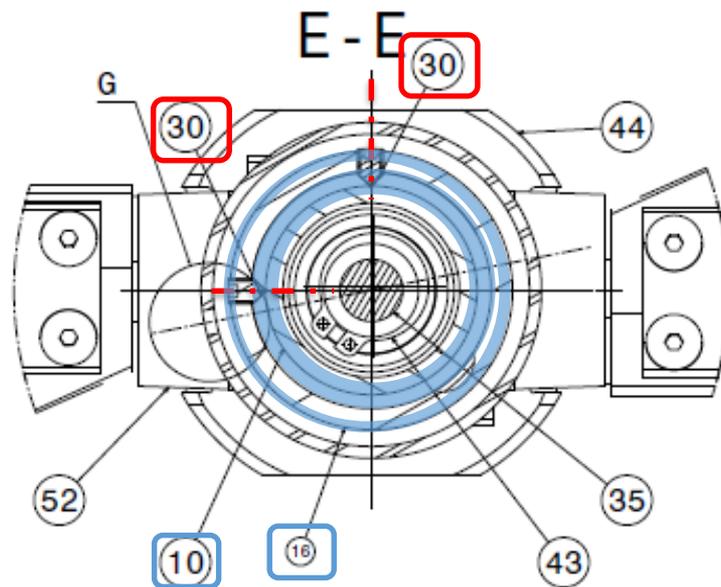
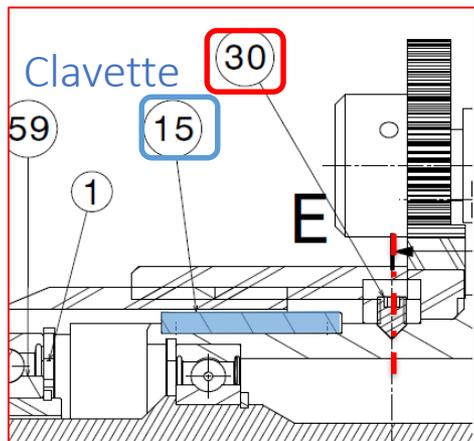
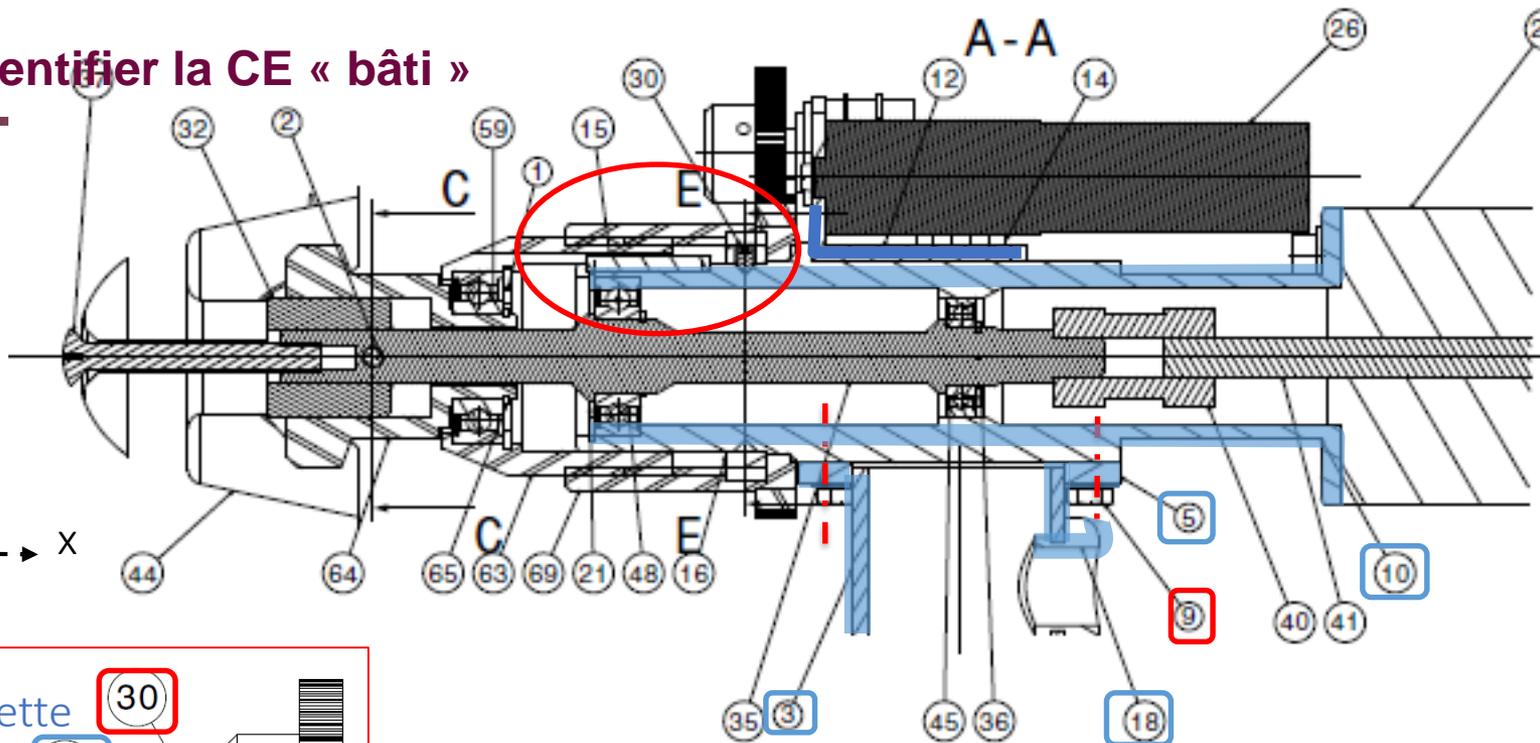


3- Identifier la CE « bâti »



Remarque : les éléments d'assemblage des plaques support basse et haute ne sont pas visibles

3- Identifier la CE « bâti »

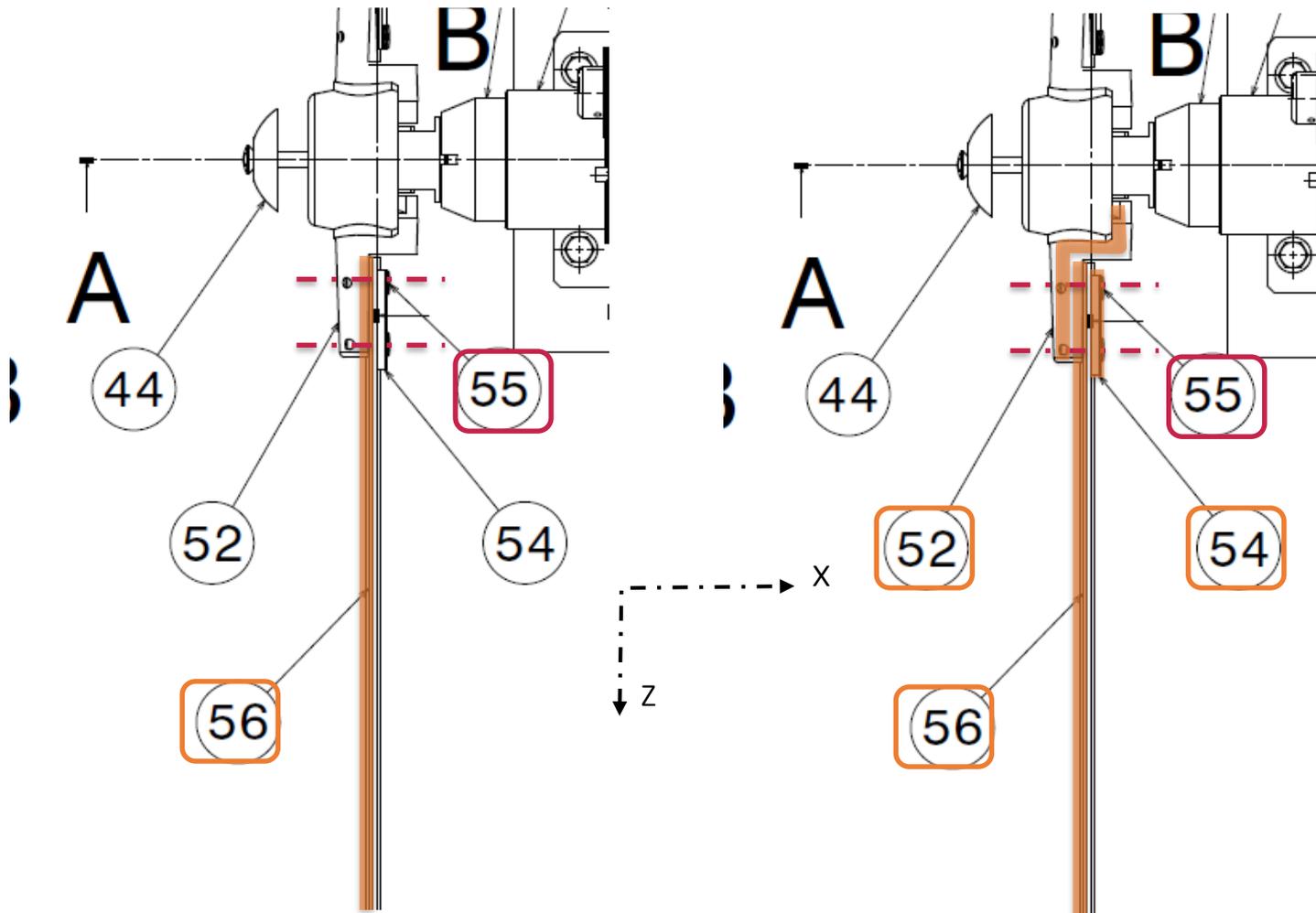


Bilan CE « bâti » : 4 3 5 18 10 16 (15)
 + 12 & 17 (équerres)
 17 non visible sur le plan

3- Identifier la CE « bâti »



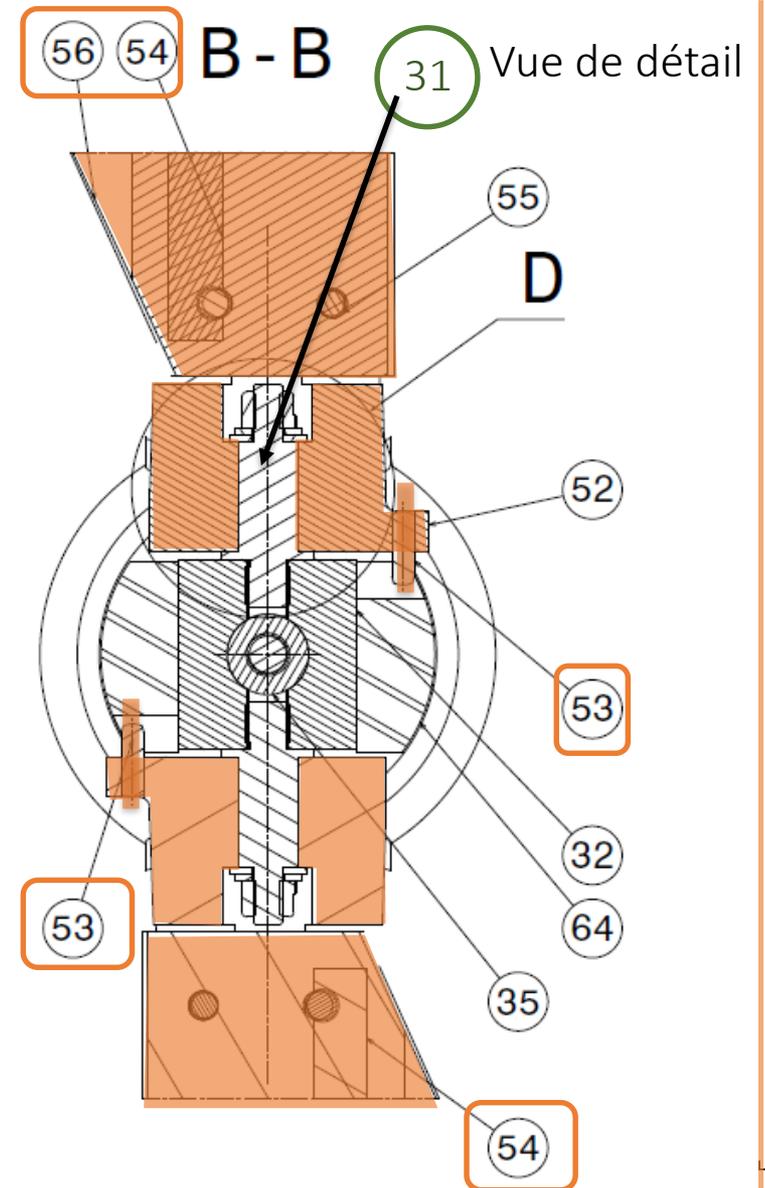
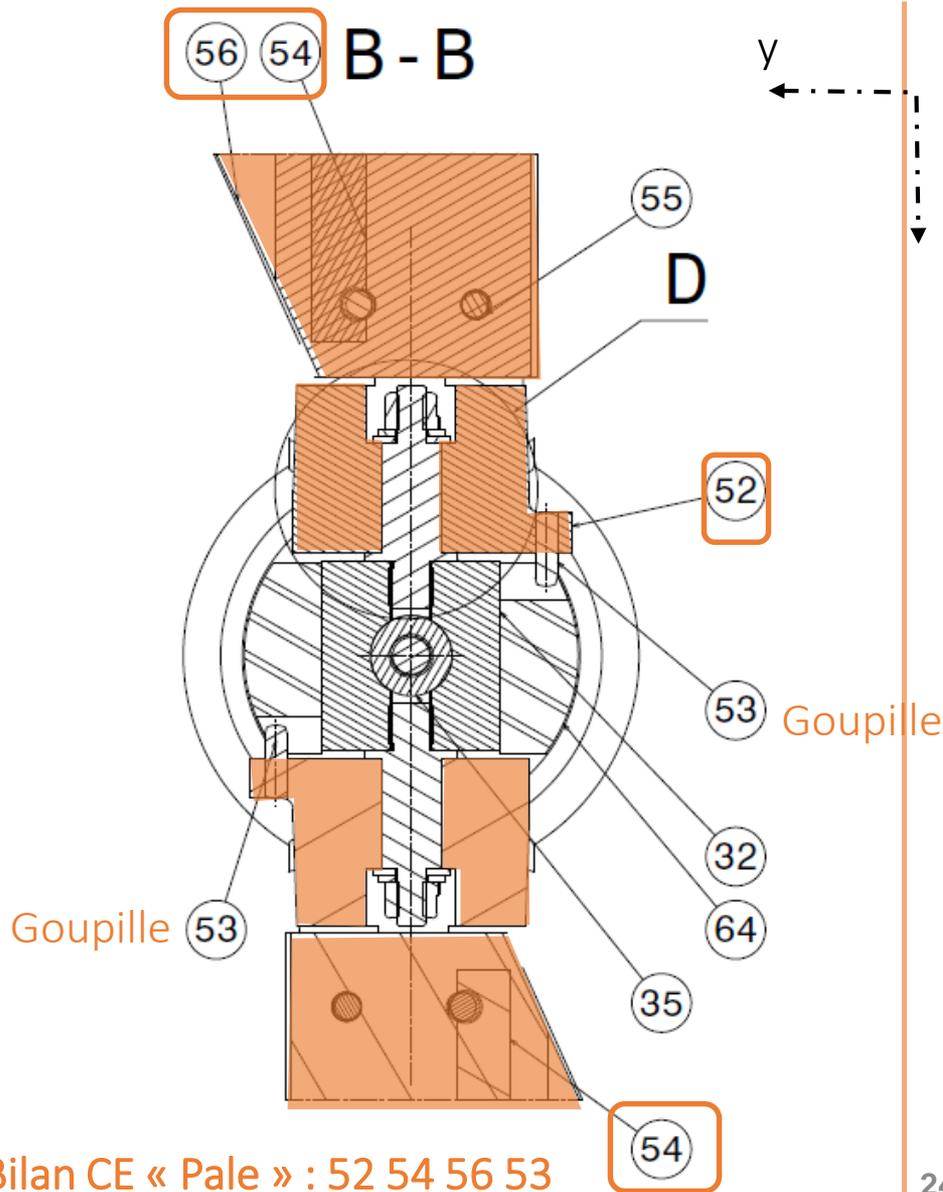
4- Identifier la CE « pale »



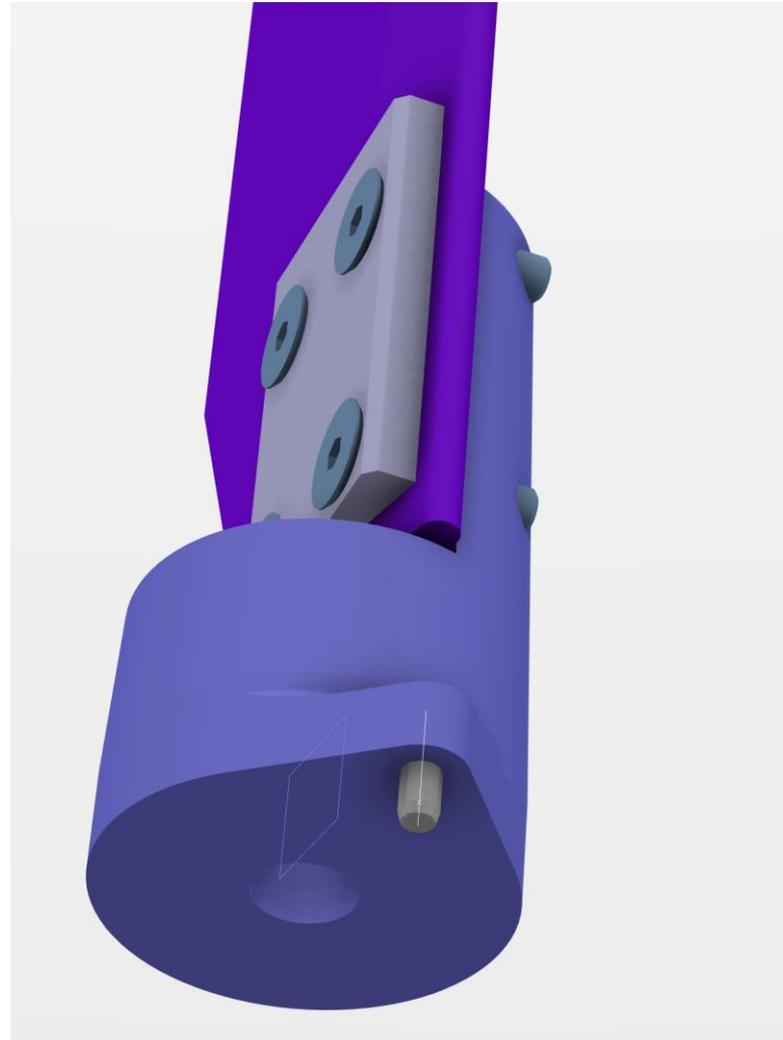
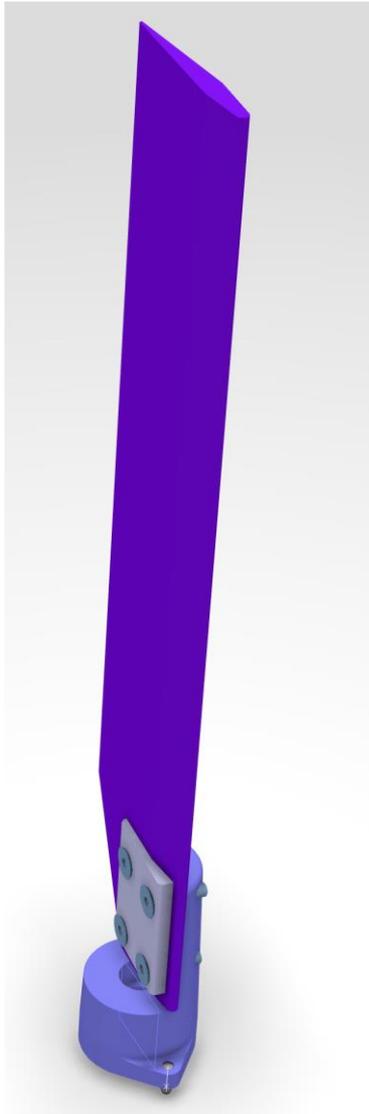
Remarque : la CE « pale » est présente 2 fois dans le mécanisme

Données : la CE « pale » mobile / l'axe d'incidence (31),
la goupille (53) mobile / au nez (64)

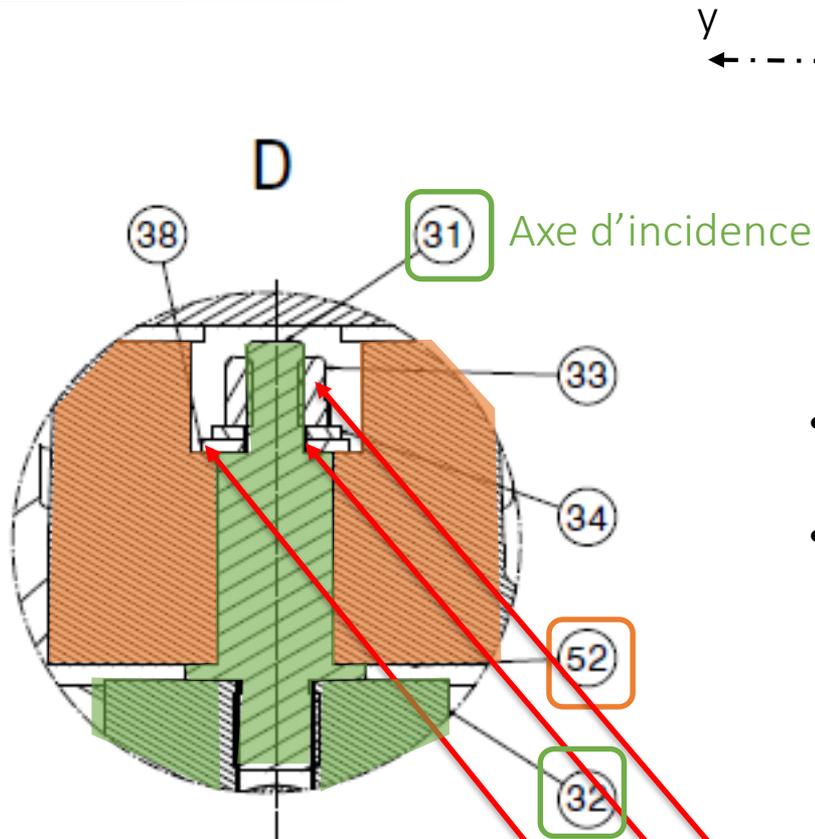
4- Identifier la CE « pale »



4- Identifier la CE « pale »



4- Analyse des composants de la liaison CE « pale » et la noix (32)



- Mobilité entre l'axe d'incidence et le pied de pale donc 2 CE
- Liaison filetée (31) et (32) donc même CE
- Contact cylindre-cylindre → Pivot glissant
- Liaisons planes – Serrage assuré par un assemblage « vis écrou »

⇒ Pivot d'axe z

Rôle de ces différents composants ?

33	2	3dp094615	EcrouH FR M4
34	2	3dp094610	Rondelles plates D4*0.8
35	1	3dp094609	Axe principal
36	1	3dp094613	Anneau élastique pour arbre 12
37	1	3dp094612	SCREW M6x50-H STEEL GRADE A COUNTERSUNK RAISED HEAD
38	2	3dp094599	rondelle de frottement

4- Analyse des composants de la liaison CE « pale » et la noix (32)

Ecrou FR – M4 : Ecrou frein (type Nylstop)

FREINAGE NYLSTOP

L'auto-freinage de l'écrou NYLSTOP est obtenu par un anneau cylindrique, non fileté, en nylon "TECHNIL", et serti dans un logement situé à la partie supérieure de l'écrou.

PRINCIPE DE FREINAGE



Avant pénétration de la vis dans le frein, l'écrou NYLSTOP se comporte comme un écrou classique.

Dès que la vis vient au contact du frein, le diamètre intérieur de celui-ci étant plus faible que le diamètre extérieur de la vis, il apparaît une résistance au vissage qui augmente au fur et à mesure de sa pénétration. Il en résulte une poussée axiale importante qui rattrape en totalité les jeux entre flancs de filets vis-écrou. Cette position de freinage "métallique" est renforcée par l'action radiale du frein, engendrée par sa compression lors du vissage.

Cette continuité mécanique ainsi réalisée entre vis et écrou NYLSTOP se trouve maintenue en toutes circonstances, permettant ainsi à l'assemblage de supporter les plus dures conditions de travail.

A noter que ceci est valable également en position "non bloquée".

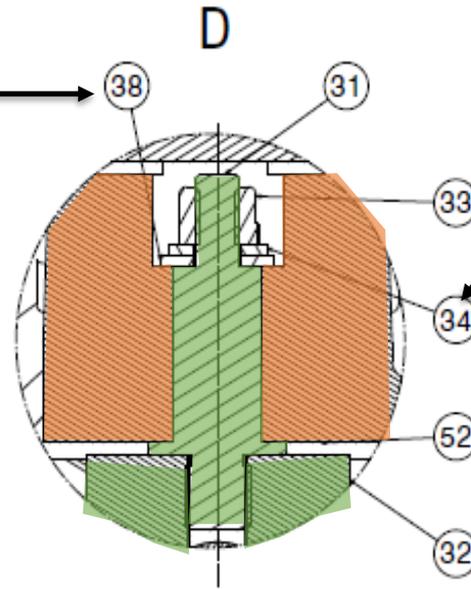
Rôle : Eviter le desserage lors du fonctionnement

4- Analyse des composants de la liaison CE « pale » et la noix (32)

Rondelle de frottement



Rôle :
Limiter les frottements entre 52 et 34 grâce
au choix du matériau (PTFE ...)

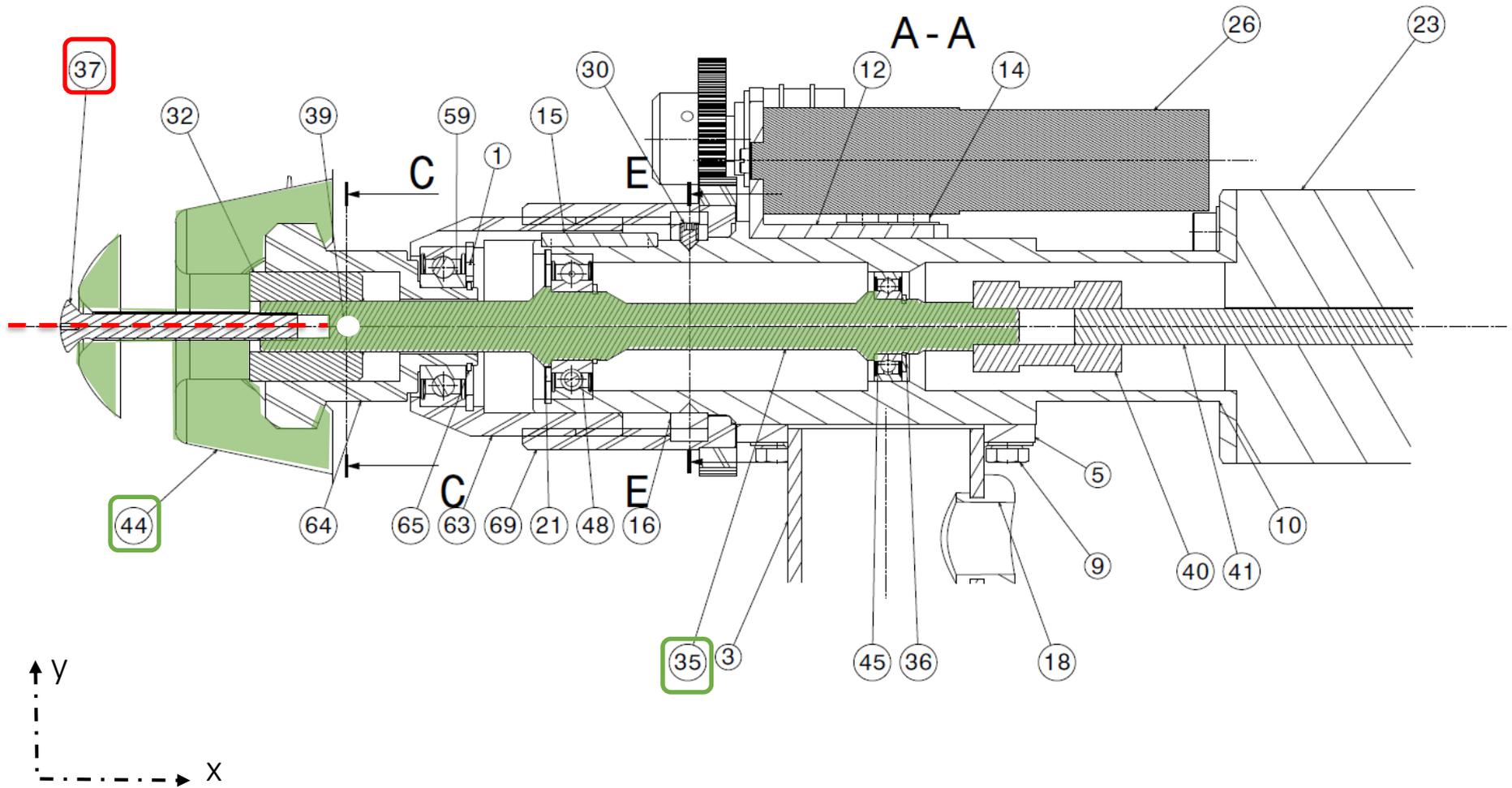


Rondelle plate

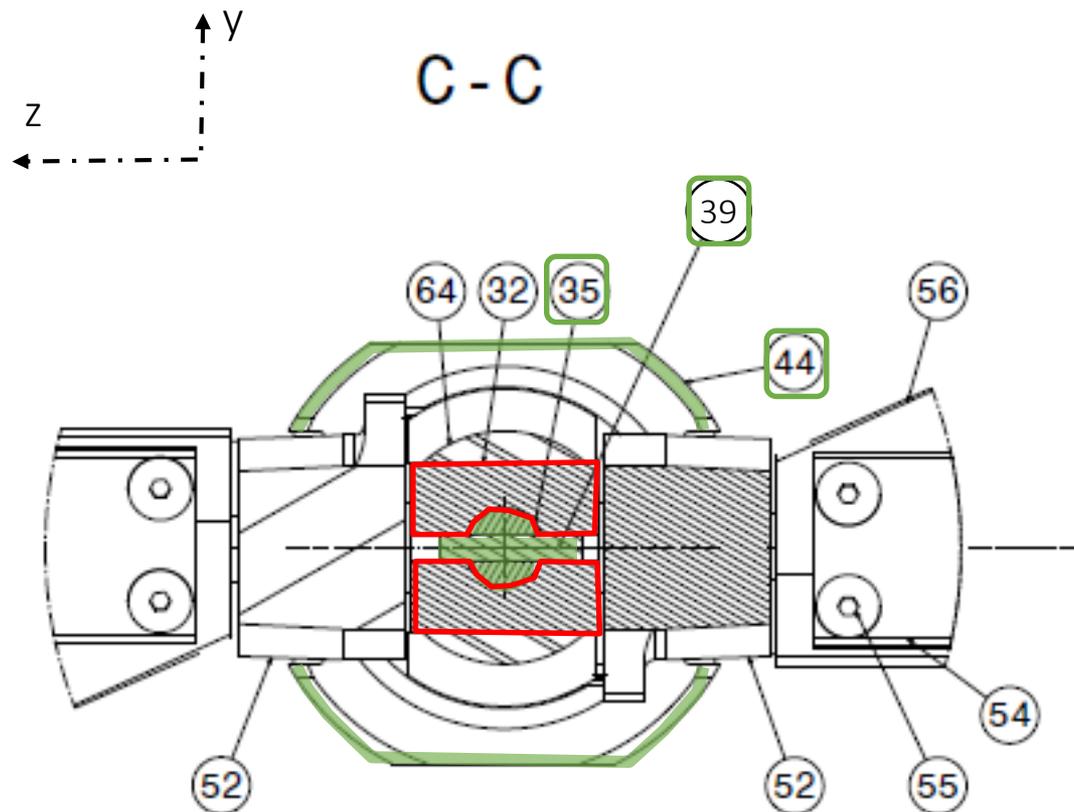


Rôle :
Meilleure répartition de l'effort de
serrage

5- Identifier la CE « Axe principal »

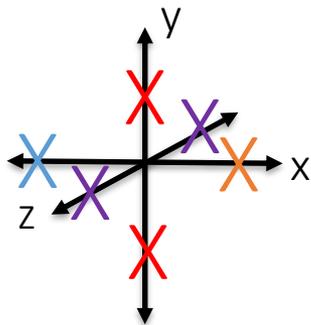
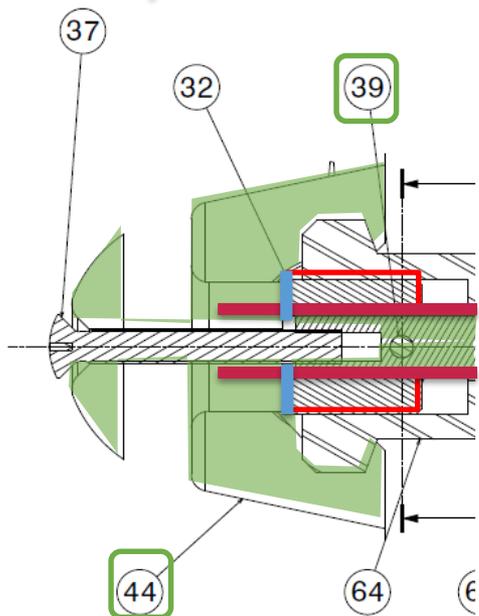
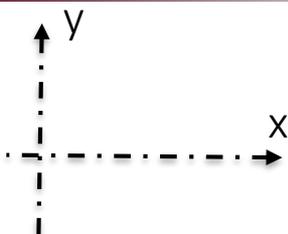


5- Identifier la CE « Axe principal »

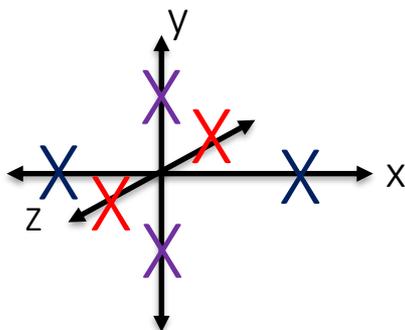


35	1	3dp094609	Axe principal
36	1	3dp094613	Anneau élastique pour arbre 12
37	1	3dp094612	SCREW M6x50-H STEEL GRADE A COUNTERSUNK RAISED HEAD
38	2	3dp094599	rondelle de frottement
39	1	3dp094614	Goupille 4x20

5- Identifier la CE « Axe principal »

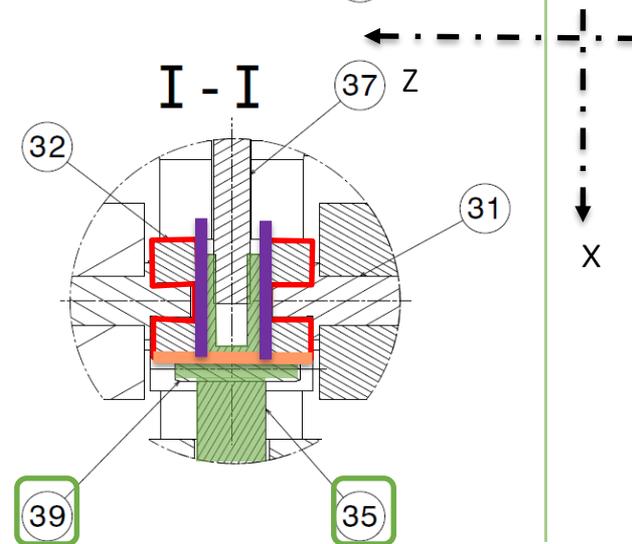
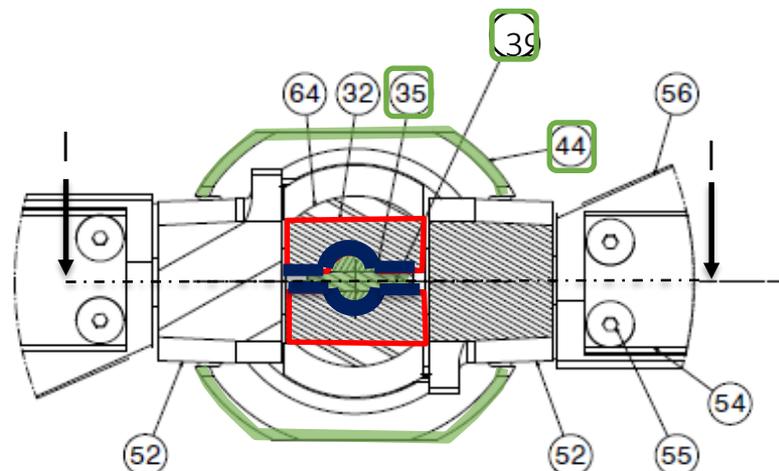


Translations relatives



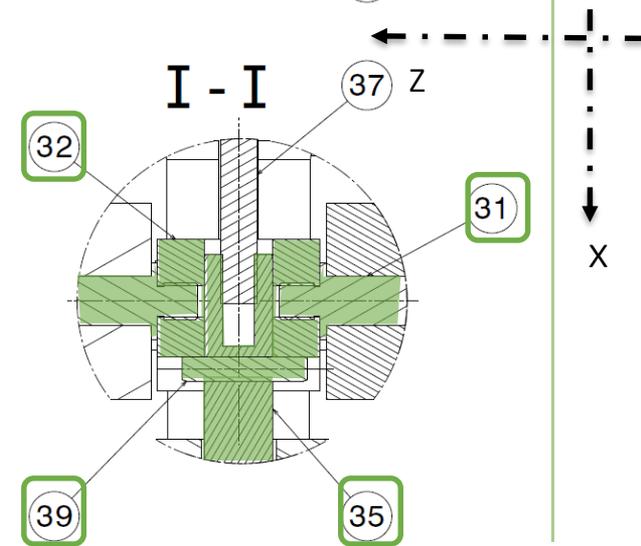
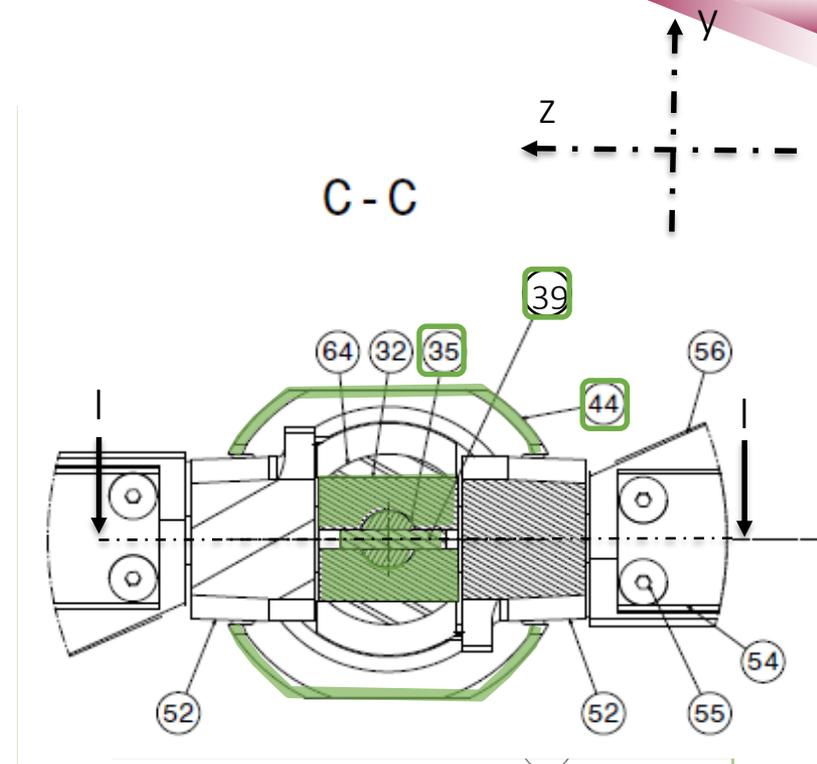
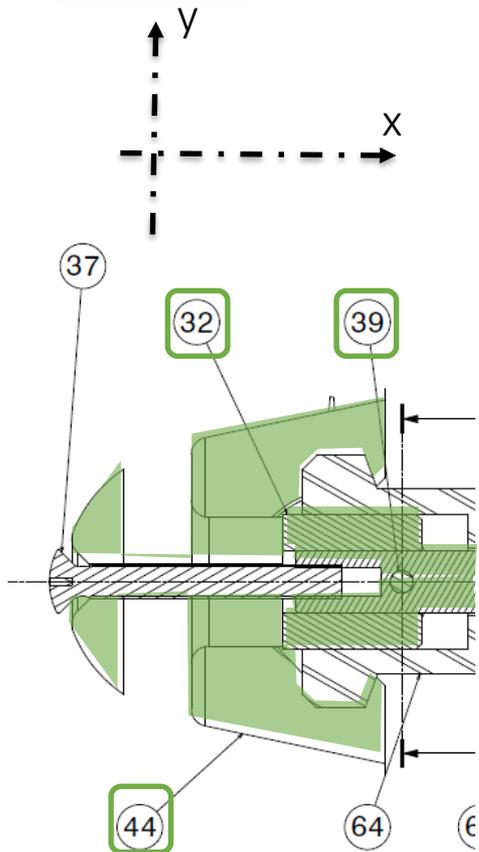
Rotations relatives

C - C



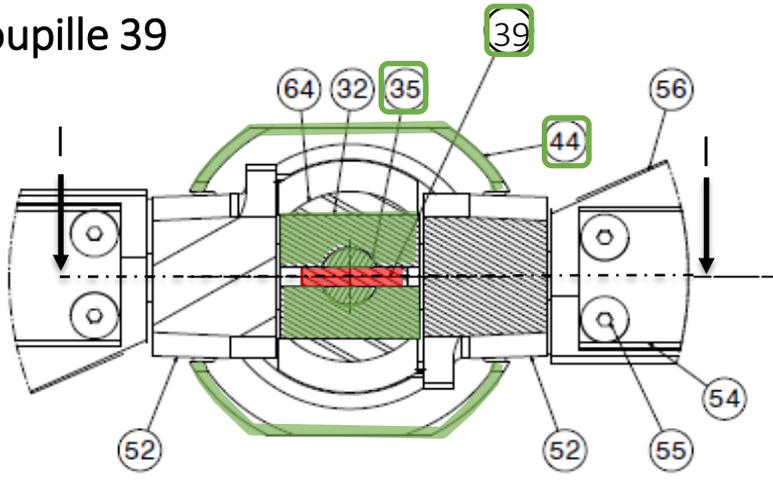
Donc 32 e CE « axe principal »

5- Identifier la CE « Axe principal »

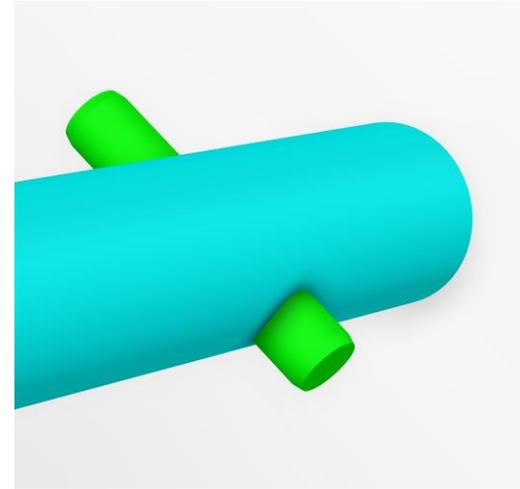


5- CE « Axe principal » analyses technologiques

Goupille 39

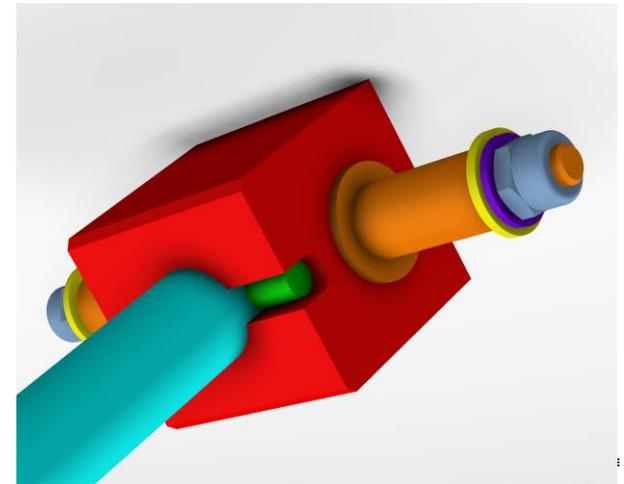
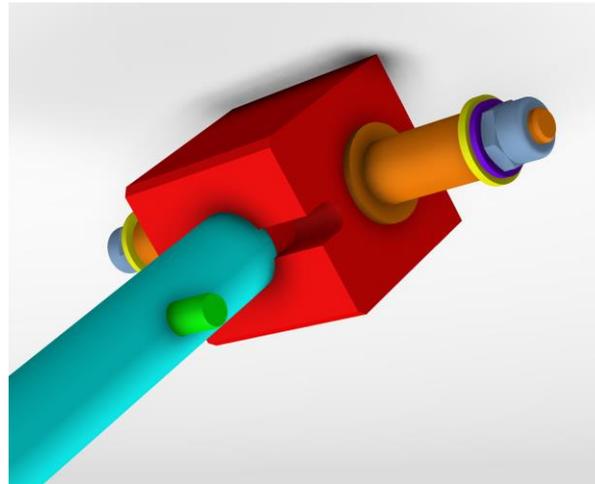
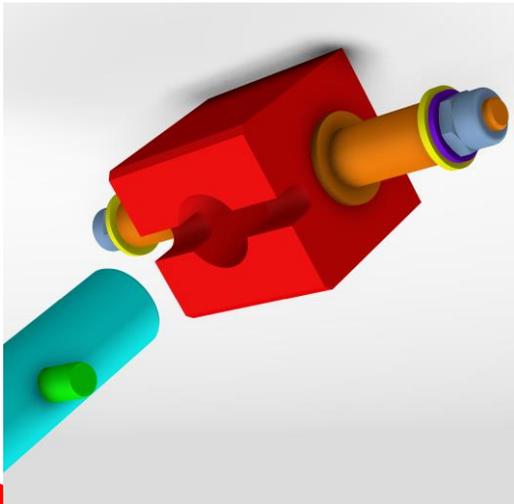


Montage 35-39 : serré



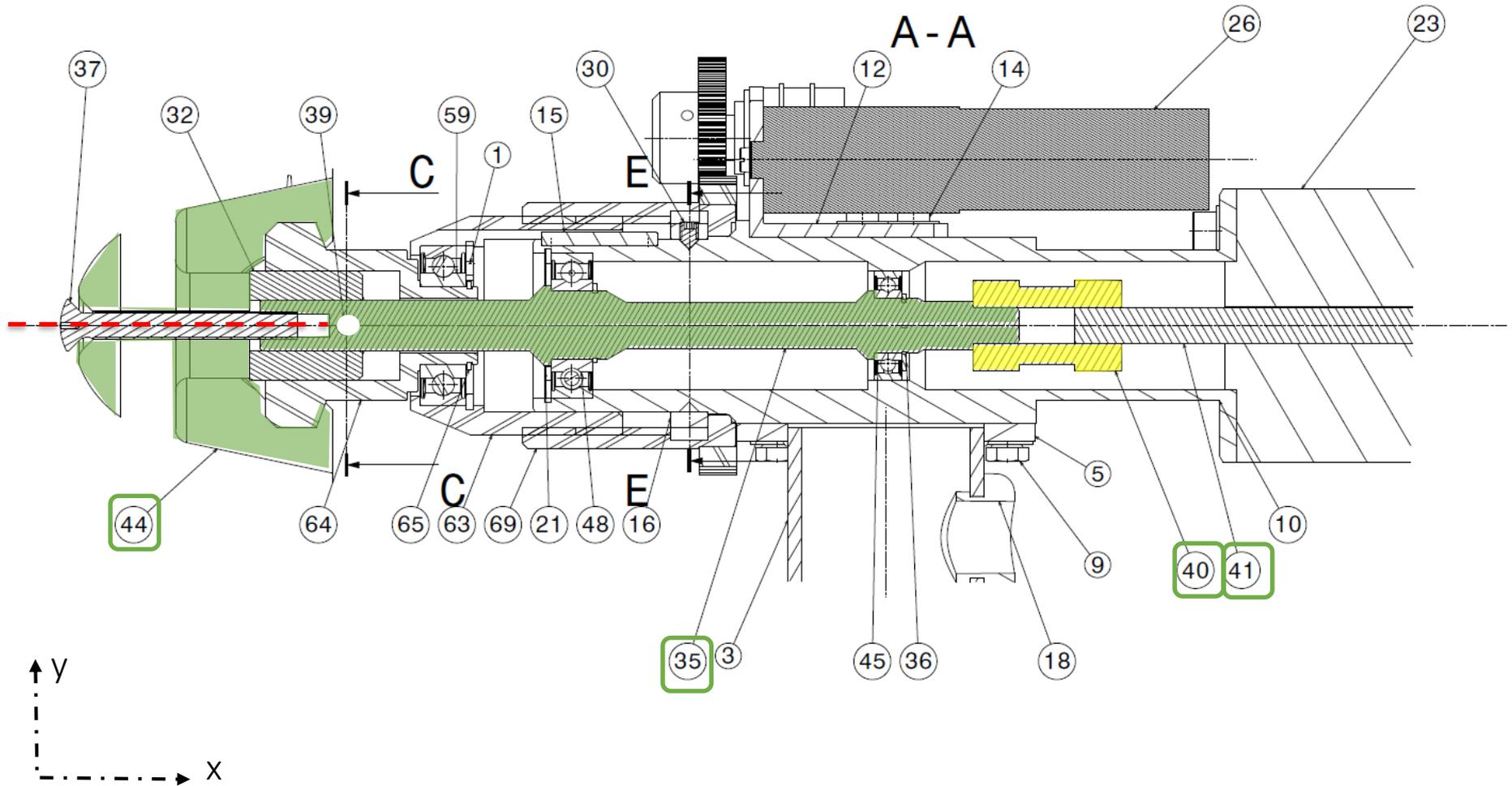
Rôle : Transmettre le couple exercé par le vent sur les pales à l'axe principal

Montage 35-32 : glissant pour permettre le montage



5- Identifier la CE « Axe principal »

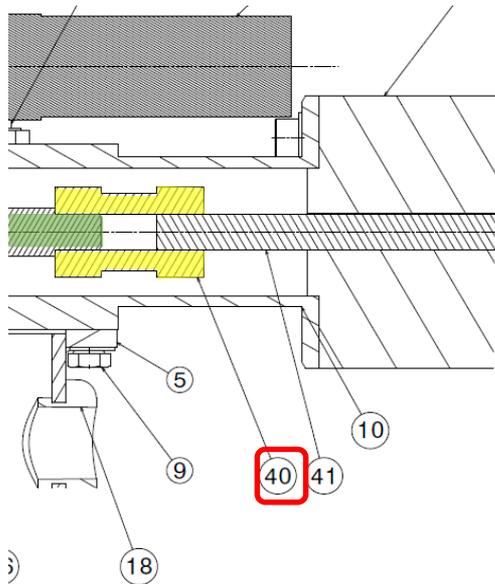
Attention : Le joint 40 a une représentation simplifié sur le plan



5- CE « Axe principal » analyses technologiques

Accouplement flexible

40	1	3dp094602	Accouplement_flexible
----	---	-----------	-----------------------



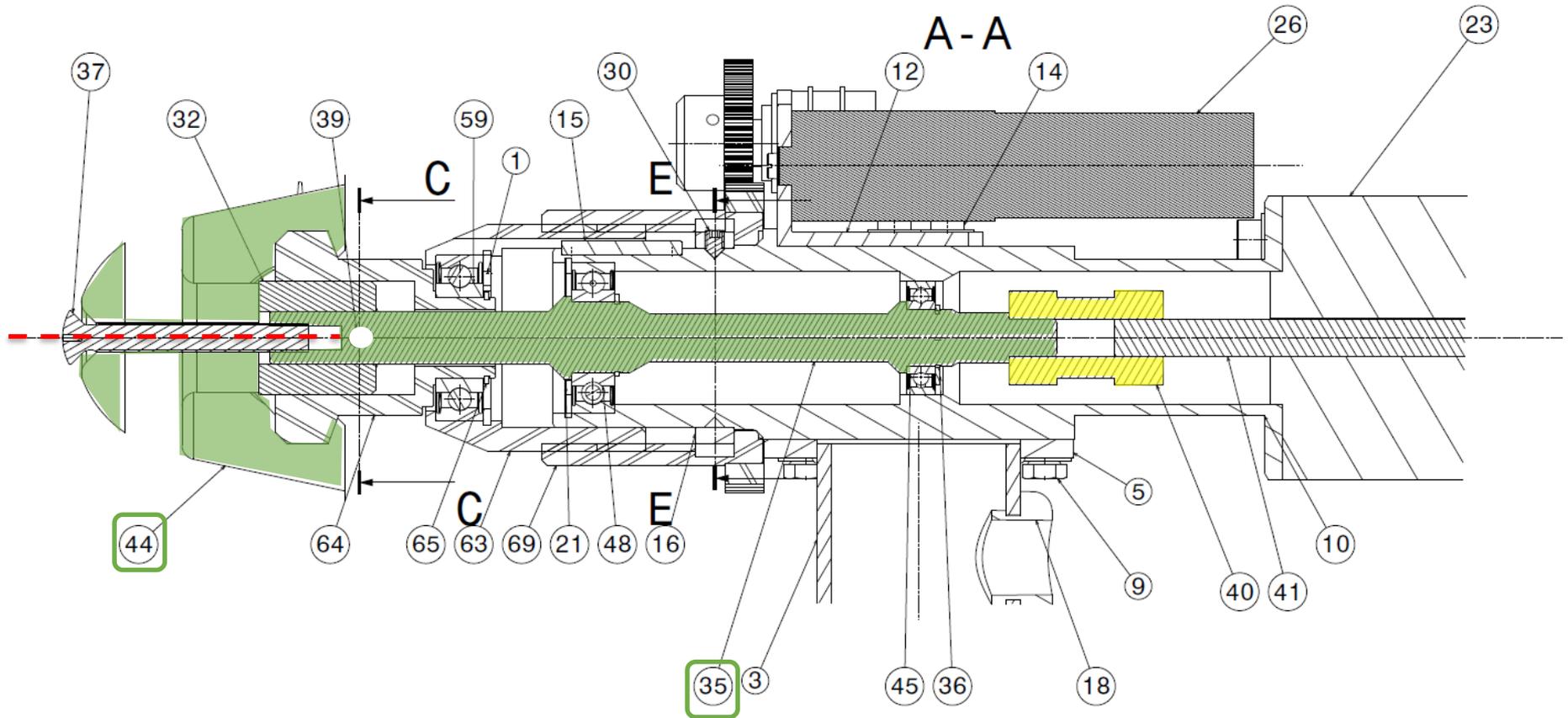
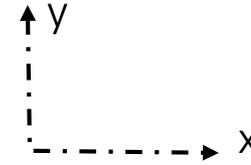
Élément élastique hors CE



- Transmettre le couple d'un arbre menant à un arbre mené,
- Absorber et amortir les irrégularités de couple
- Déplacer les régimes critiques.
- Permettre des désalignements et des décalages entre les arbres.
- Autoriser certaines déformations des châssis.
- Supprime les contraintes parasites éventuelles d'un accouplement rigide utilisé dans les mêmes conditions.
- Construire plus léger avec des tolérances plus larges, donc plus économiquement.

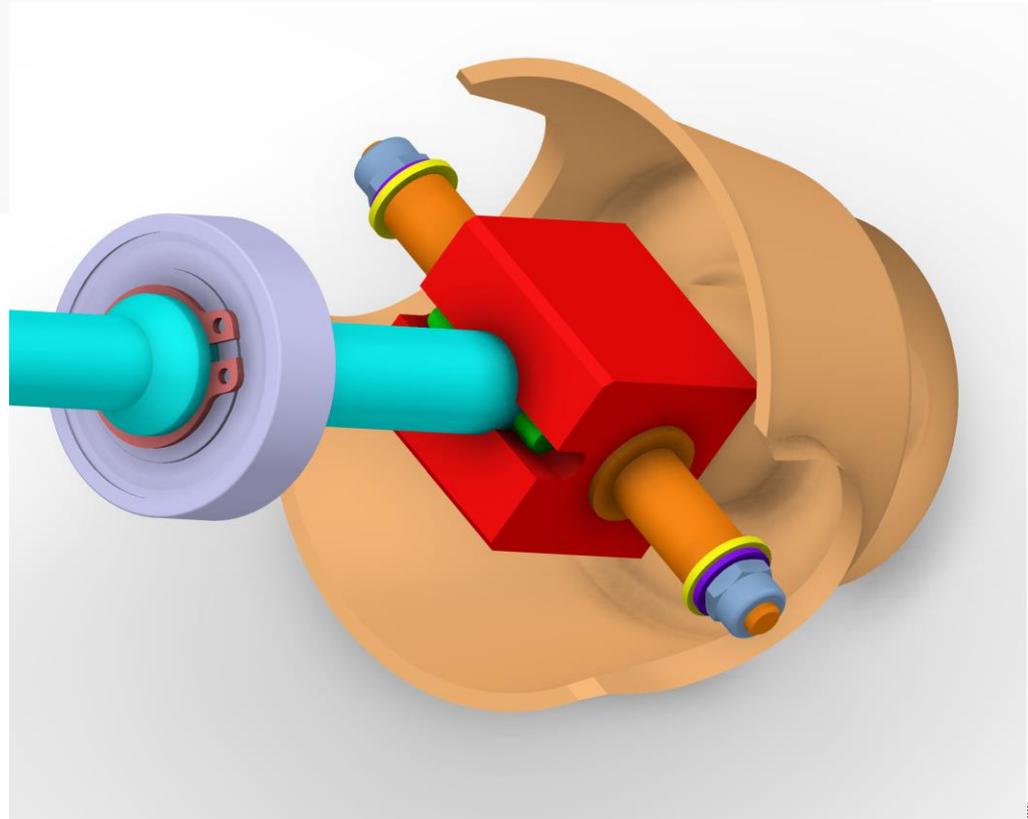
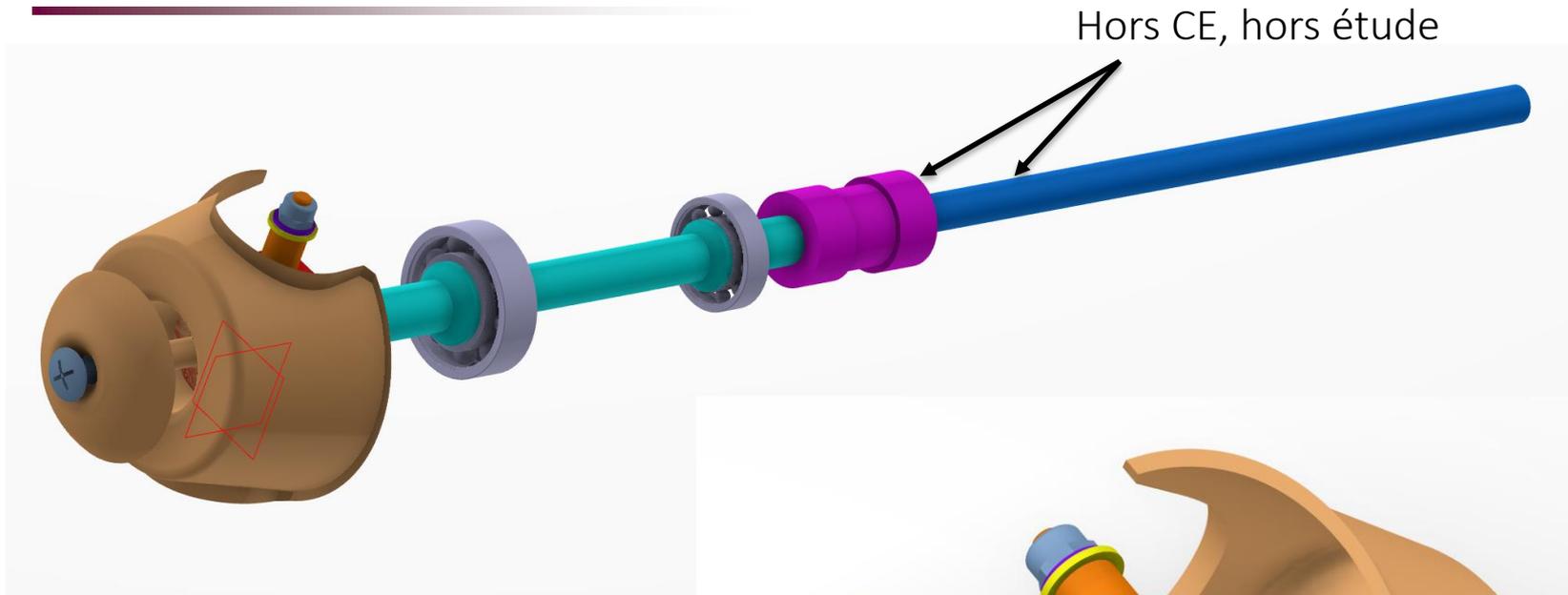
<http://www.paulstra-industry.com/upload/gamme/catalogue/accouplements-elastiques-EA76F432.pdf>

5- Identifier la CE « Axe principal »

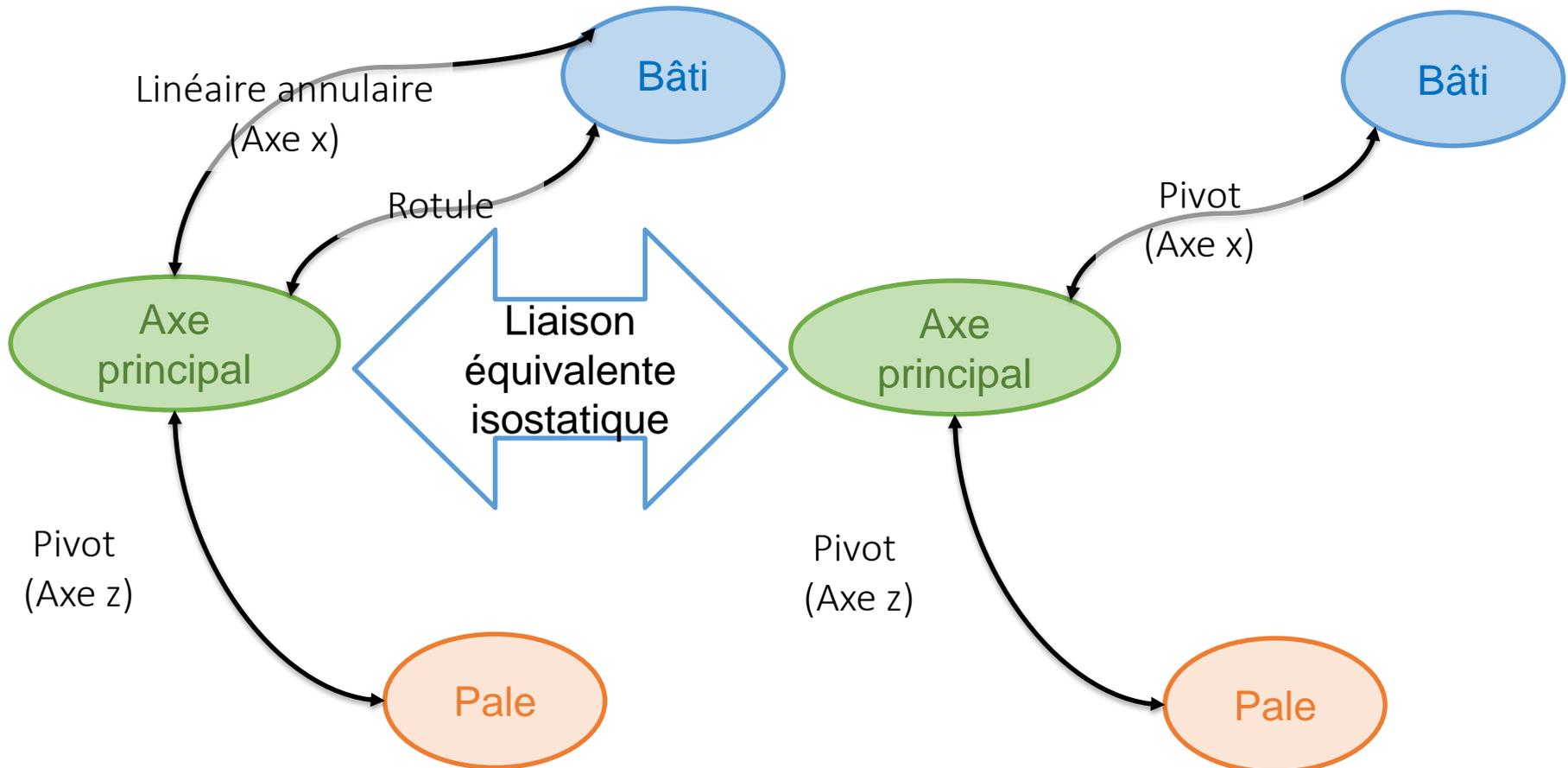


Bilan CE « Axe Principal » : 35 44 39 32 31

5- Identifier la CE « Axe principal »

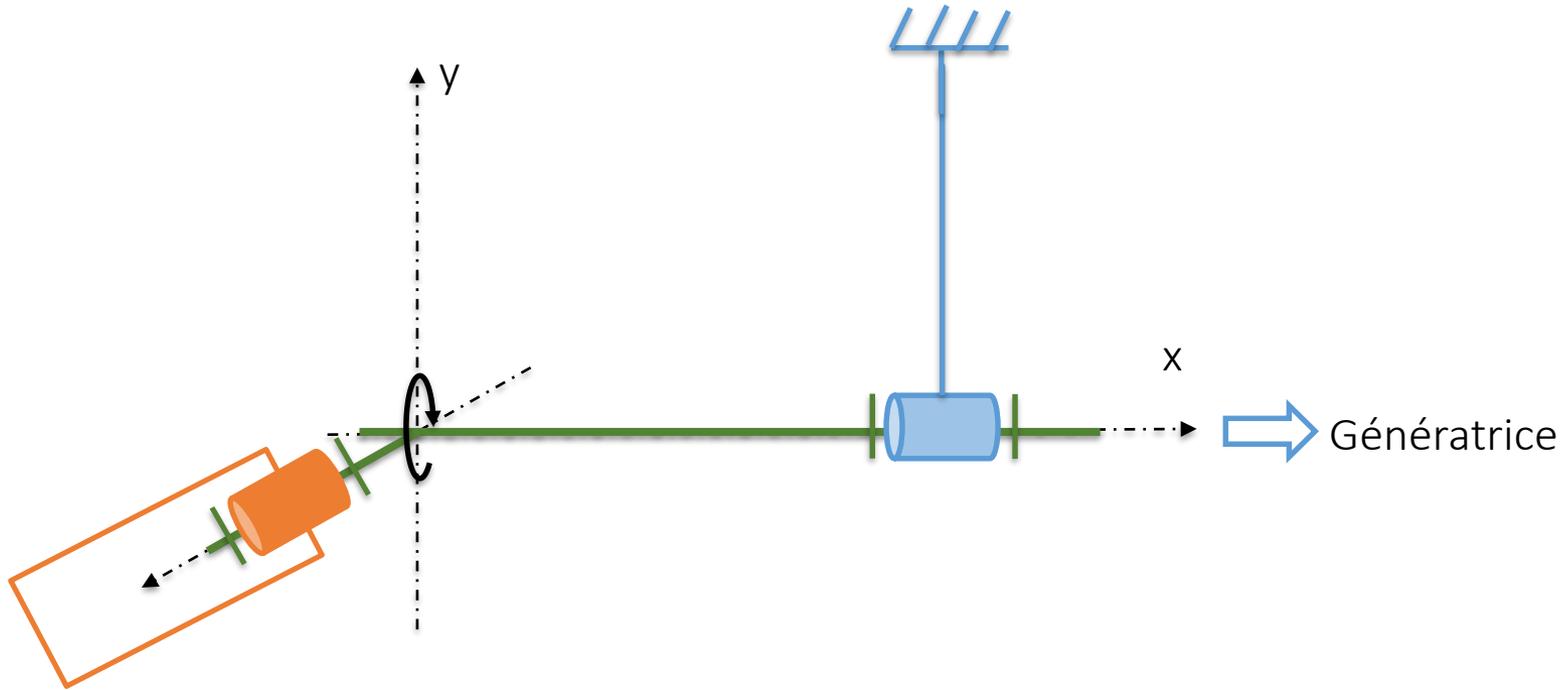


5- CE « Axe principal » liaisons avec les CE précédentes



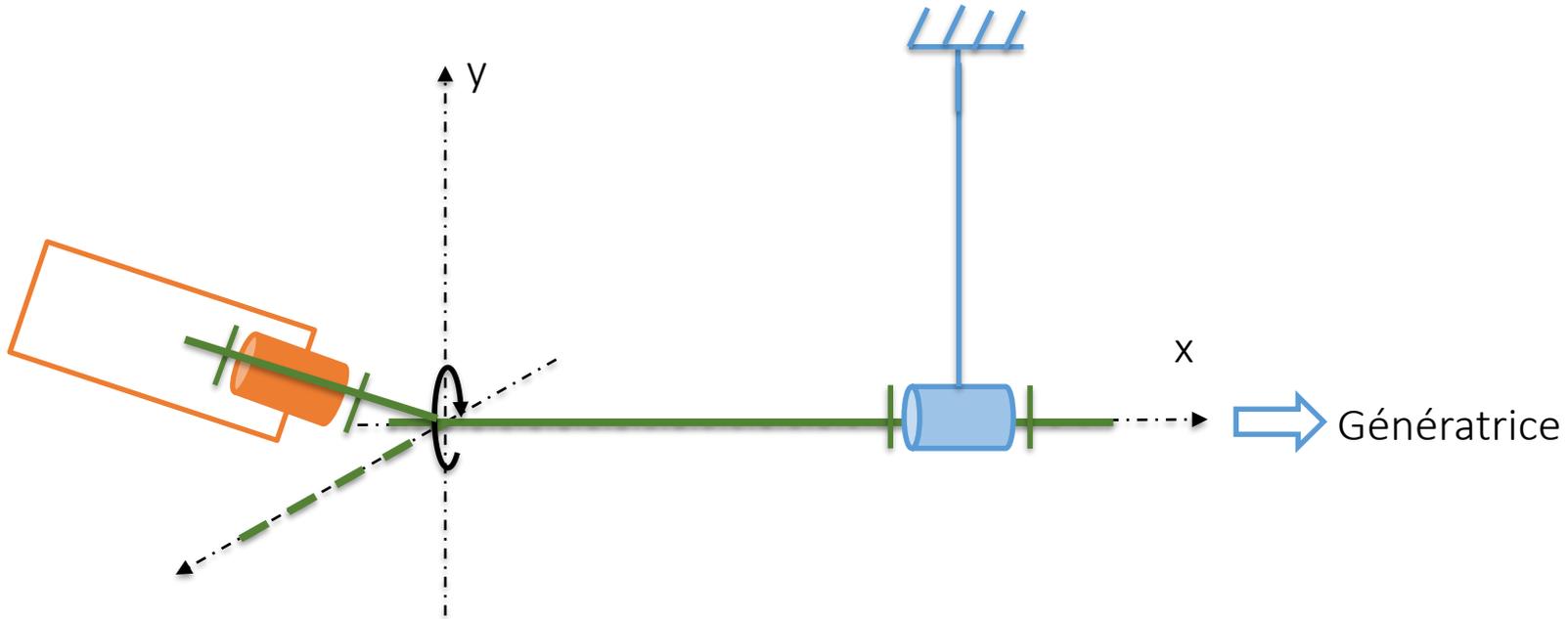
Remarque : on fait l'étude pour une seule pale

Chaine cinématique : fonction créer de l'électricité



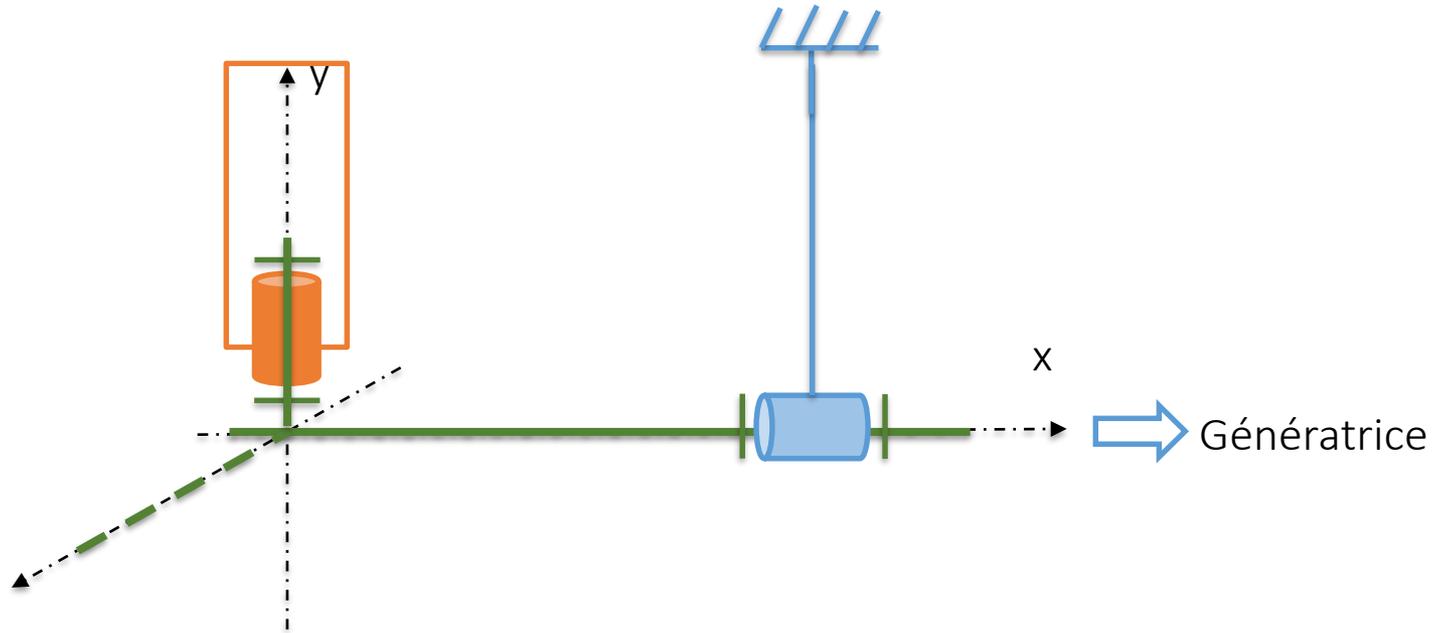
Attention l'orientation de la pale n'est pas contrôlée ...

Chaine cinématique : fonction créer de l'électricité



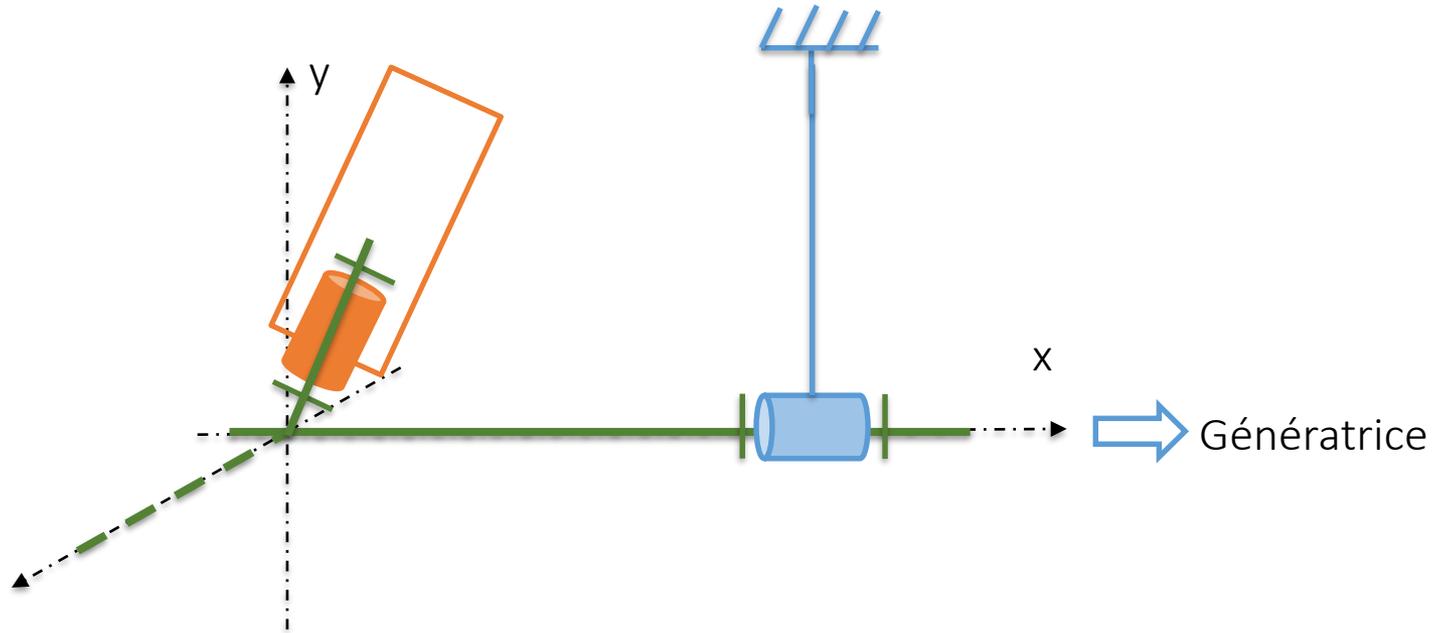
Attention l'orientation de la pale n'est pas contrôlée ...

Chaine cinématique : fonction créer de l'électricité



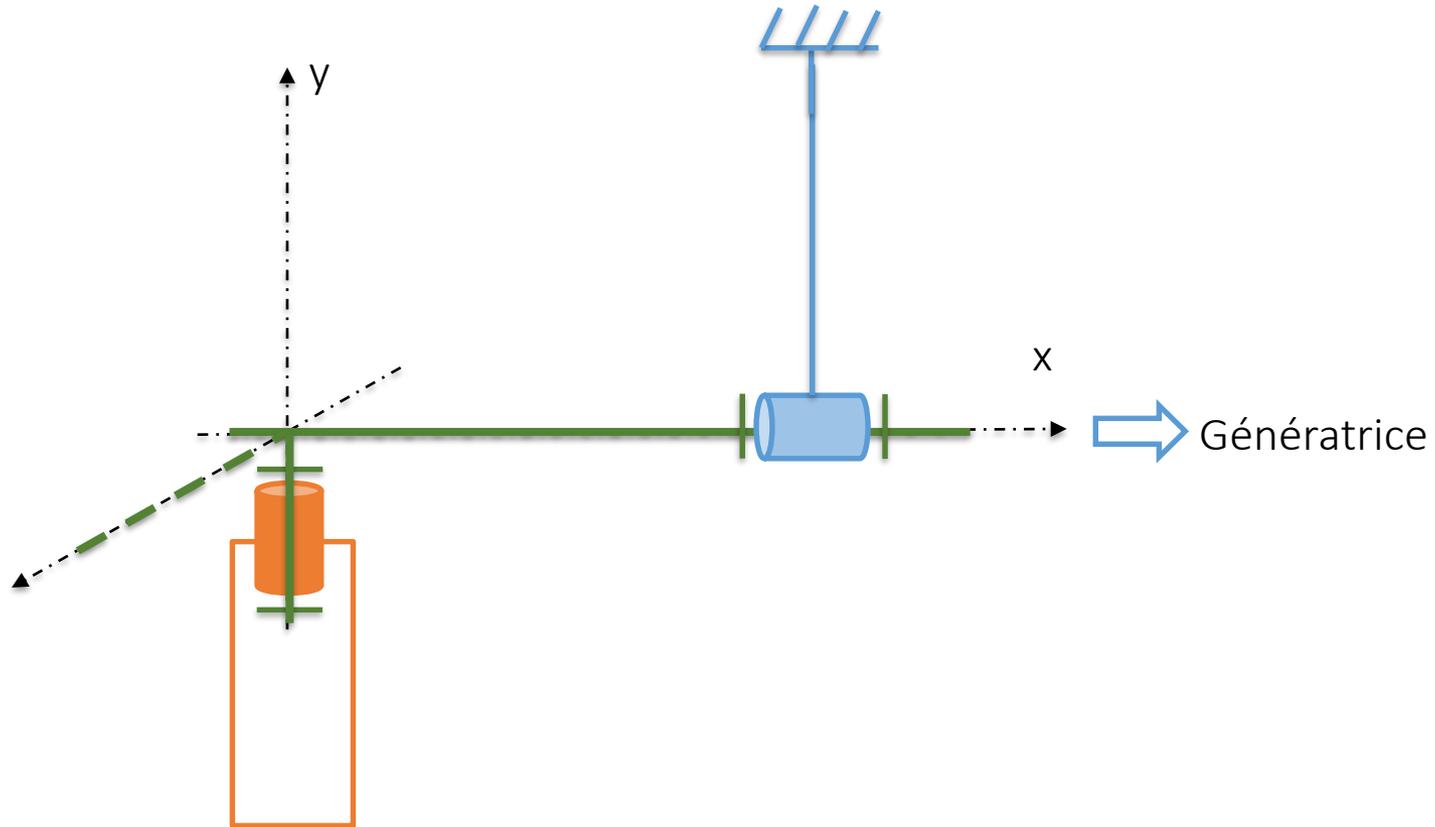
Attention l'orientation de la pale n'est pas contrôlée ...

Chaine cinématique : fonction créer de l'électricité



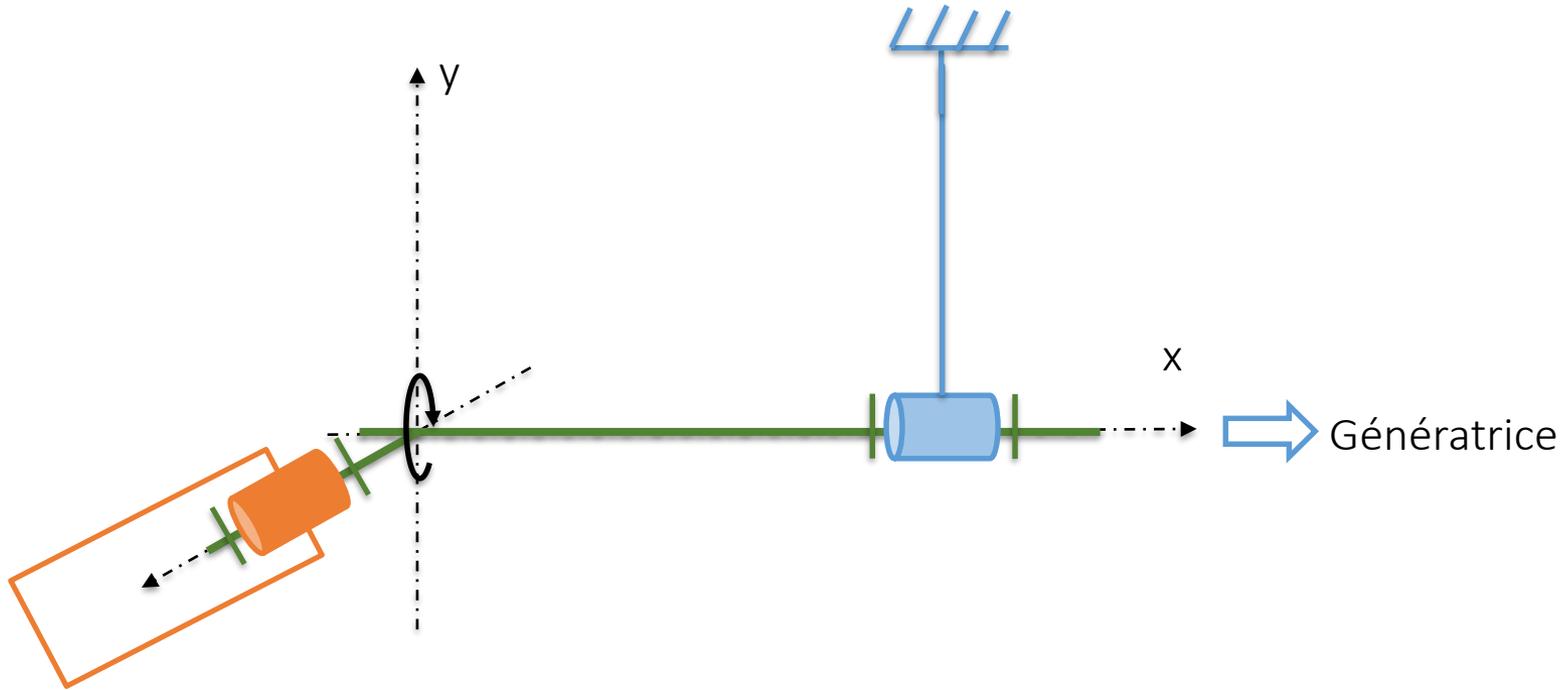
Attention l'orientation de la pale n'est pas contrôlée ...

Chaine cinématique : fonction créer de l'électricité



Attention l'orientation de la pale n'est pas contrôlée ...

Chaine cinématique : fonction créer de l'électricité

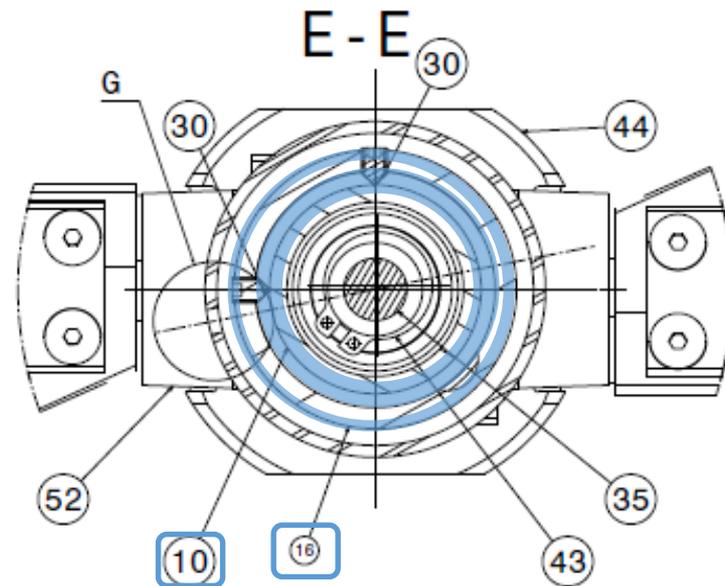
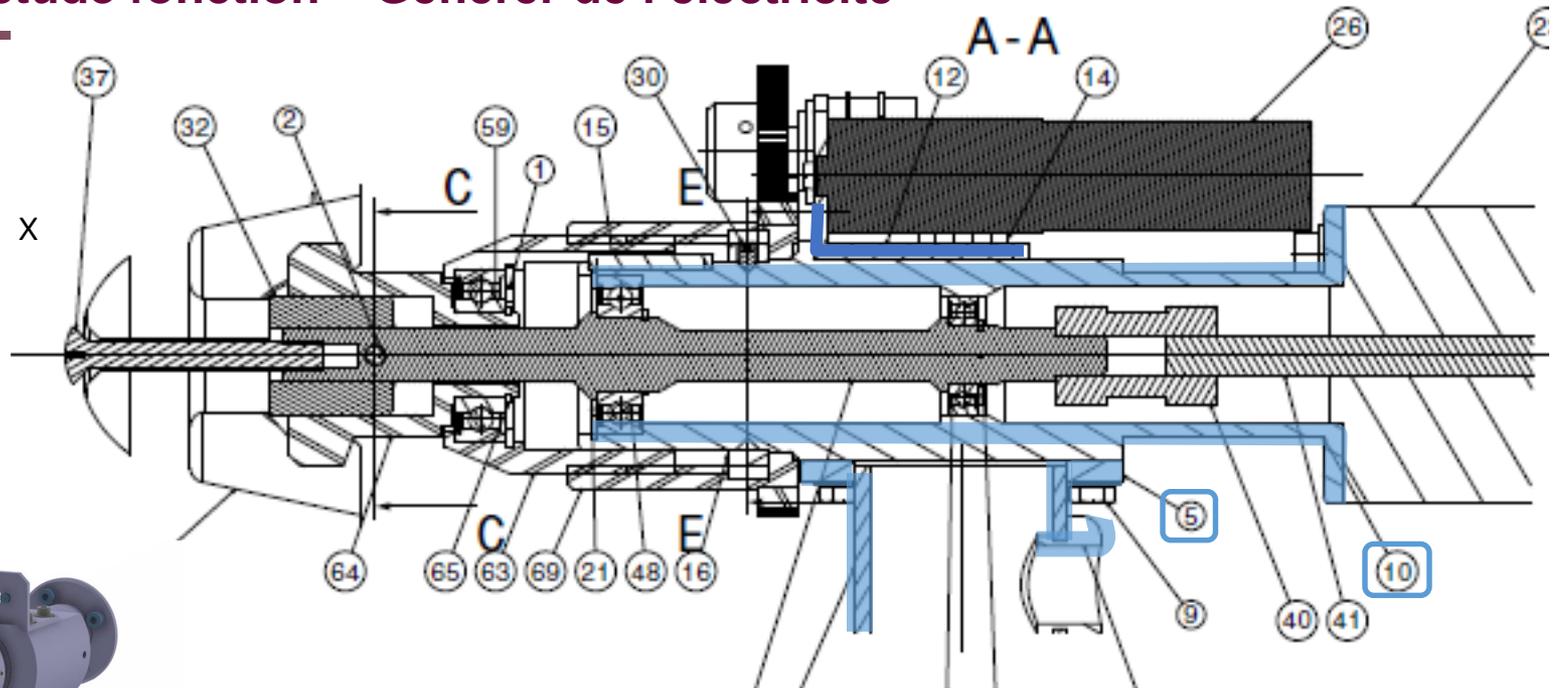


Attention l'orientation de la pale n'est pas contrôlée ...

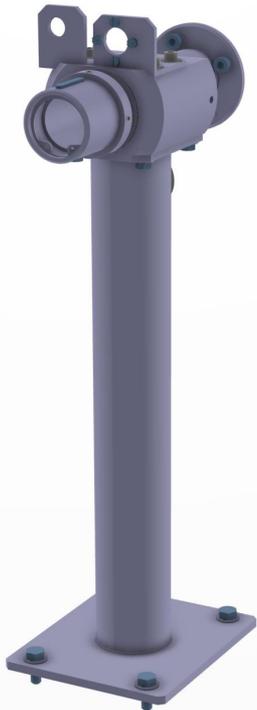


**Analyse de la fonction :
Contrôler l'angle de calage**

Bilan étude fonction « Générer de l'électricité »

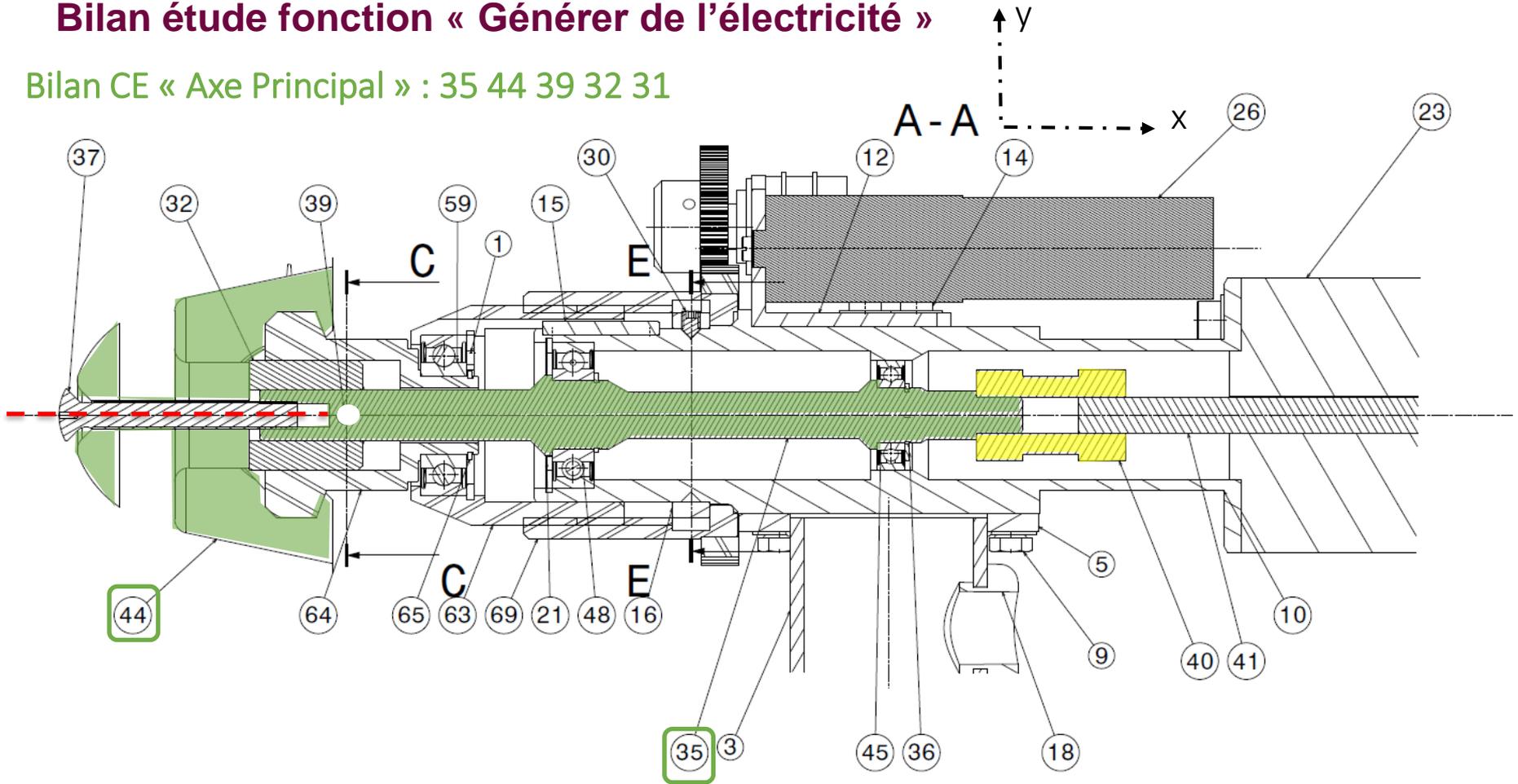


Bilan CE « bâti » :
 4 3 5 18 10 15 16
 12 & 17 (équerres)

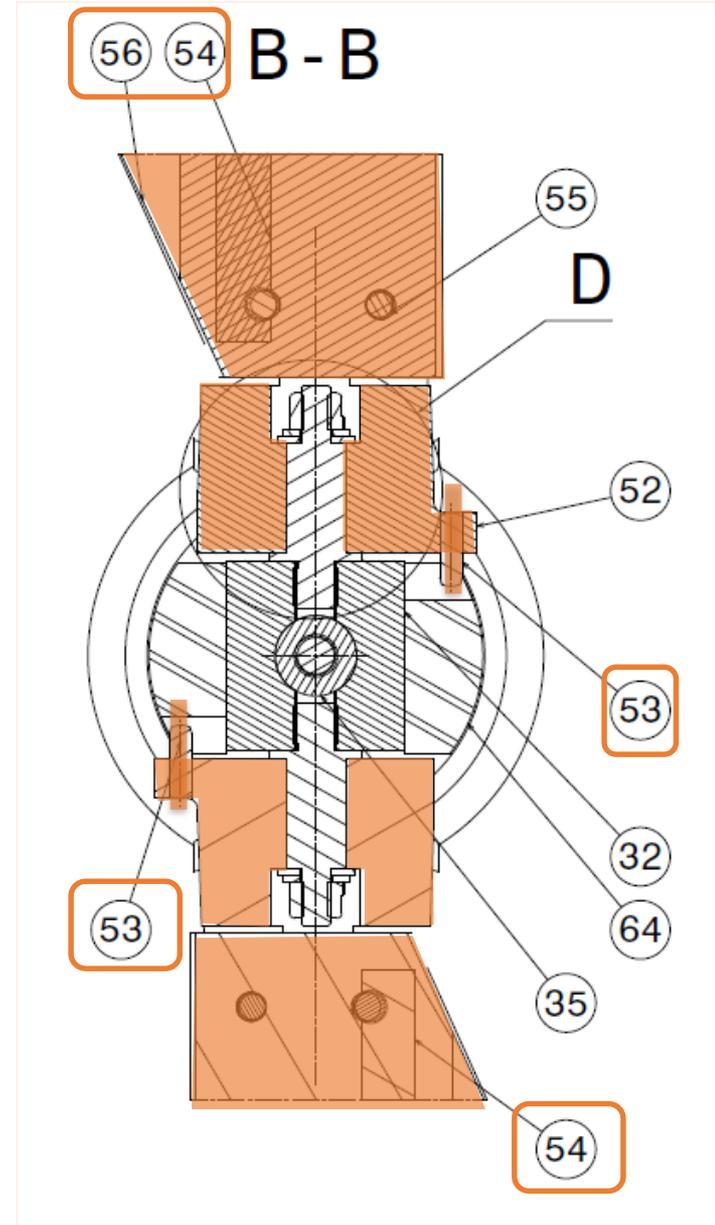
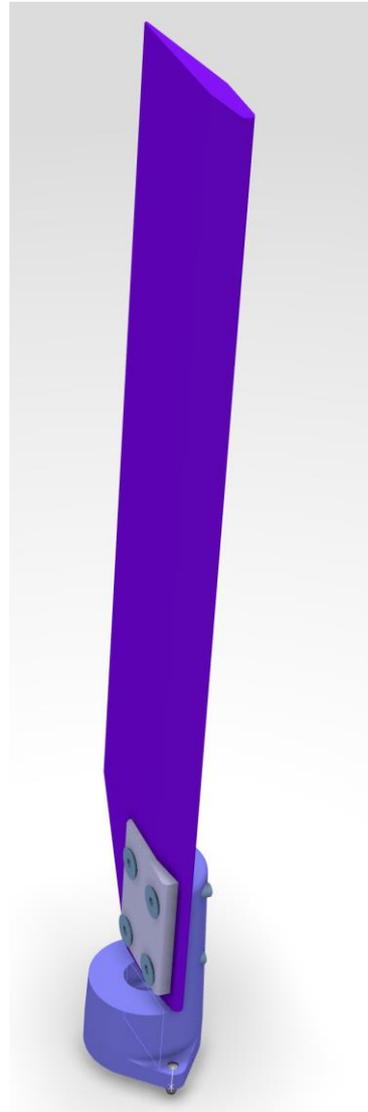
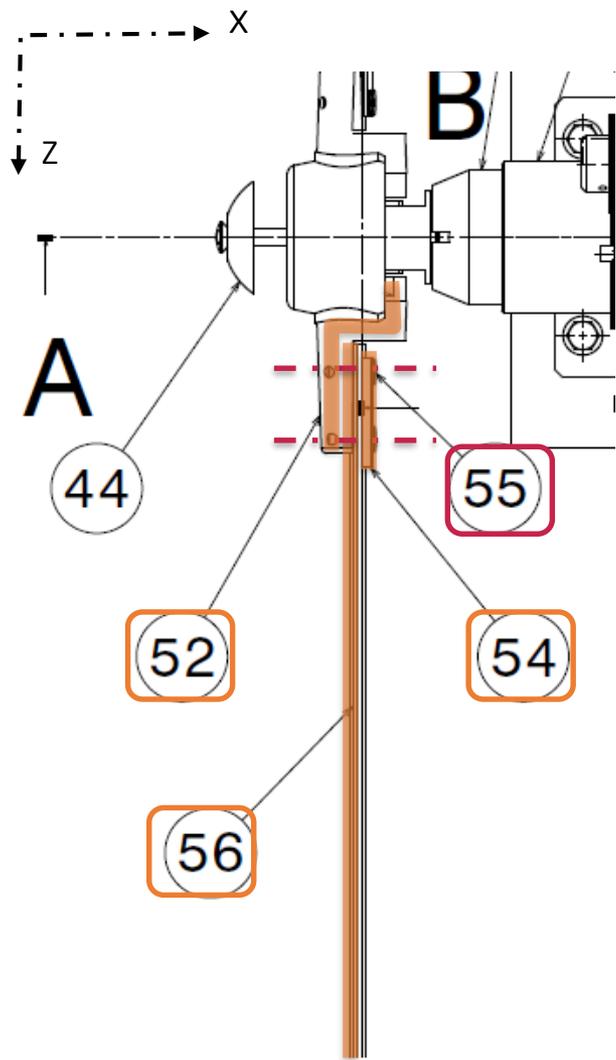


Bilan étude fonction « Générer de l'électricité »

Bilan CE « Axe Principal » : 35 44 39 32 31

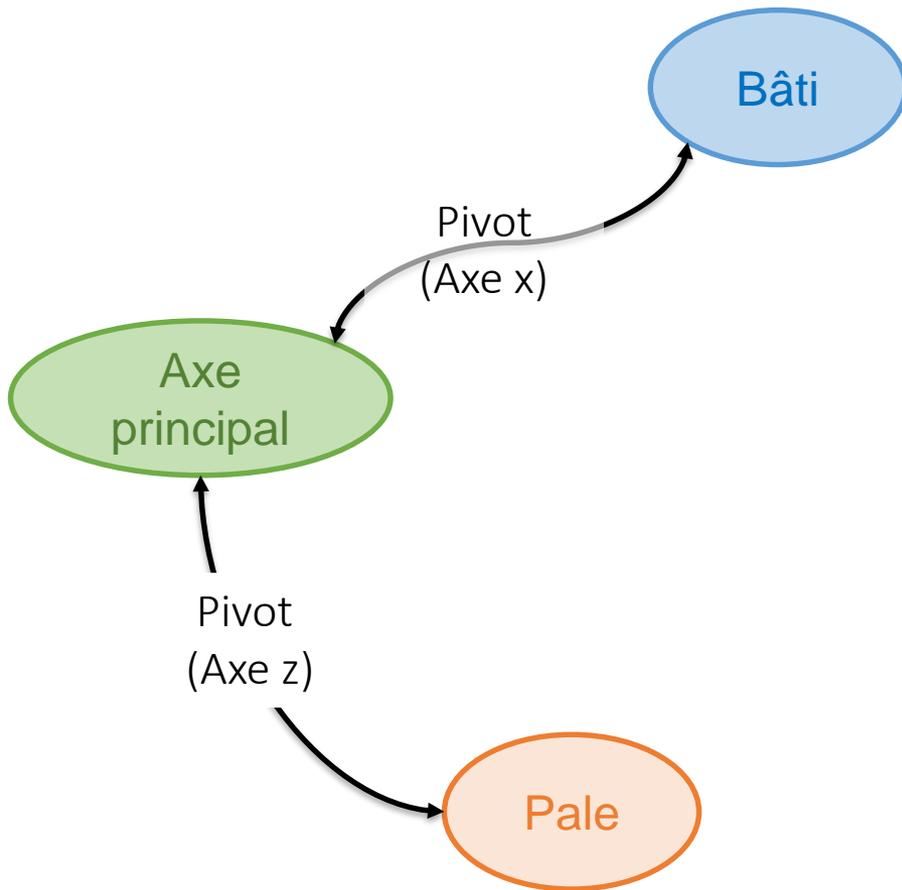


Bilan étude fonction « Générer de l'électricité »

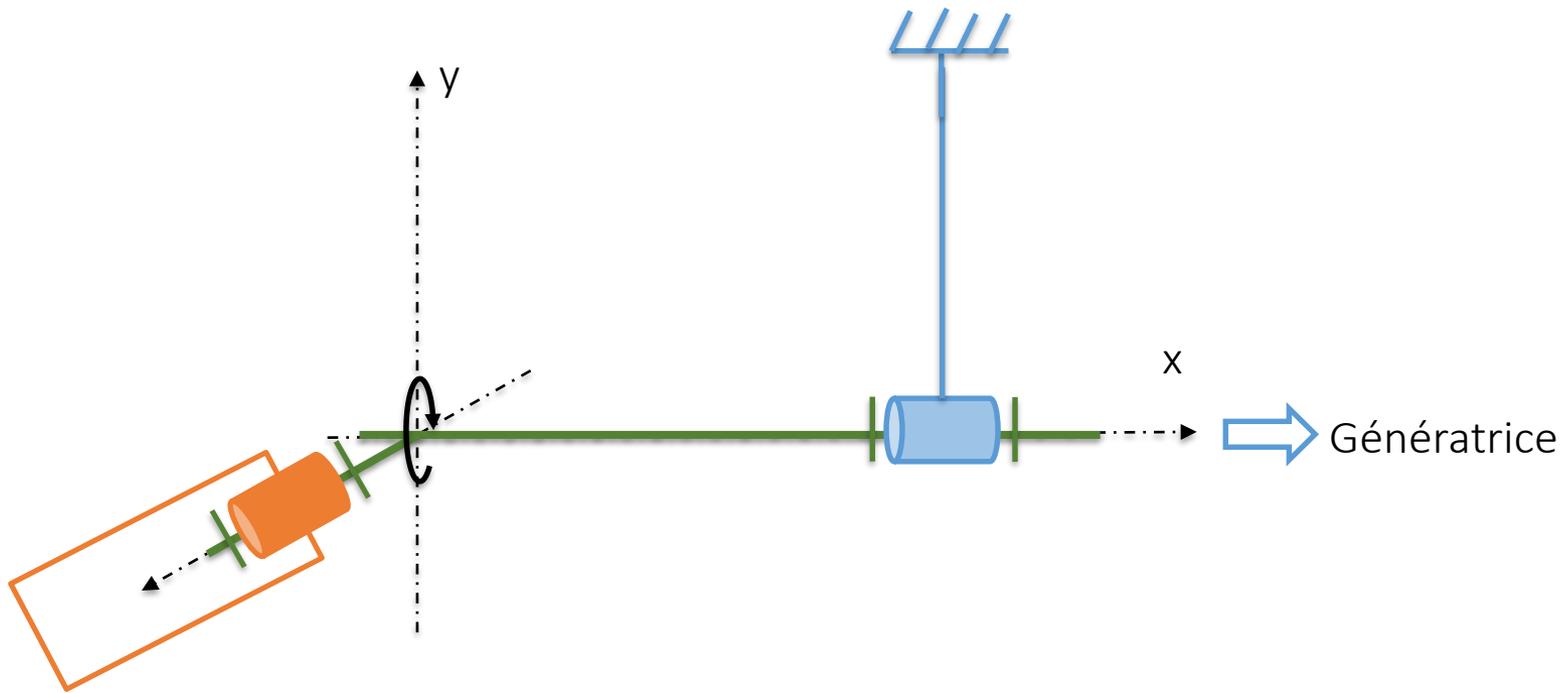


Bilan CE « Pale » : 52 54 56 53

Bilan étude fonction « Générer de l'électricité »

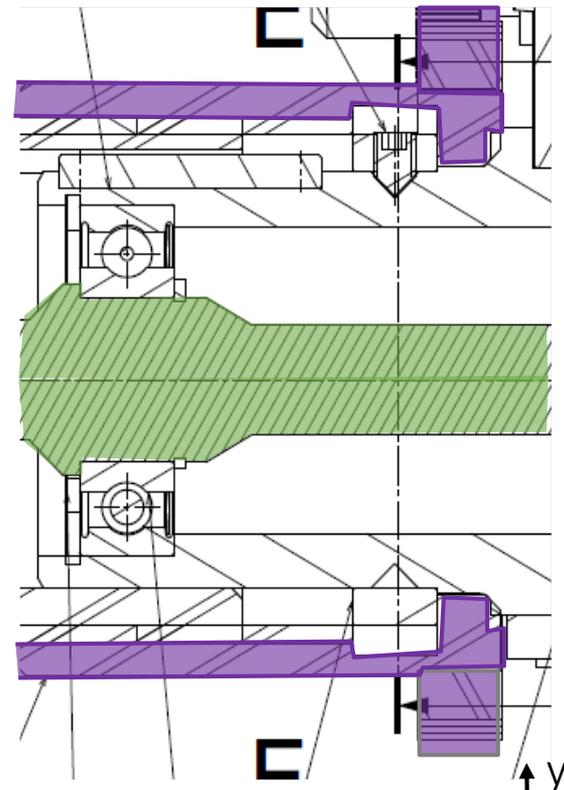
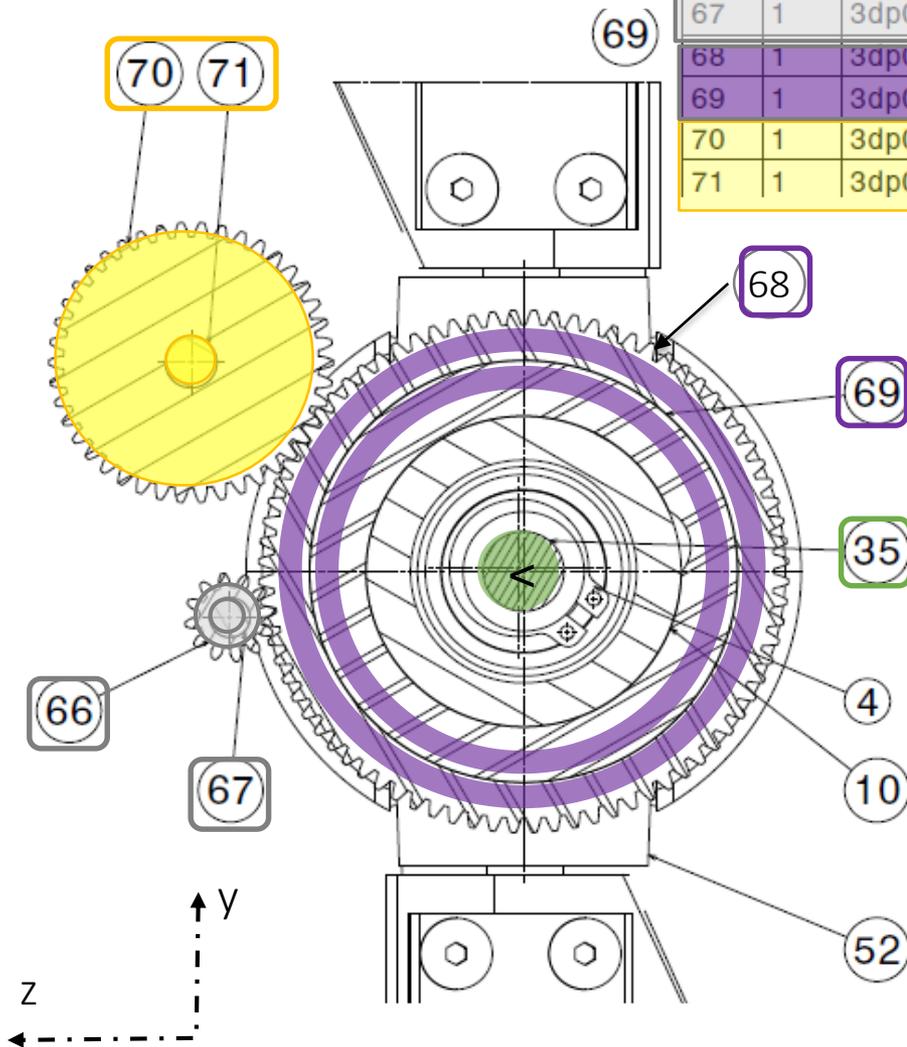


Bilan étude fonction « Générer de l'électricité »

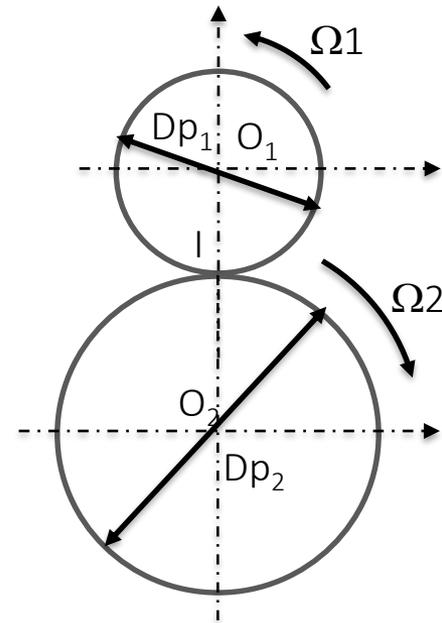


6- Identifier les CE « Axe-Motoréducteur »; « Axe potentiomètre », « Ecran d'incidence »

66	1	3dp094657	Pignon motoréducteur $Z=12$, $m=0.8$
67	1	3dp094656	Axe Motoréducteur
68	1	3dp094591	Roue écran d'incidence $Z=42$, $m=0.8$
69	1	3dp094592	Corps écran d'incidence Taraudage M48x2.5-5H
70	1	3dp094578	Pignon potentiometre $Z=42$, $m=0.8$
71	1	3dp094577	Axe potentiometre



6- Liaisons par engrenages



- Nombre de dent Z_1, Z_2
- Module m
- Angle de pression α

- Rapport de réduction $r = \frac{\Omega_2}{\Omega_1}$

- Roulement sans glissement en I $\frac{1}{2} D_{p1} \cdot \Omega_1 = \frac{1}{2} D_{p2} \cdot \Omega_2$

- 2 cercles roulants sans glisser
- I primitif d'engrènement
- D_p : diamètre primitif = $m \cdot Z$

$$r = \frac{\Omega_2}{\Omega_1} = \frac{D_{p1}}{D_{p2}} = \frac{m \cdot Z_1}{m \cdot Z_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

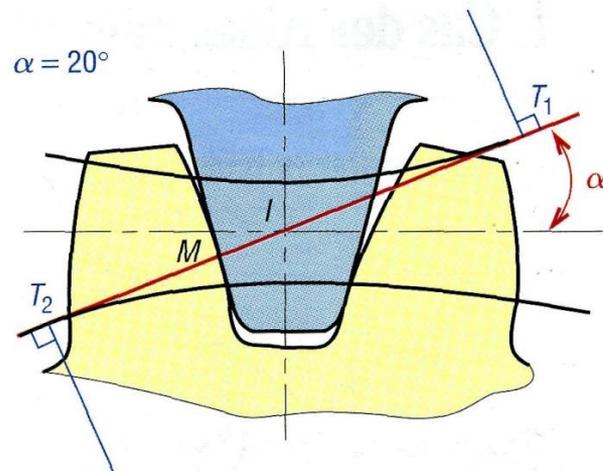
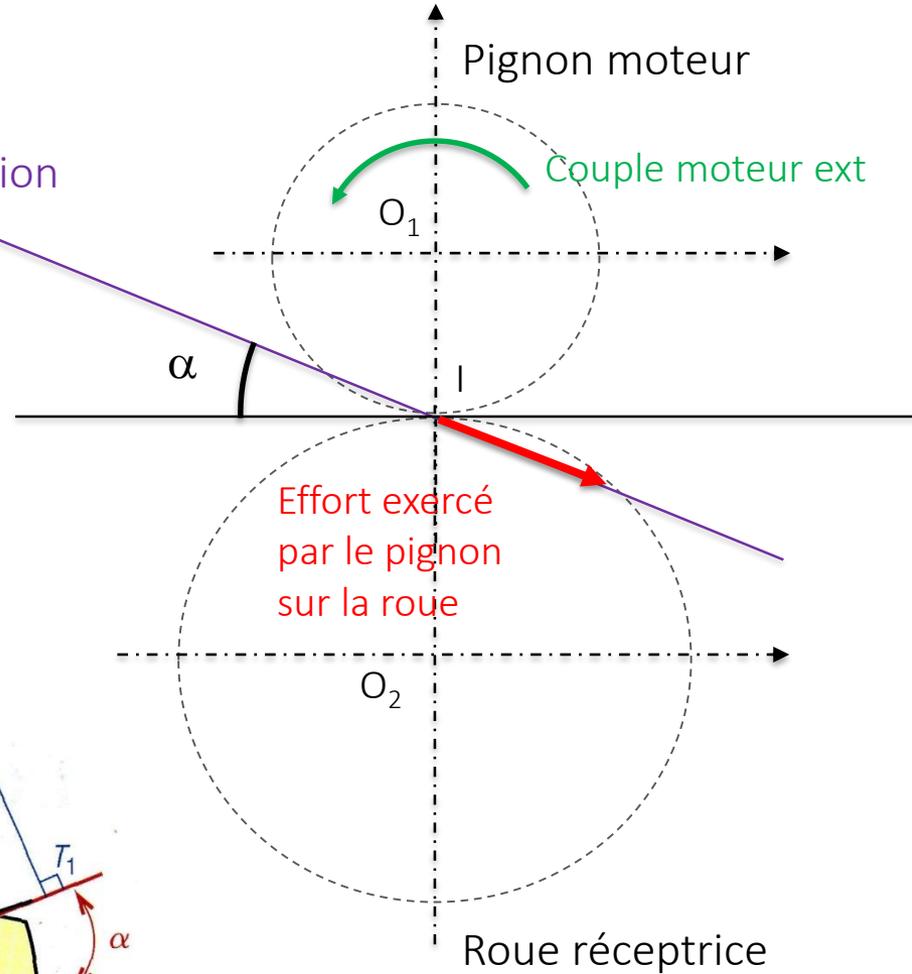
Engrènements Eolicc :

- motoréducteur-Ecrou d'incidence $r = \frac{12}{80} = \frac{3}{20}$
- Ecrou d'incidence-potentiomètre $r = \frac{80}{42} = \frac{40}{21}$

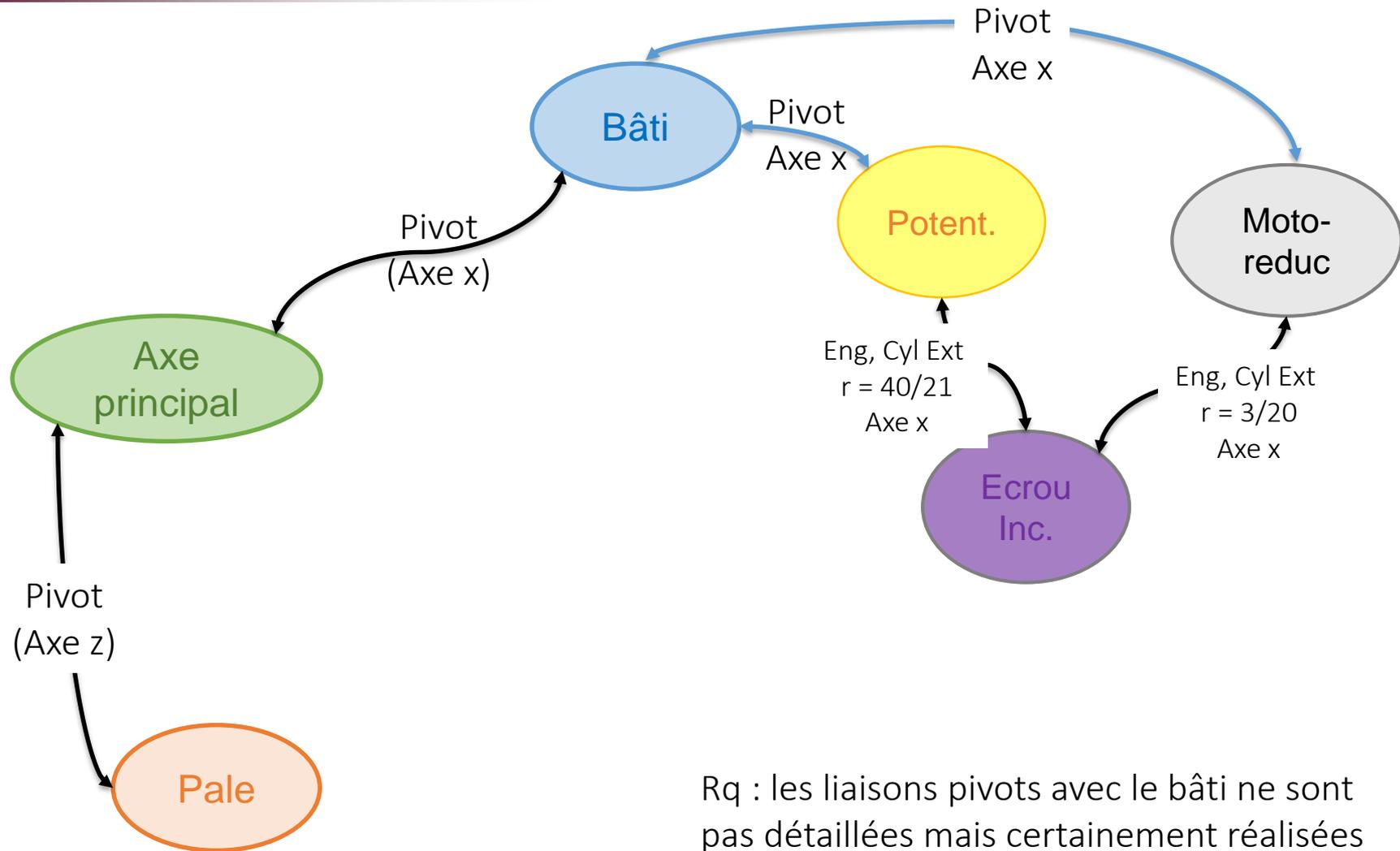
6- Liaisons par engrenages droits



Ligne d'action

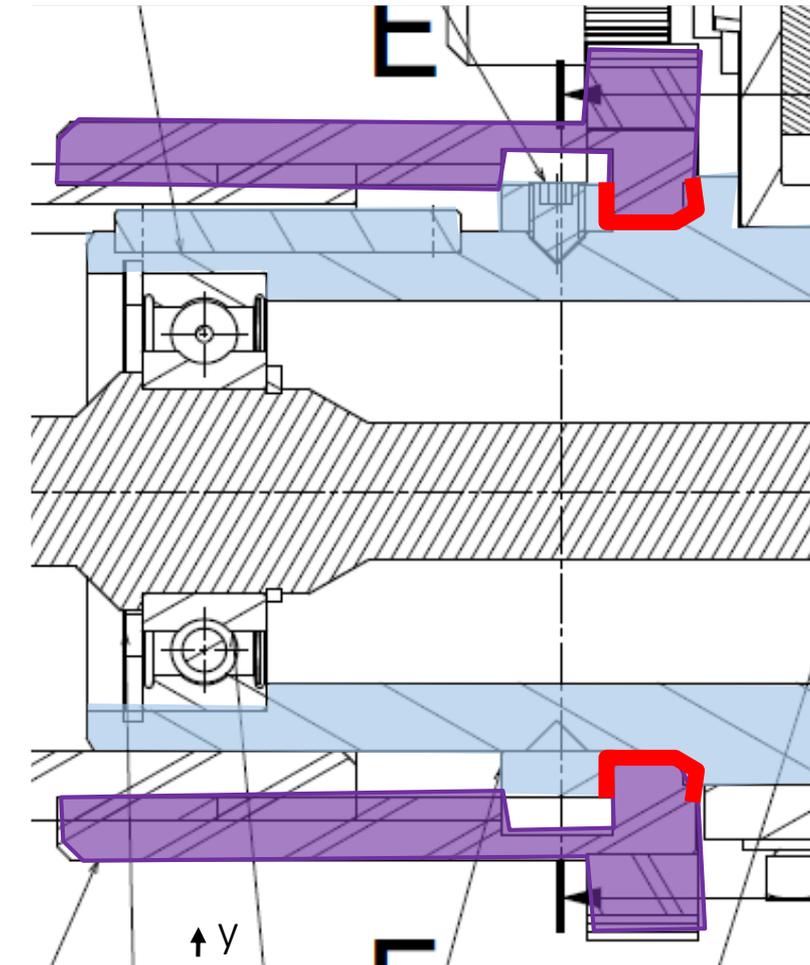


6- Liaisons CE « Axe-Motoréducteur »; « Axe potentiomètre », « Bâti »



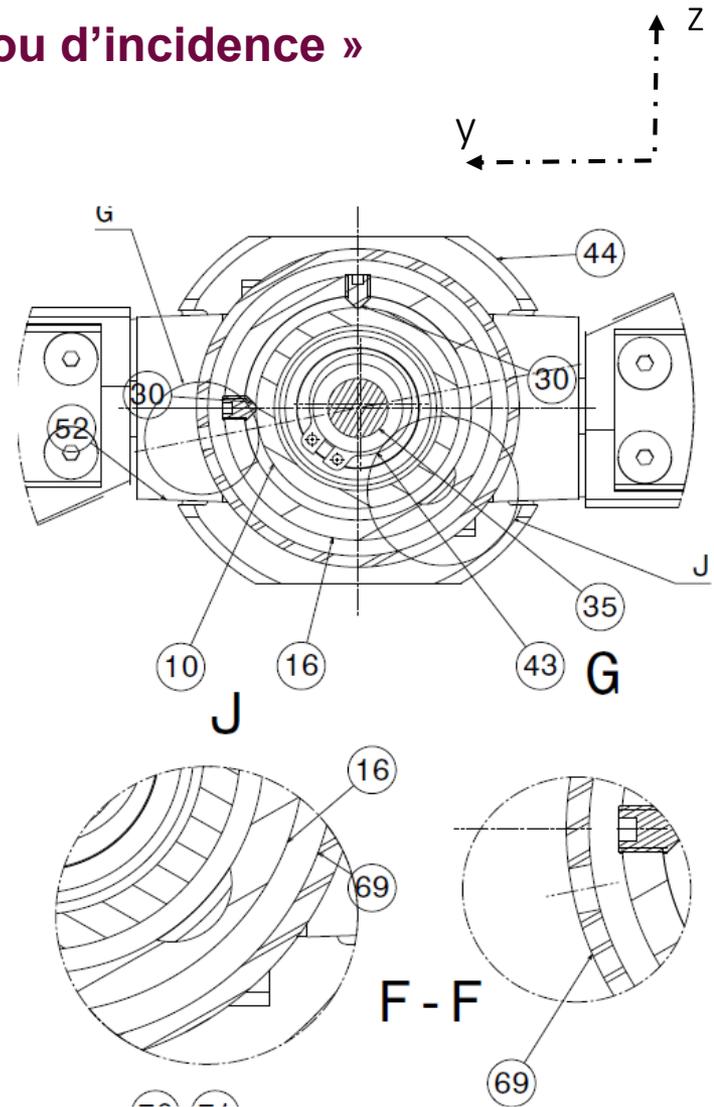
Rq : les liaisons pivots avec le bâti ne sont pas détaillées mais certainement réalisées par des roulements

8- Analyse liaison CE « Bâti » et CE « Ecrou d'incidence »



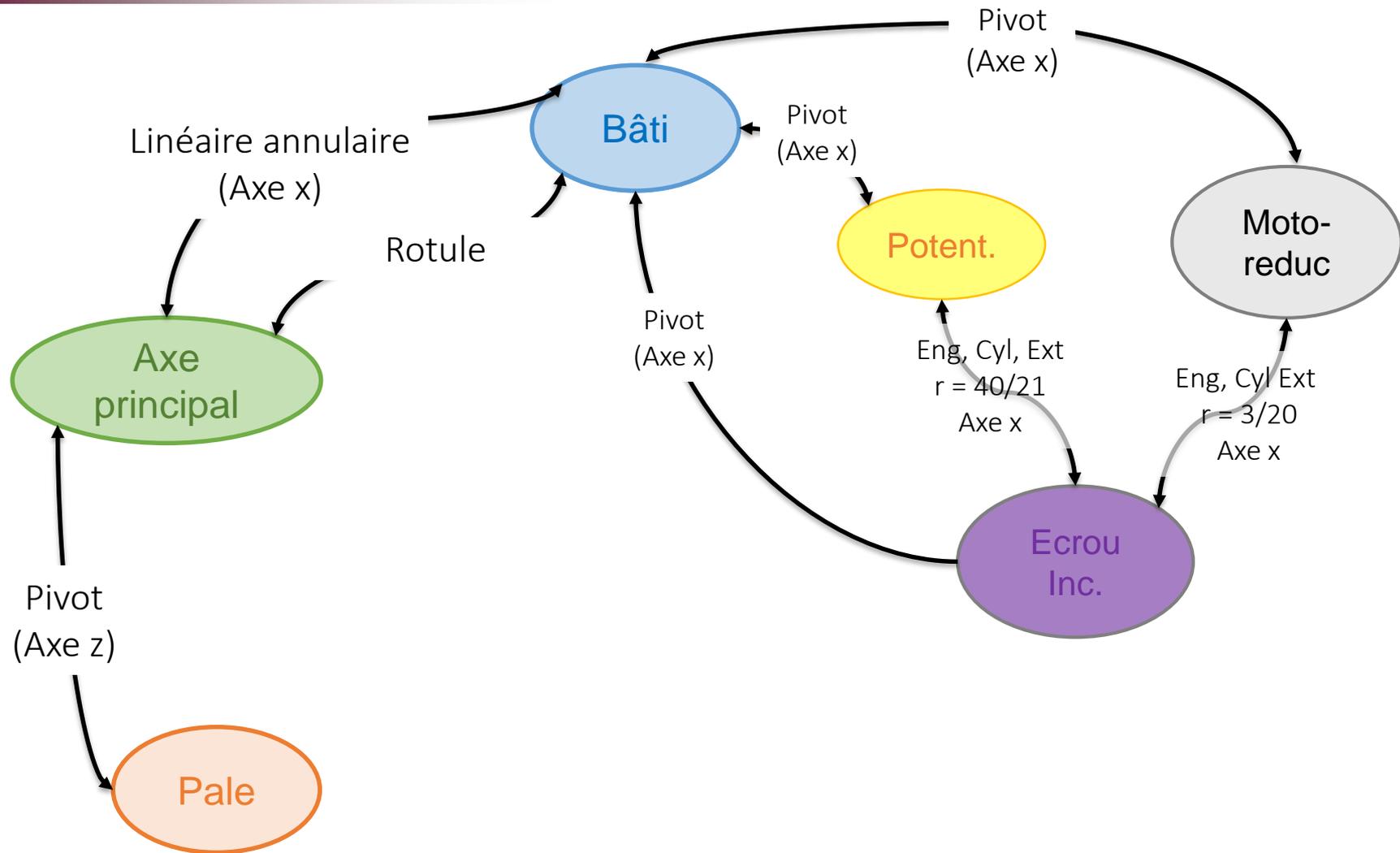
Guidage + appui plan

➔ Pivot (rotule)

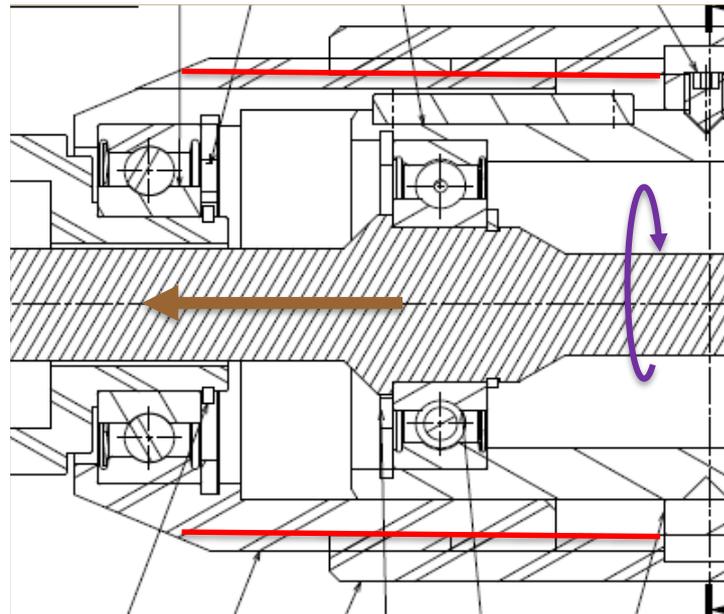
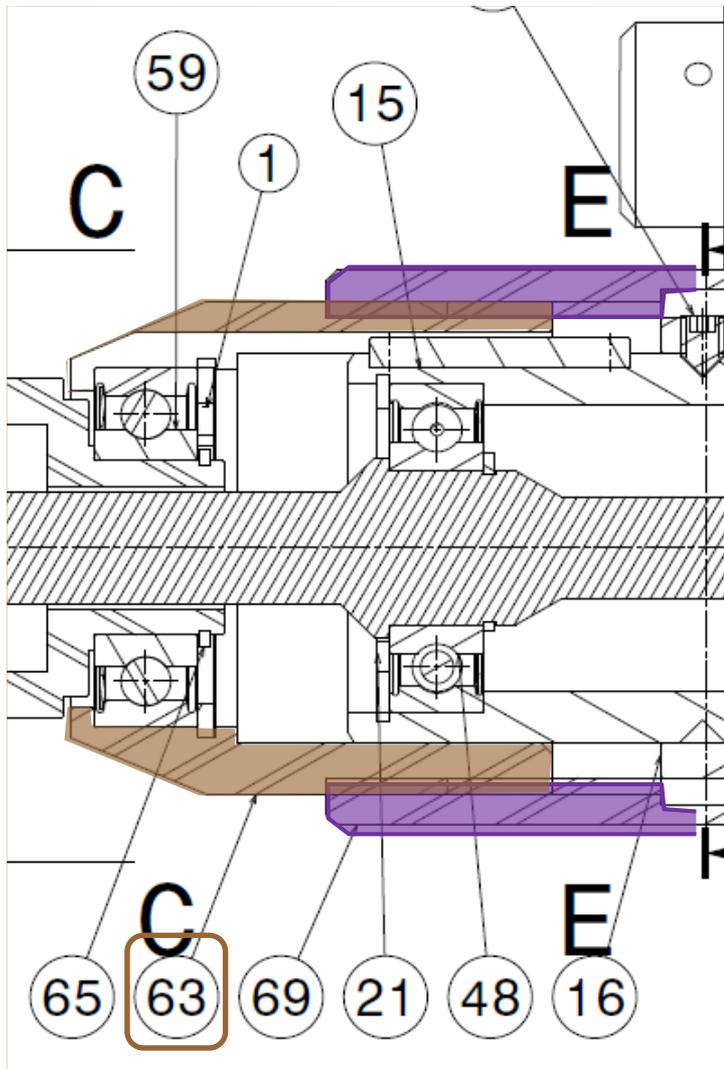


Montage des différents éléments ???

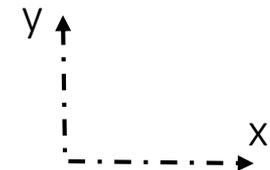
8- Analyse liaison CE « Bati » et CE « Ecrou d'incidence »



9- Analyse liaison CE « Coulisseau » et CE « Ecroû d'incidence »

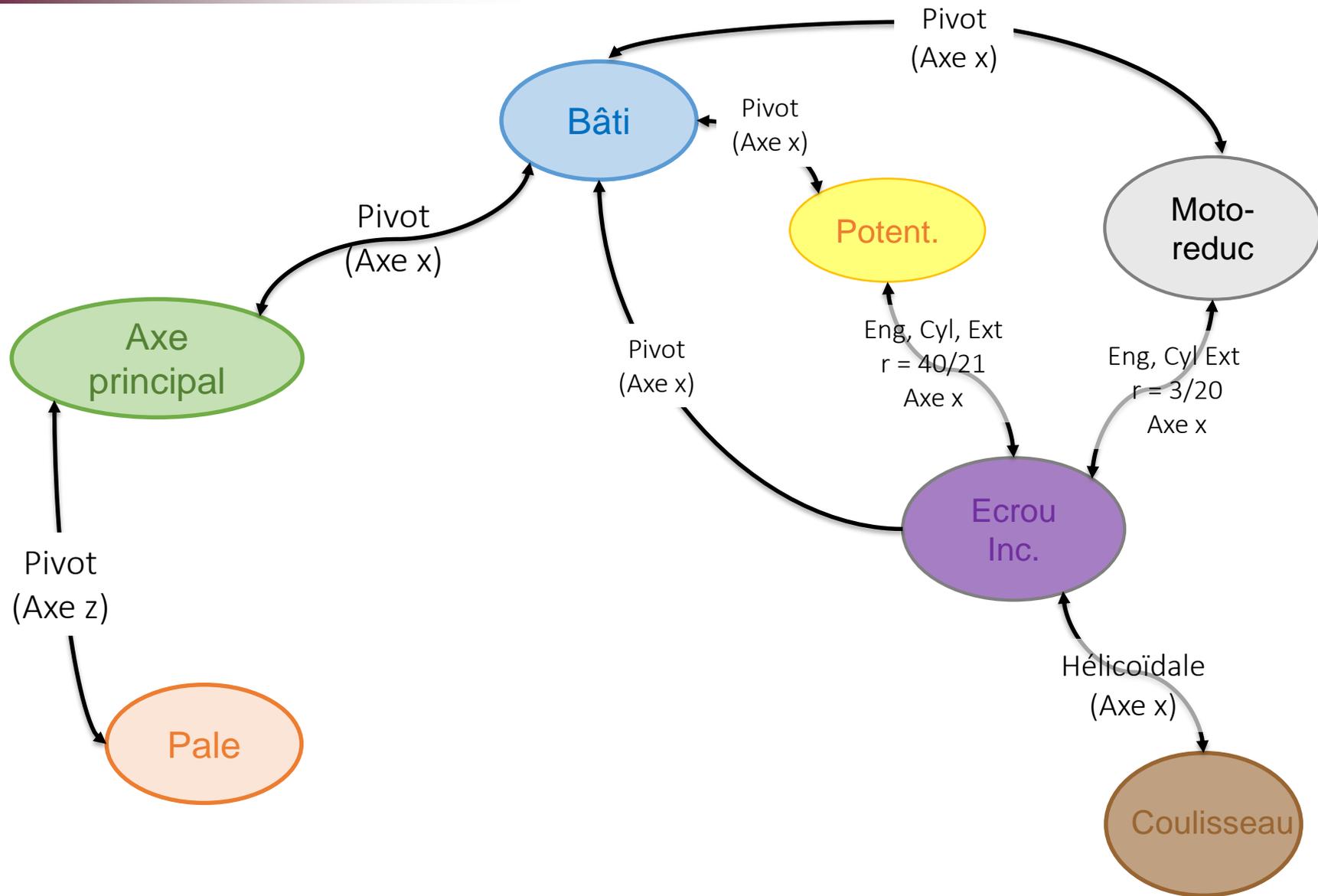


⇒ Hélicoïdale axe x 2,5mm / tr

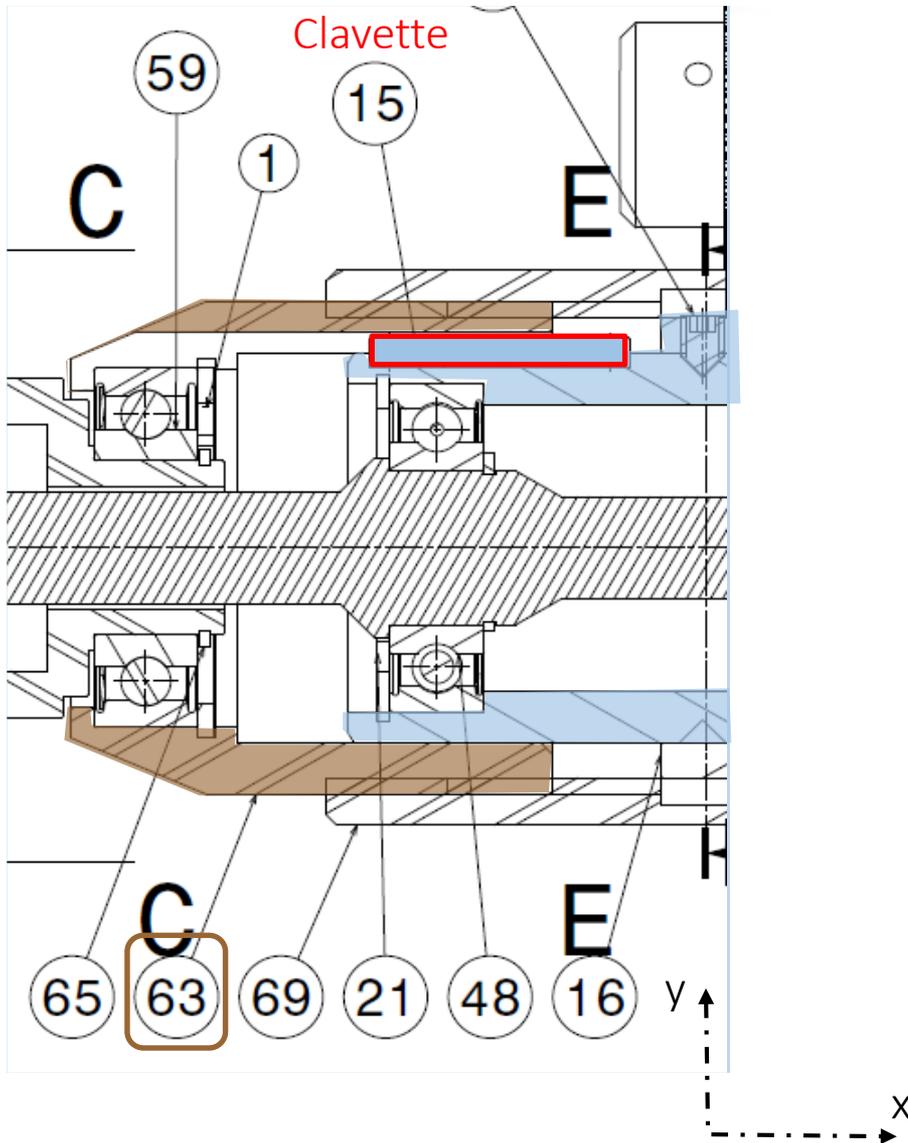


63	1	3dp094585	Coulisseau	Filetage M48x2.5
69	1	3dp094592	Corps écrou d'incidence	Taraudage M48x2.5-5H

9- Analyse liaison CE « Coulisseau » et CE « Erou d'incidence »



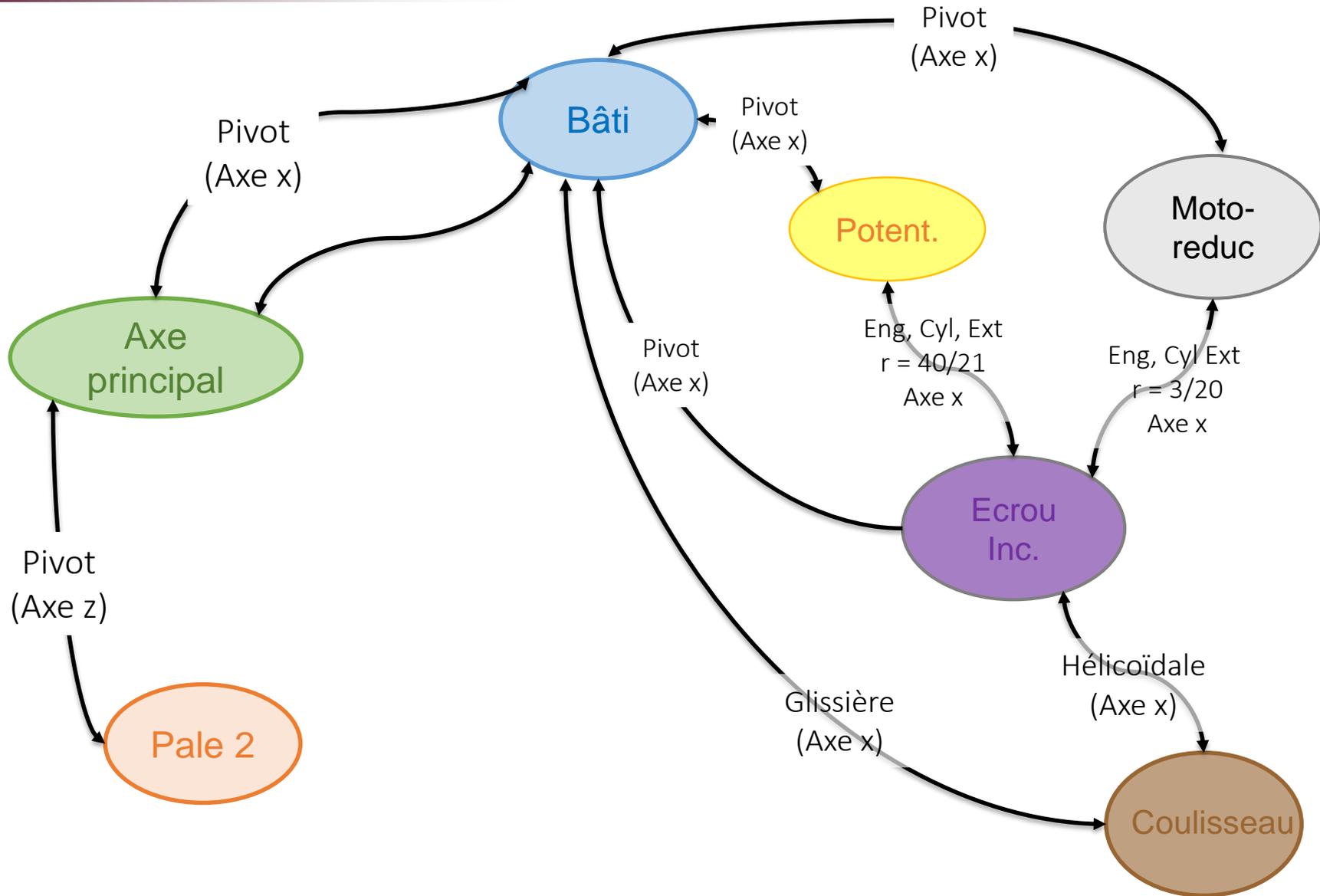
9- Analyse liaison CE « Coulisseau » et CE « Bâti »



Guidage long ($L/D > 1,5$) + rainure clavette

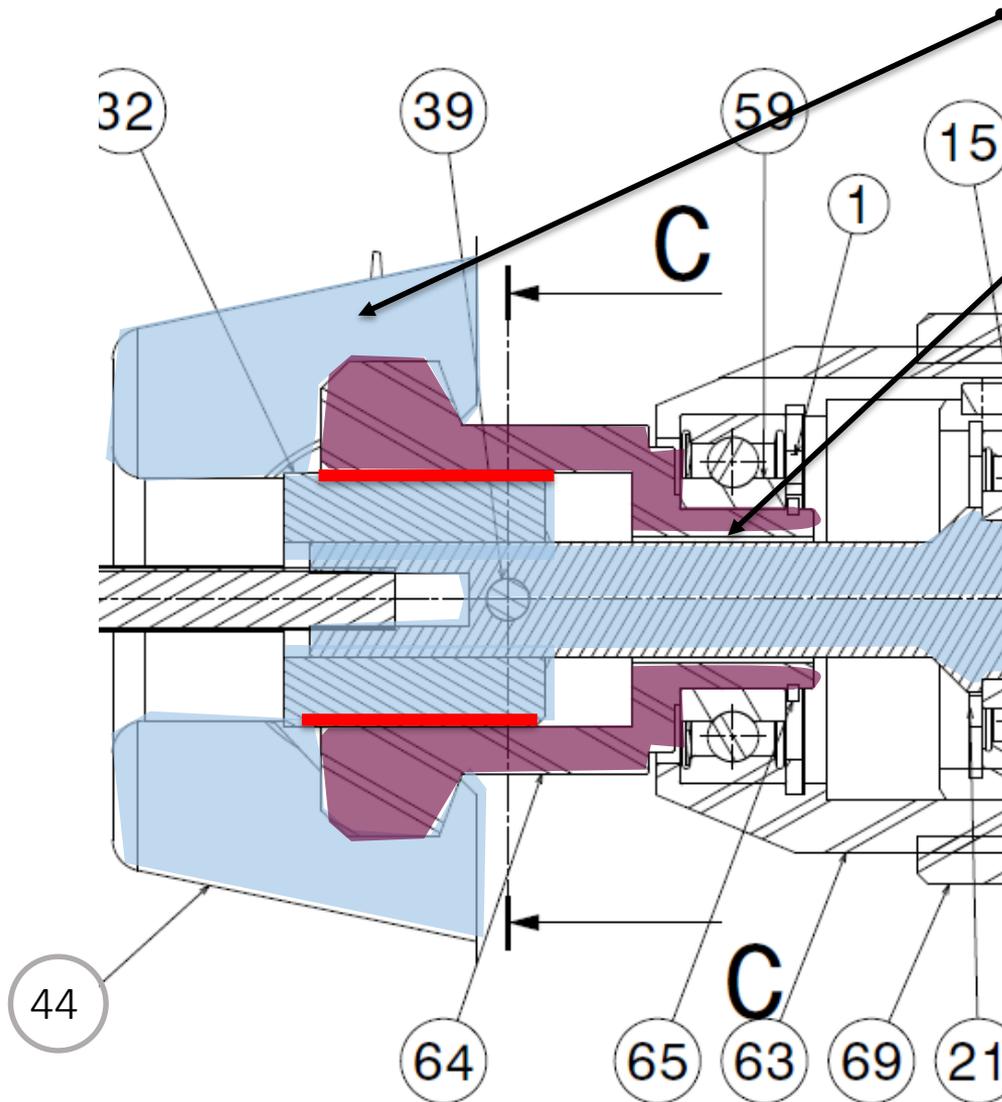
➡ Glissière axe x

8- Analyse liaison CE « Coulisseau » et CE « Bâti »

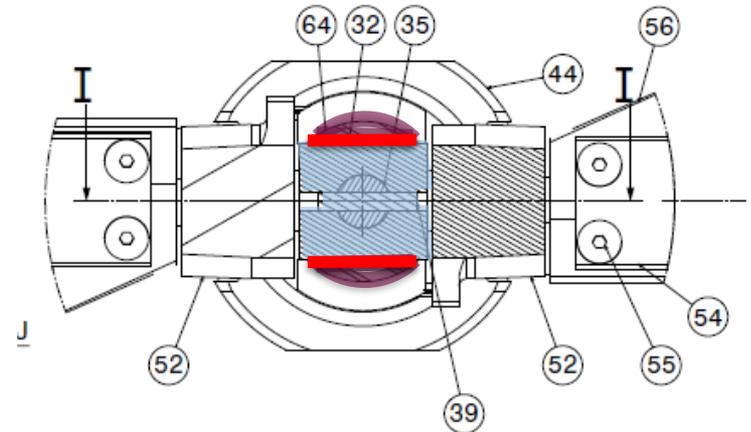


10- Analyse de la CE « Nez » et de ses liaisons avec les autres CE

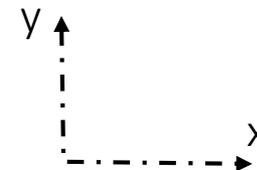
Le cône d'hélice 44 n'est pas hachuré, il n'y a pas de contact avec le nez



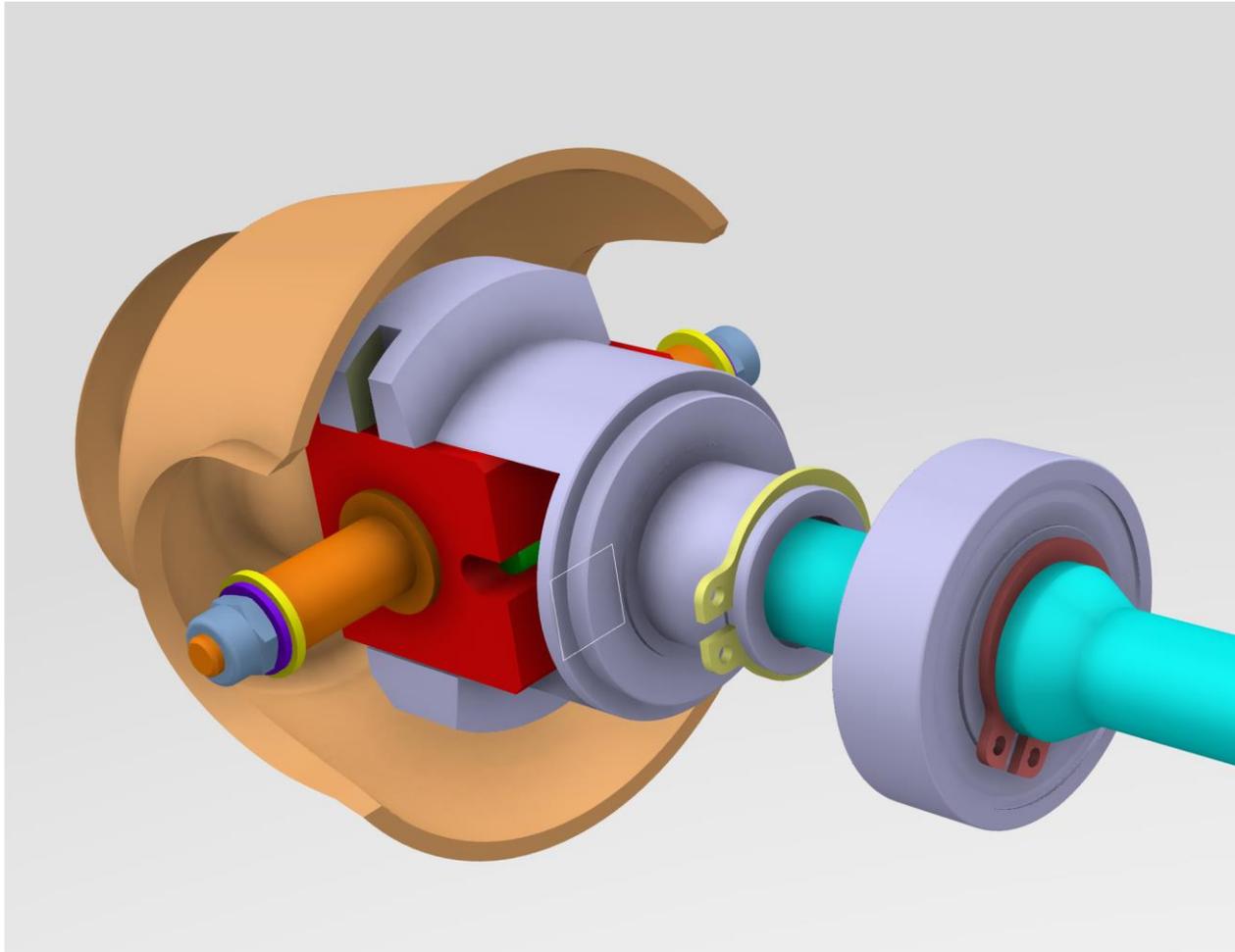
• Jeux



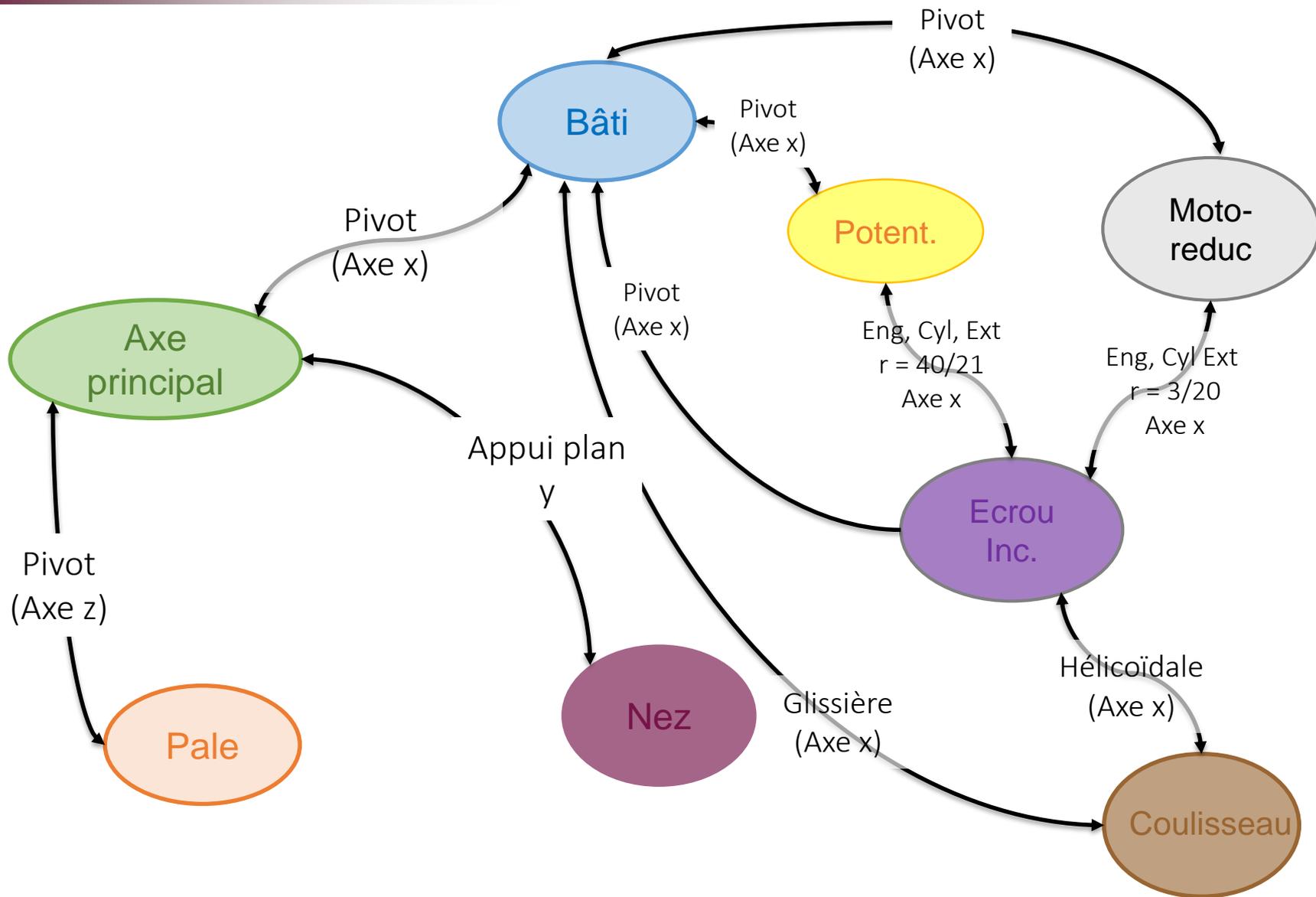
➔ Appui Plan, normale y



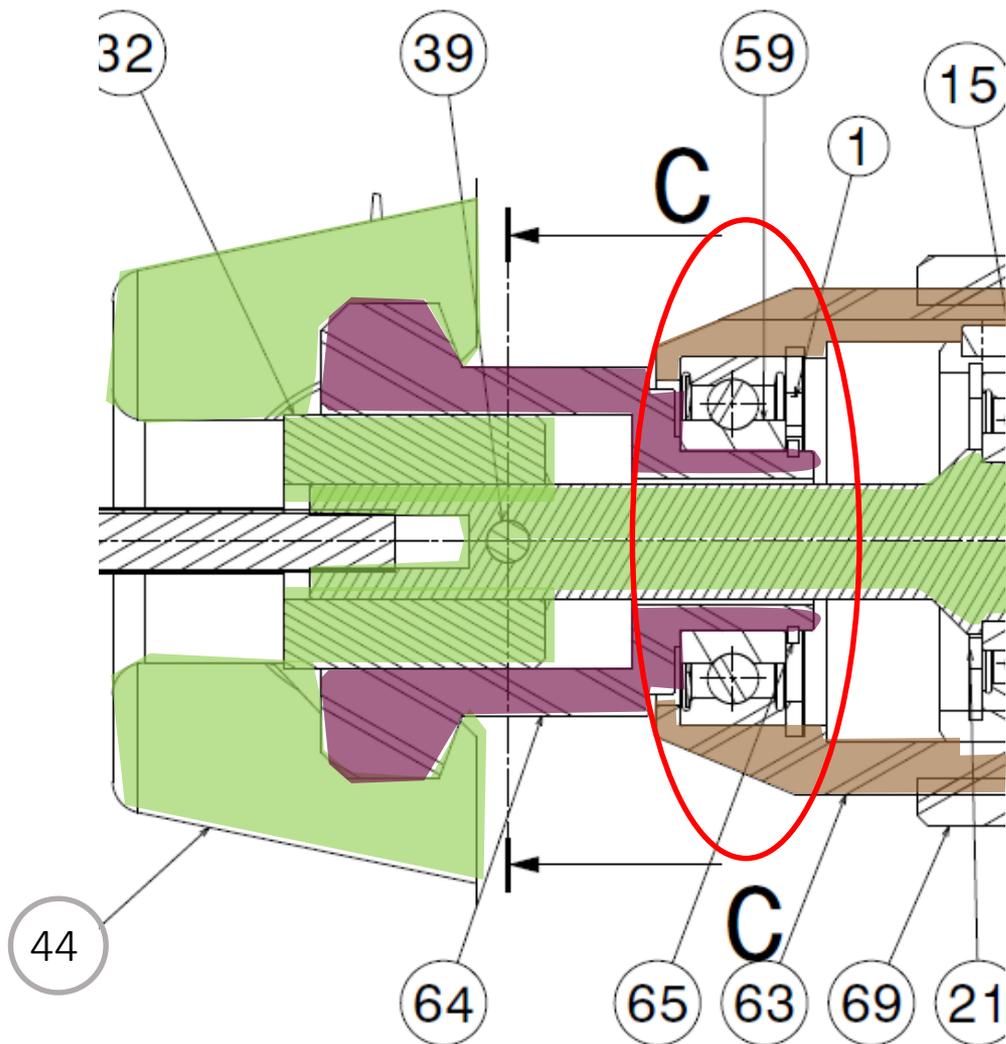
10- Analyse de la CE « Nez » et de ses liaisons avec les autres CE



10- Analyse liaison CE « Coulisseau » et CE « Bâti »

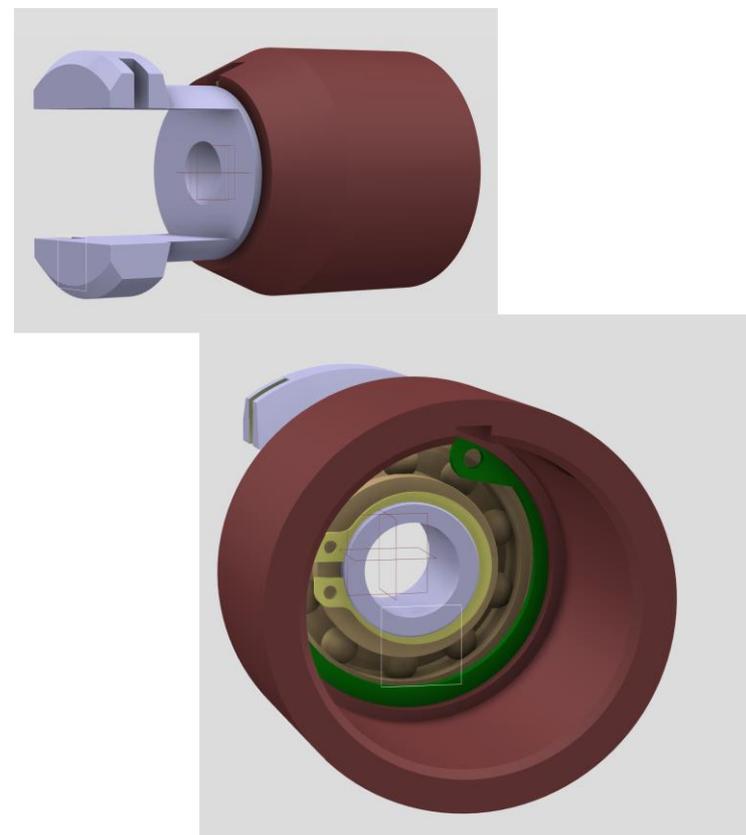


10- Analyse de la CE « Nez » et de ses liaisons avec les autres CE

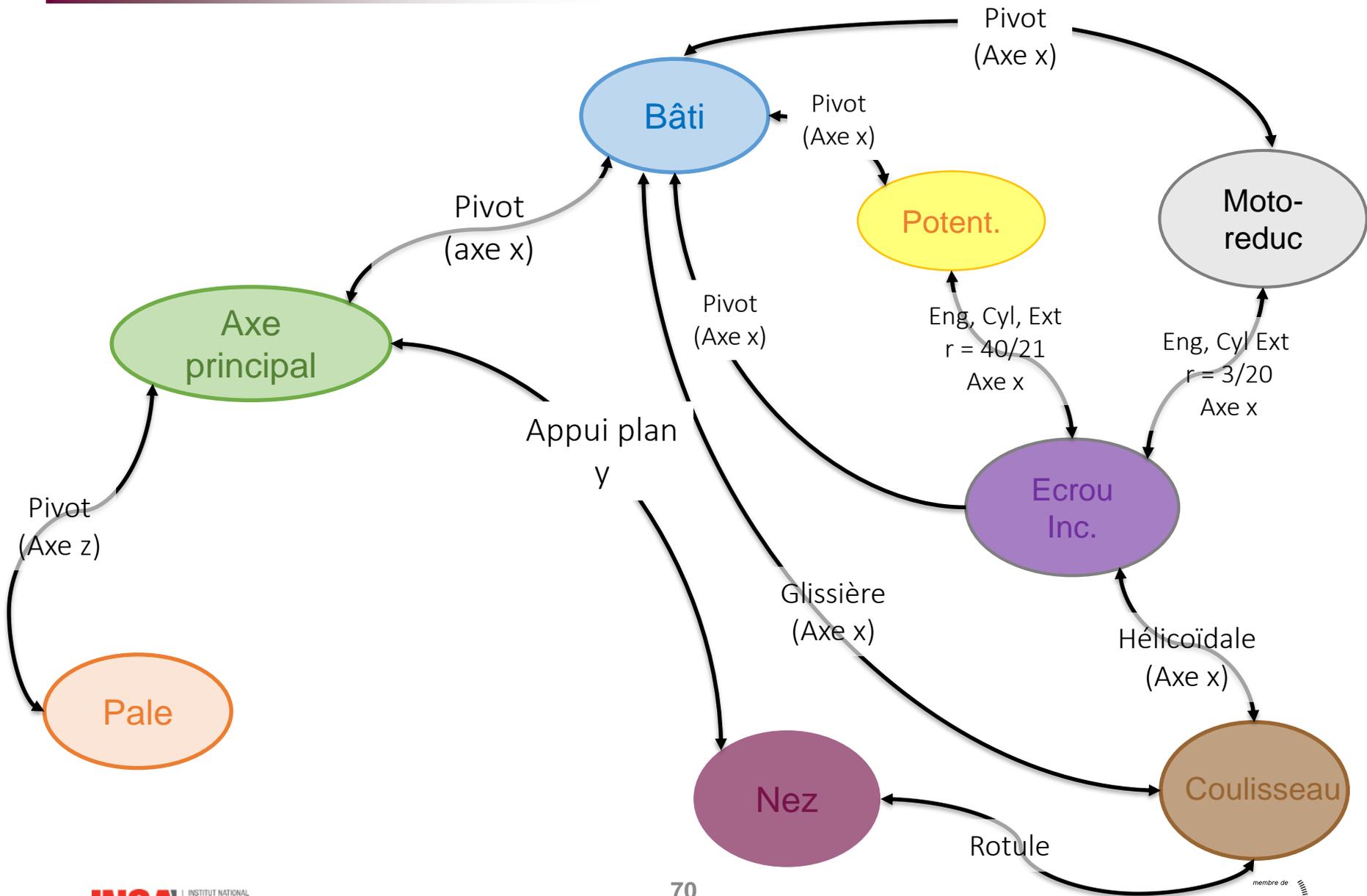


Roulement 59-60-61-62 : SKF 6003-Z

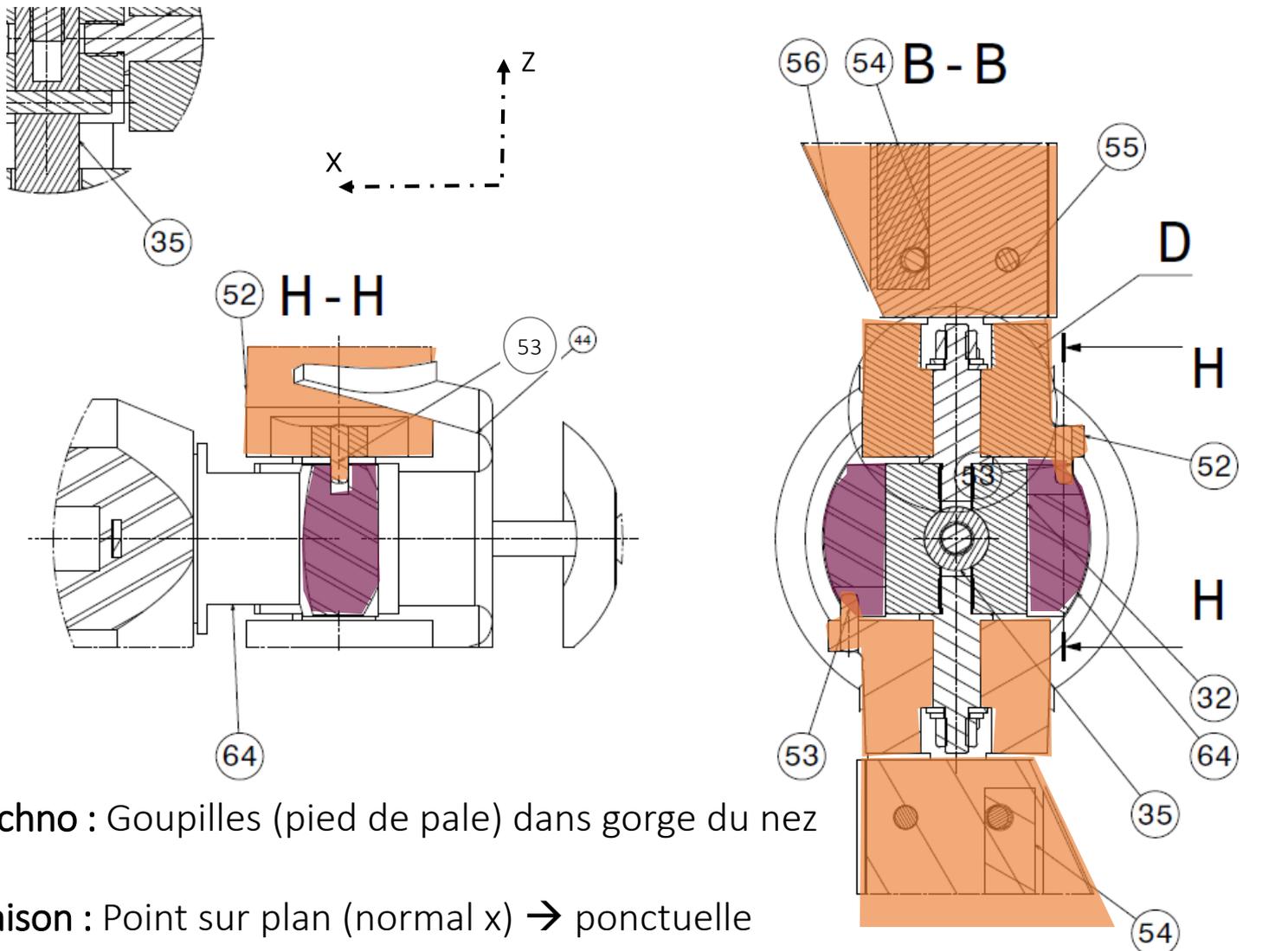
Rotule



10- Analyse de la CE « Nez » et de ses liaisons avec les autres CE



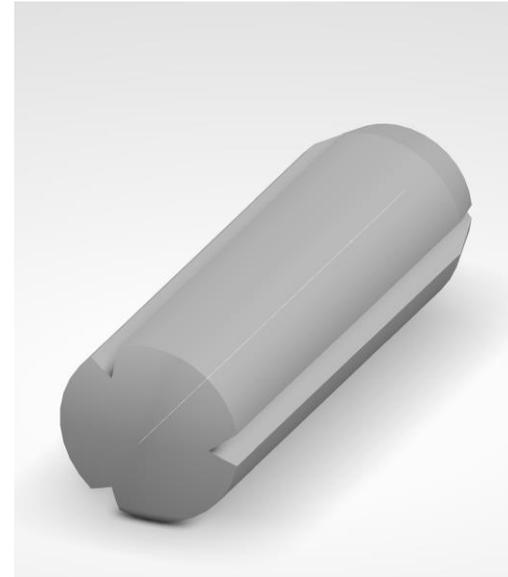
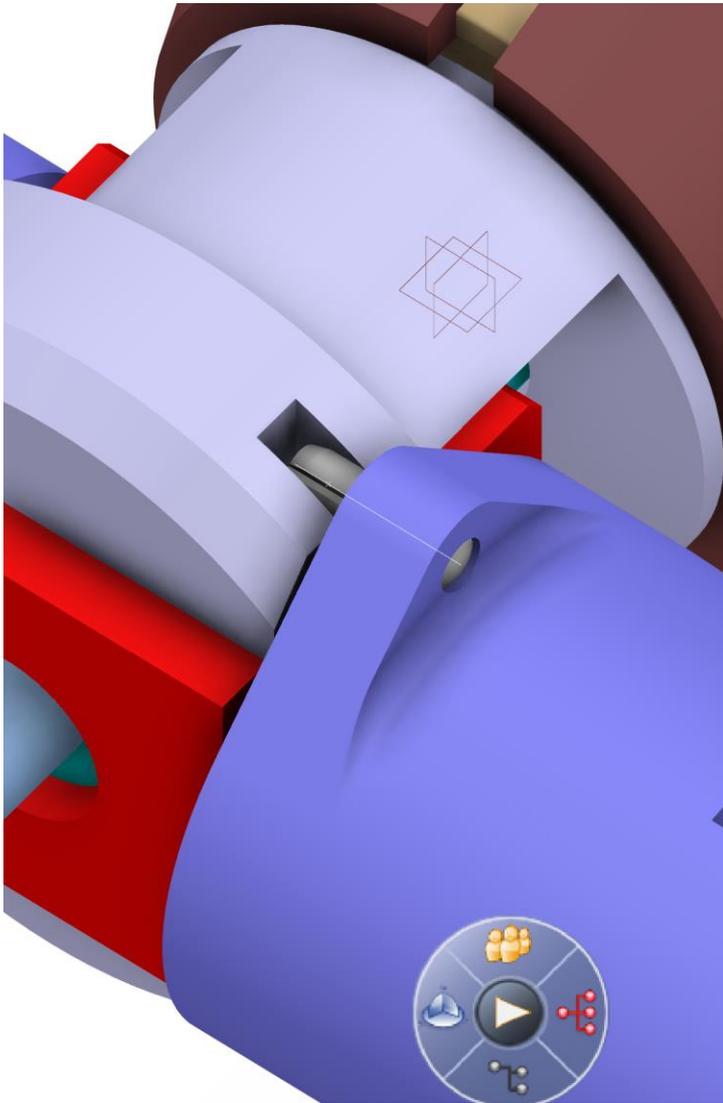
10- Analyse de la CE « Nez » et de ses liaisons avec les autres CE



Techno : Goupilles (pied de pale) dans gorge du nez

Liaison : Point sur plan (normal x) → ponctuelle

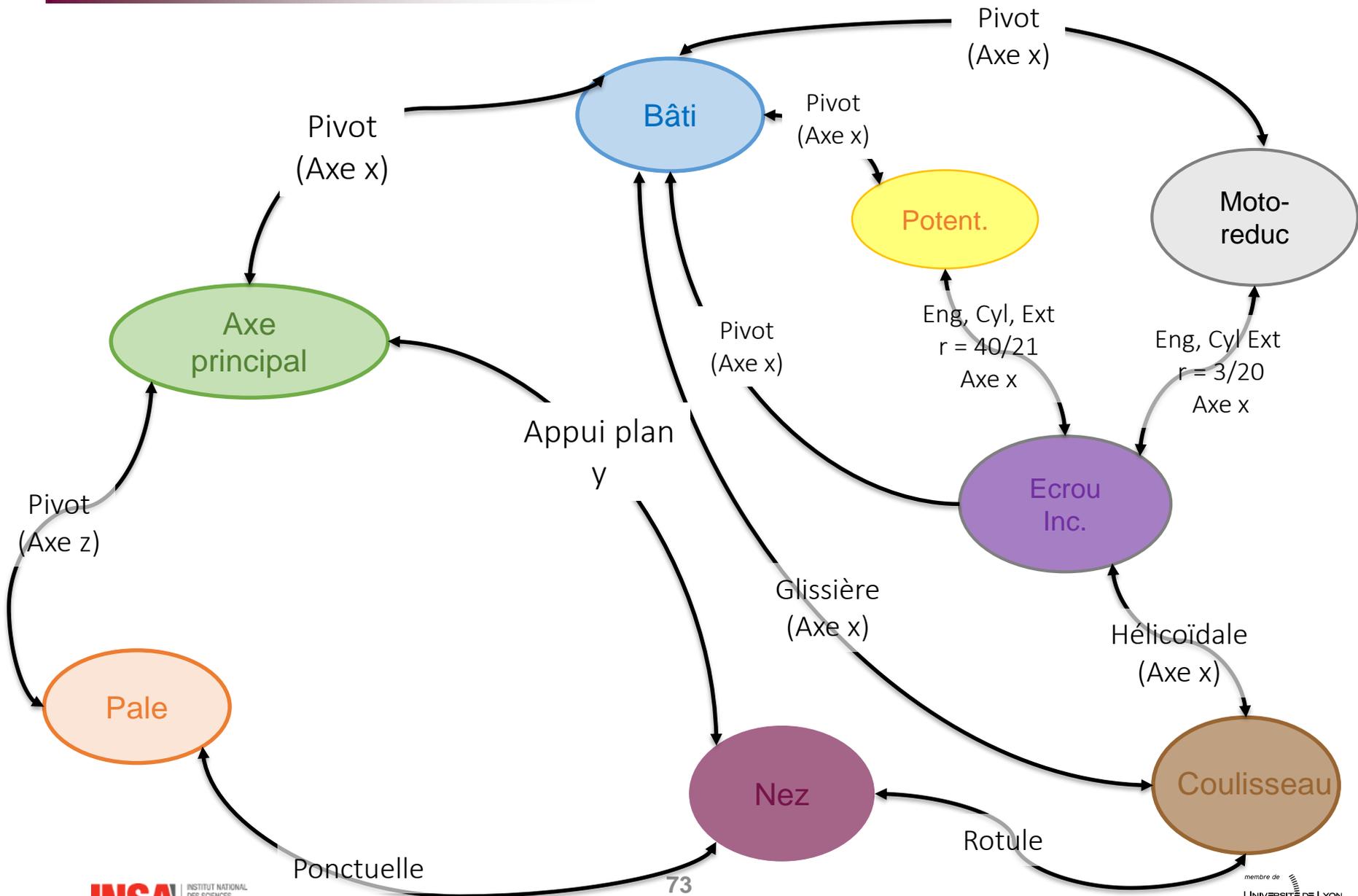
10- Analyse de la CE « Nez » et de ses liaisons avec les autres CE



Goupille cannelée :

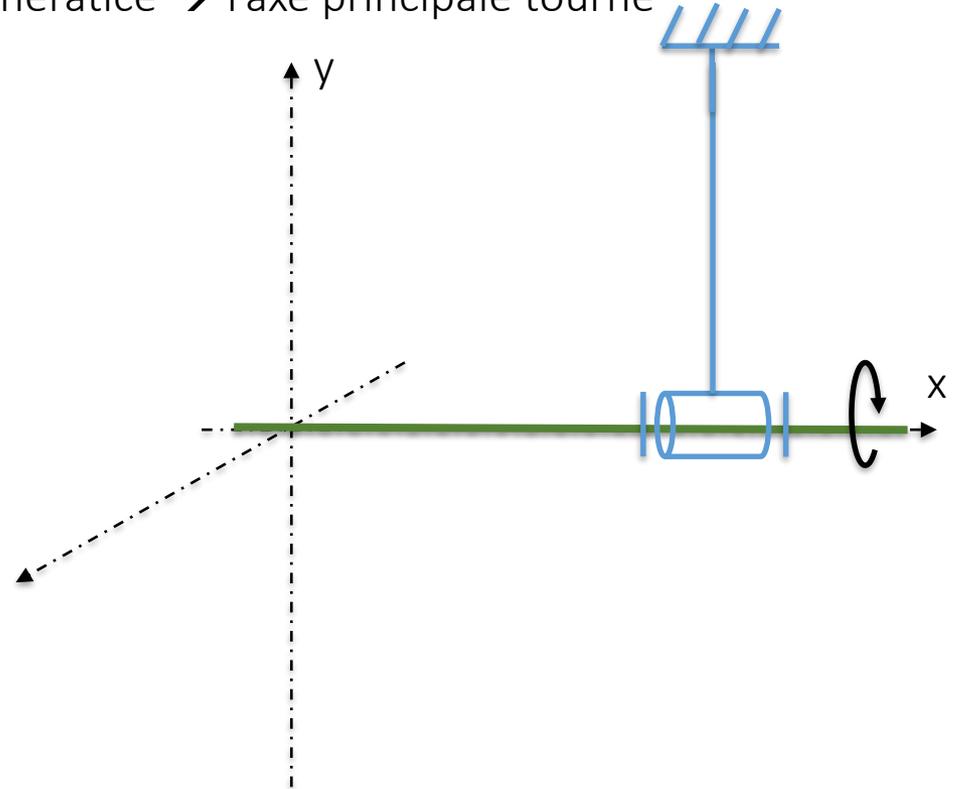
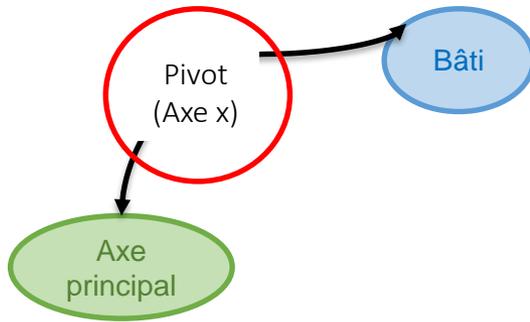
La réalisation de trois fentes à 120° provoquent un léger gonflement de la matière en périphérie qui assurent le maintien en position par coincement dans le logement.

11 - Graphe des liaisons

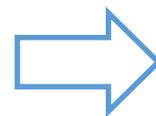
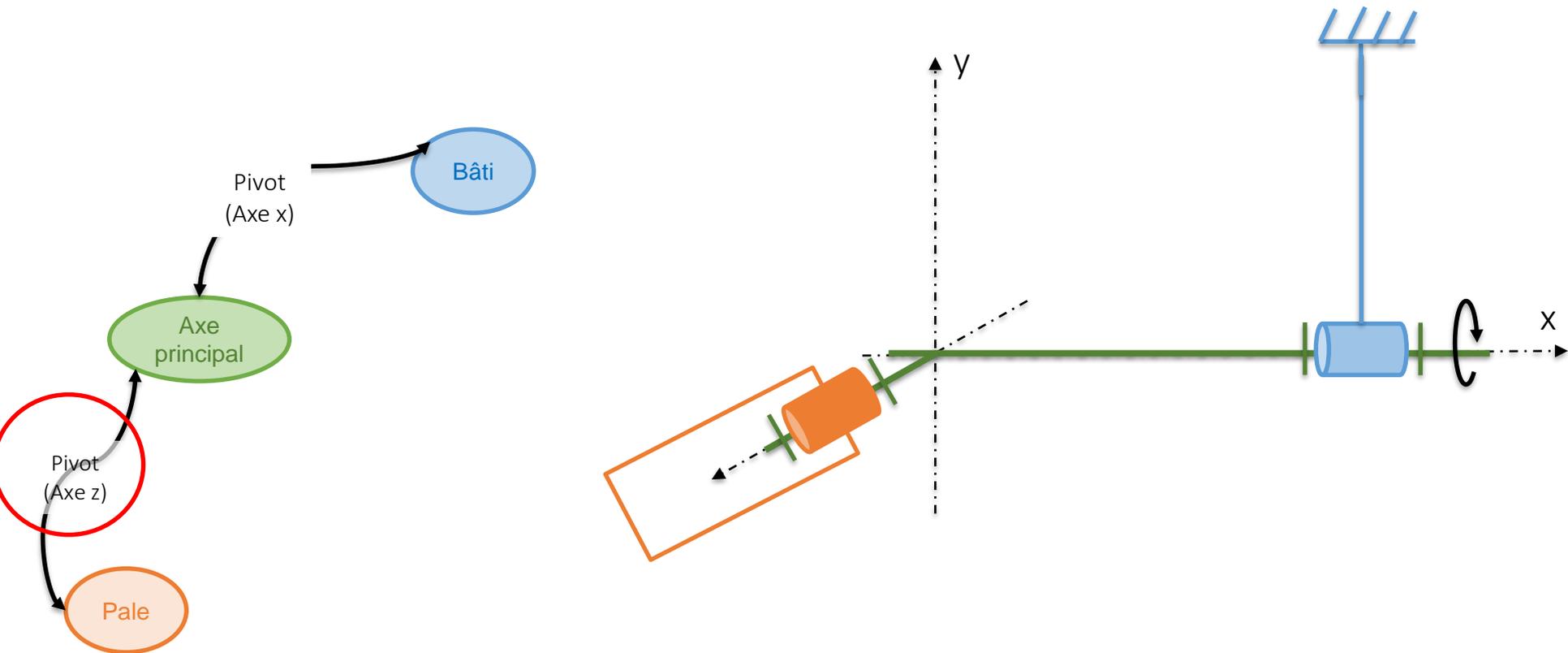


12- Mobilités utiles – Chaine cinématique

On part de ce que l'on connaît : 1) Génératrice → l'axe principale tourne

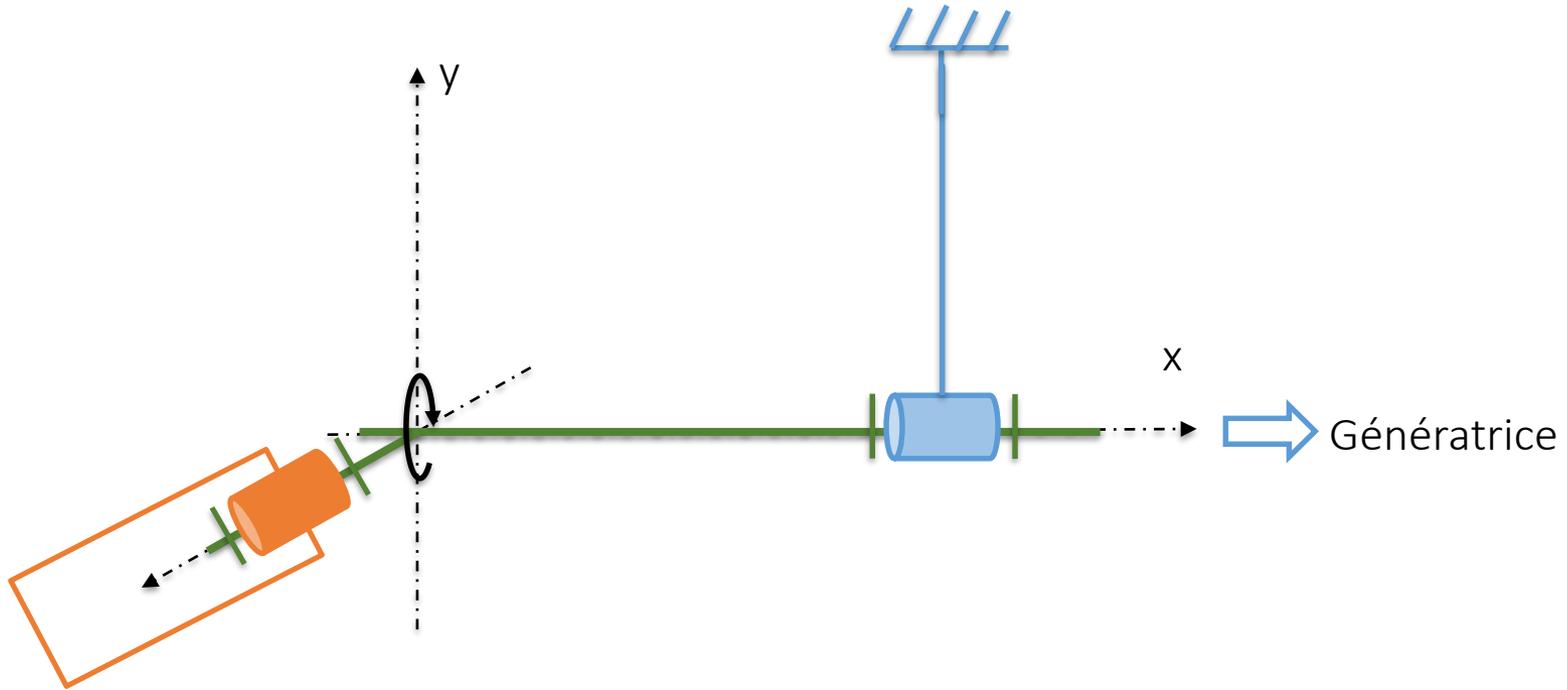


10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (1)

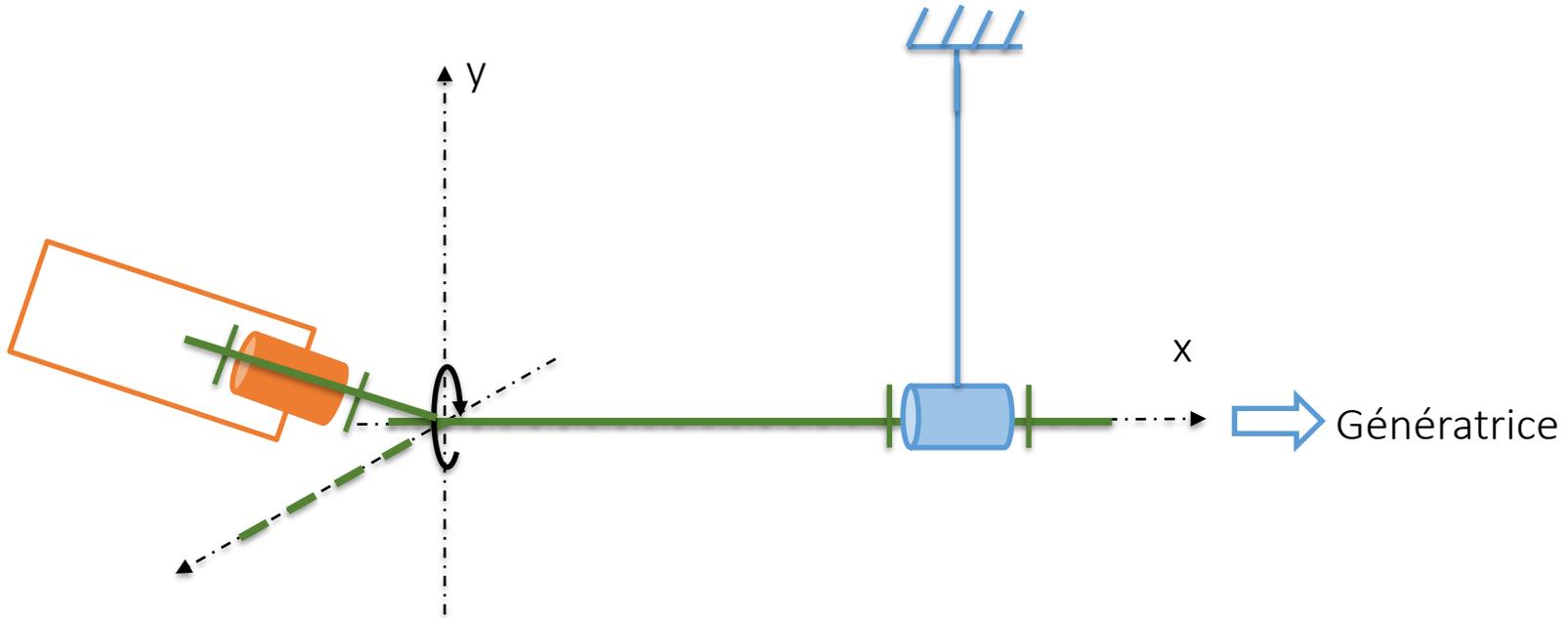


La CE pale tourne avec l'axe principal

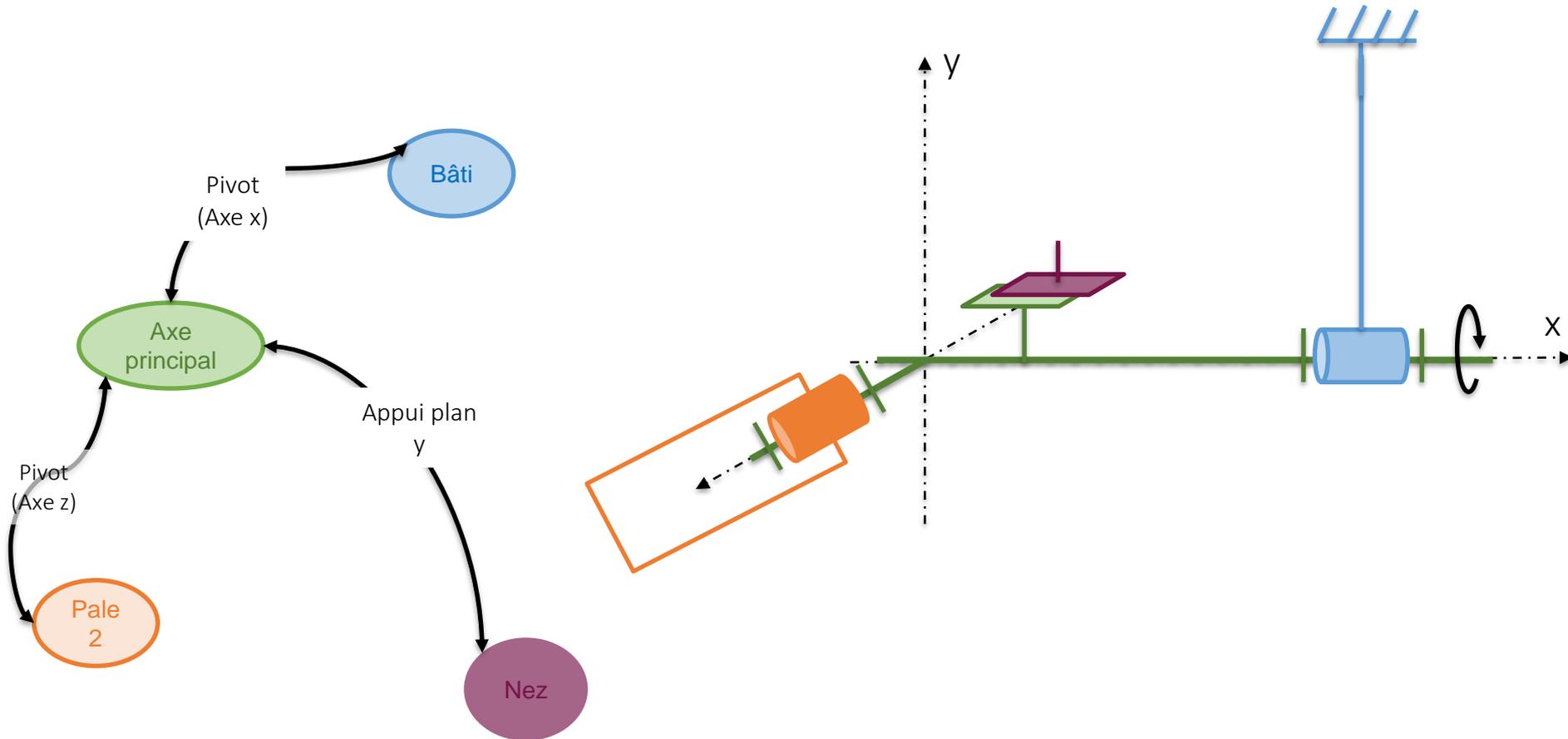
10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (1)



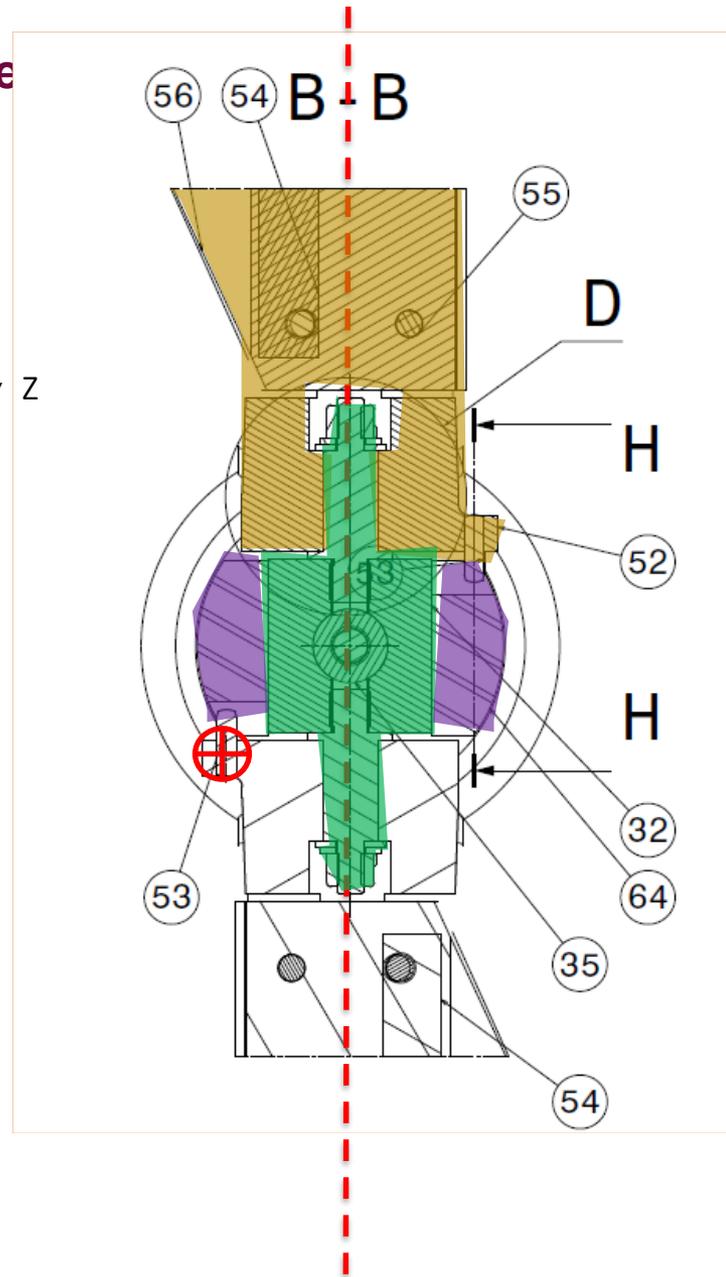
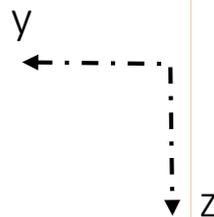
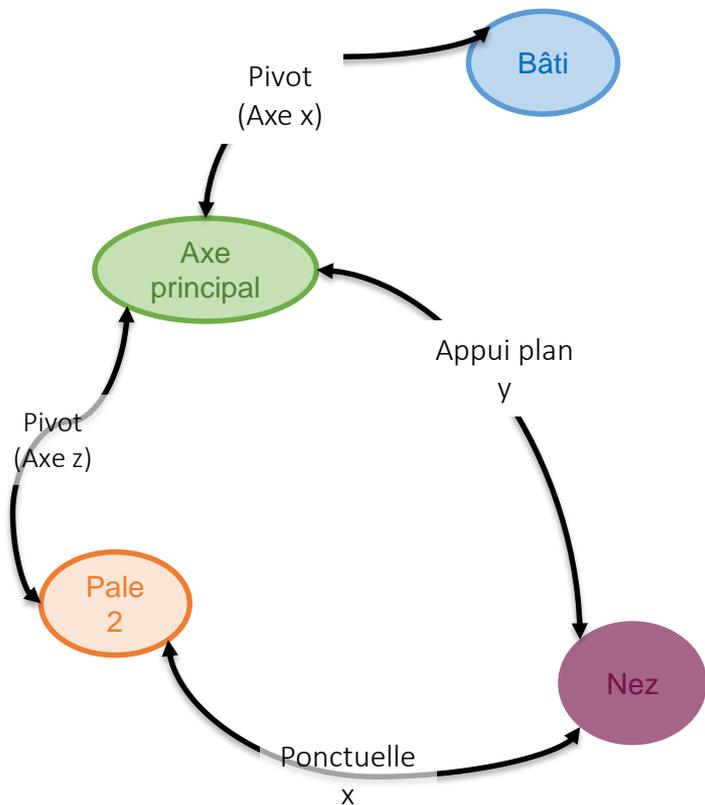
10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (1)



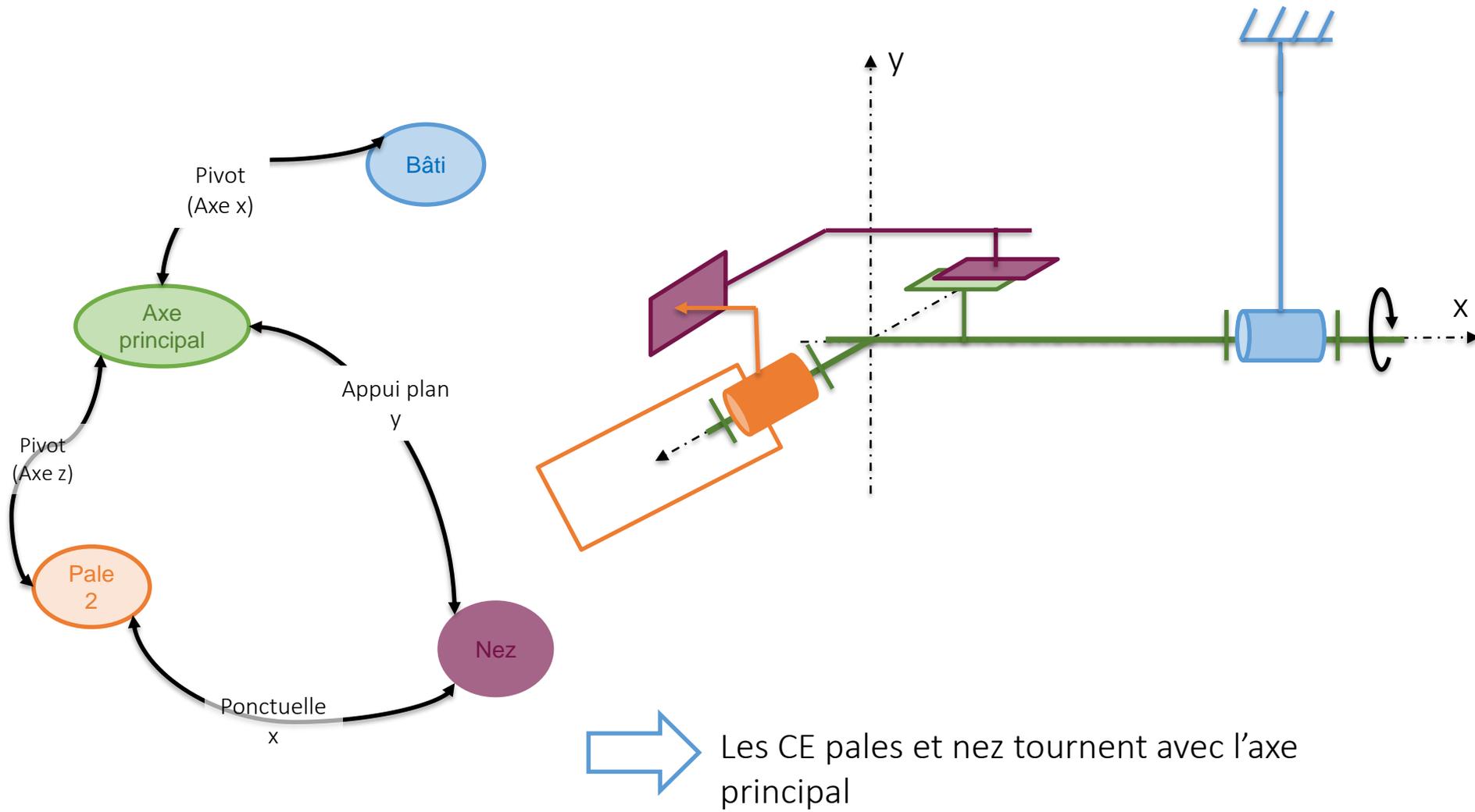
10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (1)



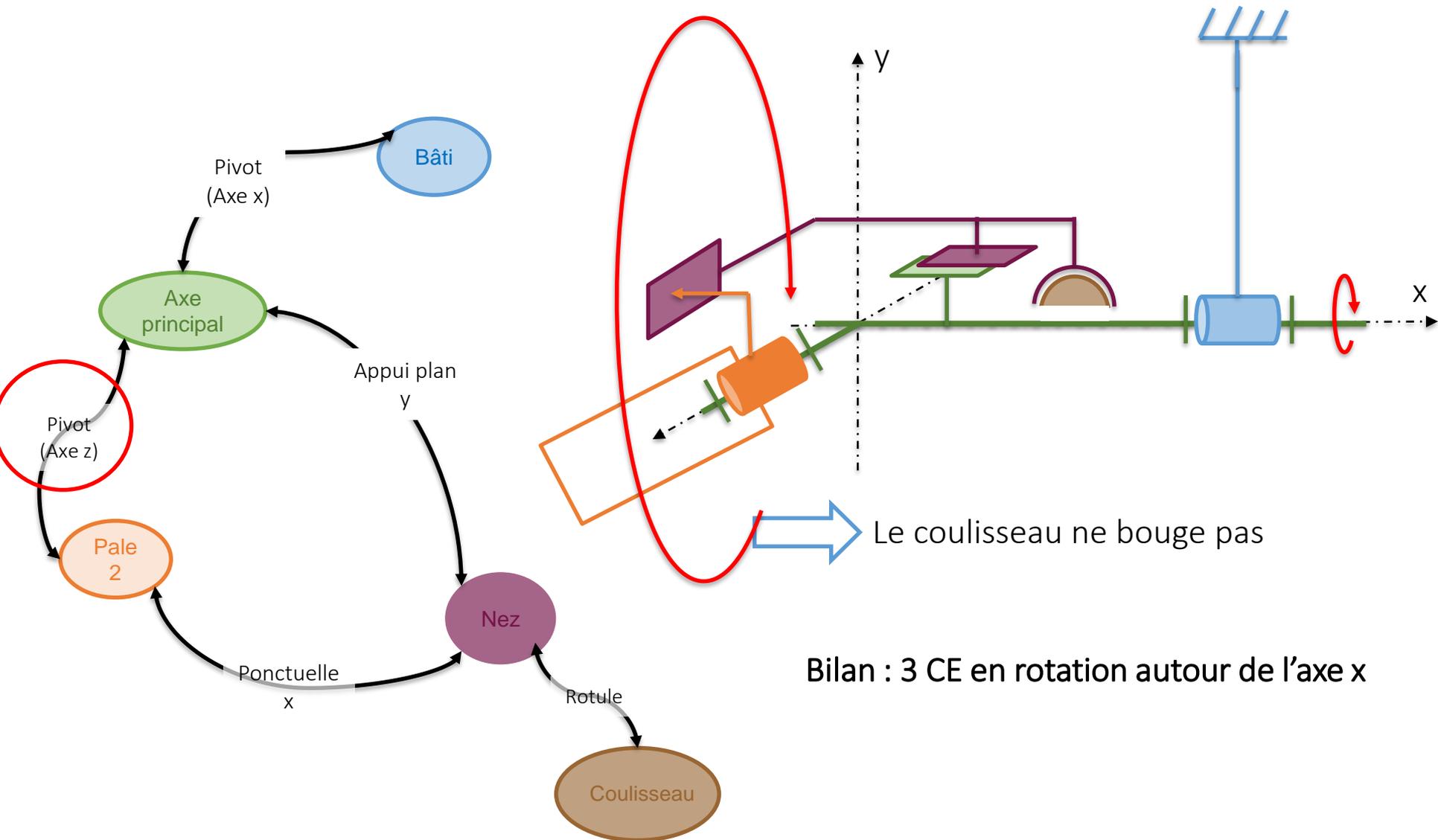
10- Mobilités utiles – Chaine cinématique



10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (1)

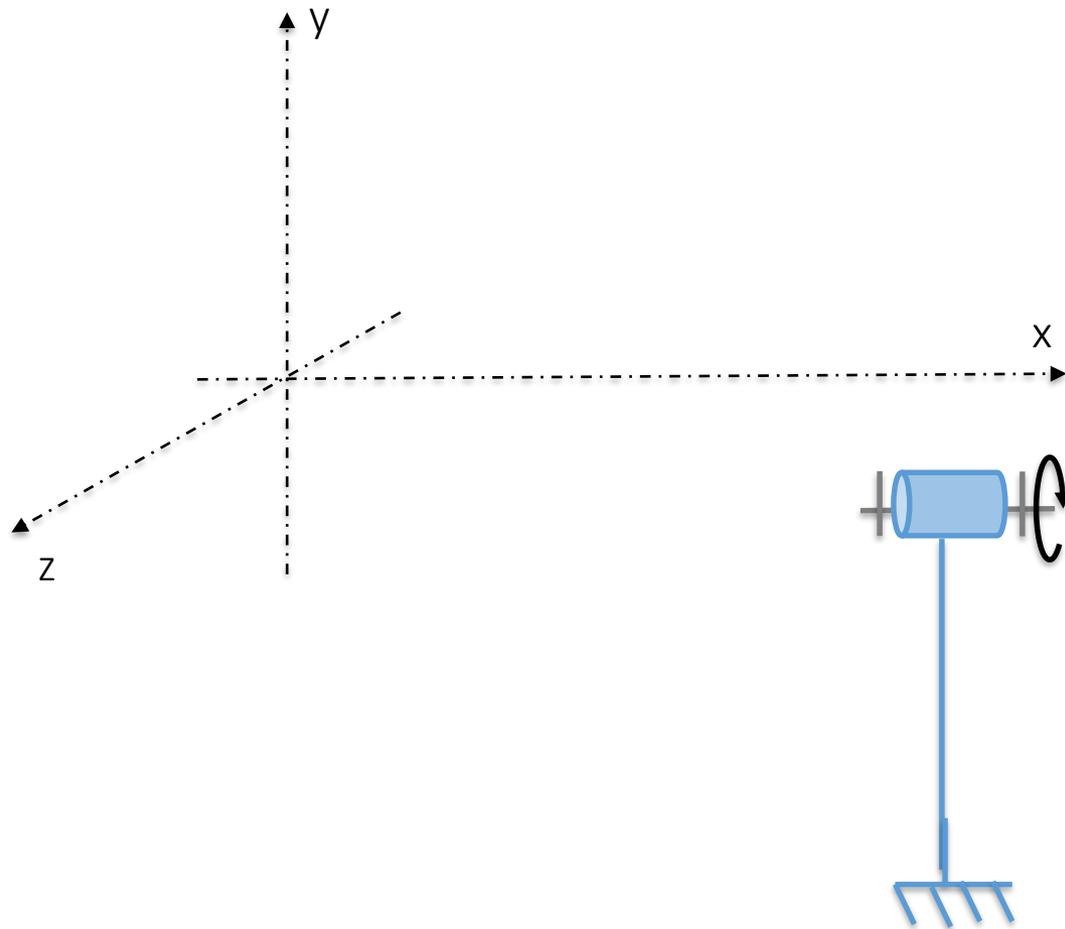
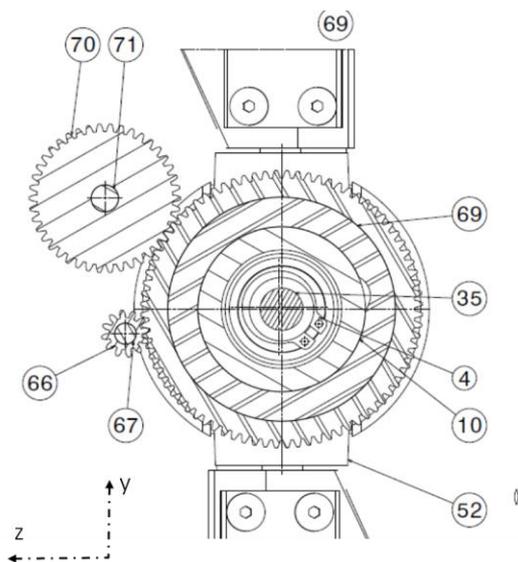
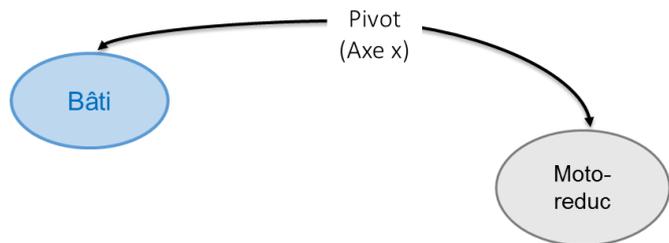


10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (1)

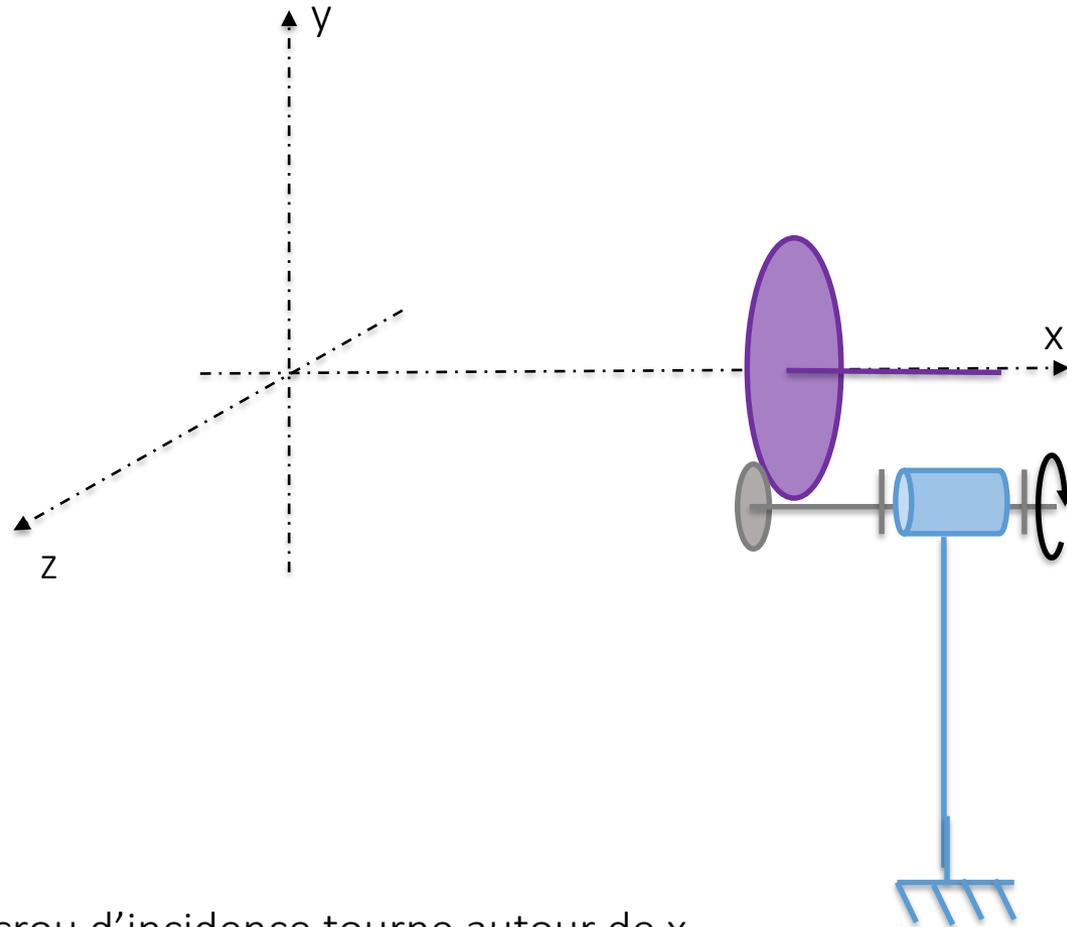
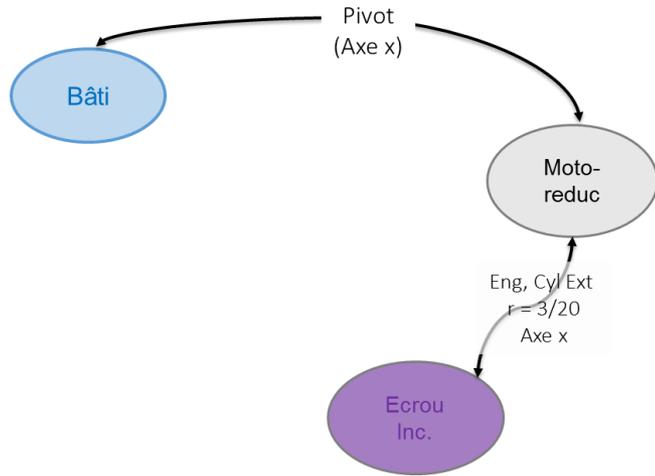


10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (2)

On part de ce que l'on connait : 1) Motoréducteur → l'axe motoréducteur tourne

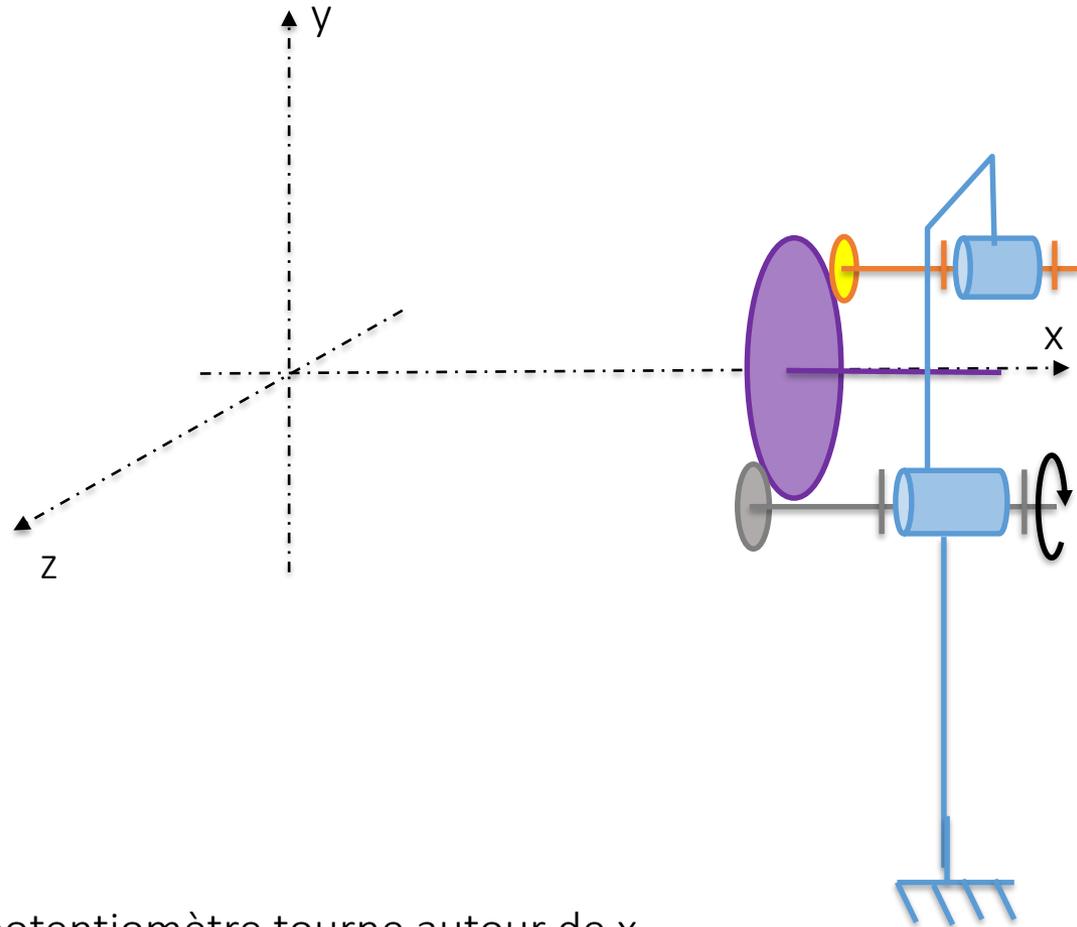
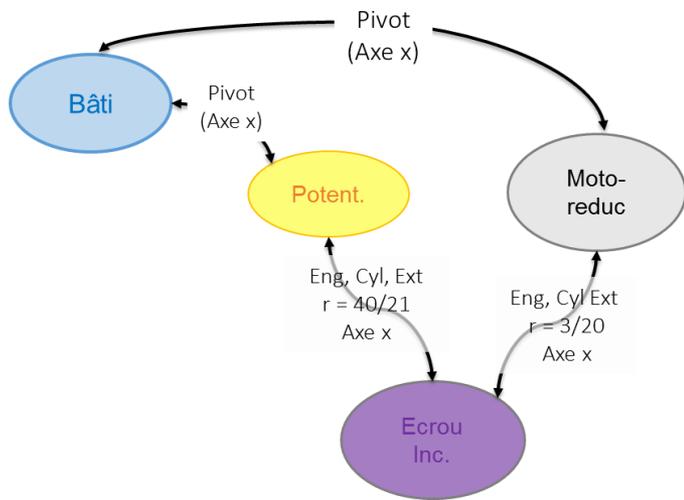


10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (2)



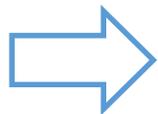
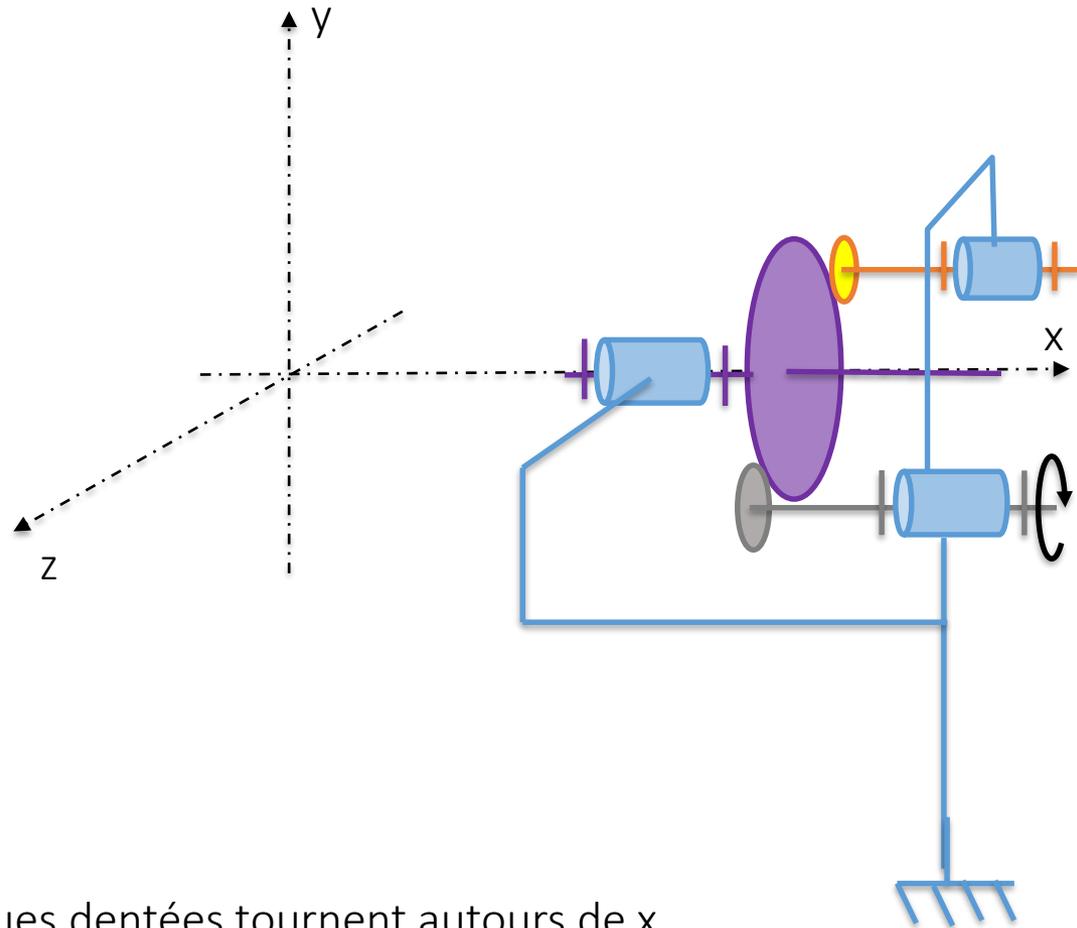
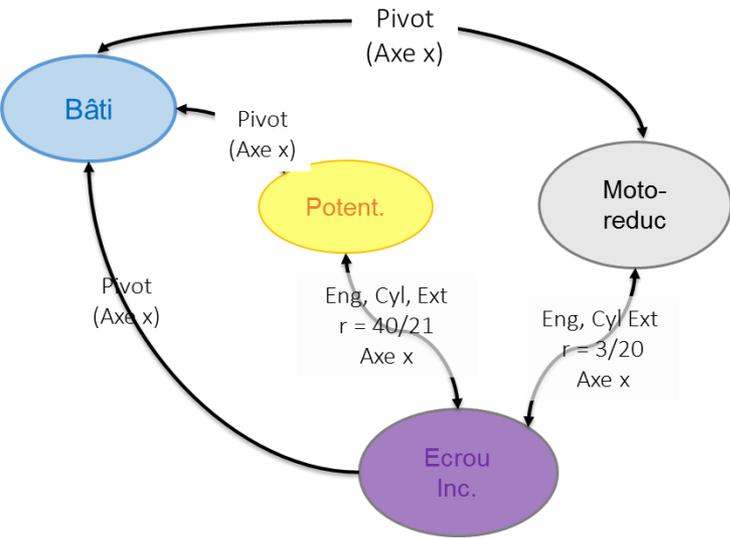
➔ La CE écrou d'incidence tourne autour de x

10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (2)



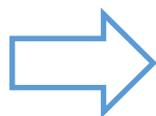
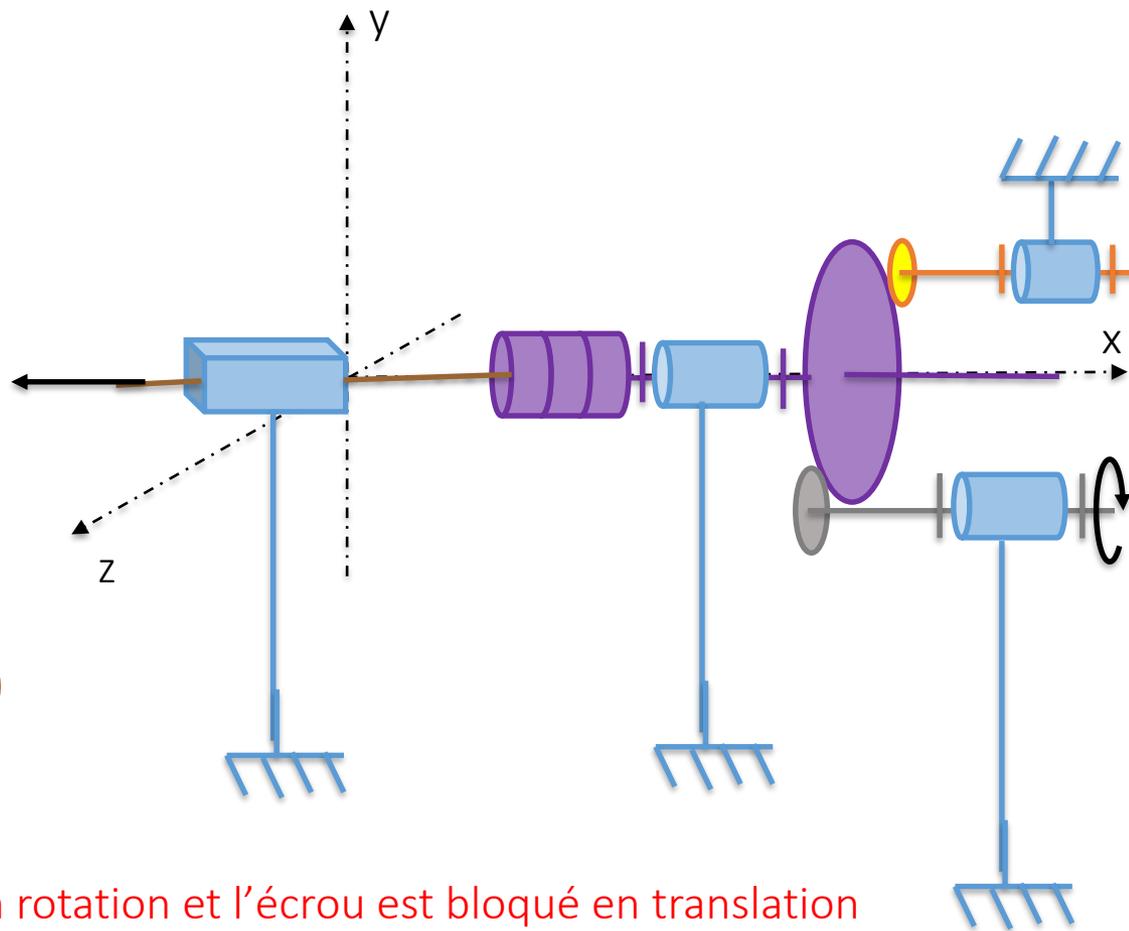
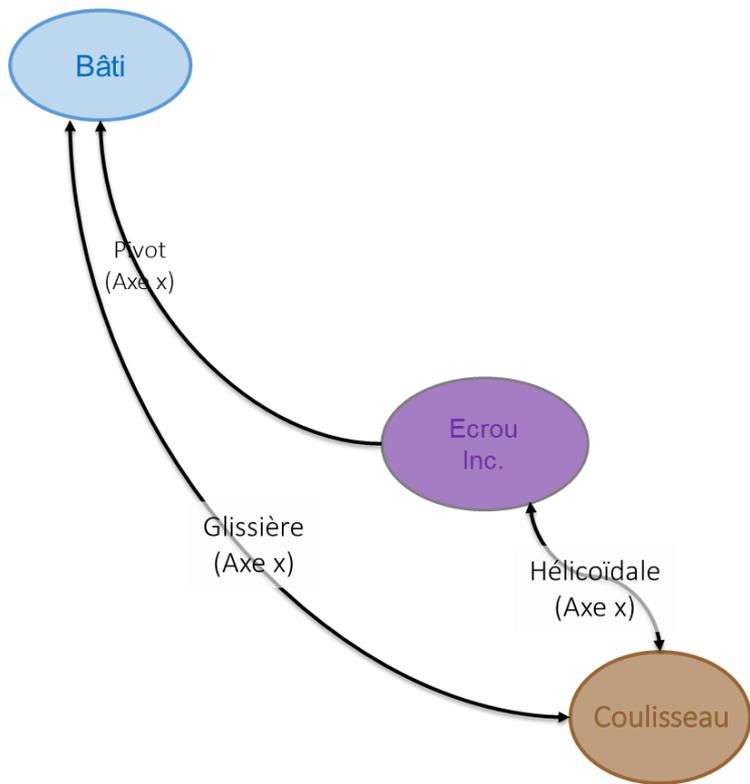
➔ La CE potentiomètre tourne autour de x

10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (2)



Les trois roues dentées tournent autour de x

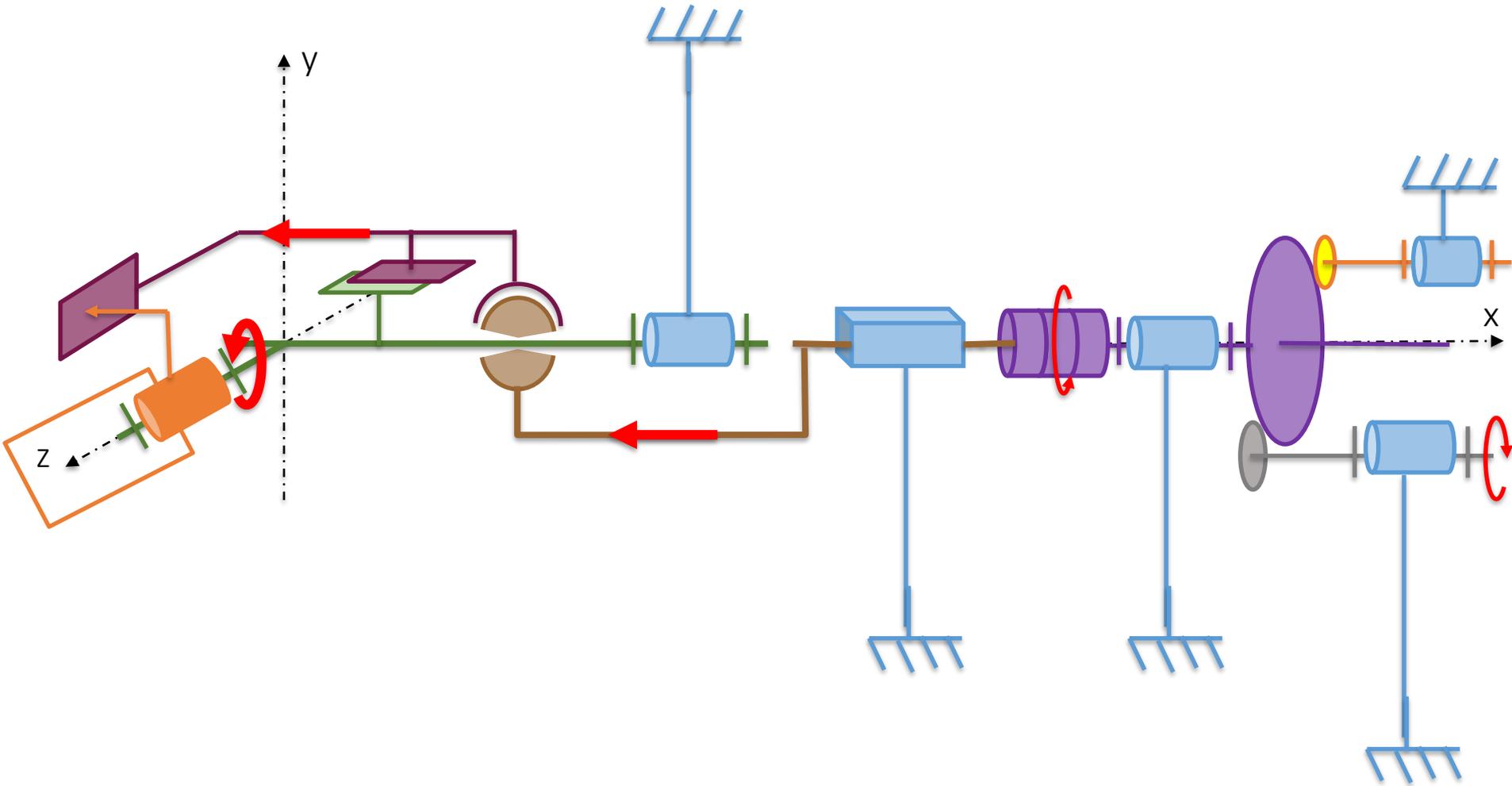
10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (2)



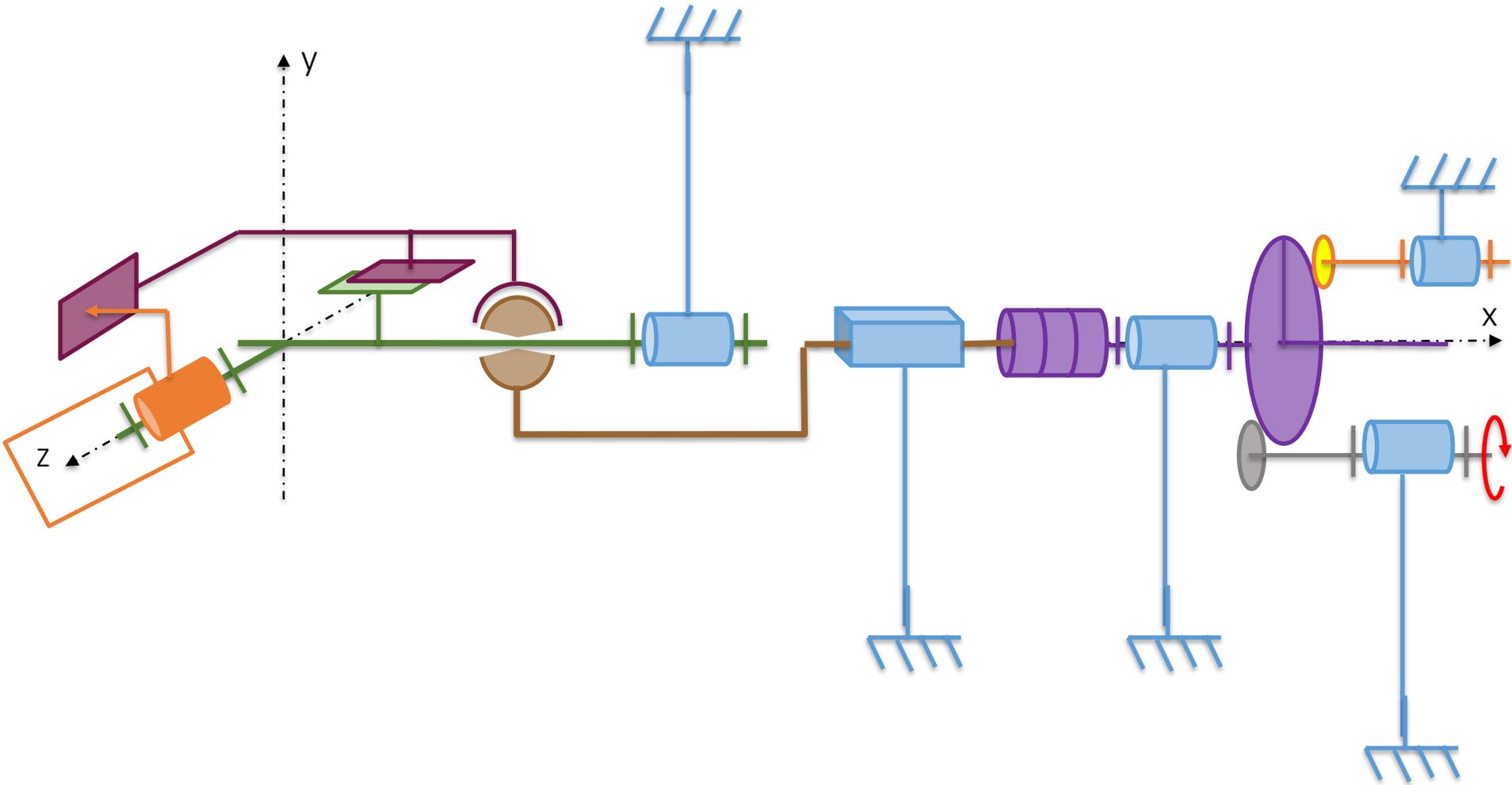
Le coulisseau translate car

le coulisseau est bloqué en rotation et l'écrou est bloqué en translation

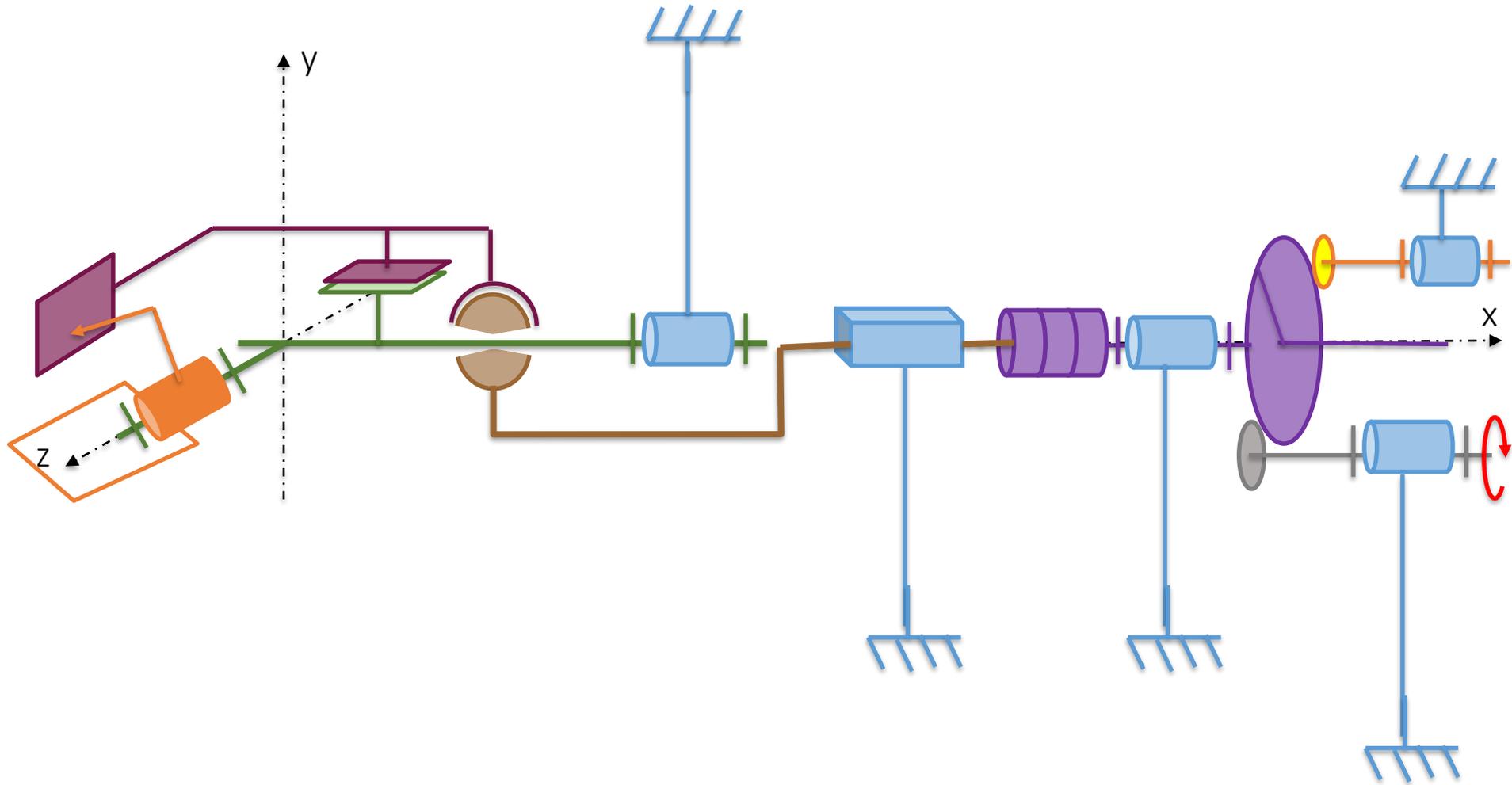
10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (2)



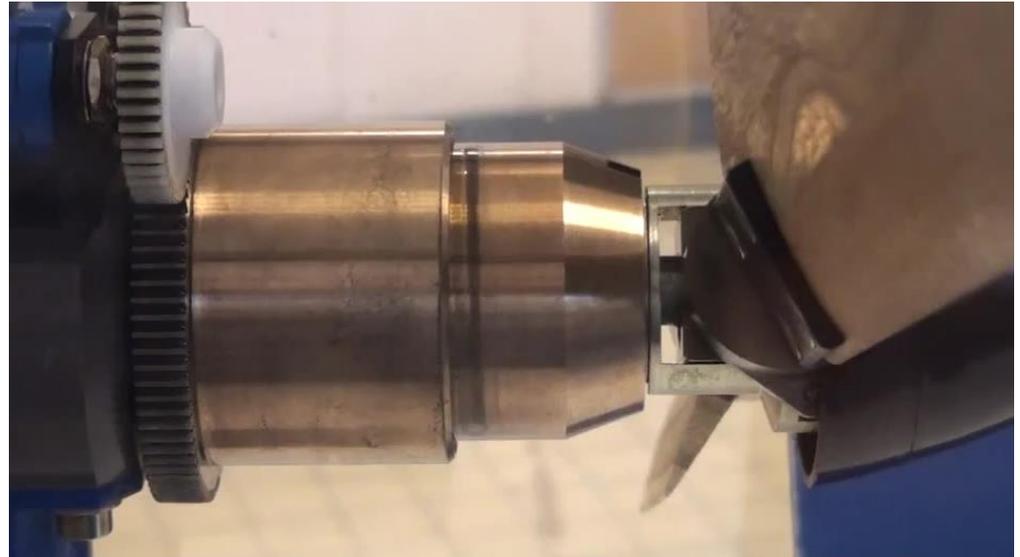
10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (2)



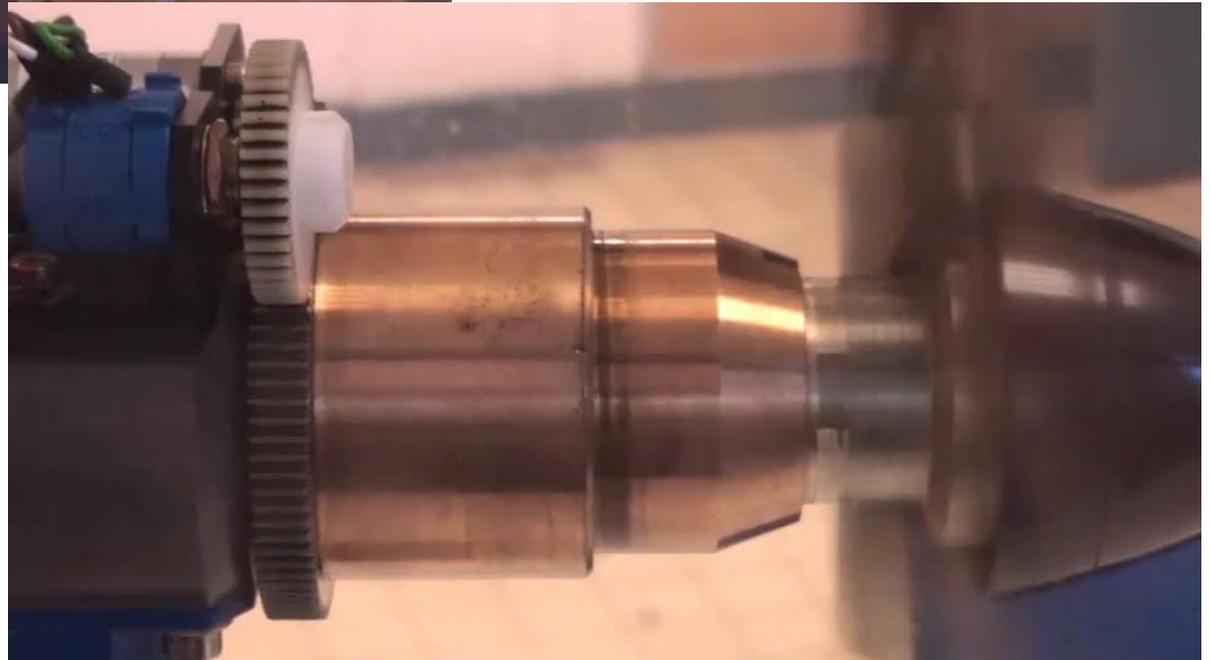
10- Mobilités utiles – Chaine cinématique (2)



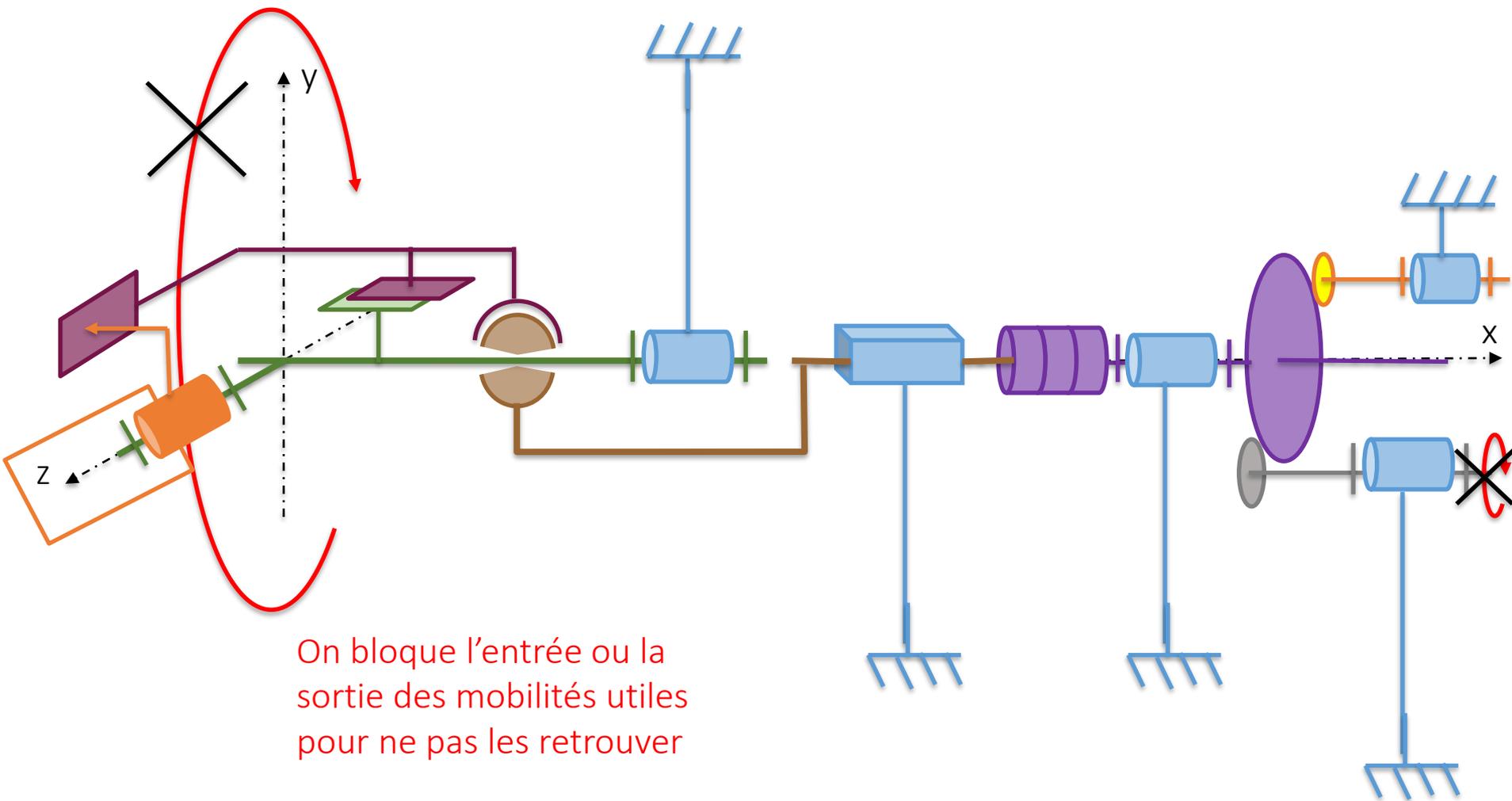
10- Mobilités utiles – Chaine cinématique



10- Mobilités utiles – Chaine cinématique

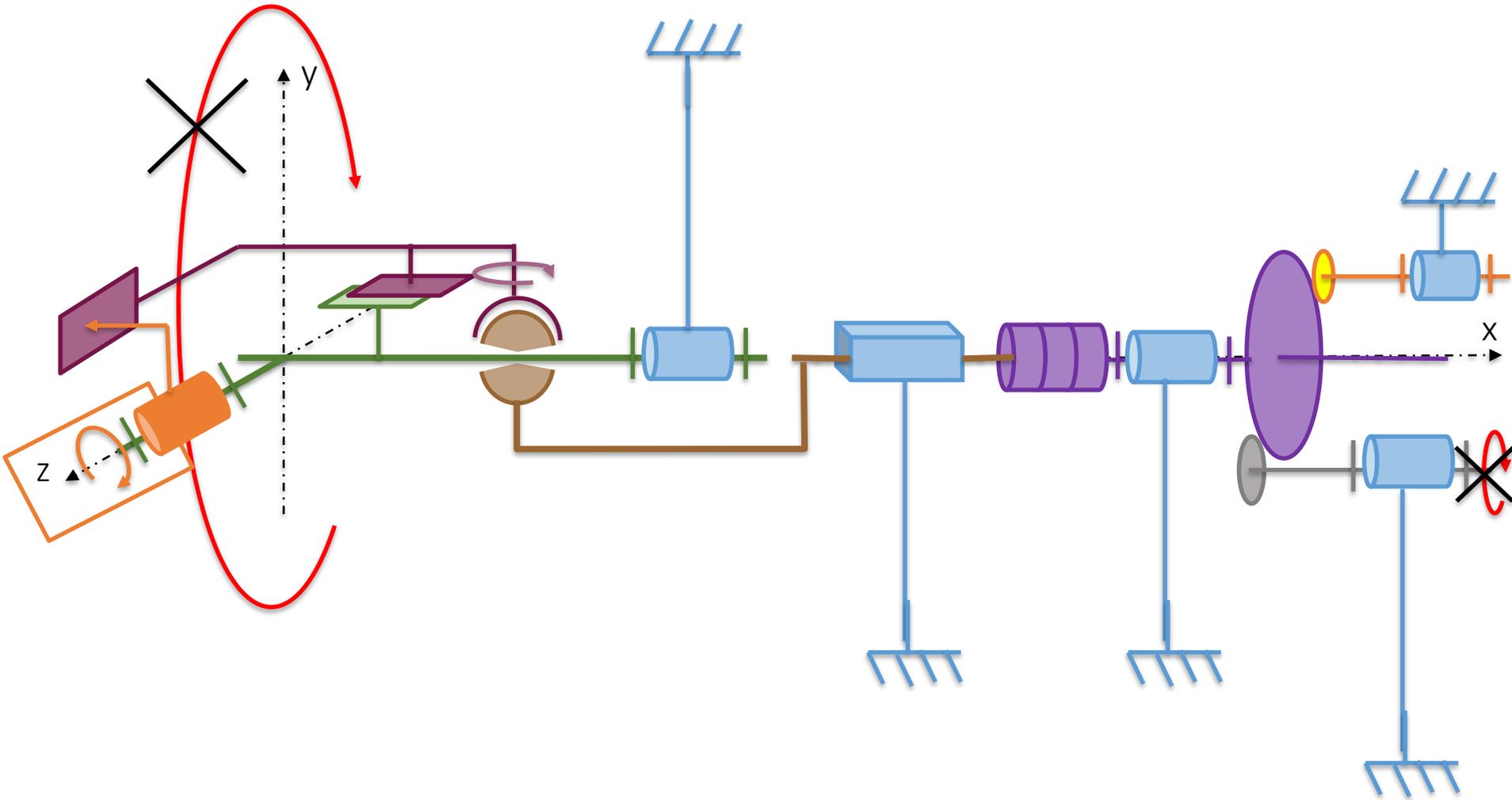


10- Mobilités Internes

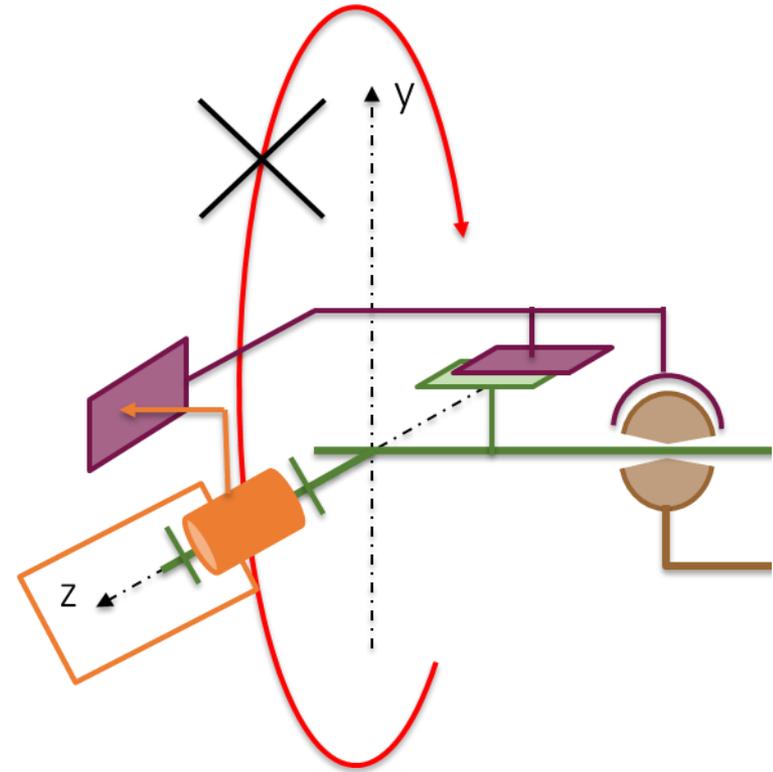
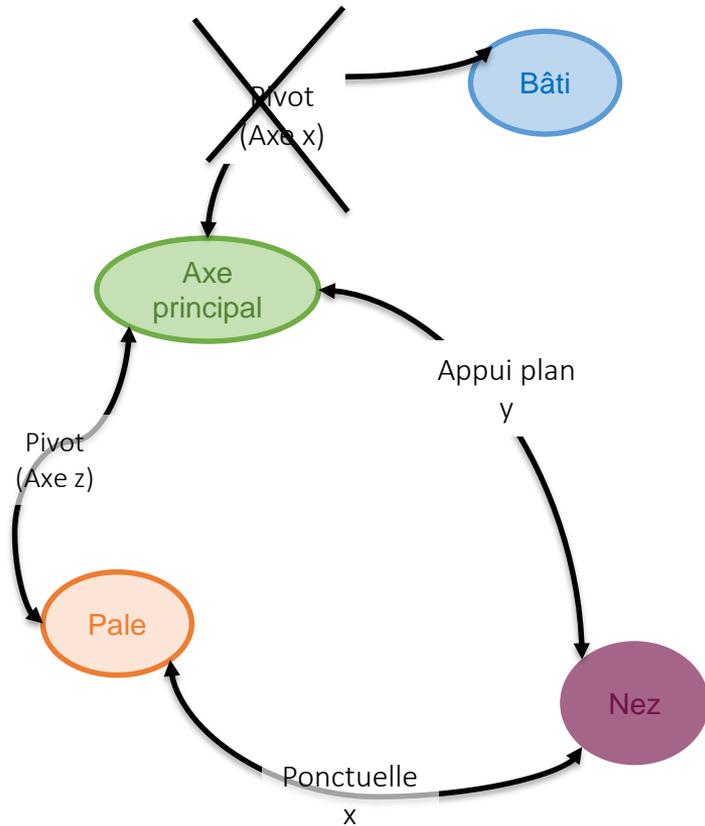


On bloque l'entrée ou la sortie des mobilités utiles pour ne pas les retrouver

10- Mobilité Interne

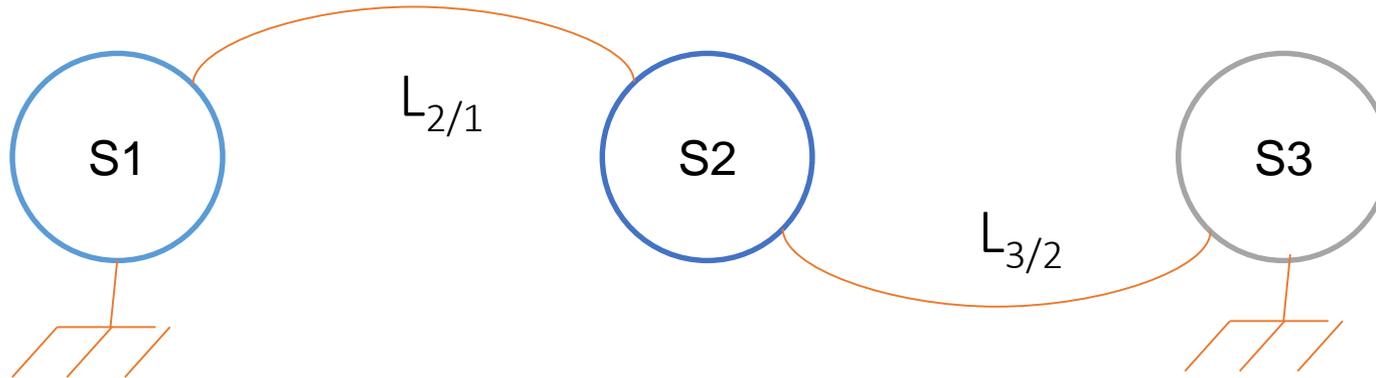


10- Mobilité Interne – Par étape



La pale peut-elle bouger sans faire bouger le nez ?

10- Mobilité Interne – Rappel de cour (CM3)



identification des mobilités internes :

$$\{0\} = \{\vartheta_{3/2}\} + \{\vartheta_{2/1}\}$$

Si cette relation donne plus d'inconnues cinématiques que d'équations, il y a des mobilités internes...

10- Mobilité Interne – Par le calcul

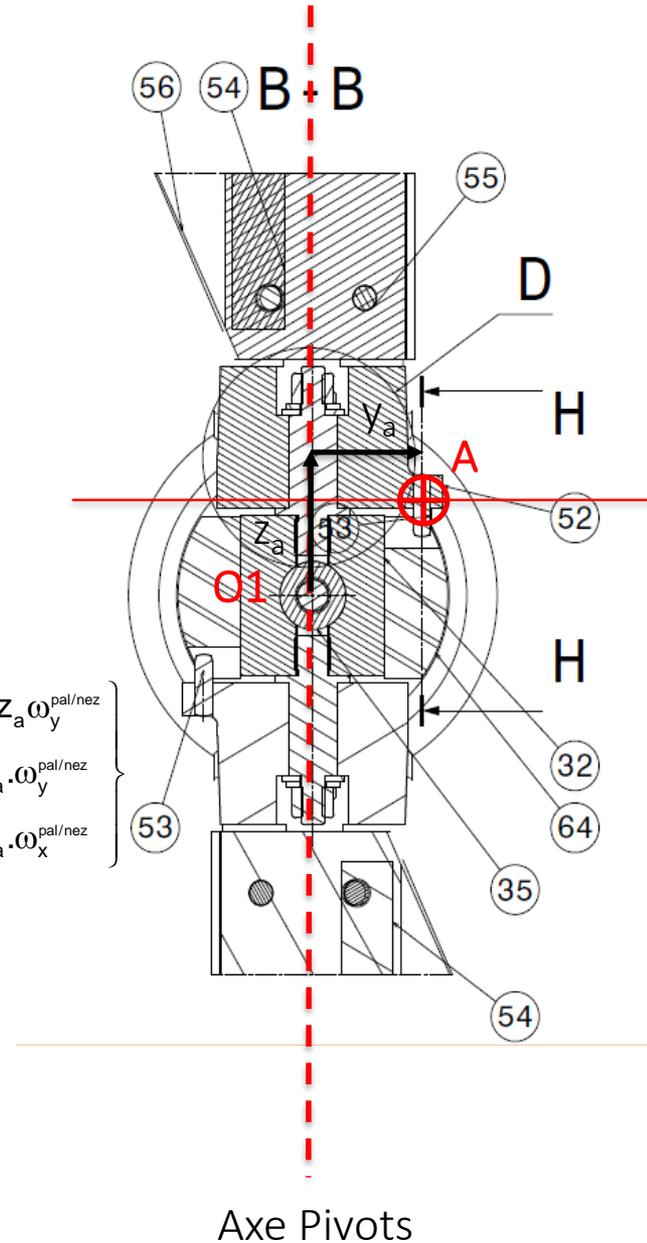
Par le calcul

Pivot z :
$$\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \omega_z^{ax/pal} & 0 \end{Bmatrix}$$
 En tout point de l'axe

Ponctuelle :
$$\begin{Bmatrix} \omega_x^{pal/nez} & 0 \\ \omega_y^{pal/nez} & V_y^{pal/nezl} \\ \omega_z^{pal/nez} & V_z^{pal/nez} \end{Bmatrix}_A$$

$$\{\vec{V}_{pale/nez}\}_O = \{\vec{V}_{pale/nez}\}_A + \vec{O_1A} \wedge \{\vec{\Omega}_{pale/nez}\} = \begin{Bmatrix} 0 \\ V_y^{pal/nezl} \\ V_z^{pal/nezl} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 \\ y_a \\ z_a \end{Bmatrix} \wedge \begin{Bmatrix} \omega_x^{pal/nez} \\ \omega_y^{pal/nez} \\ \omega_z^{pal/nez} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} y_a \cdot \omega_z^{pal/nez} - z_a \omega_y^{pal/nez} \\ V_y^{pal/nezl} + z_a \cdot \omega_y^{pal/nez} \\ V_z^{pal/nezl} - y_a \cdot \omega_x^{pal/nez} \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} \omega_x^{pal/nez} \\ \omega_y^{pal/nez} \\ \omega_z^{pal/nez} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} y_a \cdot \omega_z^{pal/nez} - z_a \omega_y^{pal/nez} \\ V_y^{pal/nezl} + z_a \cdot \omega_y^{pal/nez} \\ V_z^{pal/nezl} - y_a \cdot \omega_x^{pal/nez} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \omega_z^{ax/pal} & 0 \end{Bmatrix}_{O_1} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$$



10- Mobilité Interne – Par le calcul

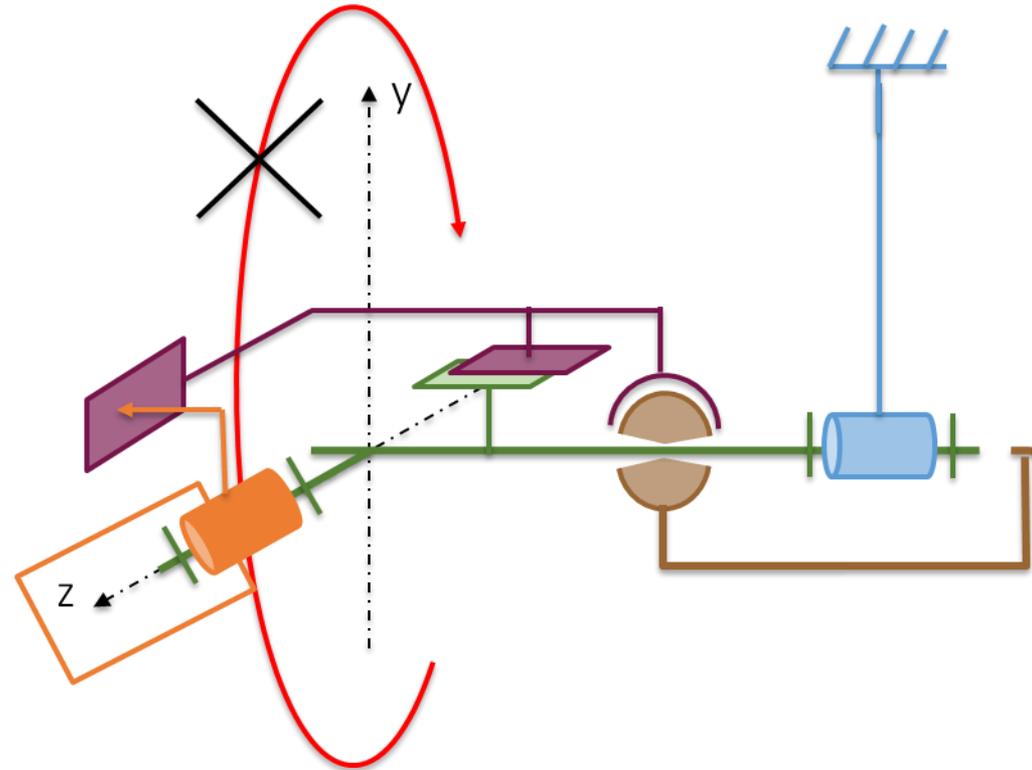
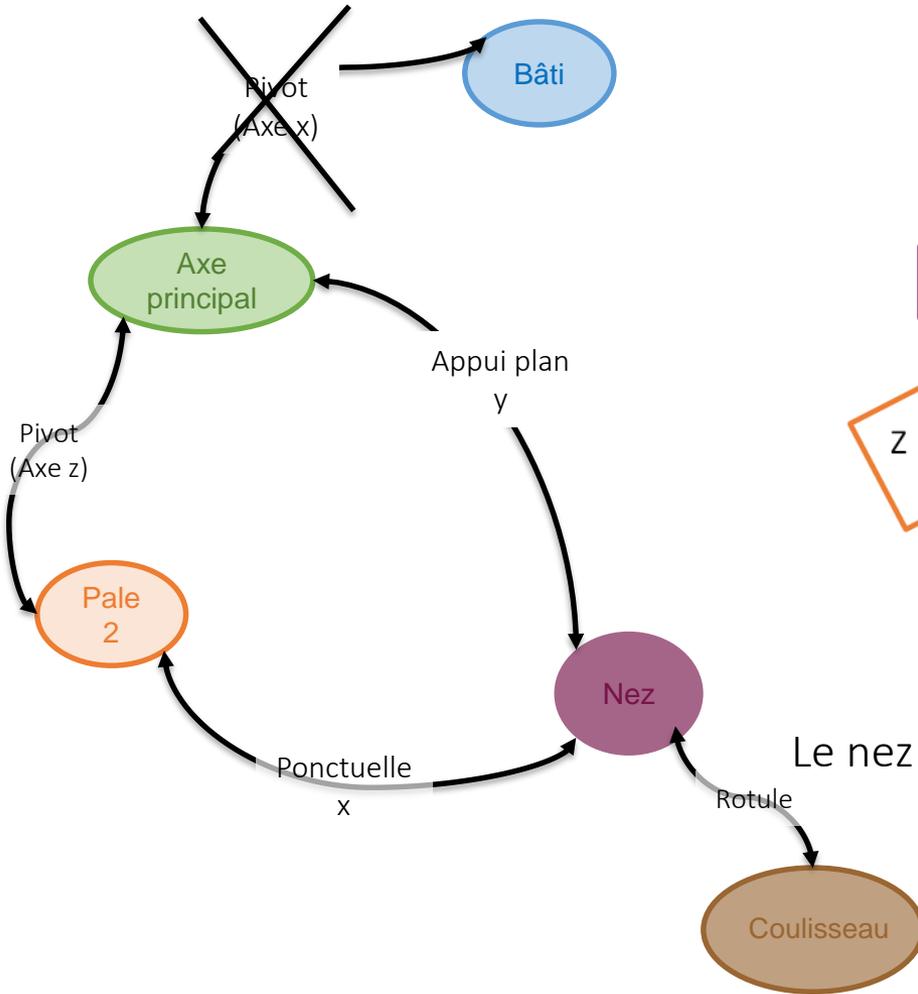
$$\left. \begin{array}{l} \omega_x^{\text{pal/nez}} \\ \omega_y^{\text{pal/nez}} \\ \omega_z^{\text{pal/nez}} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} y_a \cdot \omega_z^{\text{pal/nez}} - z_a \omega_y^{\text{pal/nez}} \\ V_y^{\text{pal/nezl}} + z_a \cdot \omega_y^{\text{pal/nez}} \\ V_z^{\text{pal/nezl}} - y_a \cdot \omega_x^{\text{pal/nez}} \end{array} \right\}_{O1} + \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ \omega_z^{\text{ax/pal}} \end{array} \right\}_{O1} = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \omega_x^{\text{pal/nez}} \\ \omega_y^{\text{pal/nez}} \\ \omega_z^{\text{pal/nez}} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} y_a \cdot \omega_z^{\text{pal/nez}} - z_a \omega_y^{\text{pal/nez}} \\ V_y^{\text{pal/nezl}} + z_a \cdot \omega_y^{\text{pal/nez}} \\ V_z^{\text{pal/nezl}} - y_a \cdot \omega_x^{\text{pal/nez}} \end{array} \right\}_{O1} + \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ \omega_z^{\text{ax/pal}} \end{array} \right\}_{O1} = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \omega_x^{\text{pal/nez}} \\ \omega_y^{\text{pal/nez}} \\ \omega_z^{\text{pal/nez}} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} y_a \cdot \omega_z^{\text{pal/nez}} - z_a \omega_y^{\text{pal/nez}} \\ V_y^{\text{pal/nezl}} + z_a \cdot \omega_y^{\text{pal/nez}} \\ V_z^{\text{pal/nezl}} - y_a \cdot \omega_x^{\text{pal/nez}} \end{array} \right\}_{O1} + \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ \omega_z^{\text{ax/pal}} \end{array} \right\}_{O1} = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}$$

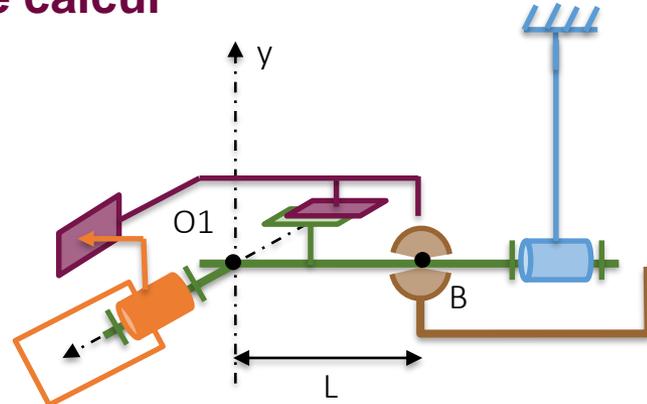
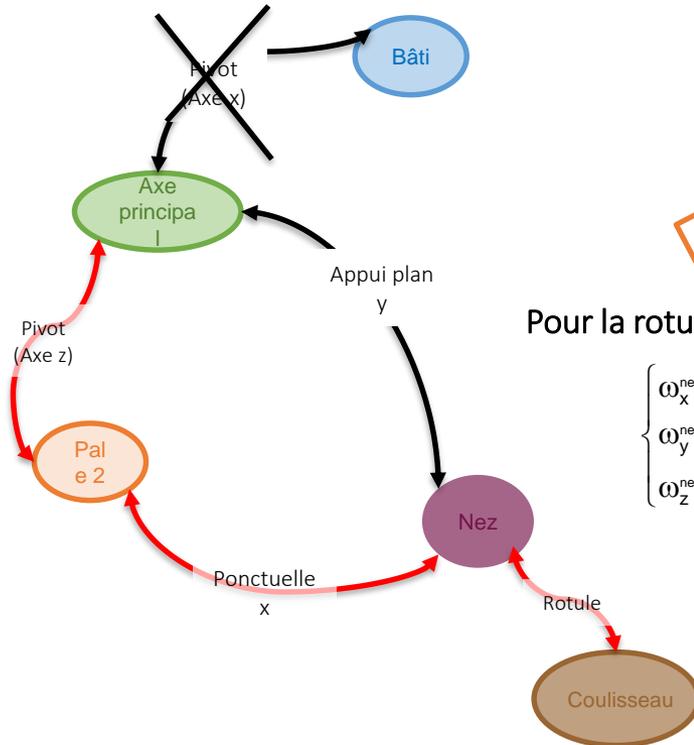
➔ Pas de mobilité

10- Mobilité Interne – Etape 2



Le nez peut-il bouger sans faire bouger le coulisseau ?

10- Mobilité Interne – Par le calcul

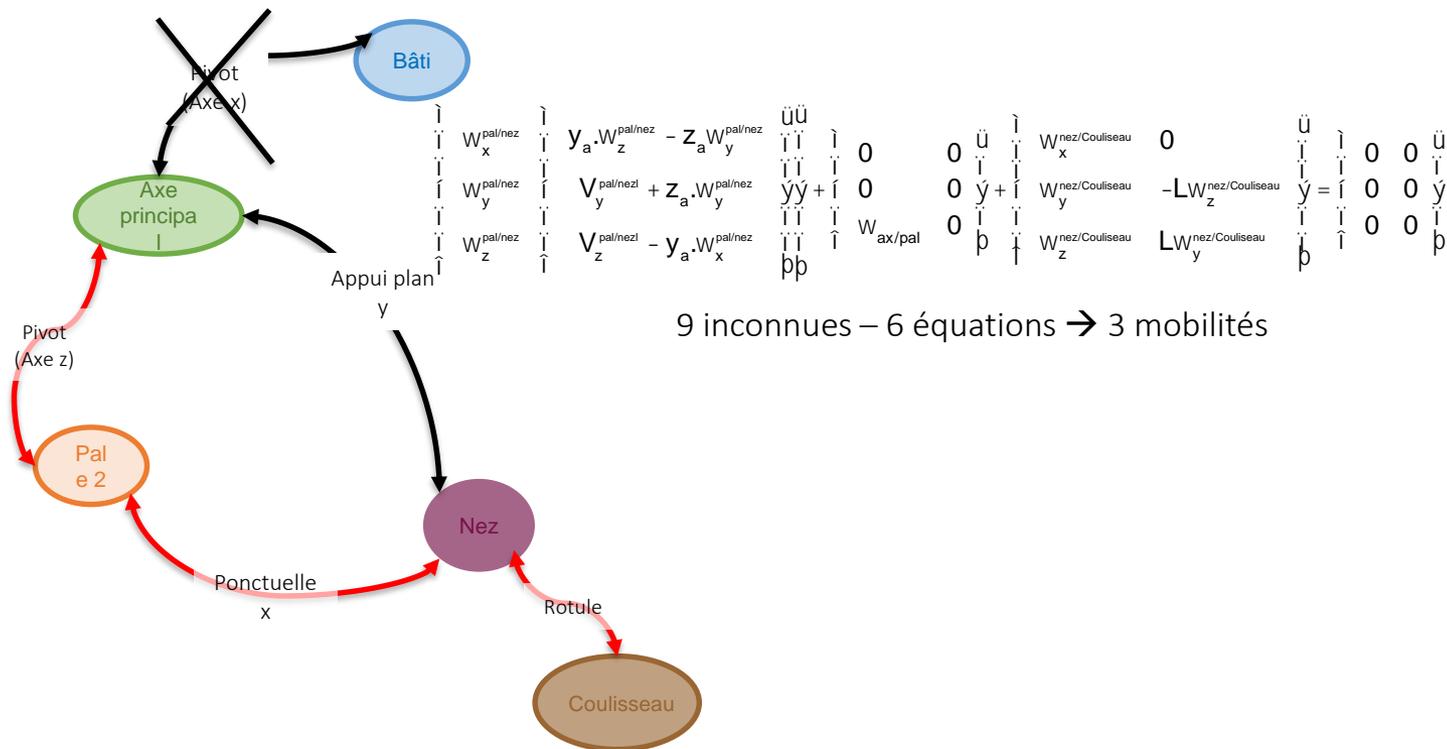


Pour la rotule

$$\begin{Bmatrix} \omega_x^{nez/Coulisseau} \\ \omega_y^{nez/Coulisseau} \\ \omega_z^{nez/Coulisseau} \end{Bmatrix} \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \Big|_B \quad \Rightarrow \quad \begin{matrix} W_x^{nez/Coulisseau} & 0 \\ W_y^{nez/Coulisseau} & -LW_z^{nez/Coulisseau} \\ W_z^{nez/Coulisseau} & LW_y^{nez/Coulisseau} \end{matrix} \begin{matrix} \ddot{u} \\ \ddot{y} \\ \ddot{p}_{O1} \end{matrix}$$

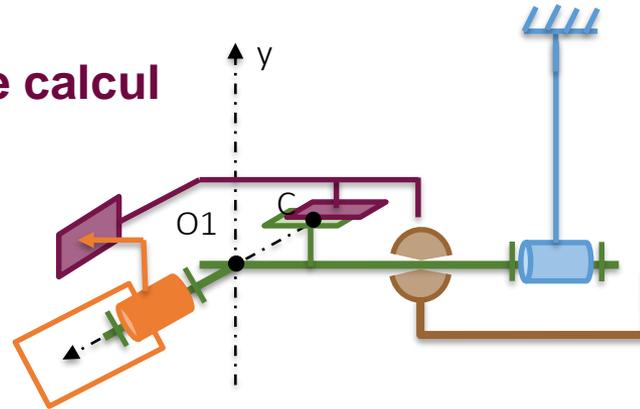
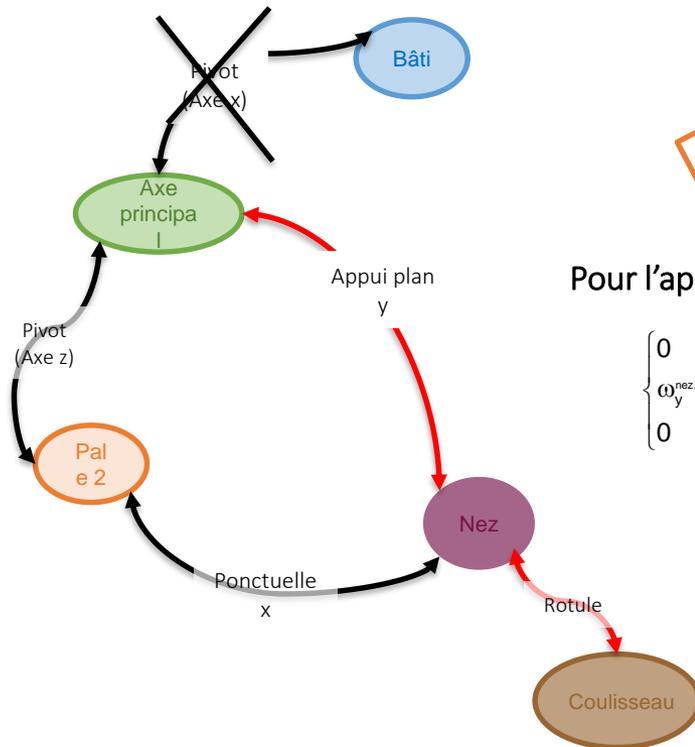
$$\overline{O_1 B} \begin{matrix} W_x^{nez/Coulisseau} \\ W_y^{nez/Coulisseau} \\ W_z^{nez/Coulisseau} \end{matrix} \begin{matrix} \ddot{u} \\ \ddot{y} \\ \ddot{p} \end{matrix} = \begin{matrix} L & 0 & 0 \\ 0 & \ddot{y} & \ddot{u} \\ 0 & \ddot{p} & 0 \end{matrix} \begin{matrix} W_x^{nez/Coulisseau} \\ W_y^{nez/Coulisseau} \\ W_z^{nez/Coulisseau} \end{matrix} \begin{matrix} \ddot{u} \\ \ddot{y} \\ \ddot{p} \end{matrix} \begin{matrix} 0 \\ -L.W_z^{nez/Coulisseau} \\ L.W_y^{nez/Coulisseau} \end{matrix}$$

10- Mobilité Interne – Par le calcul



9 inconnues – 6 équations → 3 mobilités

10- Mobilité Interne – Par le calcul



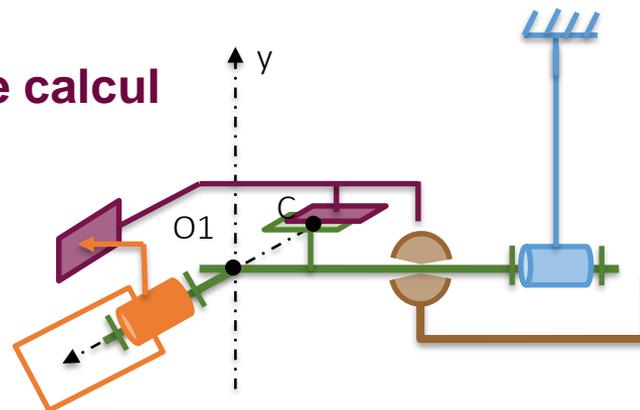
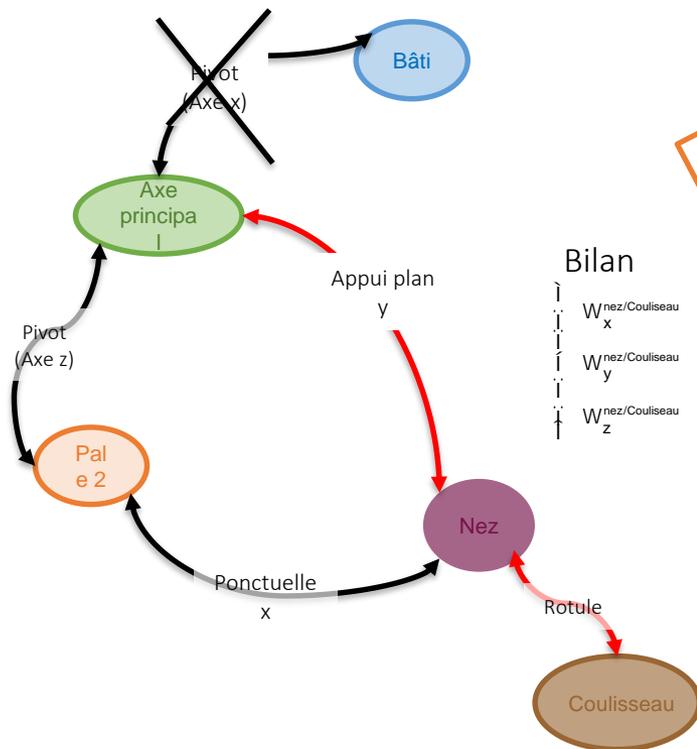
Pour l'appui plan

$$\begin{Bmatrix} 0 & V_x^{nez/axe} \\ \omega_y^{nez/axe} & 0 \\ 0 & V_z^{nez/axe} \end{Bmatrix}_C$$

$$\begin{Bmatrix} 0 & V_x^{nez/axe} \\ \omega_y^{nez/axe} & 0 \\ 0 & V_z^{nez/axe} + x_c \cdot \omega_y^{nez/axe} \end{Bmatrix}_{O1}$$

$$\begin{Bmatrix} V_x^{nez/axe} \\ 0 \\ V_z^{nez/axe} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} x_c \\ y_c \\ 0 \end{Bmatrix} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ \omega_y^{nez/axe} \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} V_x^{nez/axe} \\ 0 \\ V_z^{nez/axe} + x_c \cdot \omega_y^{nez/axe} \end{Bmatrix}$$

10- Mobilité Interne – Par le calcul

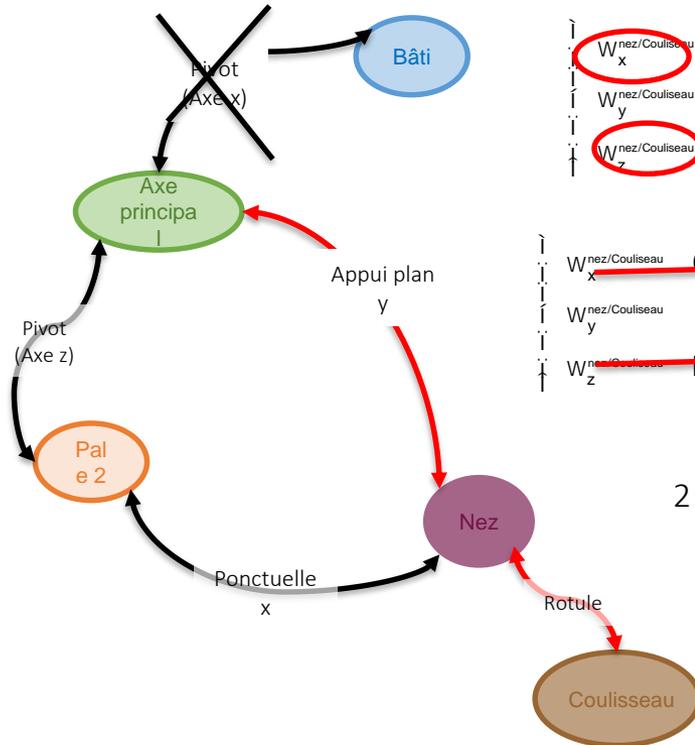


Bilan

$$\begin{array}{c}
 \dot{w}_x^{nez/Coulisseau} \\
 \dot{w}_y^{nez/Coulisseau} \\
 \dot{w}_z^{nez/Coulisseau}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 0 \\
 -LW_z^{nez/Coulisseau} \\
 LW_y^{nez/Coulisseau}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \ddot{y} \\
 \dot{y} \\
 p_{O1}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \dot{w}_y^{nez/axe} \\
 0 \\
 0
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \ddot{u}_x \\
 \dot{u}_y \\
 \dot{u}_z
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \ddot{u}_x \\
 \dot{u}_y \\
 \dot{u}_z
 \end{array}$$

$\dot{v}_x^{nez/axe}$
 $\dot{v}_z^{nez/axe} + x_c \cdot \dot{w}_y^{nez/axe}$

10- Mobilité Interne – Par le calcul



Variables nulles

$$\begin{pmatrix} W_x^{nez/Coulisseau} \\ W_y^{nez/Coulisseau} \\ W_z^{nez/Coulisseau} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ -L \\ LW_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{y} \\ \ddot{p}_{O1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_x^{nez/axe} \\ 0 \\ V_z^{nez/axe} + x_c \cdot W_y^{nez/axe} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{y} \\ \ddot{p}_{O1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{y} \\ \ddot{p} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} W_x^{nez/Coulisseau} \\ W_y^{nez/Coulisseau} \\ W_z^{nez/Coulisseau} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ -L \\ LW_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{y} \\ \ddot{p}_{O1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_x^{nez/axe} \\ 0 \\ V_z^{nez/axe} + x_c \cdot W_y^{nez/axe} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{y} \\ \ddot{p}_{O1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{y} \\ \ddot{p} \end{pmatrix}$$

2 équations

$$W_y^{nez/Coulisseau} + W_y^{nez/axe} = 0$$

$$V_z^{nez/axe} + x_c \cdot W_y^{nez/axe} + LW_y^{nez/Coulisseau} = 0$$

3 inconnues

$$\left\{ \begin{matrix} \omega_y^{nez/Coulisseau} \\ \omega_y^{nez/axe} \\ V_z^{nez/axe} \end{matrix} \right\}$$

1 mobilité

10- Mobilité Interne – Par le calcul

Couplage des 2 branches

$$\begin{array}{c}
 \dot{\ddot{u}} \\
 \dot{\ddot{y}} \\
 \dot{\ddot{p}}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 W_x^{pal/nez} \\
 W_y^{pal/nez} \\
 W_z^{pal/nez}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \dot{\ddot{u}} \\
 \dot{\ddot{y}} \\
 \dot{\ddot{p}}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 y_a \cdot W_z^{pal/nez} - z_a \cdot W_y^{pal/nez} \\
 V_y^{pal/nez} + z_a \cdot W_y^{pal/nez} \\
 V_z^{pal/nez} - y_a \cdot W_x^{pal/nez}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \ddot{u} \\
 \ddot{y} \\
 \ddot{p}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 0 \\
 0 \\
 W_{ax/pal}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \dot{\ddot{u}} \\
 \dot{\ddot{y}} \\
 \dot{\ddot{p}}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 W_{nez/Couisseau} \\
 W_y^{nez/Couisseau} \\
 W_z^{nez/Couisseau}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 0 \\
 -LW_y^{nez/Couisseau} \\
 LW_y^{nez/Couisseau}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \dot{\ddot{u}} \\
 \dot{\ddot{y}} \\
 \dot{\ddot{p}}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \ddot{u} \\
 \ddot{y} \\
 \ddot{p}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 \dot{\ddot{u}} \\
 \dot{\ddot{y}} \\
 \dot{\ddot{p}}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 W_x^{pal/nez} \\
 W_y^{pal/nez} \\
 W_z^{pal/nez}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \dot{\ddot{u}} \\
 \dot{\ddot{y}} \\
 \dot{\ddot{p}}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 y_a \cdot W_z^{pal/nez} - z_a \cdot W_y^{pal/nez} \\
 V_y^{pal/nez} + z_a \cdot W_y^{pal/nez} \\
 V_z^{pal/nez} - y_a \cdot W_x^{pal/nez}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \ddot{u} \\
 \ddot{y} \\
 \ddot{p}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 0 \\
 0 \\
 W_{ax/pal}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \dot{\ddot{u}} \\
 \dot{\ddot{y}} \\
 \dot{\ddot{p}}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 W_{nez/Couisseau} \\
 W_y^{nez/Couisseau} \\
 W_z^{nez/Couisseau}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 0 \\
 -LW_y^{nez/Couisseau} \\
 LW_y^{nez/Couisseau}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \dot{\ddot{u}} \\
 \dot{\ddot{y}} \\
 \dot{\ddot{p}}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \ddot{u} \\
 \ddot{y} \\
 \ddot{p}
 \end{array}$$



5 équations – 6 Inconnues

$$y_a \cdot W_z^{pal/nez} - z_a \cdot W_y^{pal/nez} = 0$$

$$W_y^{pal/nez} + W_y^{nez/Couisseau} = 0$$

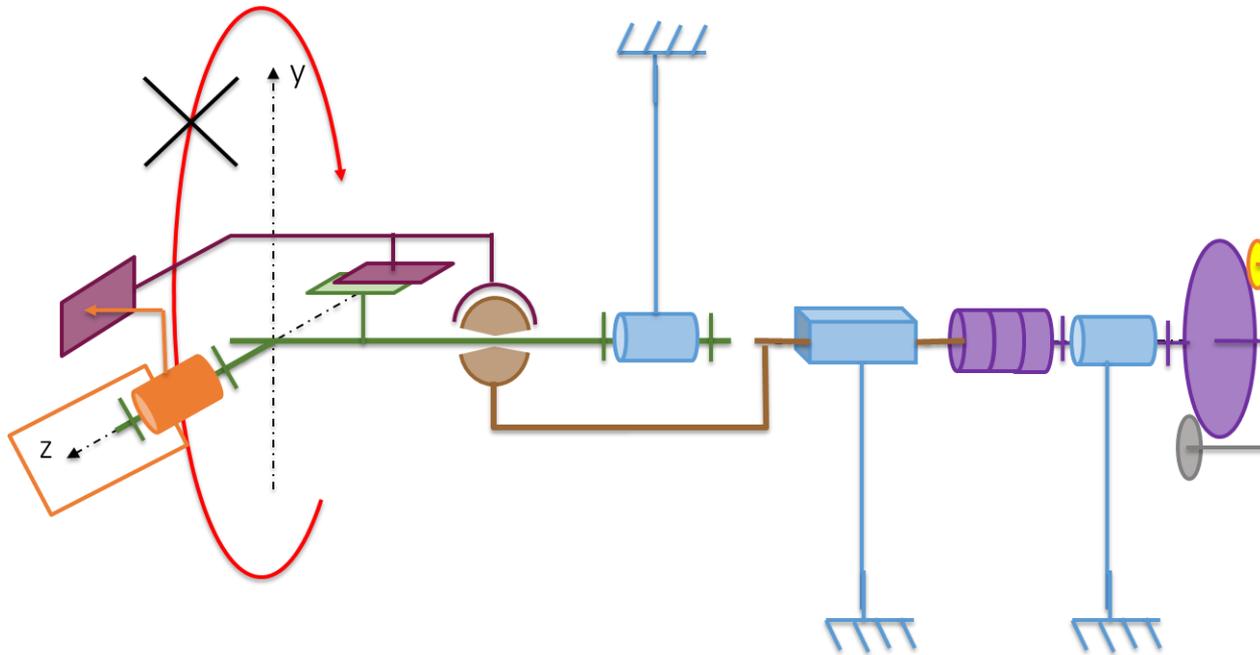
$$V_y^{pal/nez} + z_a \cdot W_y^{pal/nez} = 0$$

$$W_z^{pal/nez} + W_{ax/pal} = 0$$

$$V_z^{pal/nez} + LW_y^{nez/couisseau} = 0$$

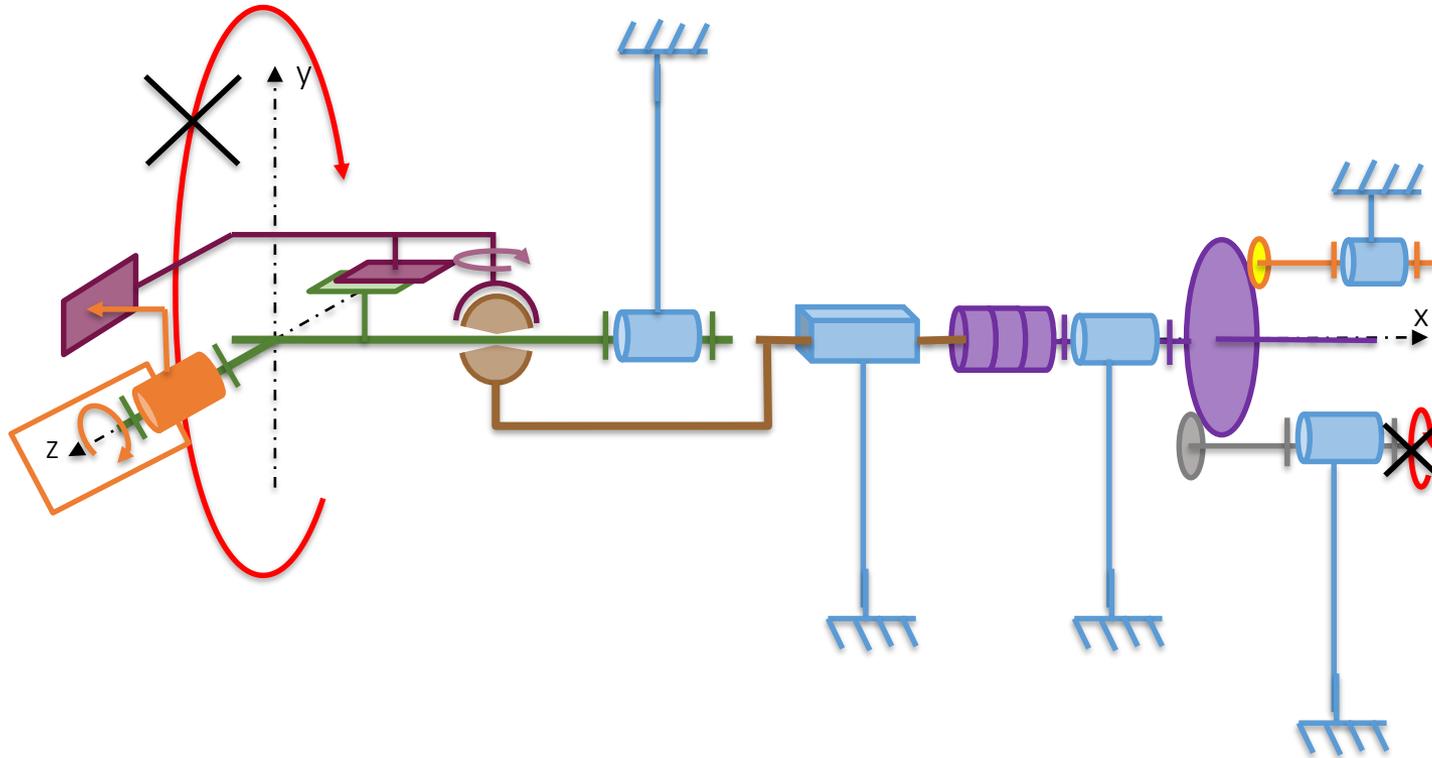
$$\begin{array}{c}
 \dot{\ddot{u}} \\
 \dot{\ddot{y}} \\
 \dot{\ddot{p}}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 W_y^{pale/nez} \\
 W_z^{pale/nez} \\
 W_y^{nez/couisseau} \\
 W_z^{axe/pale} \\
 V_y^{pale/nez} \\
 V_z^{pale/nez}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \ddot{u} \\
 \ddot{y} \\
 \ddot{p}
 \end{array}$$

10- Mobilité Interne – Etape 3



Le coulisseau peut-il bouger sans faire bouger l'écrou ?

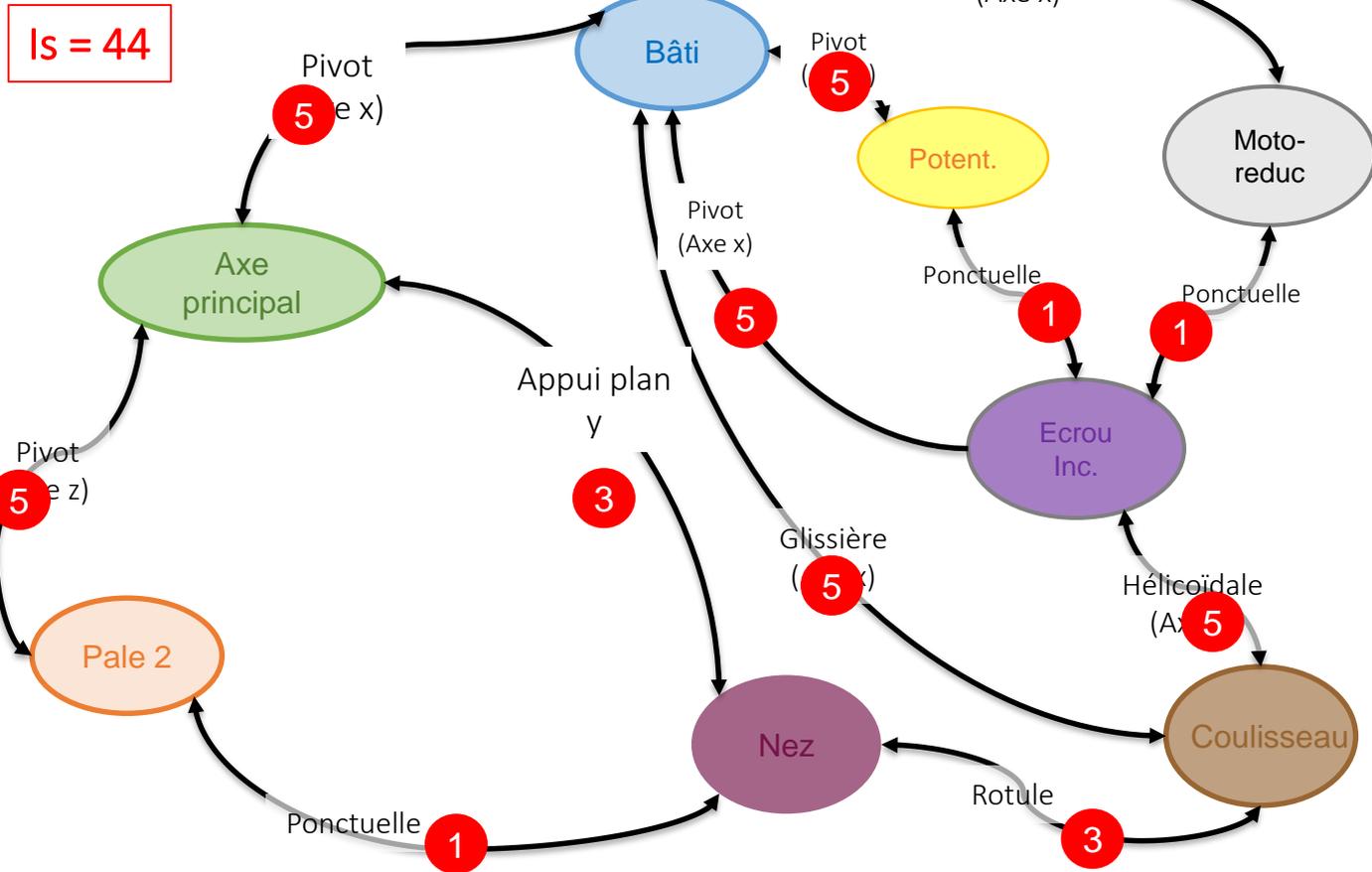
10- Mobilité Interne



Bilan : 1 mobilité interne qui est la rotation au tour de l'axe y de la CE du nez

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

11- Hyperstatisme



11- Hyperstatisme

E_s : nombre total d'équations statiques avec n : nombre total de solides du mécanisme (bâti compris) , $E_s = 6 (n - 1)$

$$E_s = 6.(8-1)=42$$

m : Mobilités

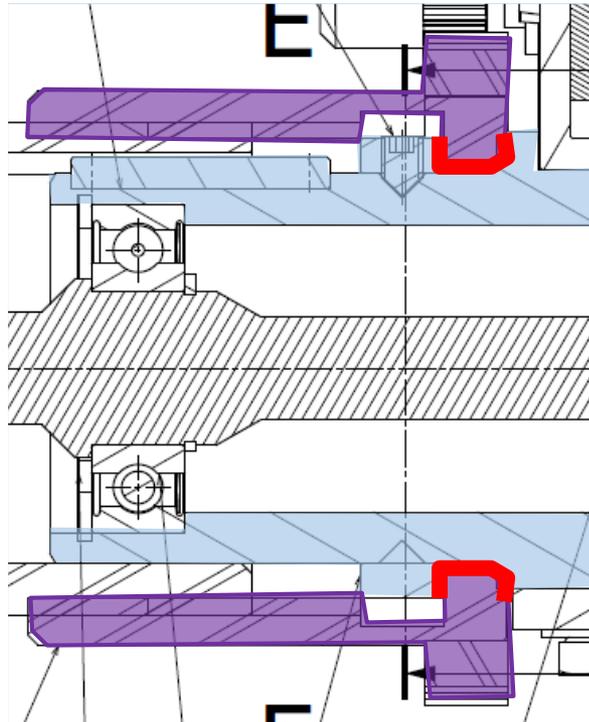
$$\begin{aligned} \mu &= 2 \\ m_i &= 1 \end{aligned}$$

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



$$h = 5$$

Retours sur des points de modélisation



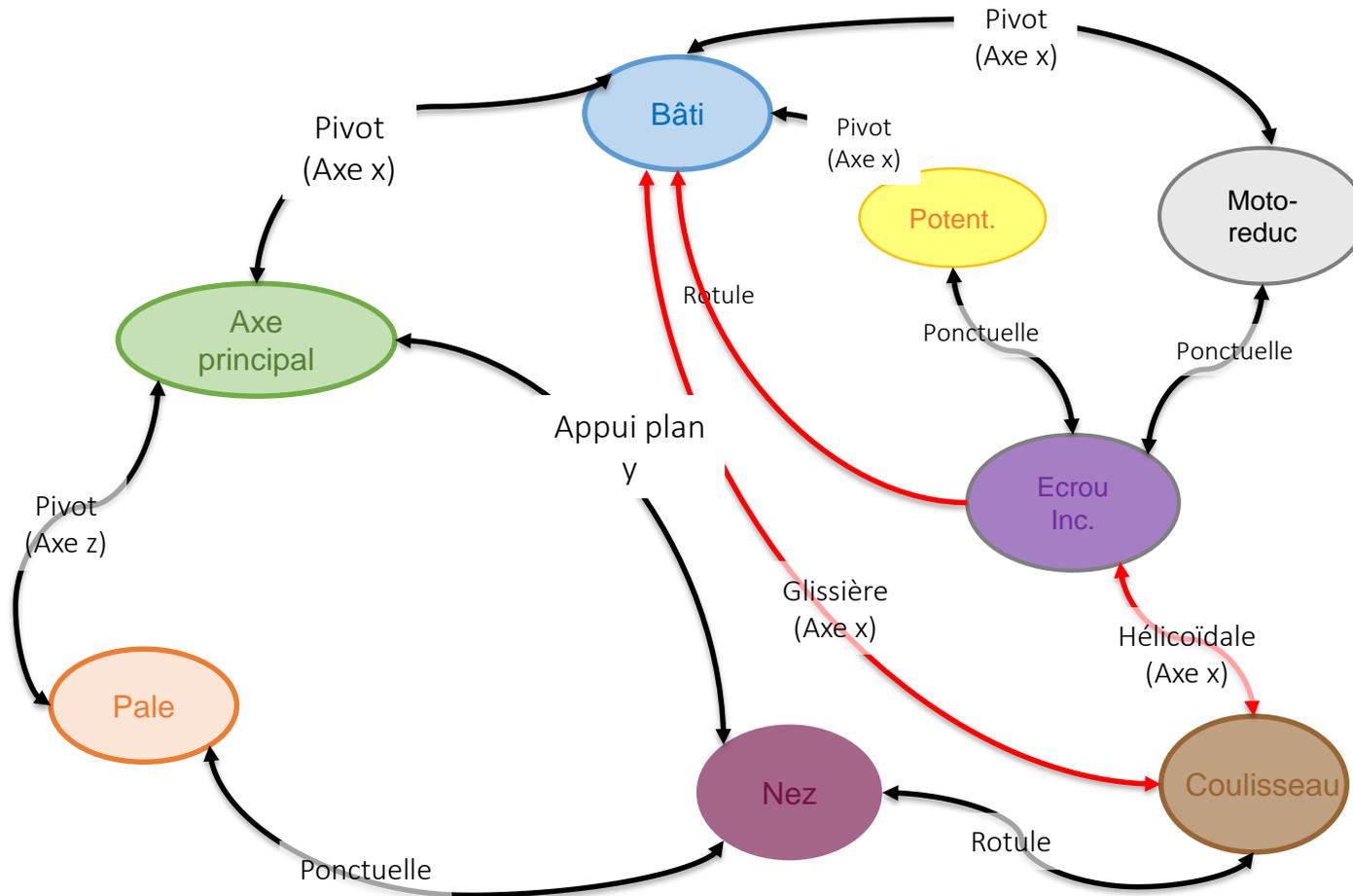
➡ Rotule

$$h = m + I_s - E_s$$
$$= 3 + 42 - 42$$

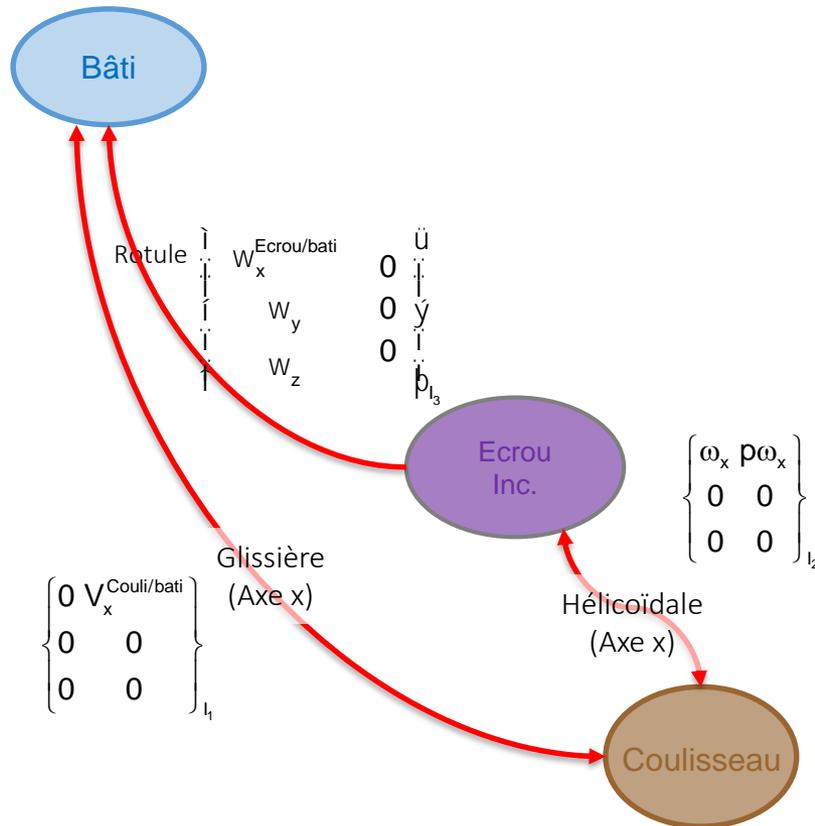


$$h = 3$$

11- Analyse des hyperstatismes



11- Analyse des Hyperstatismes



11- Analyse des Hyperstatismes

$$\begin{Bmatrix} 0 & V_x^{\text{Coul/bati}} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{I_1} \begin{Bmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \\ \dot{w} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} W_x^{\text{Ecrou/bati}} \\ W_y^{\text{Ecrou/bati}} \\ W_z^{\text{Ecrou/bati}} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{v} \\ \ddot{w} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \omega_x & p\omega_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \\ \dot{w} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} (W_x + W_x^{\text{Ecrou/bati}}) \\ (W_y) \\ (W_z) \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{v} \\ \ddot{w} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} (pW_x + V_x^{\text{Coul/bati}}) \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \\ \dot{w} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{v} \\ \ddot{w} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \\ \dot{w} \end{Bmatrix}$$

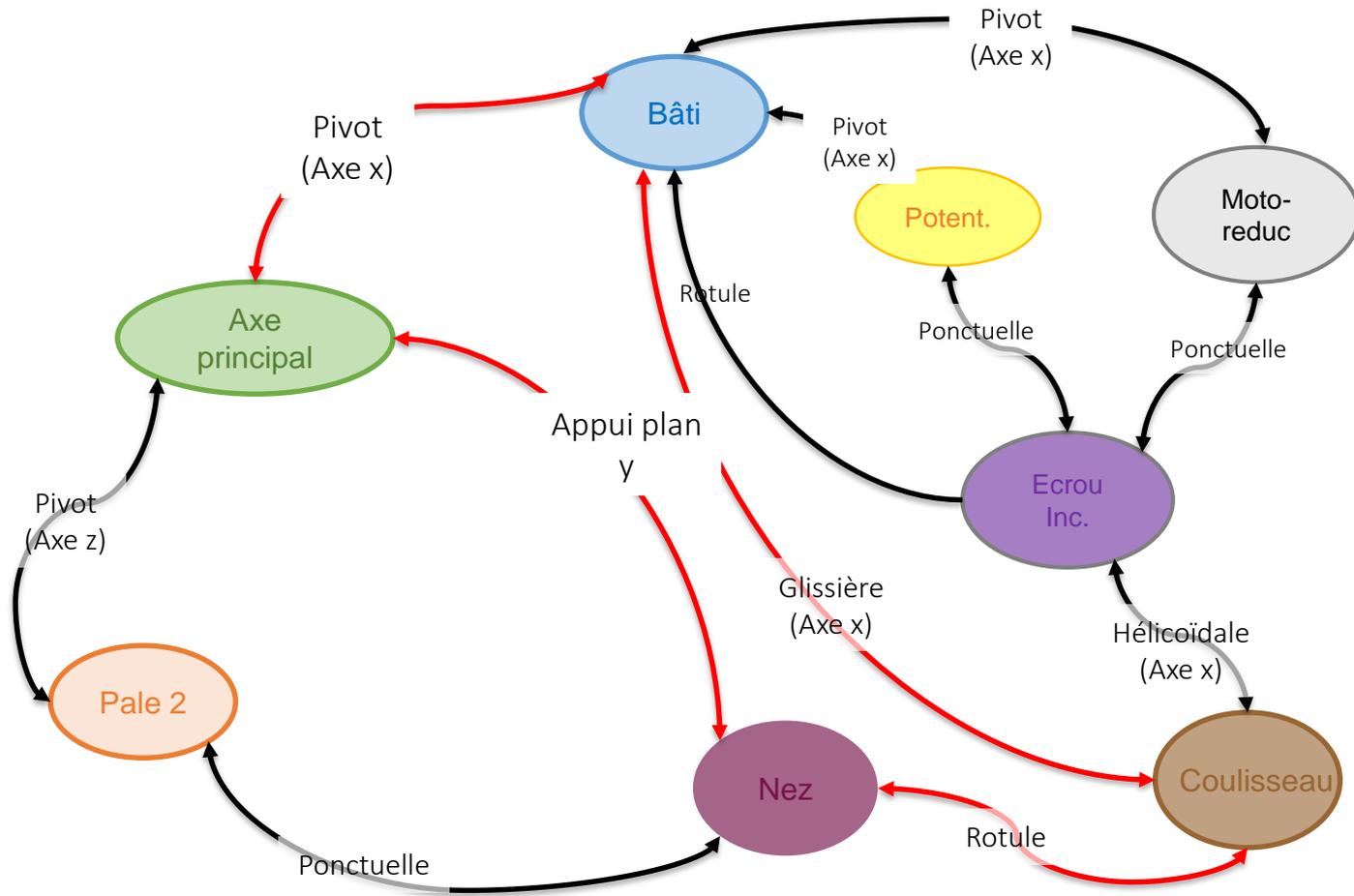
$$\begin{Bmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \\ \dot{w} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} (W_x + W_x^{\text{Ecrou/bati}}) \\ (W_y) \\ (W_z) \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} (pW_x + V_x^{\text{Coul/bati}}) \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \\ \dot{w} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{v} \\ \ddot{w} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \\ \dot{w} \end{Bmatrix}$$

Position en y et z

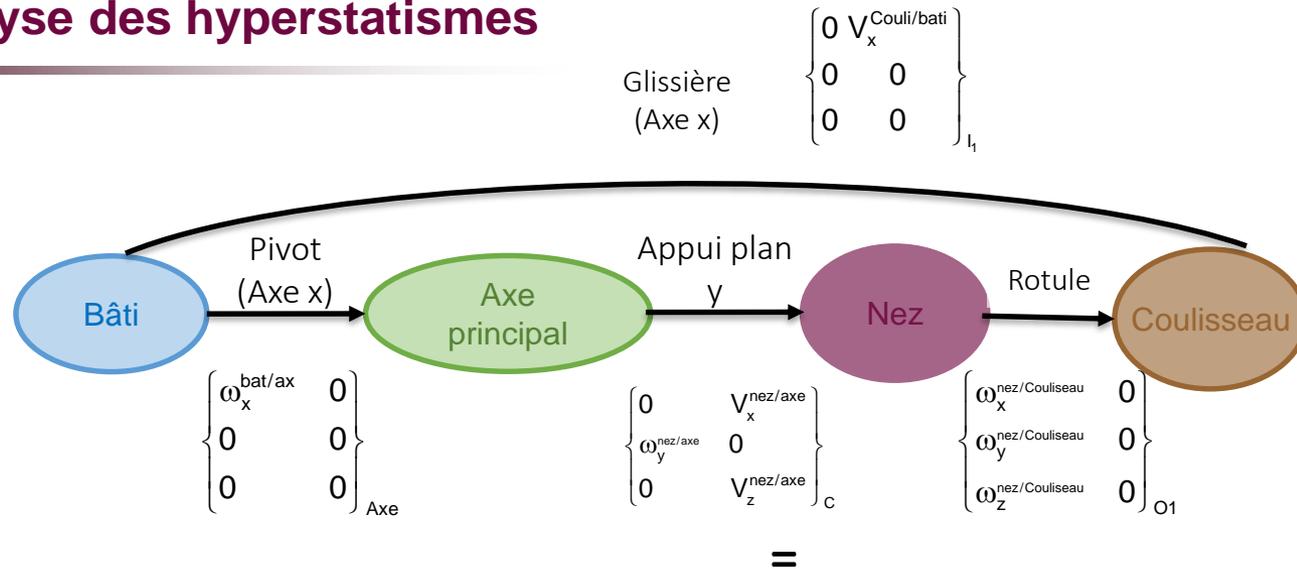
➡ Co-axialité des axes

Hyperstatisme degré 2

11- Analyse des hyperstatismes



11- Analyse des hyperstatismes



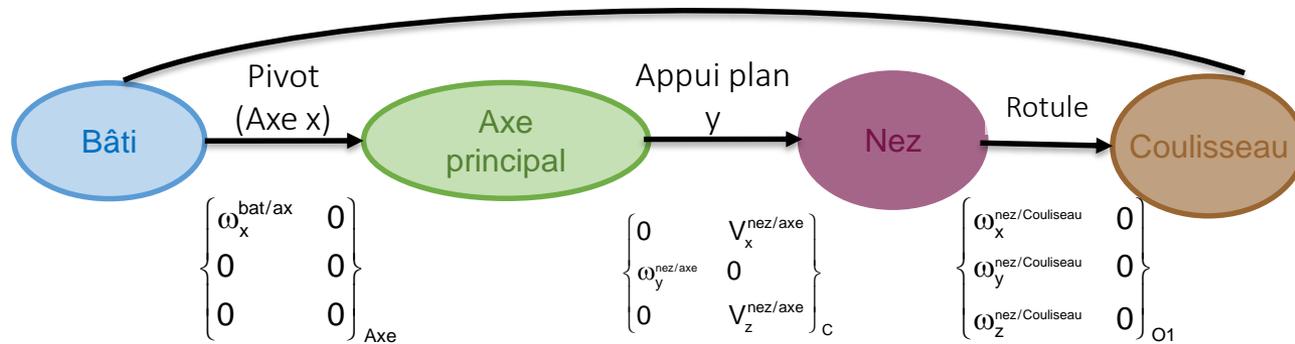
Stratégie d'études :

On a 3 liaisons en série en faisant la somme des torseurs de cinématique on trouvera la torseur de cinématique de la liaison équivalente,
 On a ensuite 2 liaisons en parallèle (la glissière et la liaison équivalente trouvée précédemment) , on fait la somme de leur torseur de cinématique qu'on compare au torseur nul pour trouver l'hyperstatisme de la liaison équivalente finale.

11- Analyse des hyperstatismes

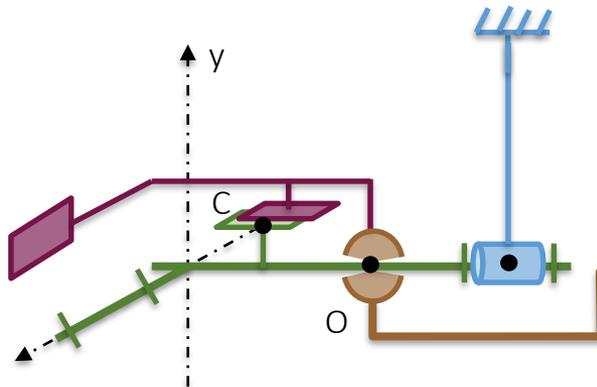
Glissière
(Axe x)

$$\left. \begin{matrix} 0 & V_x^{\text{Couli/bati}} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_{I_1}$$



=

$$\left. \begin{matrix} 0 & V_x^{\text{nez/axe}} \\ \omega_y^{\text{nez/axe}} & 0 \\ 0 & V_z^{\text{nez/axe}} + L_{co} \omega_y^{\text{nez/axe}} \end{matrix} \right\}_{O_1}$$



$$\begin{Bmatrix} V_x^{\text{nez/axe}} \\ 0 \\ V_z^{\text{nez/axe}} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} L \\ h \\ 0 \end{Bmatrix} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ \omega_y^{\text{nez/axe}} \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} V_x^{\text{nez/axe}} \\ 0 \\ V_z^{\text{nez/axe}} + L \cdot \omega_y^{\text{nez/axe}} \end{Bmatrix}$$

11- Analyse des hyperstatismes

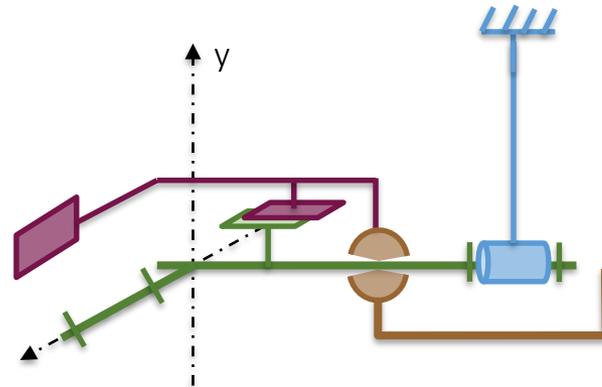
Bilan :

$$\left\{ \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_{I_1} \begin{array}{c} V_x^{\text{Couli/bati}} \\ 0 \\ 0 \end{array} + \left\{ \begin{array}{c} \omega_x^{\text{bat/ax}} \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_O \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} + \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ \omega_y^{\text{nez/axe}} \\ 0 \end{array} \right\}_O \begin{array}{c} V_x^{\text{nez/axe}} \\ 0 \\ V_z^{\text{nez/axe}} + L_{co} \omega_y^{\text{nez/axe}} \end{array} + \left\{ \begin{array}{c} \omega_x^{\text{nez/Coulisseau}} \\ \omega_y^{\text{nez/Coulisseau}} \\ \omega_z^{\text{nez/Coulisseau}} \end{array} \right\}_O \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} = \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}_O$$

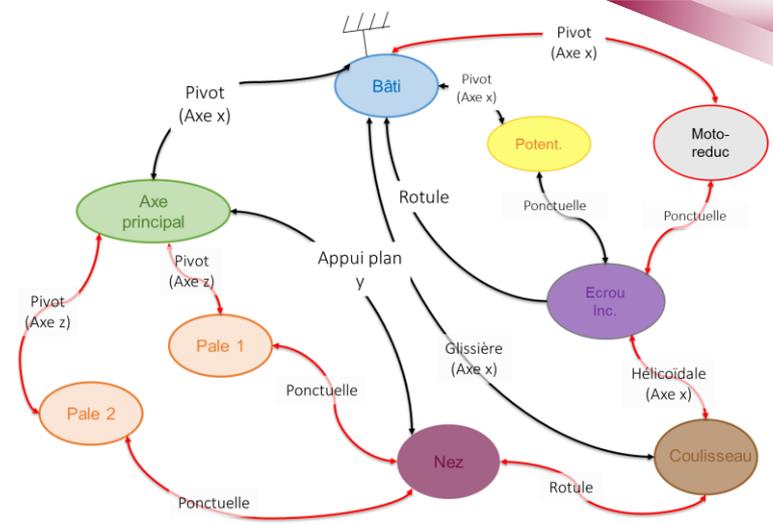
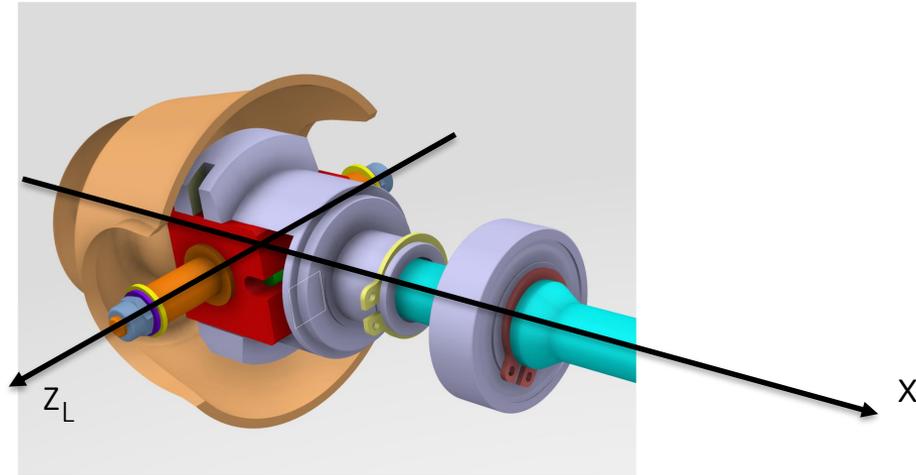
h1 Hyperstatisme de position suivant y

→ coaxialité suivant y :

Effectivement l'axe de « l'axe principal » est imposé par la pivot, donc la position suivant y du nez est imposée par « l'axe principal », qui impose à son tour la position suivant y du centre de la rotule et du coulisseau qui doivent être compatibles avec l'axe de la glissière.

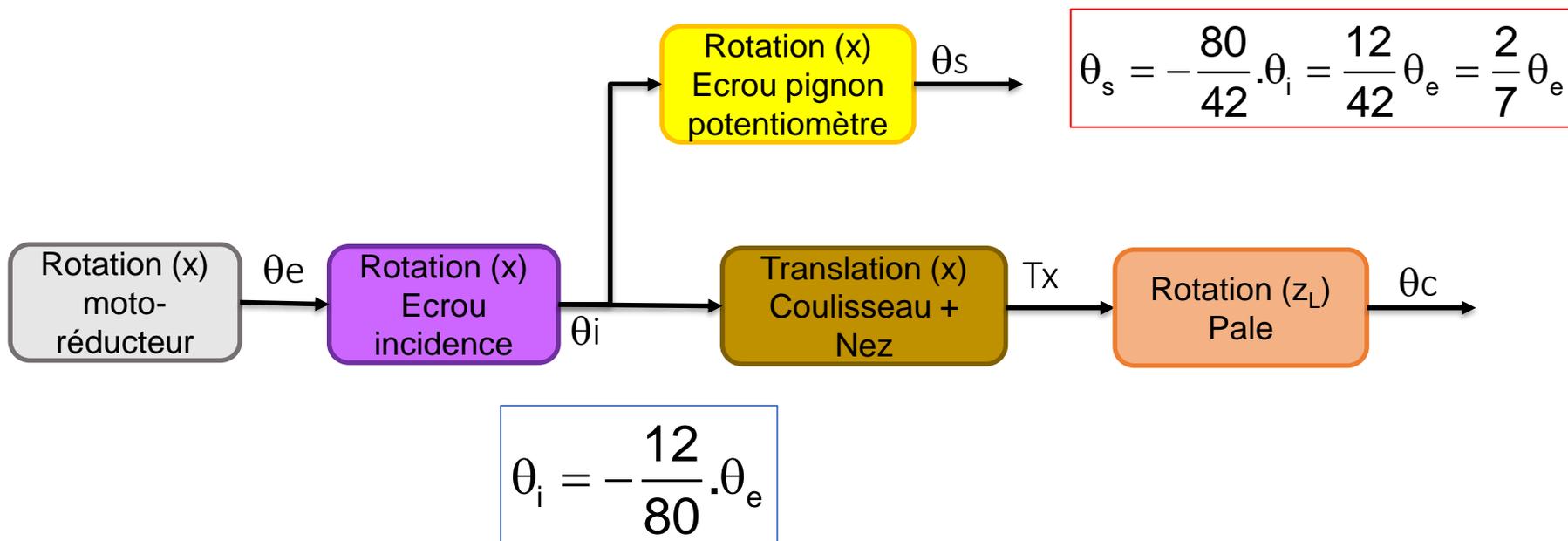


12- Mécanisme de réglage des pales



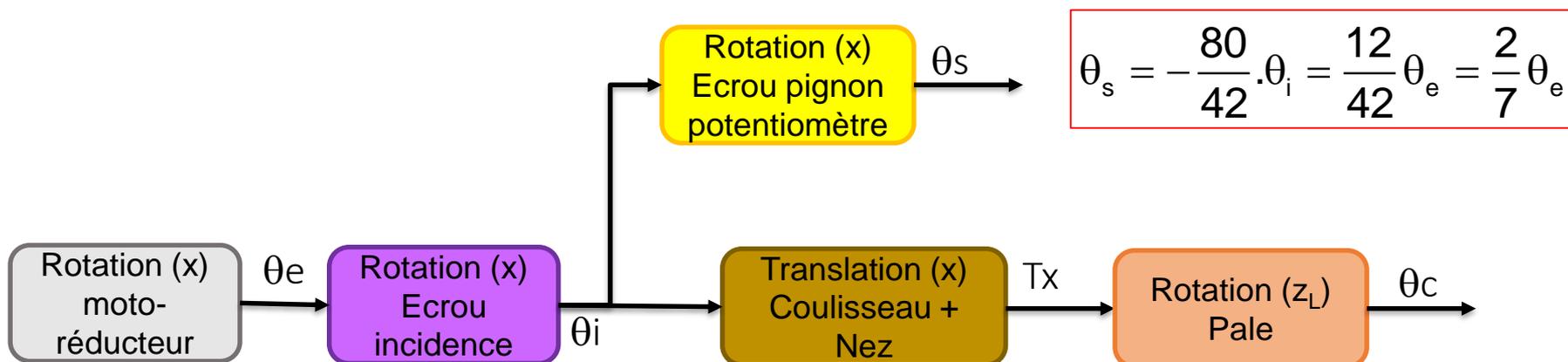
12- Lois entrée - sortie

66	1	3dp094657	Pignon motoréducteur Z=12, m=0.8
67	1	3dp094656	Axe Motoréducteur
68	1	3dp094591	Roue écrou d'incidence Z: 80 i=0.8
69	1	3dp094592	Corps écrou d'incidence taraudage M48x2.5-5H
70	1	3dp094578	Pignon potentiometre Z=42, m=0.8
71	1	3dp094577	Axe potentiometre



12- Lois entrée - sortie

66	1	3dp094657	Pignon motoréducteur Z=12, m=0.8
67	1	3dp094656	Axe Motoréducteur
68	1	3dp094591	Roue écrou d'incidence Z: 80 i=0.8
69	1	3dp094592	Corps écrou d'incidence taraudage M48x2.5-5H
70	1	3dp094578	Pignon potentiometre Z=42, m=0.8
71	1	3dp094577	Axe potentiometre



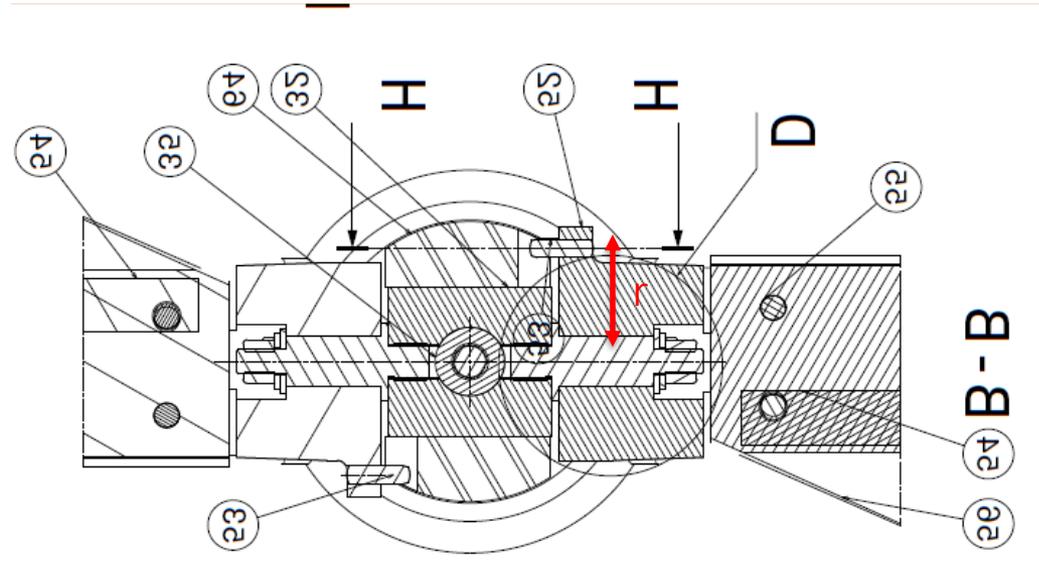
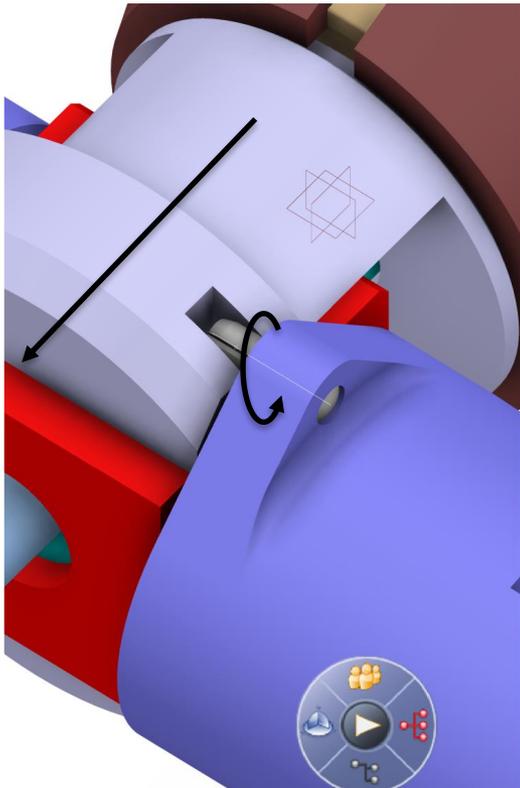
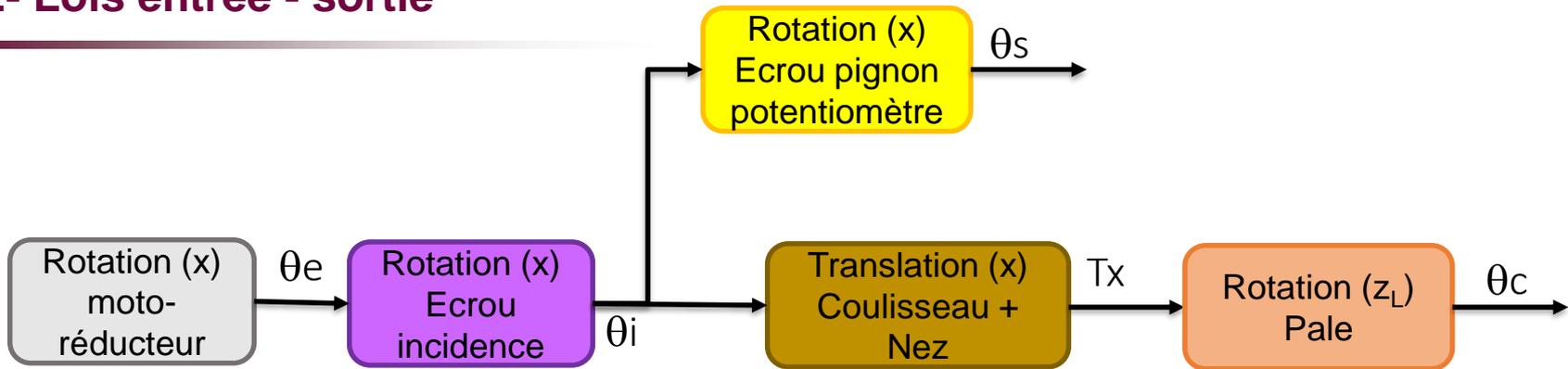
$$\theta_s = -\frac{80}{42} \cdot \theta_i = \frac{12}{42} \theta_e = \frac{2}{7} \theta_e$$

$$T_x = 2.5 \times \theta_i$$



θ_i en tours
 T_x en mm

12- Lois entrée - sortie

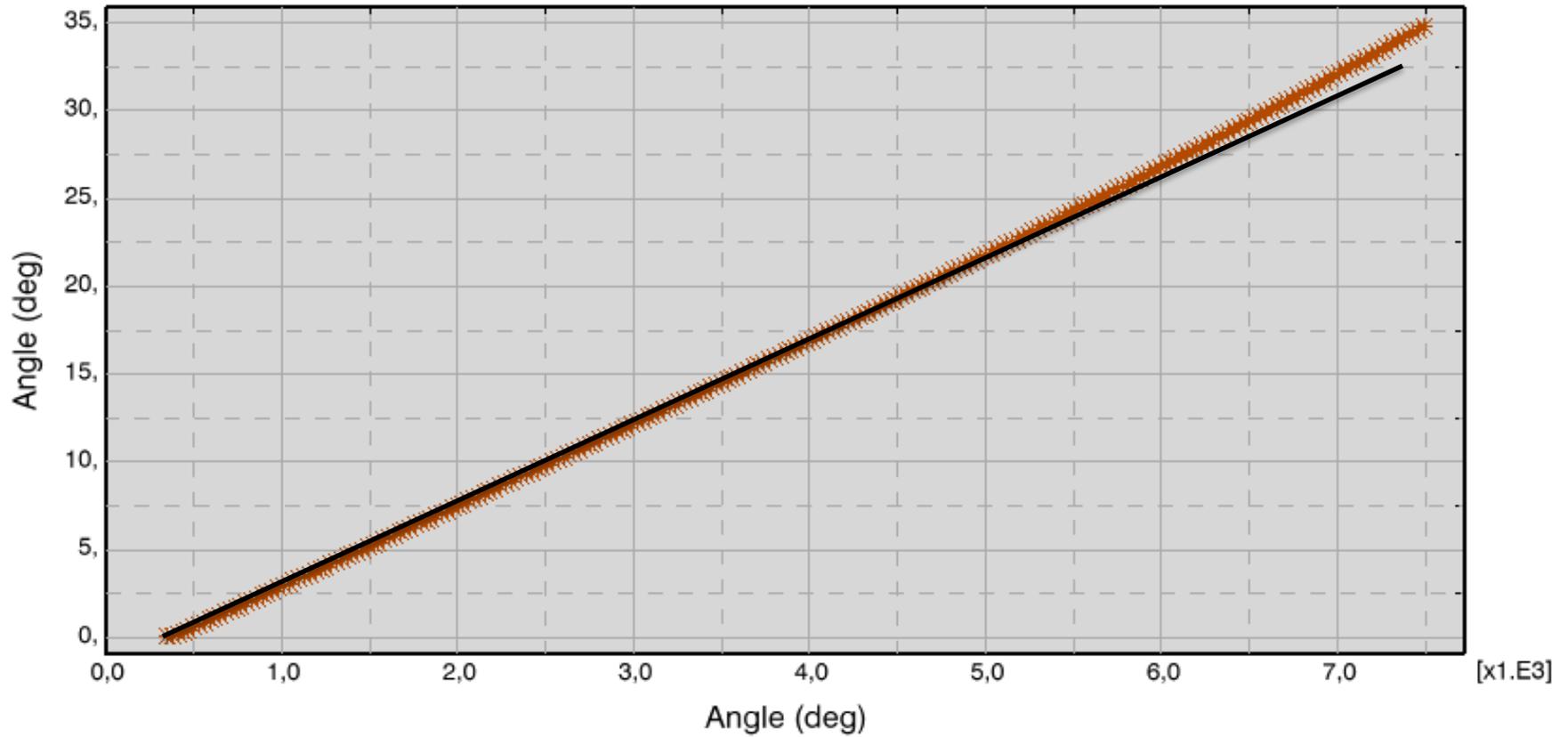


$$T_x \approx r \cdot \theta_c \rightarrow \theta_c \approx \frac{1}{r} T_x$$

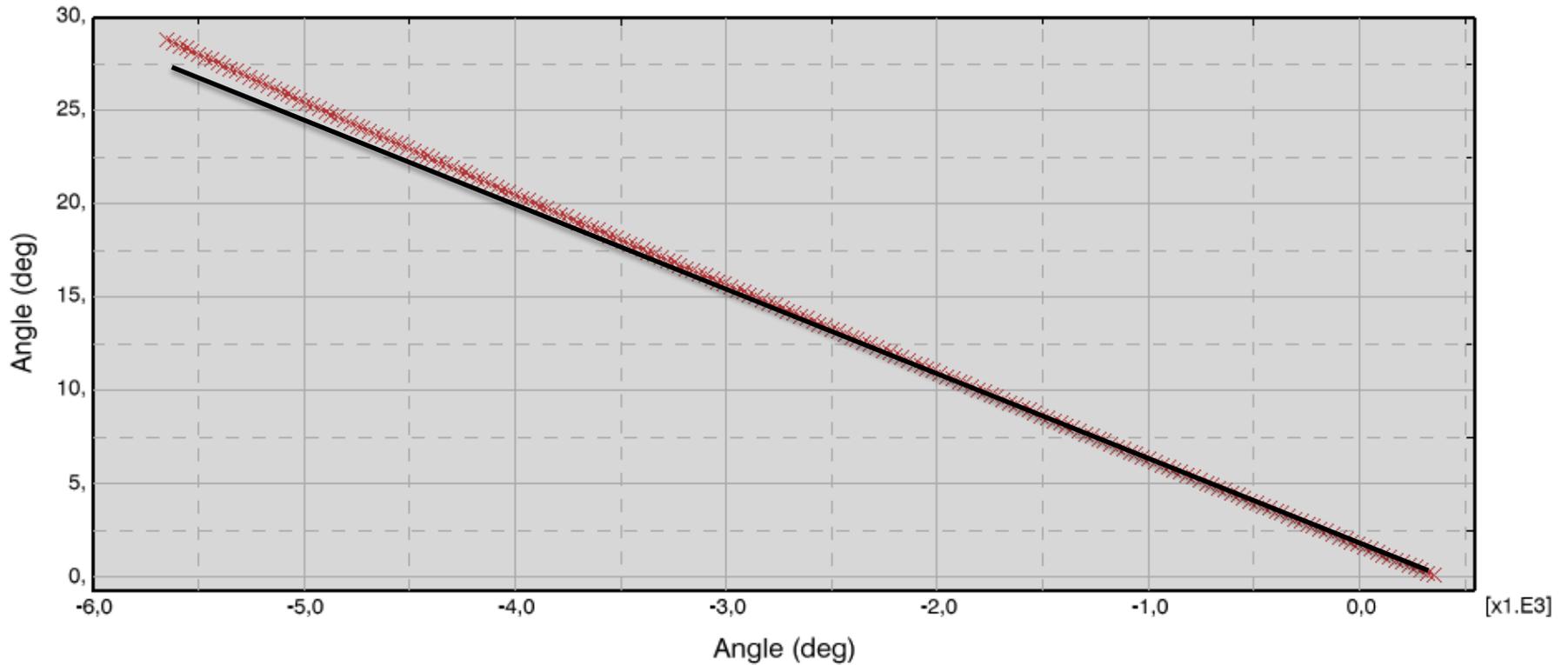


θ_c en radian
 Dans la zone où la corde est assimilable à l'arc de cercle

12- Loi d'entrée sortie (simulation Catia)



12- Loi d'entrée sortie (simulation Catia)



12- Limites de fonctionnement

