

Conception & Analyse

1- Lecture de plan

Équipe pédagogique CONAN

Objectifs généraux de l'EC CONception et ANalyse des systèmes mécaniques

"L'étudiant est capable de mener à bien l'analyse de la conception mécanique d'un système mécanique à partir d'un plan d'ensemble, d'une maquette numérique, du système réel"

22 heures de CM 26 heures de TD 8 heures de TP

4 crédits ECTS

1 DS (50%), 1 IE (25%), 2 TP (25%)

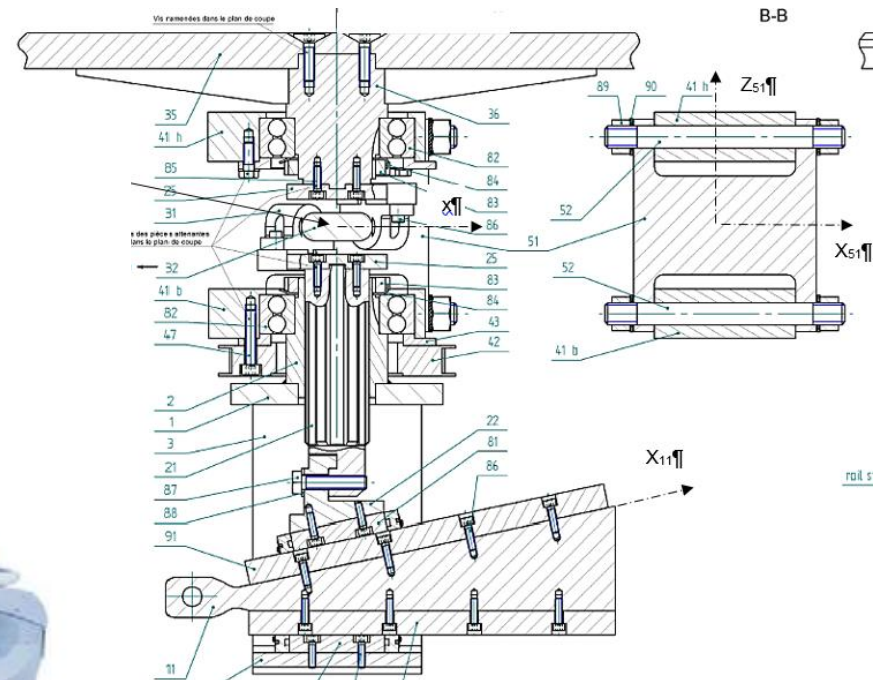
Programmes :

- Lecture de plans d'ensembles;
- culture technologique;
- schéma de calcul, schéma cinématique;
- hyperstatisme des mécanismes;
- conception et dimensionnement d'une liaison pivot;
- Base de résistance des matériaux;
- base de cotation fonctionnelle

rappel : permanence en MD32 les jeudis 04/10 et 25/10 de 13h à 16h pour toutes questions de lecture de plan

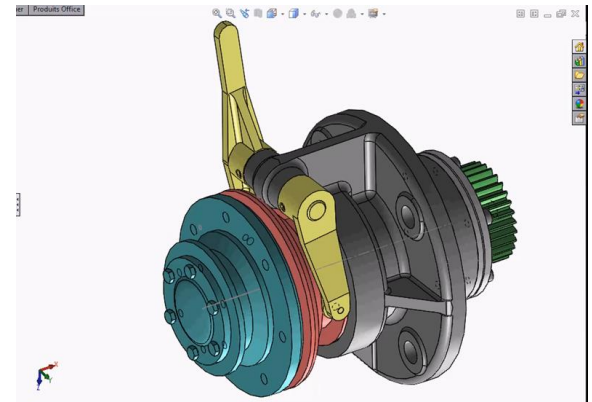
TD fil rouge *postural dynamic system*:

- DS de l'an dernier;
- Intégral du programme;
- Conception libre;
- Révisions.



Objectifs du CM1:

- Homogénéisation des connaissances en lecture de plan;
- Connaissances des éléments technologiques de base;
- Culture technologique;
- 3 lectures plans : module de rotation, osthéotome et embrayage navette

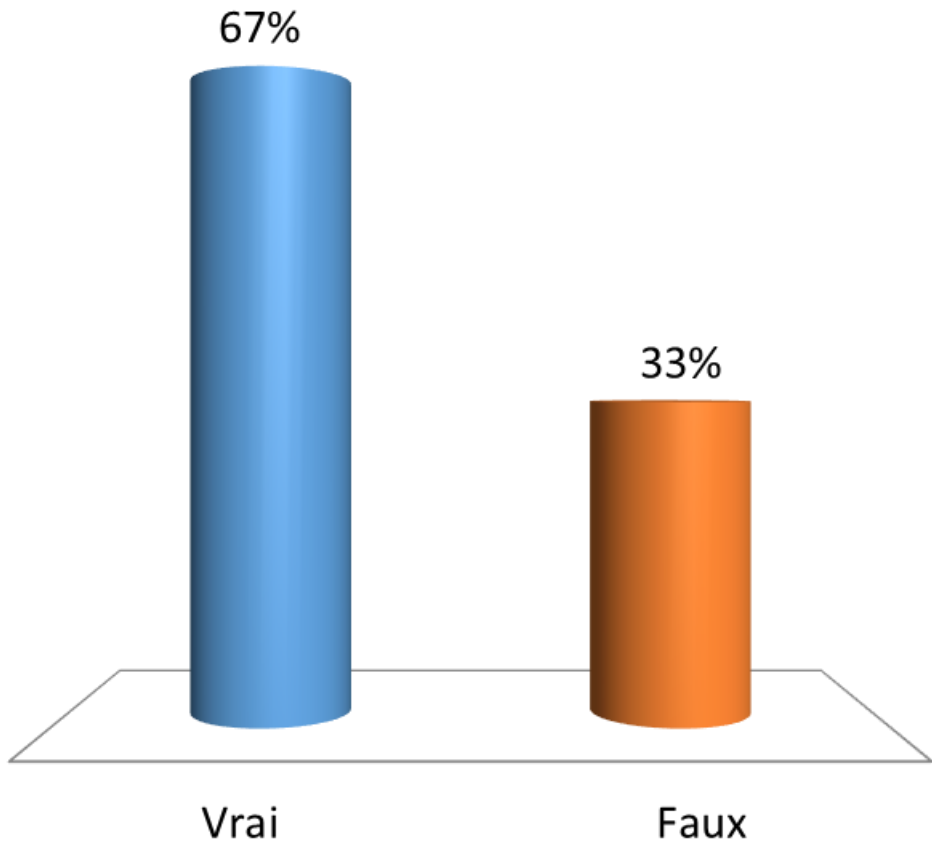




Questionnaire de niveau

Dans un plan de définition je dois intégrer une nomenclature.

- A. Vrai
- B. Faux



La cotation fonctionnelle peut être faite sur un plan d'ensemble ou sur un plan de définition

- A. Vrai
- B. Faux

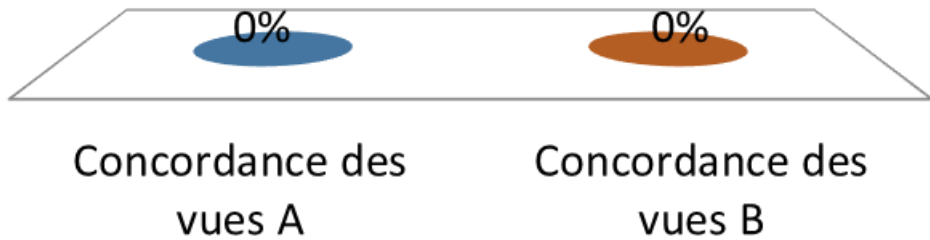


Quelle norme doit on utiliser?

A. Concordance des vues A

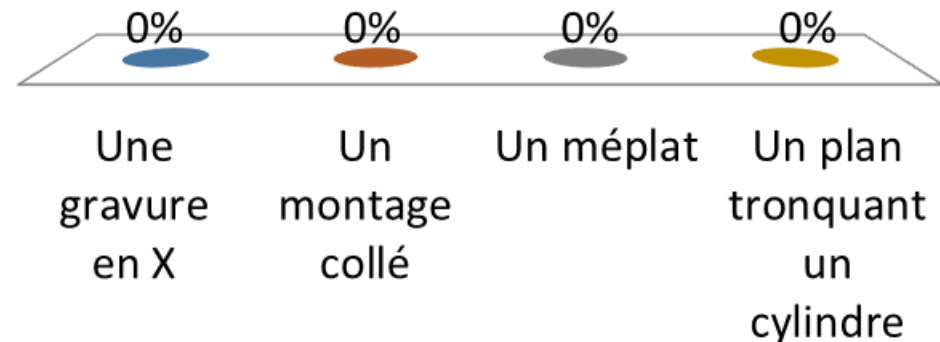
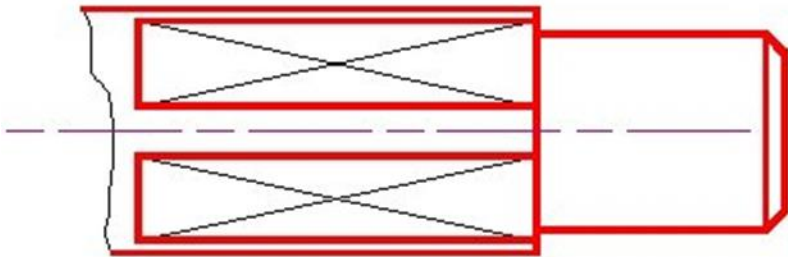


B. Concordance des vues B



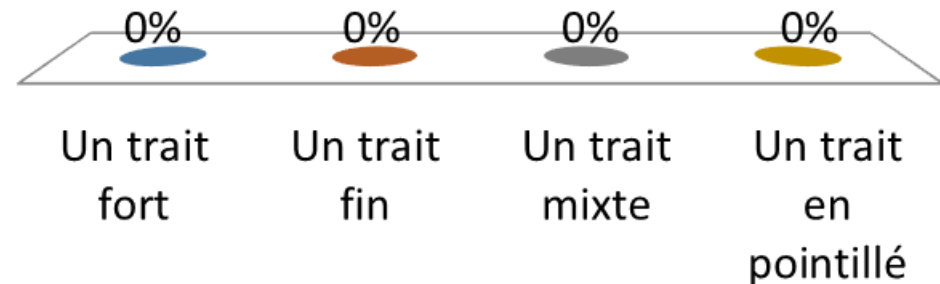
Que signifie les croix en trait fin?

- A. Une gravure en X
- B. Un montage collé
- C. Un méplat
- D. Un plan tronquant un cylindre



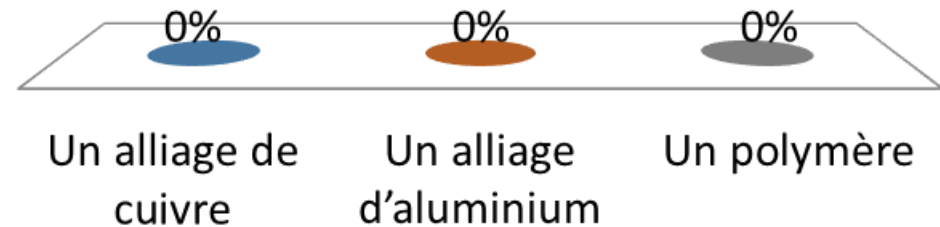
Les hachures peuvent couper

- A. Un trait fort
- B. Un trait fin
- C. Un trait mixte
- D. Un trait en pointillé



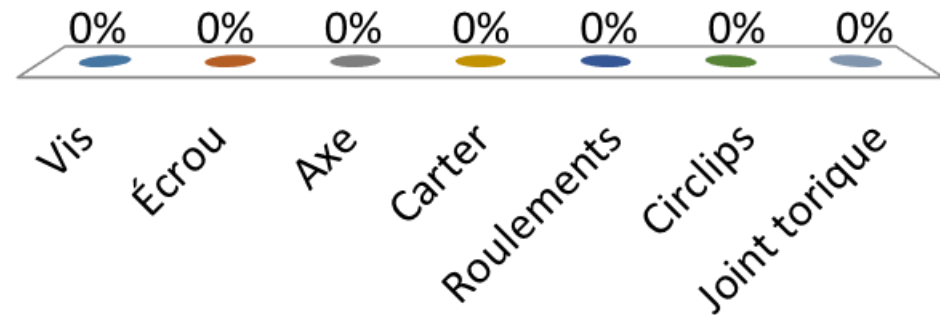
Quel matériau représente ces hachures?

- A. Un alliage de cuivre
- B. Un alliage d'aluminium
- C. Un polymère



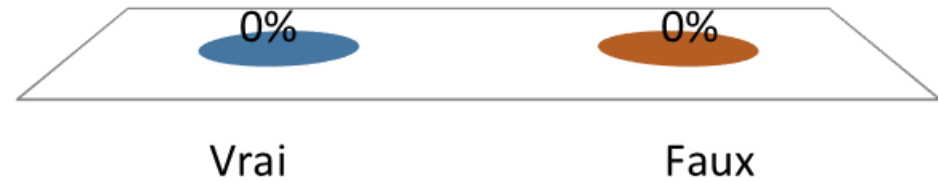
Quelles pièces ne doit on pas couper dans une vue en coupe?

- A. Vis
- B. Écrou
- C. Axe
- D. Carter
- E. Roulements
- F. Circlips
- G. Joint torique

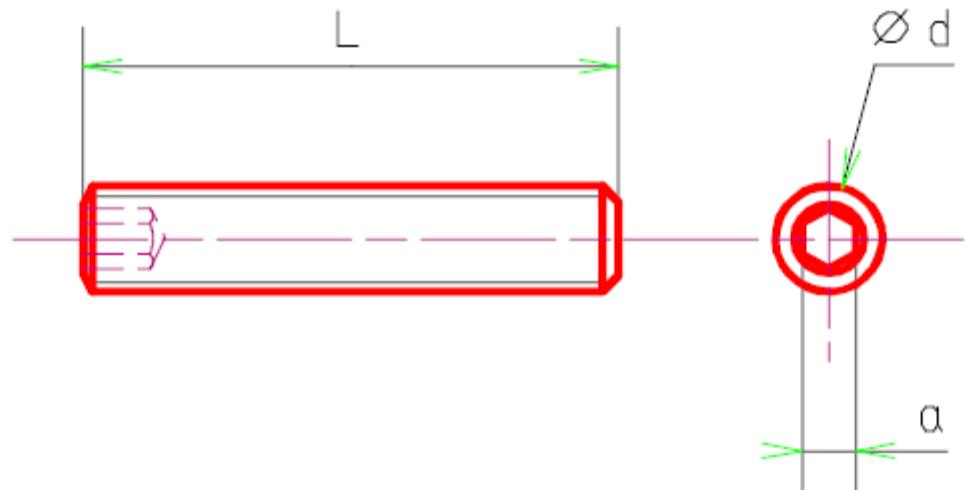


La particularité d'une vis Hc est d'être sans tête

- A. Vrai
- B. Faux

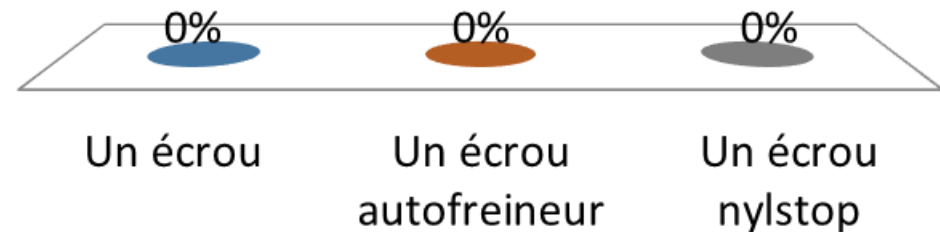
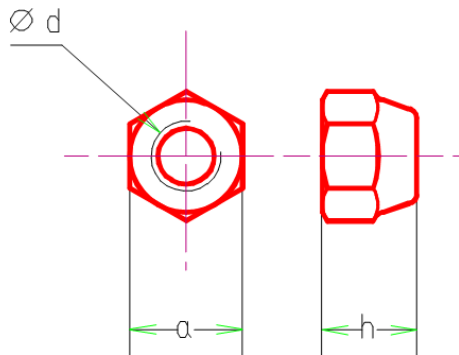


vis Hc



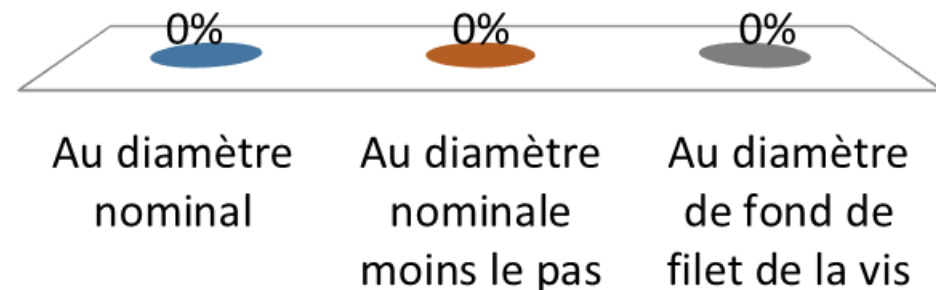
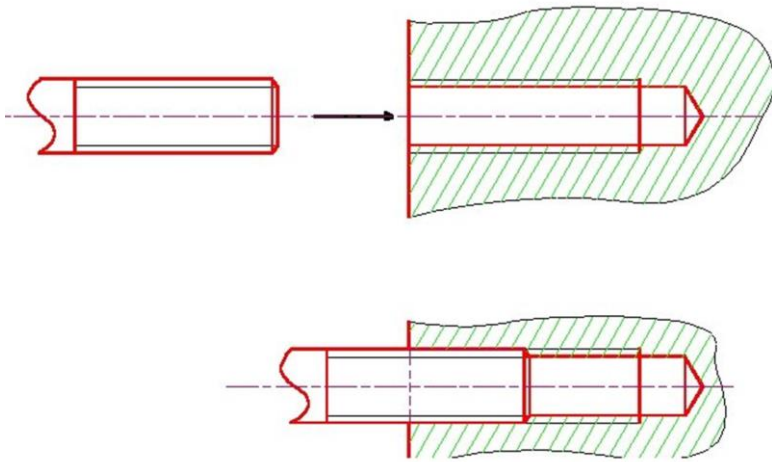
La représentation ci-dessous correspond à

- A. Un écrou
- B. Un écrou autofreineur
- C. Un écrou nylstop



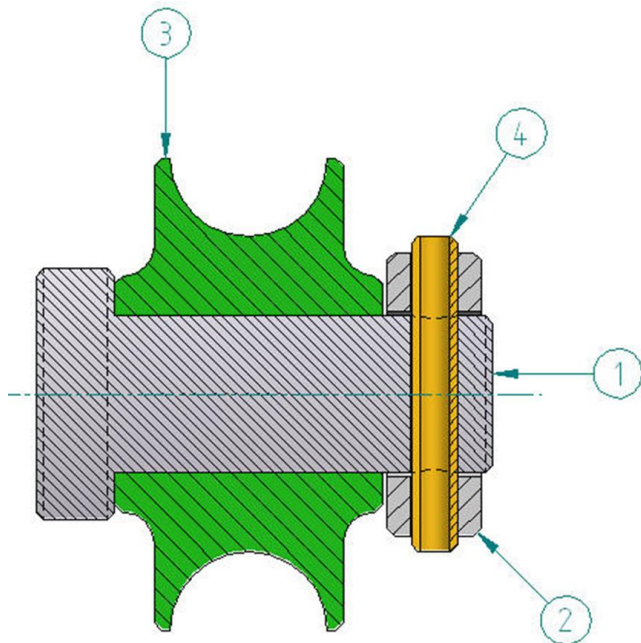
Le perçage pour un trou taraudé se fait

- A. Au diamètre nominal
- B. Au diamètre nominale moins le pas
- C. Au diamètre de fond de filet de la vis



La pièce 4 est

- A. Un axe
- B. Une goupille élastique
- C. Une goupille bêta
- D. Une goupille fendue



COUPE A-A



Un axe

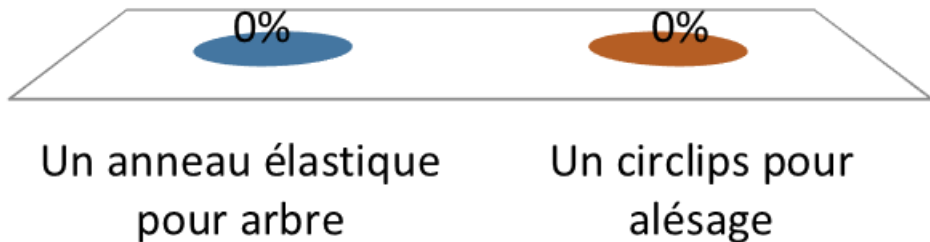
Une
goupille
élastique

Une
goupille
bêta

Une
goupille
fendue

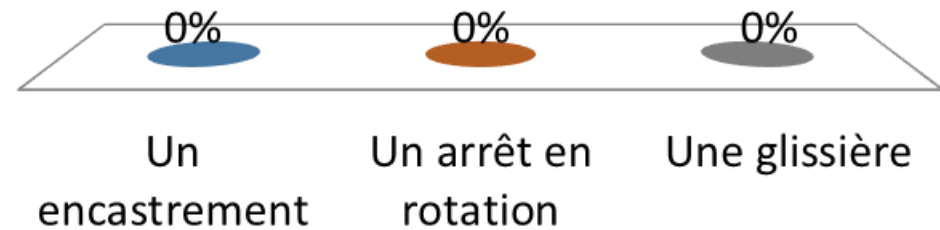
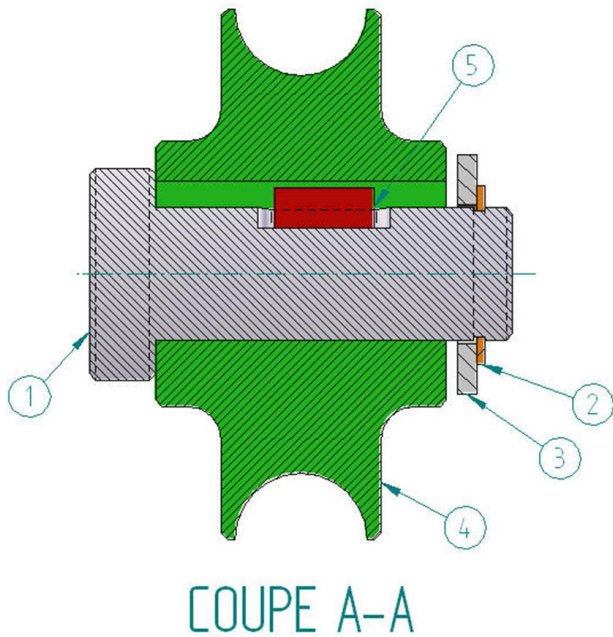
La pièce ci-dessous est

- A. Un anneau élastique pour arbre
- B. Un circlips pour alésage



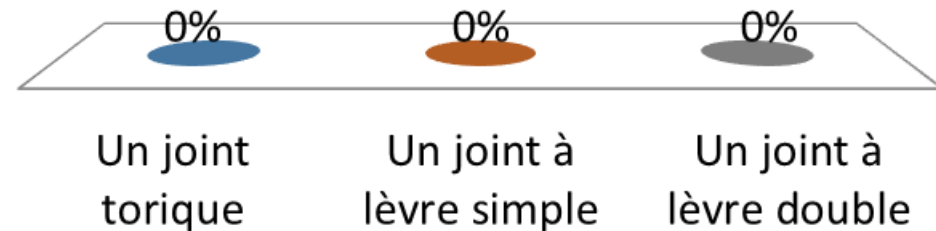
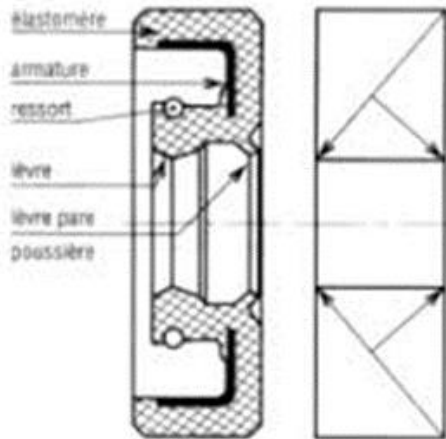
La pièce 5 permet

- A. Un encastrement
- B. Un arrêt en rotation
- C. Une glissière



La vue en coupe ci-dessous représente

- A. Un joint torique
- B. Un joint à lèvres simple
- C. Un joint à lèvres double



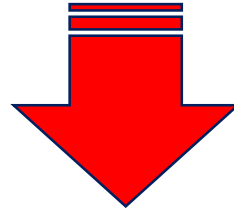
Un joint torique

Un joint à lèvres simple

Un joint à lèvres double

Bilan du questionnaire

- Facile!!
- Je ne maîtrise pas tout...
- Aie je ne comprends même pas les questions.



- Moodle
- Biblio
- Cours de soutien jeudi 4 et 24 Octobre 13h 16h en MD32



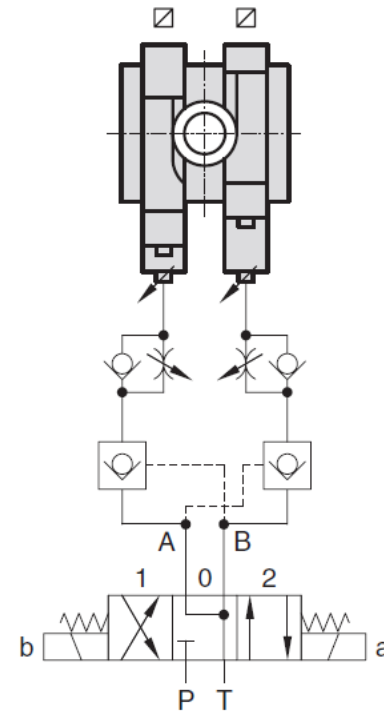
Etude de cas

Le module de rotation

Le module de rotation :

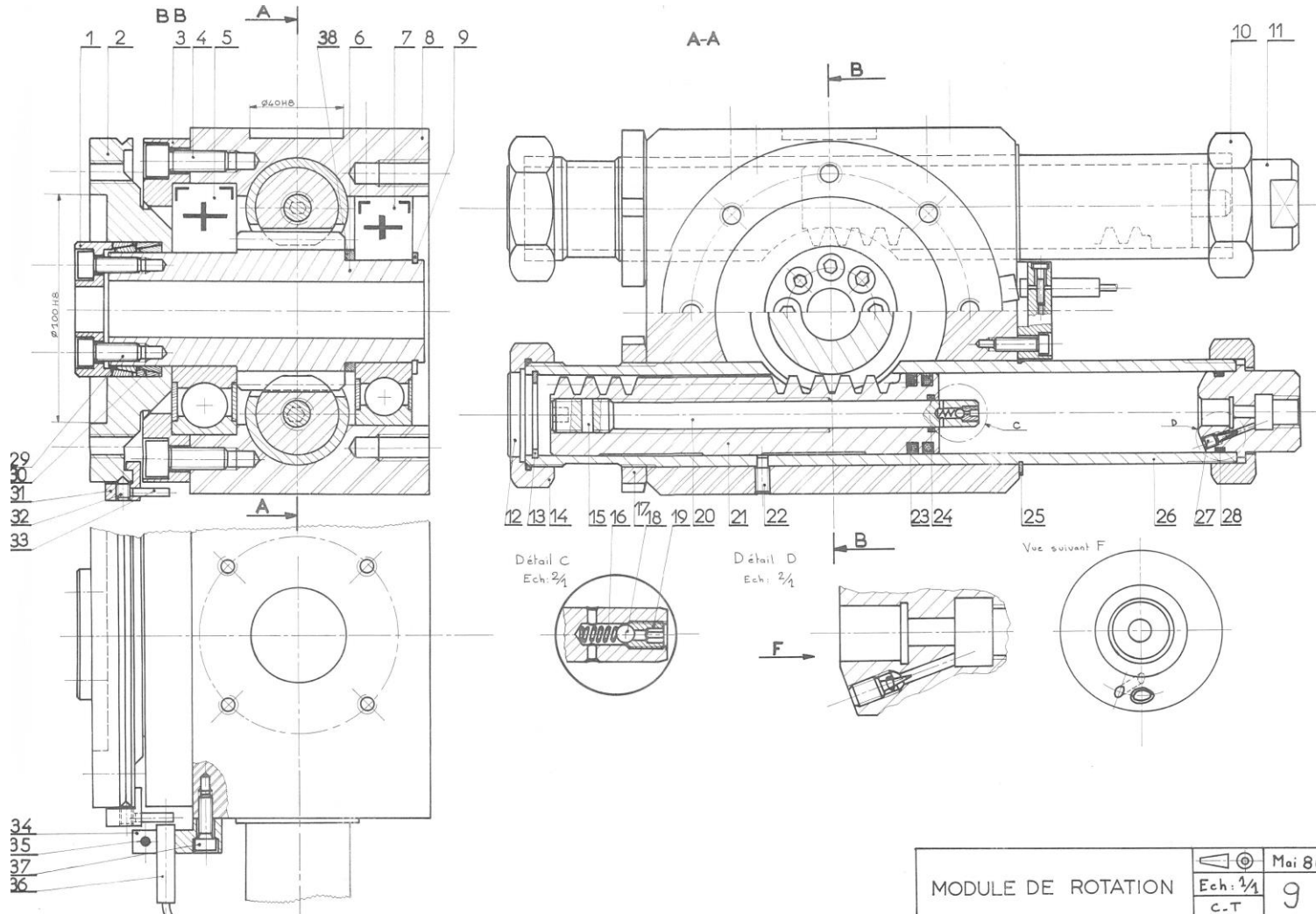


Schaltschema



Ventil
Nenngröße 6

Le plan d'ensemble

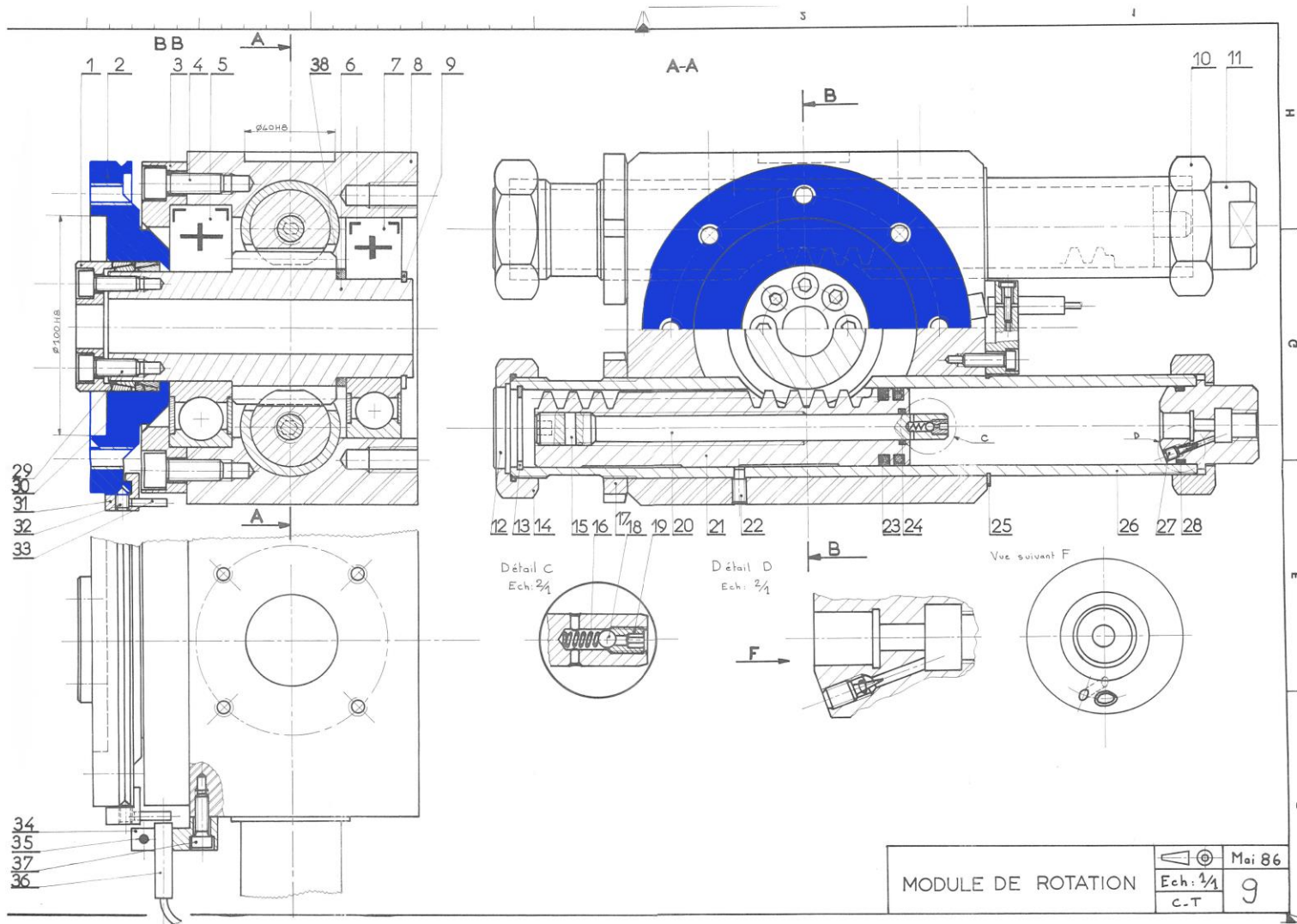


MODULE DE ROTATION		Mai 86
	Ech: 2/1	9
	c-T	

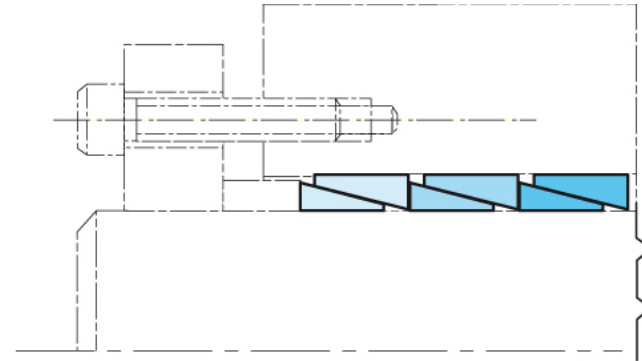
La méthode!!!

- S'aider de la **nomenclature**
- Repérer les éléments connus (roulements, visserie..)
- Identifier les pièces « frontières »
- Partir du mouvement d'entrée ou sortie
- Et remonter **la transmission de puissance**

Etude du module de rotation



Les frettes de serrage exemple RINGBLOCK



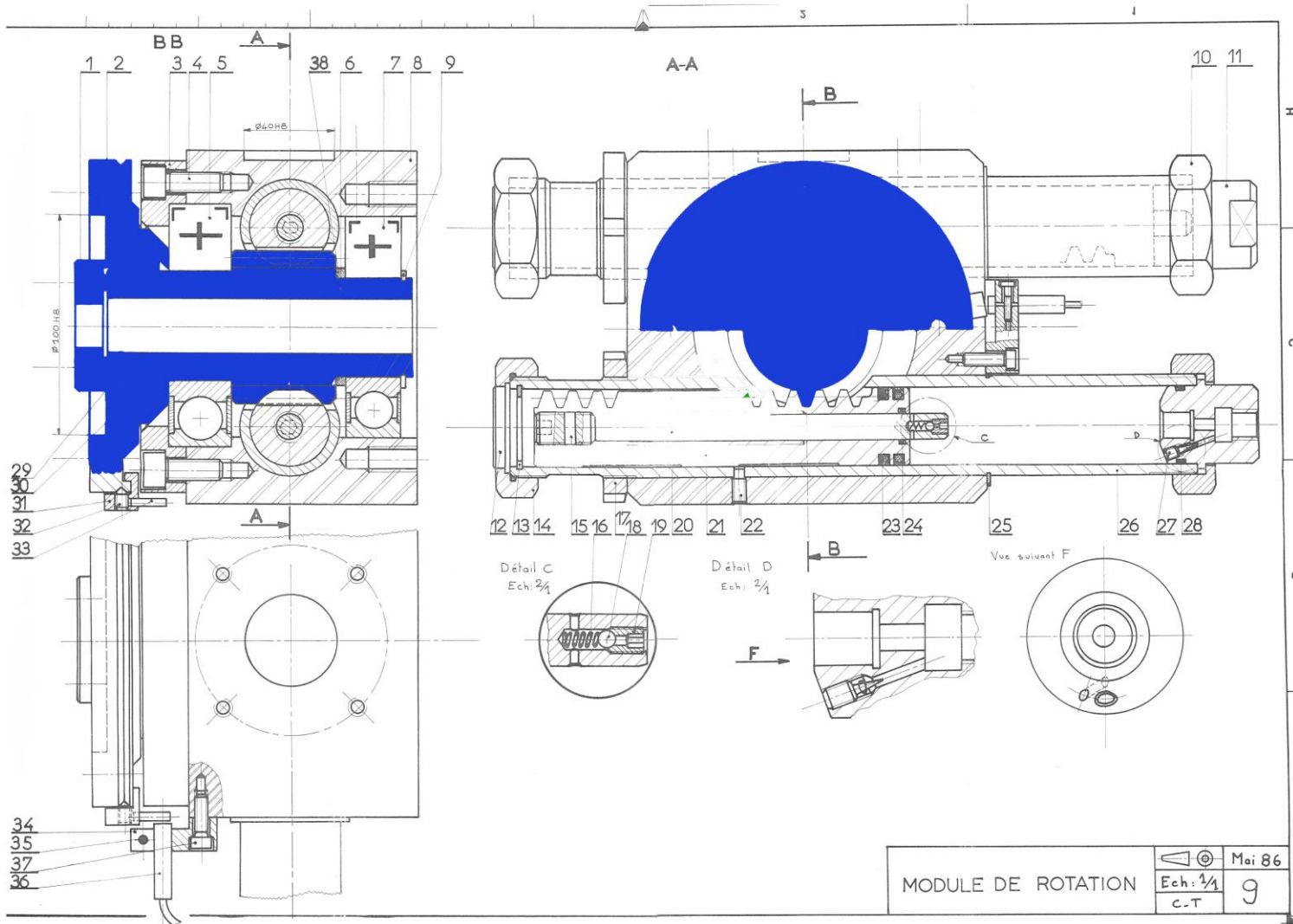
Ces bagues peuvent être employées en série. En ce cas, l'efficacité est décroissante.

Si M_t est le couple nominal d'un jeu de bagues, le couple transmis par :

- 2 jeux = 1.5 M_t
- 3 jeux = 1.85 M_t
- 4 jeux = 2 M_t

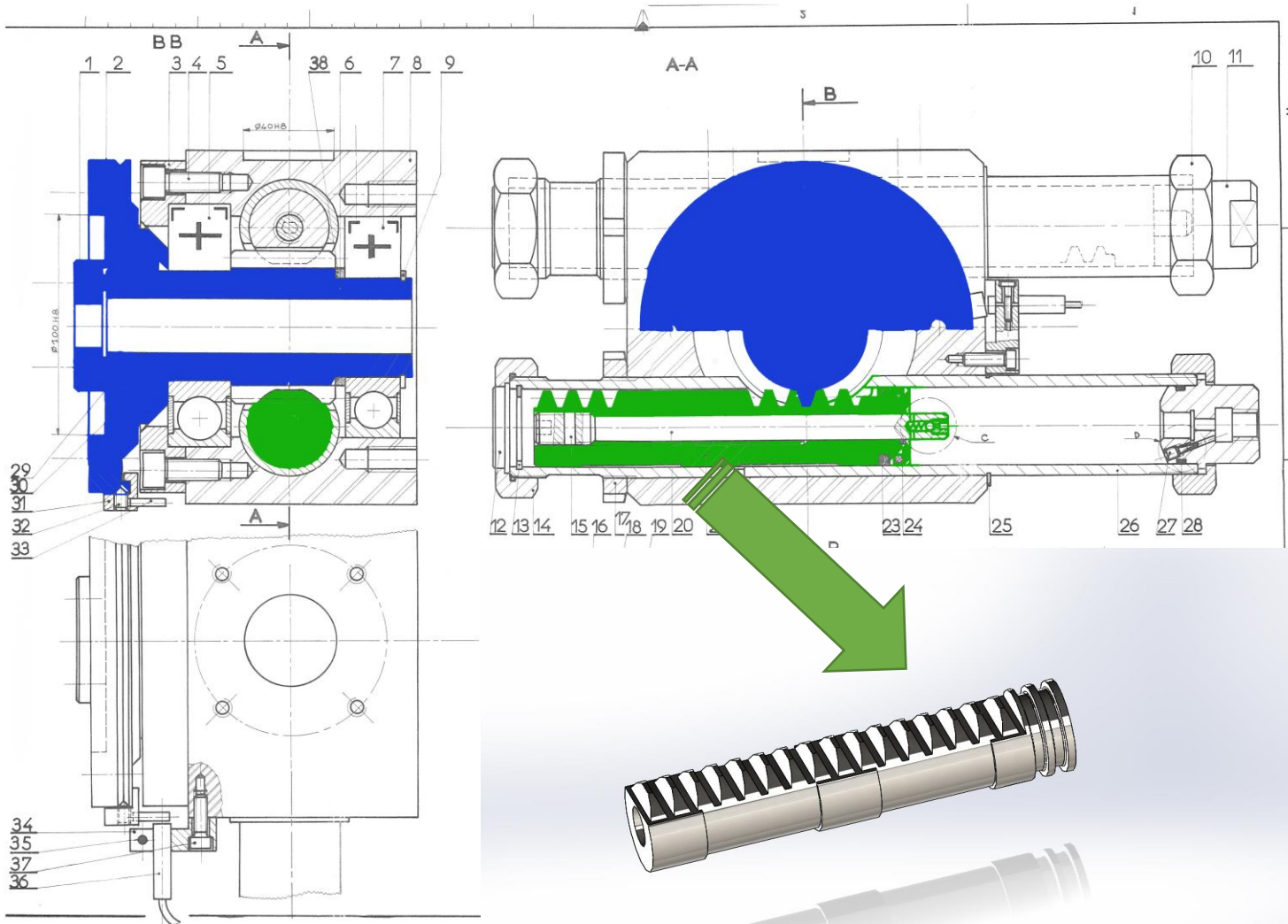
Désignation RB 1060 MxN	Force axiale développée par les vis de tension						Dimension des entretoises et cote R									
	Dim.		F totale = F vis x Nb de vis			Valeurs admissibles		Pression sur :		Cote R en mm selon nombre						
En Stock	MxN	H	h	Fo	Fx	F totale Fo+Fx	Couple Mt	Force axiale	Arbre F	Moyeu F'	bagues			N1	M1	
	mm	mm	mm	daN	daN	daN	Nm	kN	kg/mm ²	kg/mm ²	1	2	3	4	mm	mm
•	6x9	4,5	3,7	-	470	470	2	0,8	11,2	7,5	3	3	3	4	6,1	8,9
•	7x10	4,5	3,7	-	540	540	4	1	11,1	7,7	3	3	3	4	7,1	9,9
•	8x11	4,5	3,7	-	620	620	5	1	11,1	7,4	3	3	3	4	8,1	10,9

Etude du module de rotation

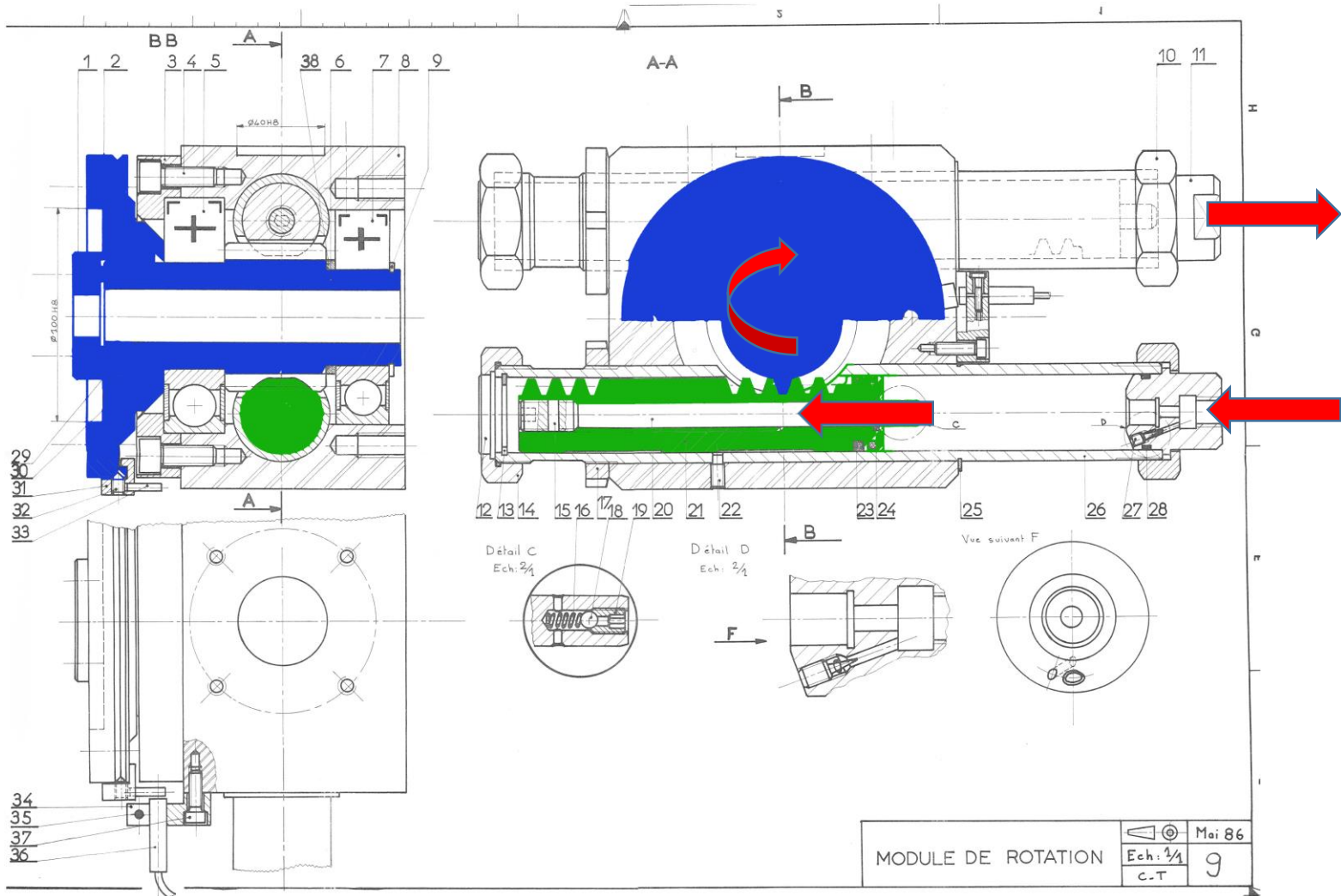


MODULE DE ROTATION		Mai 86
	Ech: 1/4	9
	c-T	

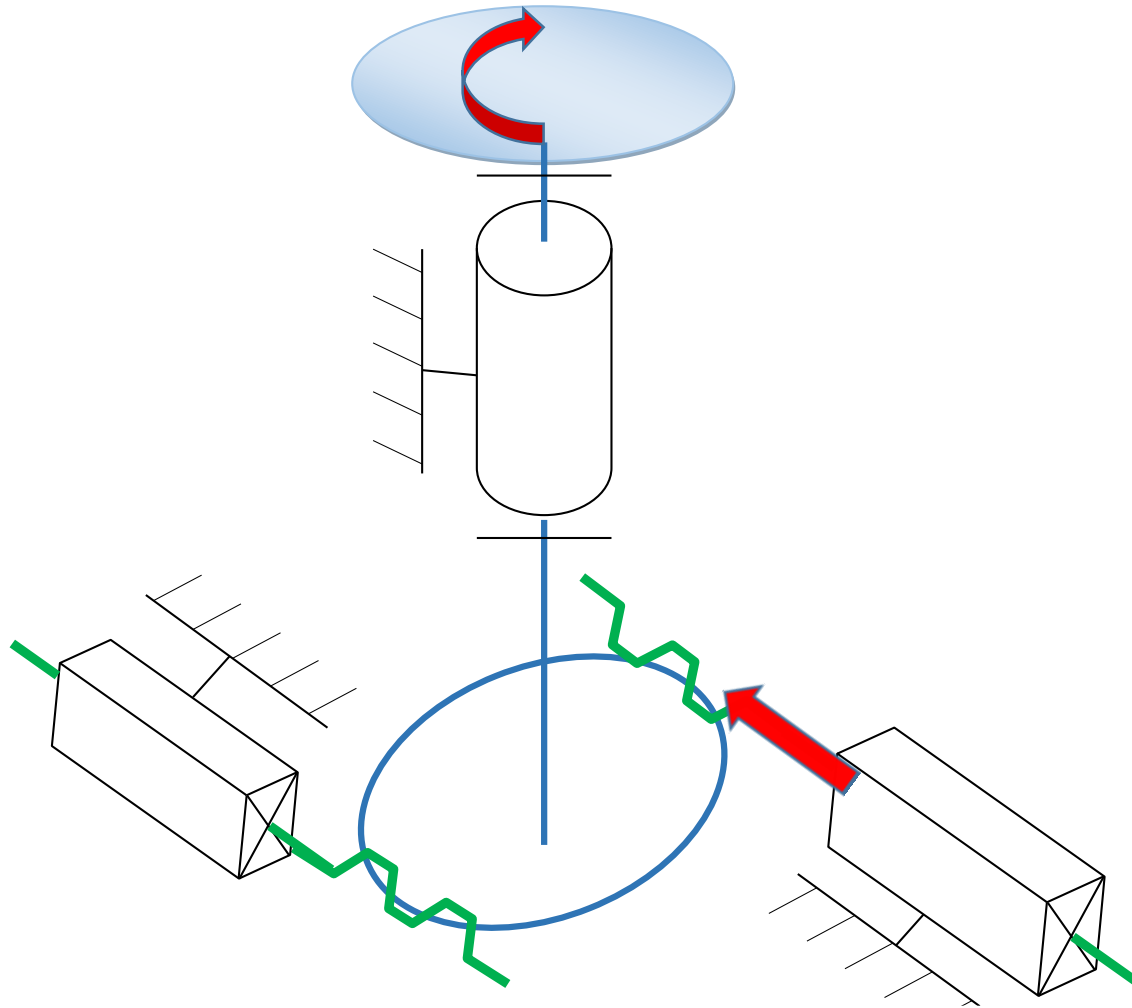
Etude du module de rotation



Etude du module de rotation

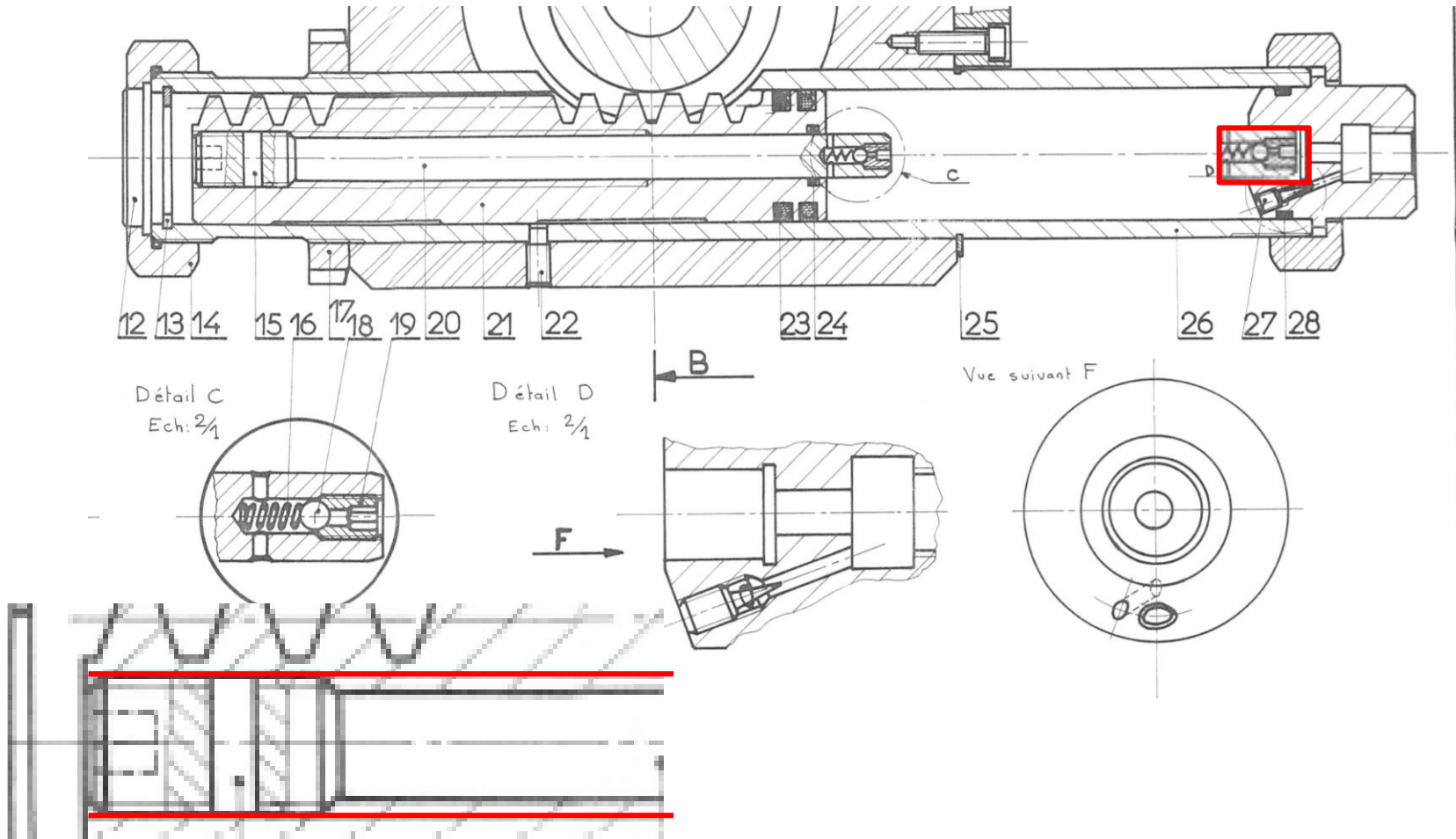


Schématisation du principe du module de rotation

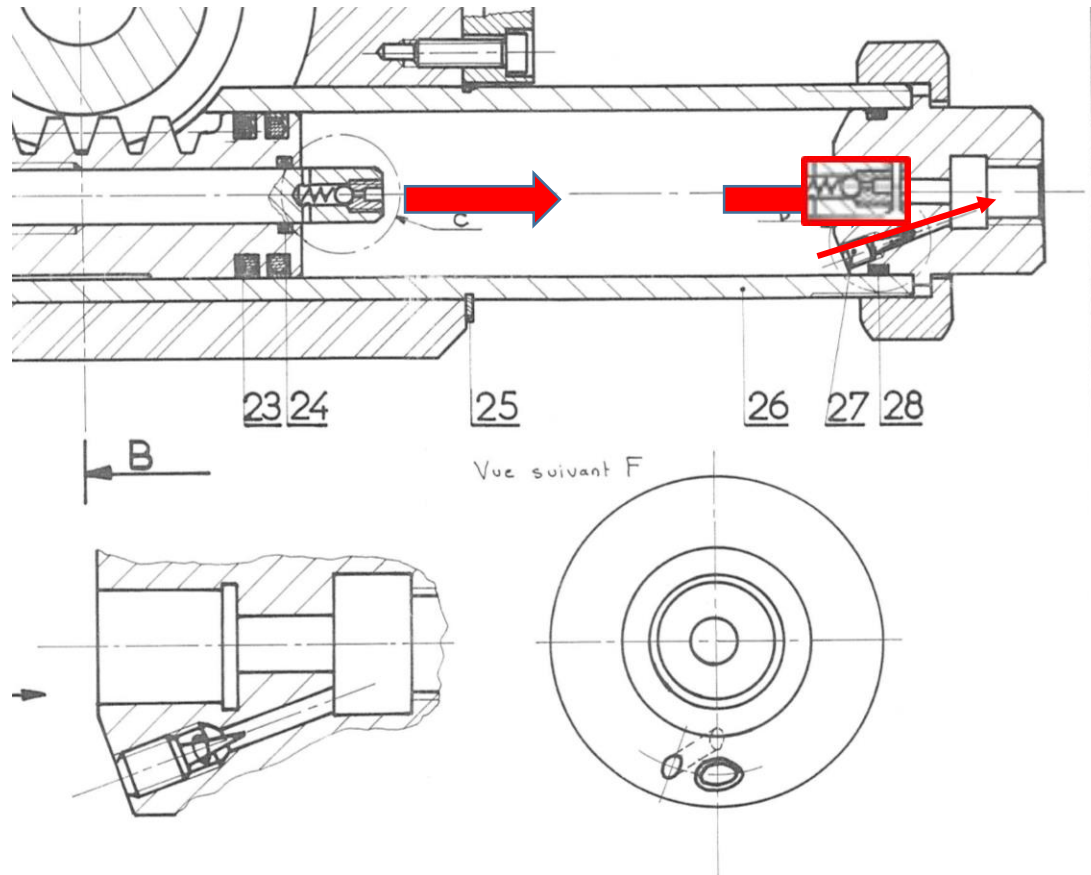


Etude du module de rotation

Réglage du débattement angulaire???

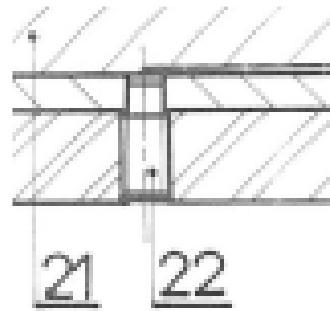
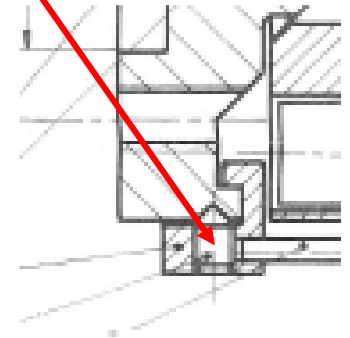
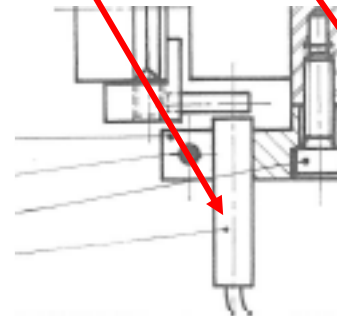
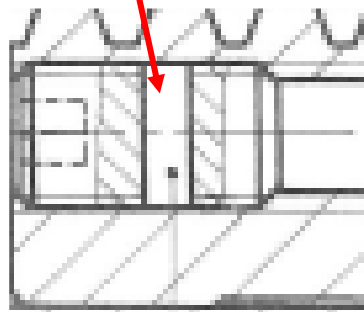
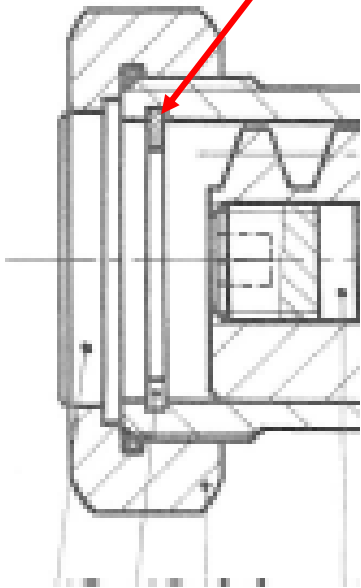


Amortissement???



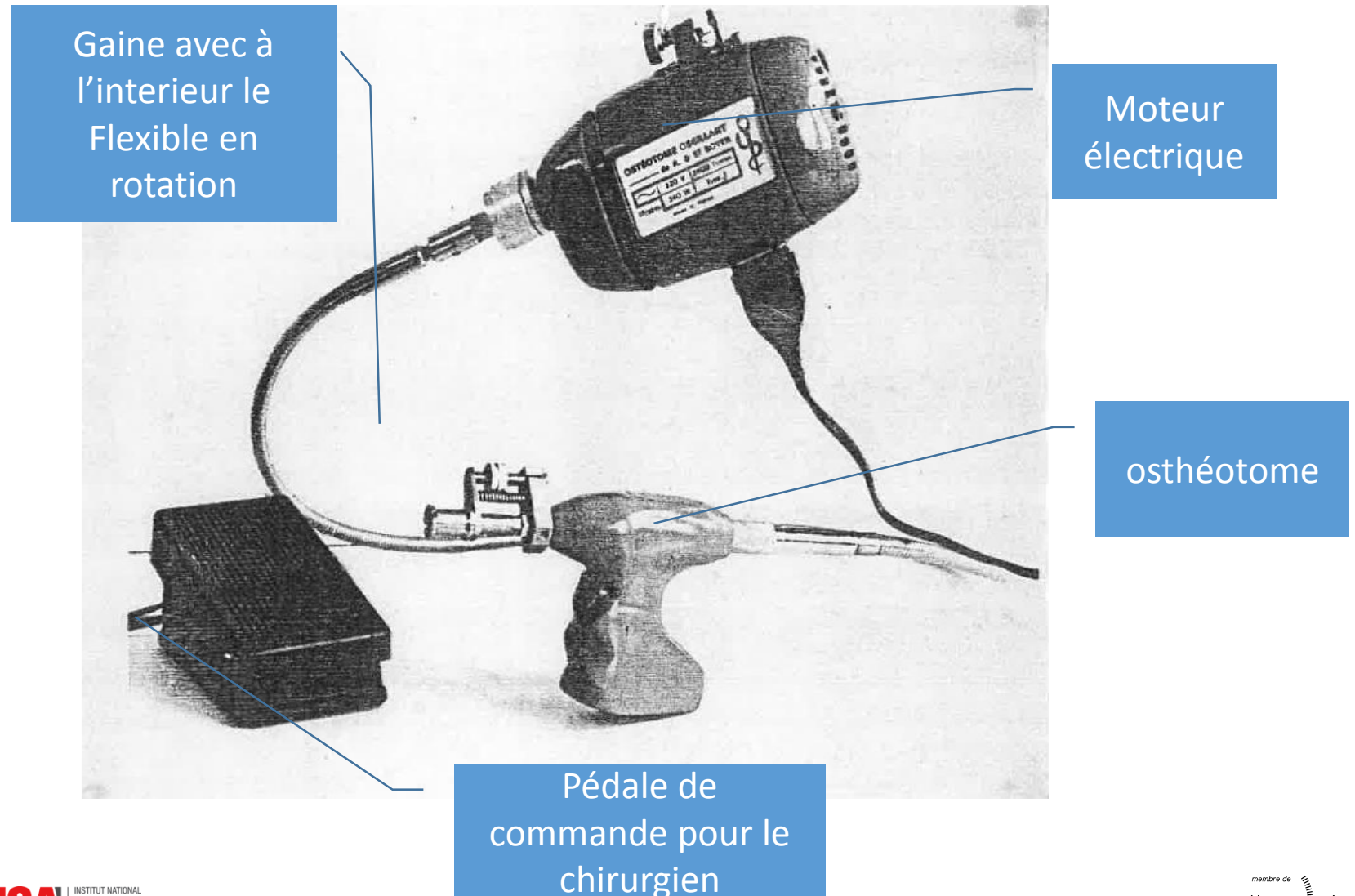
Questions supplémentaires!

Rôle de 13? de 15? de 22? de 36? de 32?

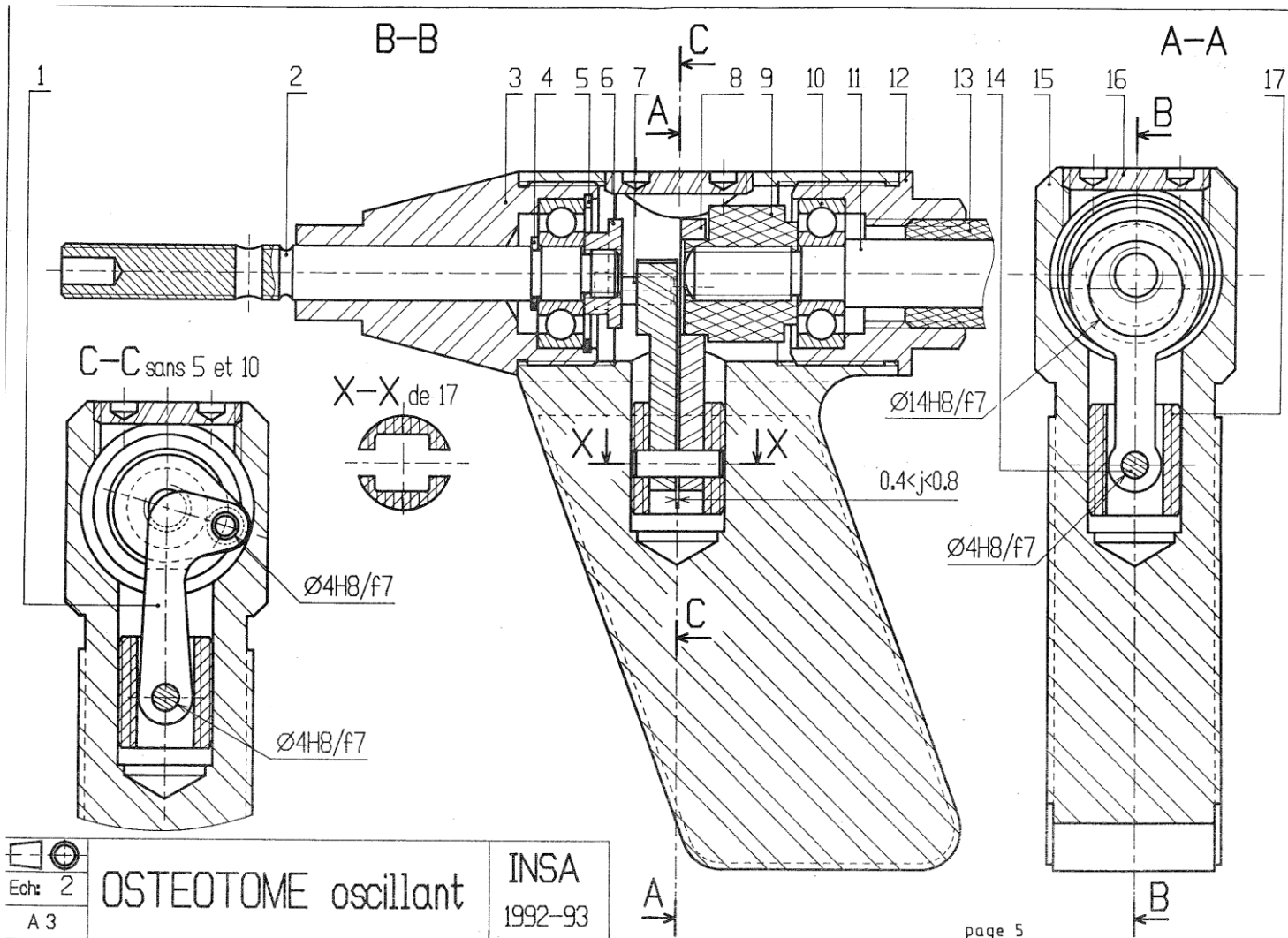


Le plan d'ensemble

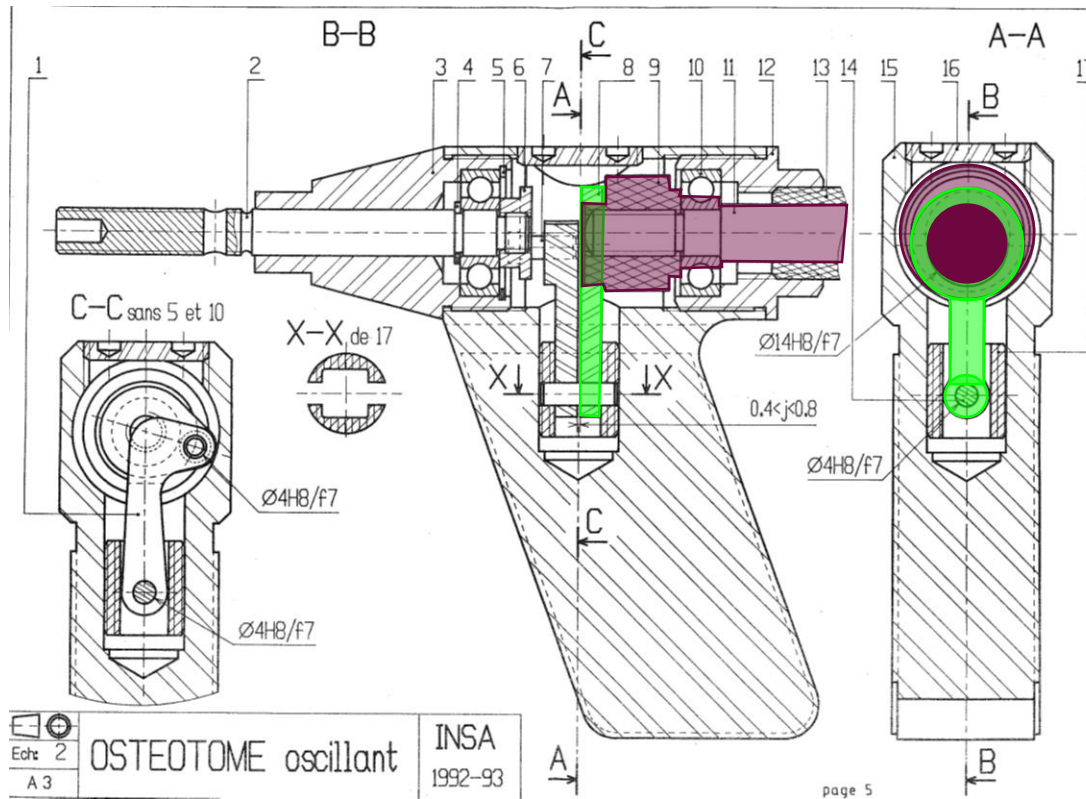
Développement d'un prototype par
l'INSA de Toulouse



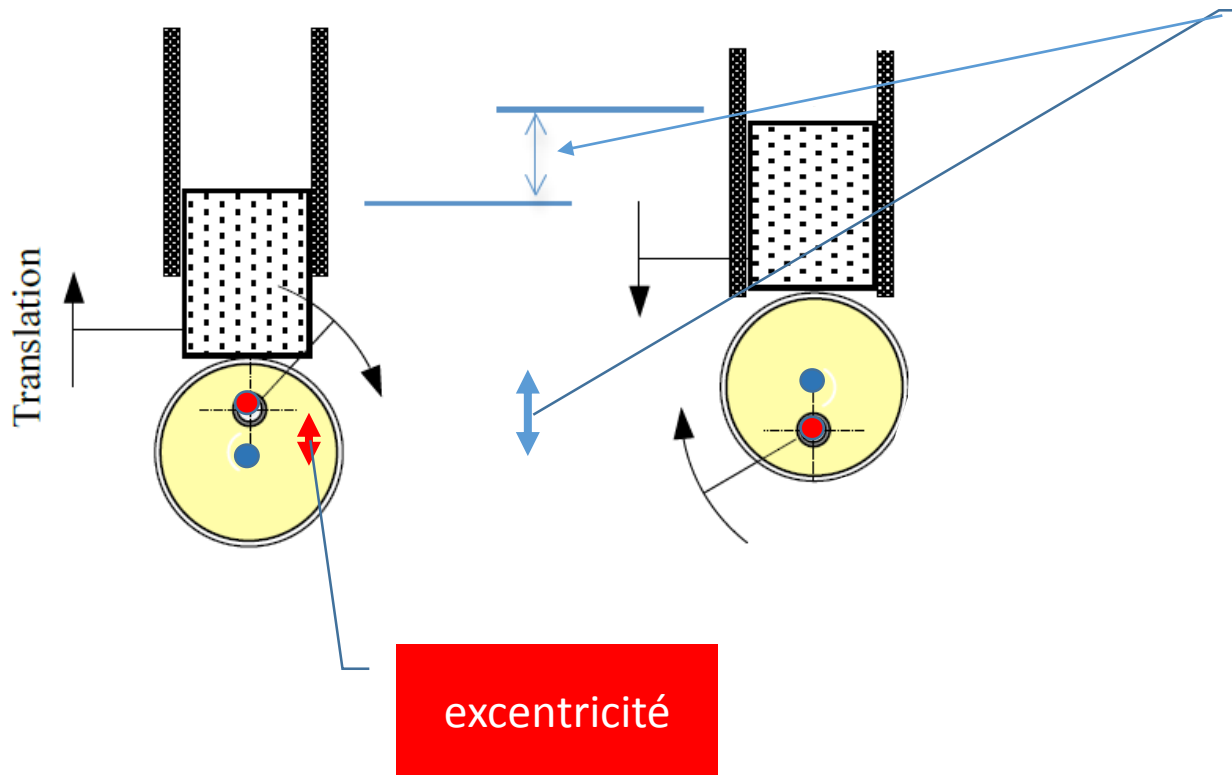
Le plan d'ensemble



Identification des sous ensembles

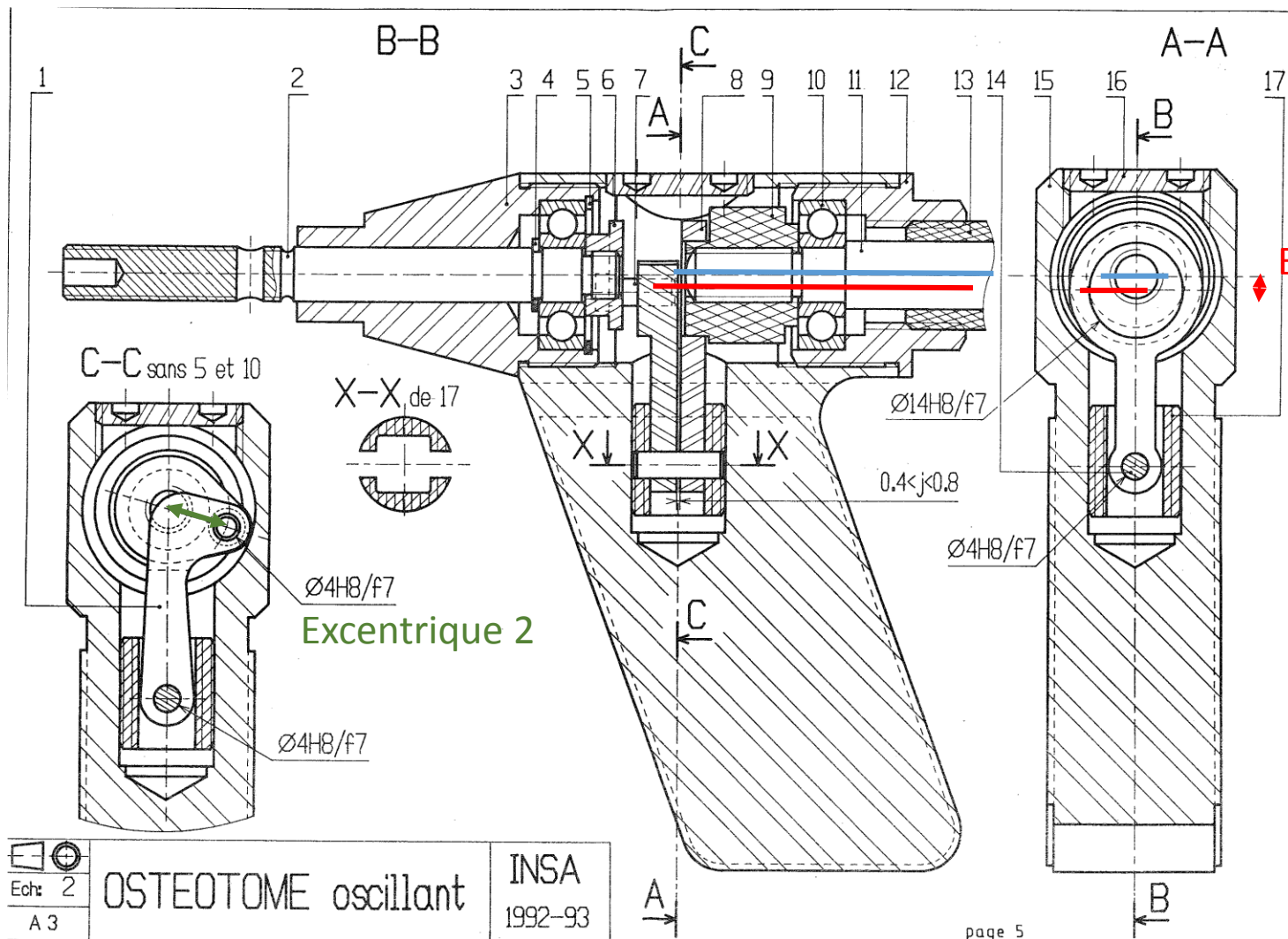


Excentrique



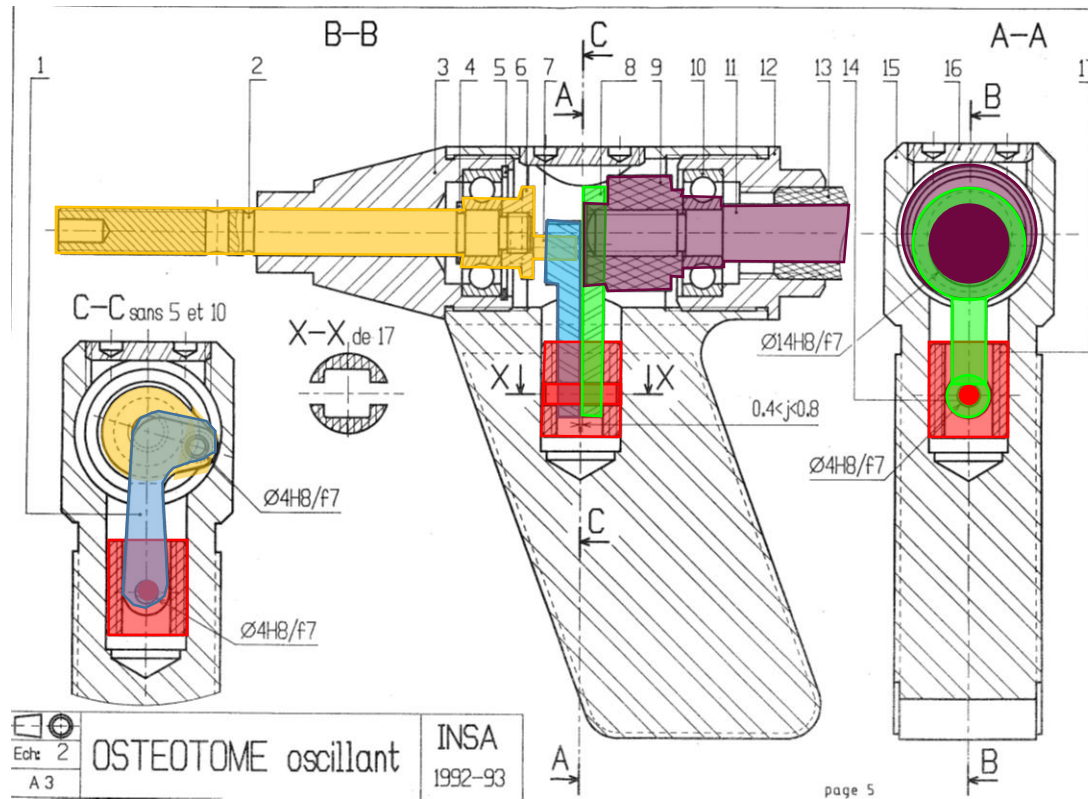
Débattement
= 2x
excentrique

Mouvement de rotation continu en mouvement de rotation alternatif



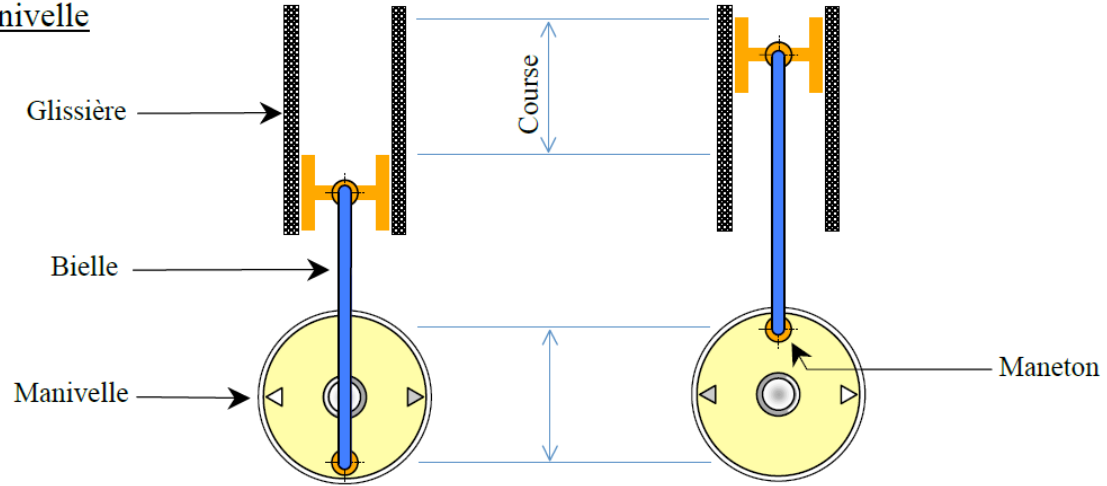
page 5

Identification des sous ensembles

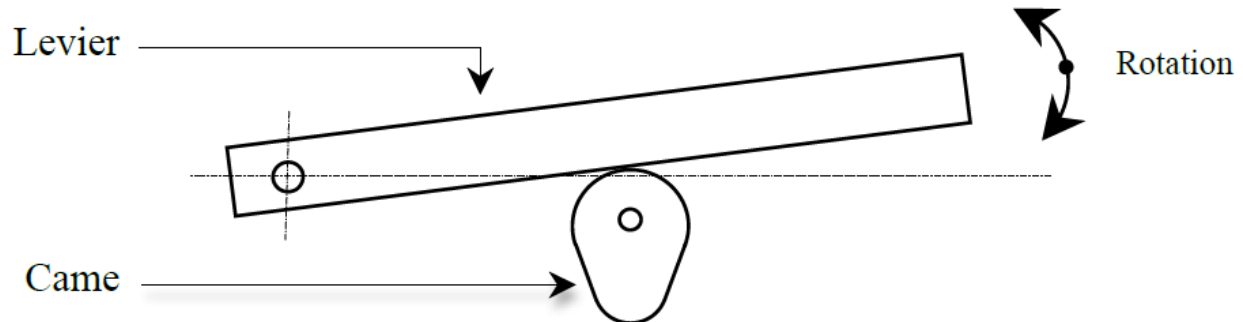


Autre systèmes à excentrique

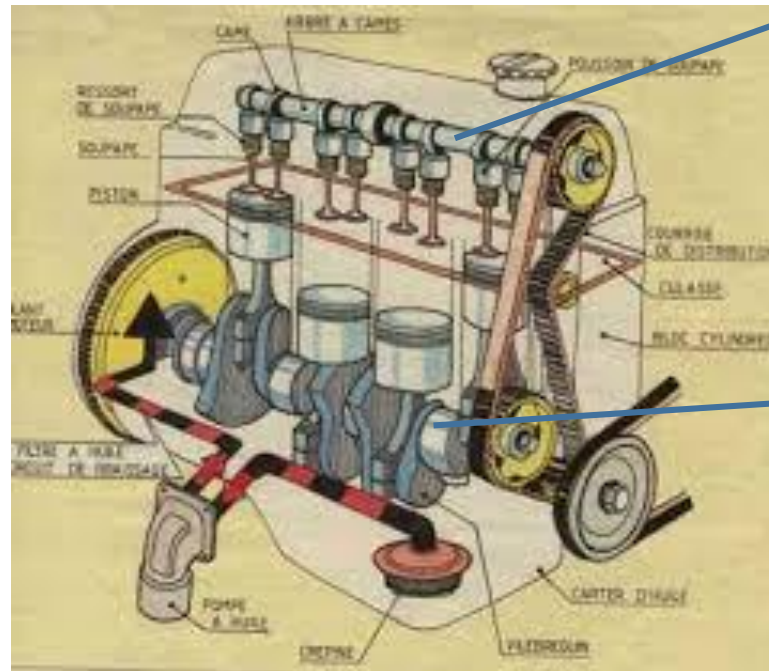
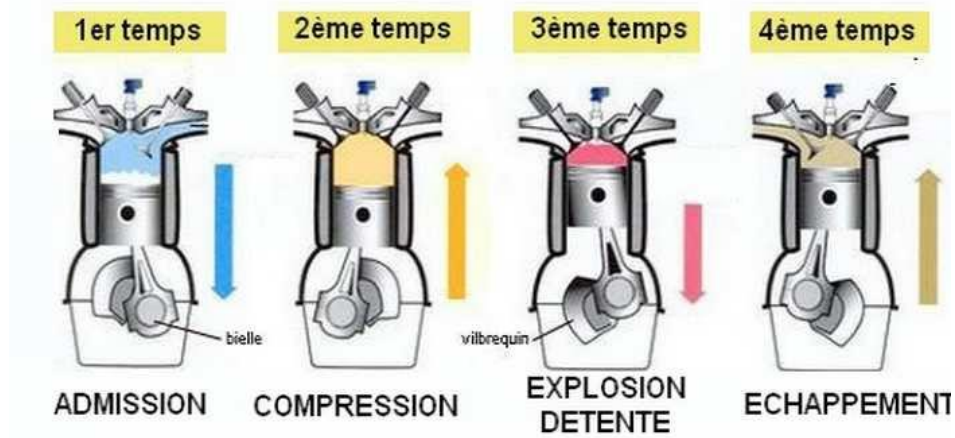
Bielle et manivelle



Came et levier en rotation



Principe moteur 4 temps



Arbre à cames

Vibrequin

Conception & Analyse

2 – Modélisation cinématique

Équipe pédagogique CONAN



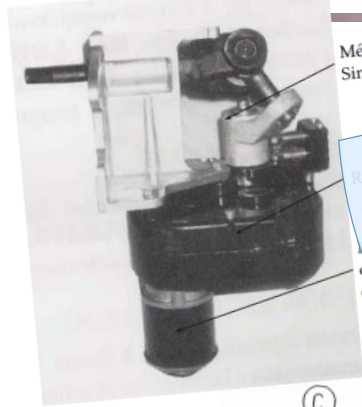
GÉNIE MÉCANIQUE

INSA Lyon - Université de Lyon

Objectifs :

- Extraire du dessin d'ensemble d'un système mécanique les classes **d'équivalence cinématique**;
- Associer aux surfaces de contact et/ou groupes de surfaces les degrés de mobilité entre classes d'équivalence;
- En déduire la nature des **liaisons du système**,
- Etablir le **schéma cinématique**;
- Connaître les liaisons normalisées, leur représentation ainsi que leur réalisations techniques les plus courantes;
- Vérifier l'aptitude du système à réaliser **la loi d'entrée/sortie** désirée;
- Mettre en évidence **les conditions géométriques de bon fonctionnement**.

Démarche d'analyse d'un système

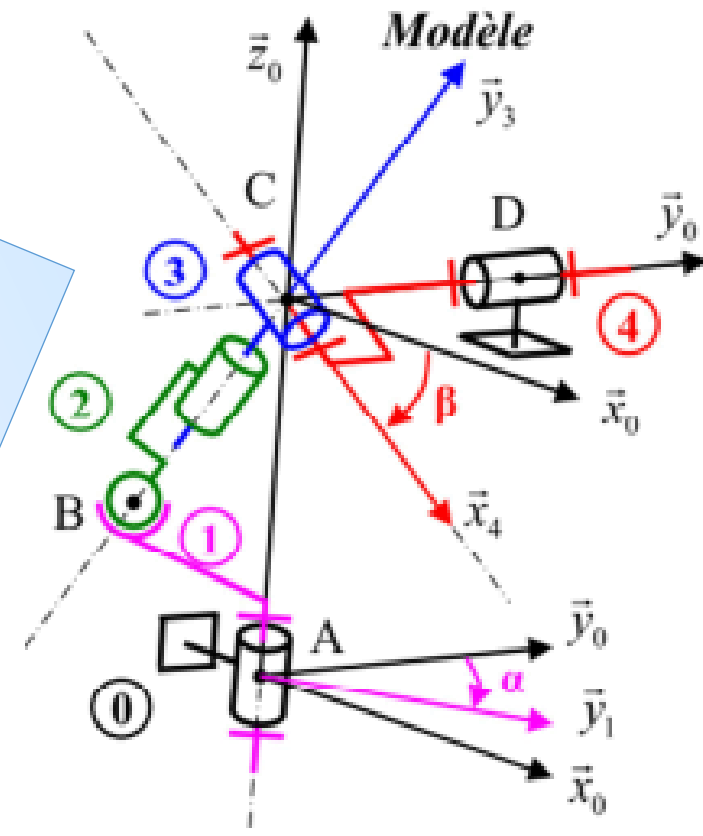
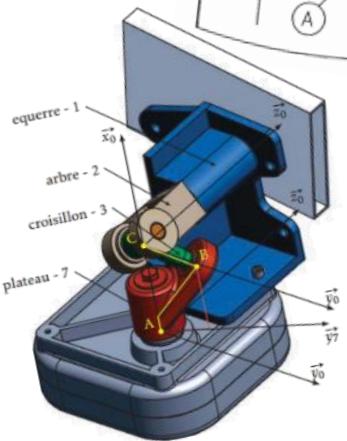
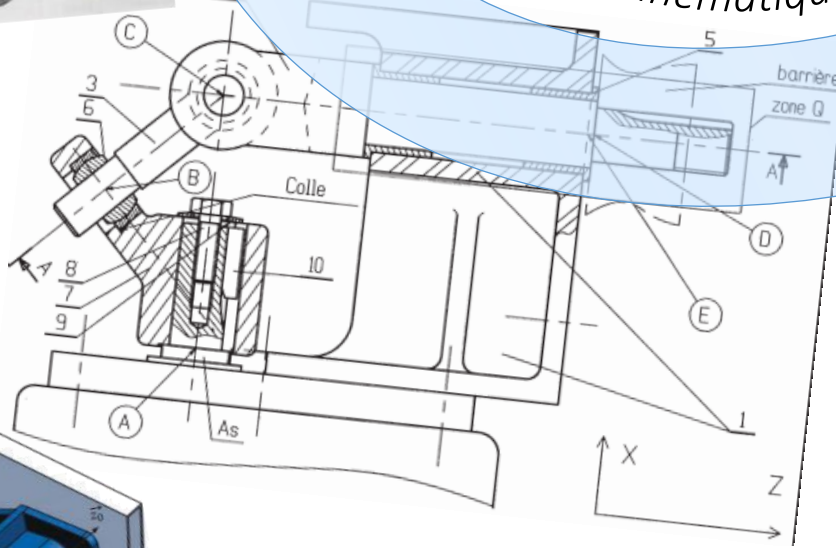


Mécanisme Sinusmatic

Réducteur

Moteur à courant continu

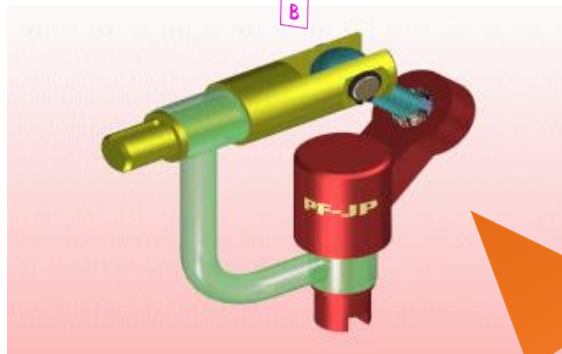
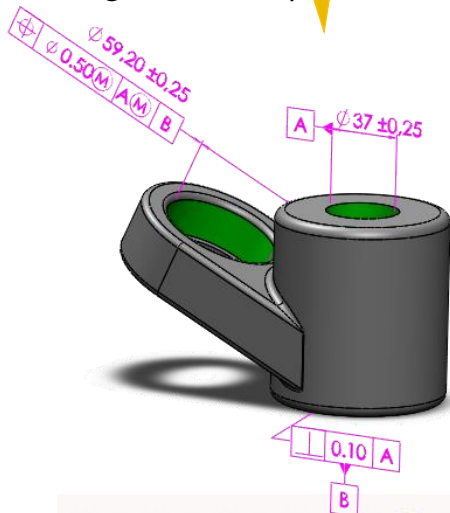
Du plan au schéma cinématique



Système Sinusmatic, abondamment documenté sur le net...
<http://slideplayer.fr/slide/8283958/>

Objectifs de l'analyse

Mise en évidence des conditions de compatibilité géométrique...



$$\vec{y}_3 \cdot \vec{x}_4 = 0 \text{ avec } \vec{y}_3 = \cos \gamma \cdot \vec{y}_1 + \sin \gamma \cdot \vec{z}_1 \text{ et } \vec{x}_4 = -\sin \beta \cdot \vec{z}_0 + \cos \beta \cdot \vec{x}_0$$

$$\text{Soit : } (\cos \gamma \cdot \vec{y}_1 + \sin \gamma \cdot \vec{z}_1) \cdot (-\sin \beta \cdot \vec{z}_0 + \cos \beta \cdot \vec{x}_0) = 0$$

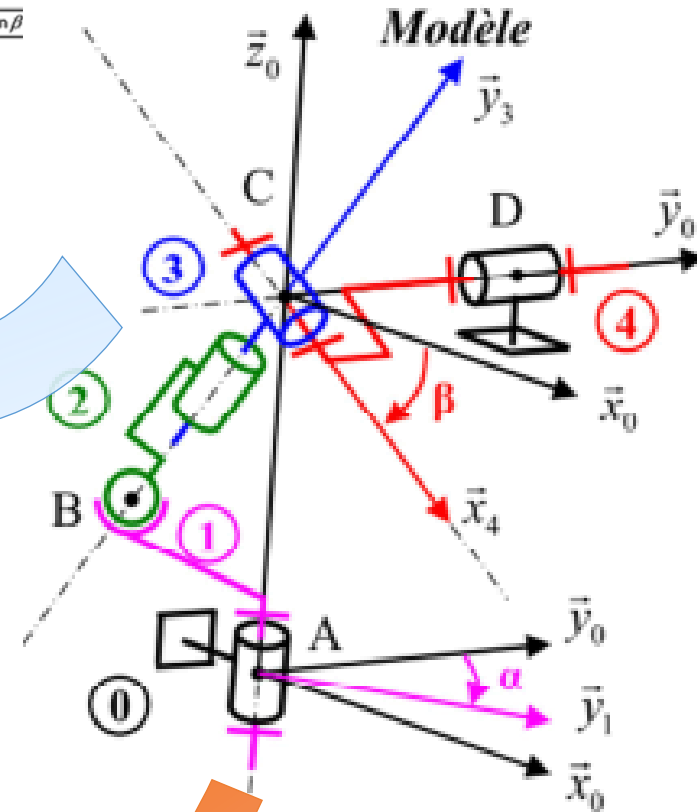
$$-\cos \gamma \cdot \sin \beta \cdot \vec{y}_1 \cdot \vec{z}_0 + \cos \gamma \cdot \cos \beta \cdot \vec{x}_0 \cdot \vec{y}_1 - \sin \gamma \cdot \sin \beta \cdot \vec{z}_0 \cdot \vec{z}_1 + \sin \gamma \cdot \cos \beta \cdot \vec{x}_0 \cdot \vec{z}_1 = 0$$

$$-\cos \gamma \cdot \cos \beta \cdot \sin \alpha - \sin \gamma \cdot \sin \beta = 0 \rightarrow -\cos \gamma \cdot \cos \beta \cdot \sin \alpha = \sin \gamma \cdot \sin \beta$$

$$-\sin \alpha = \frac{\sin \gamma}{\cos \gamma} \cdot \frac{\sin \beta}{\cos \beta} \text{ Soit la loi d'entrée sortie : } \boxed{-\sin \alpha = \tan \gamma \cdot \tan \beta}$$

→ Pour $\gamma = \pi/4$ l'amplitude de la lice est de $\pi/2$

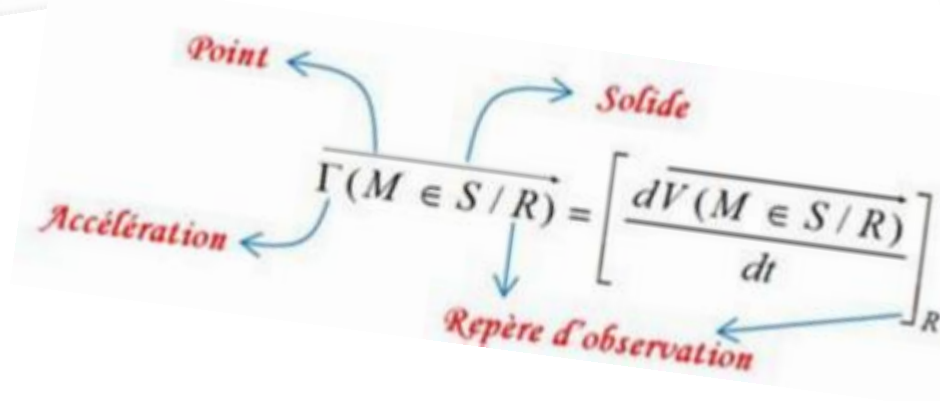
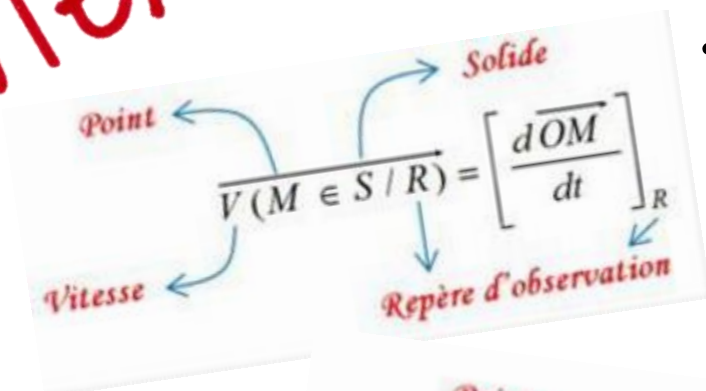
Mise en équation : étude cinématique, loi d'entrée/sortie, paramétrage...



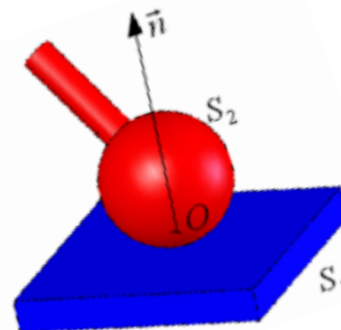
Mise en évidence du fonctionnement, des mouvements...

Cadre de l'analyse cinématique

ATTENTION!



- Que ce soit pour concevoir un système ou pour en faire l'analyse, le cadre est celui de la cinématique du solide. A savoir :
- Solides indéformables
 - liaisons parfaites

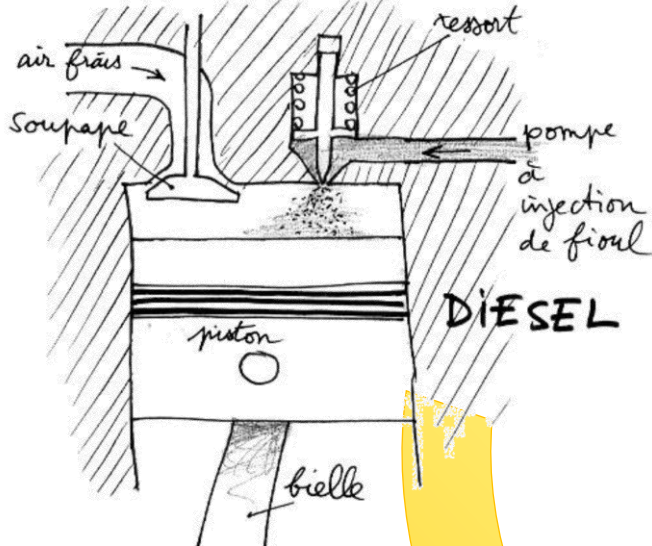




Recherche des classes d'équivalence cinématique

Classes d'équivalence cinématique

- Un système mécanique est caractérisé par une cinématique interne liée à la **réalisation d'une ou plusieurs fonctions techniques**.
- La recherche et la communication de cette cinématique est facilitée par une **schématisation** mettant en valeur les mouvements au détriment des formes de pièces.
- Dans le sens de cette simplification, on ne représente que les ensembles ayant le même mouvement : **les classes d'équivalence cinématique**.



Croquis de forme des pièces

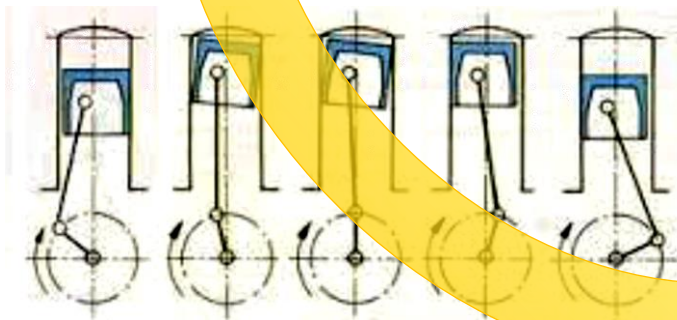
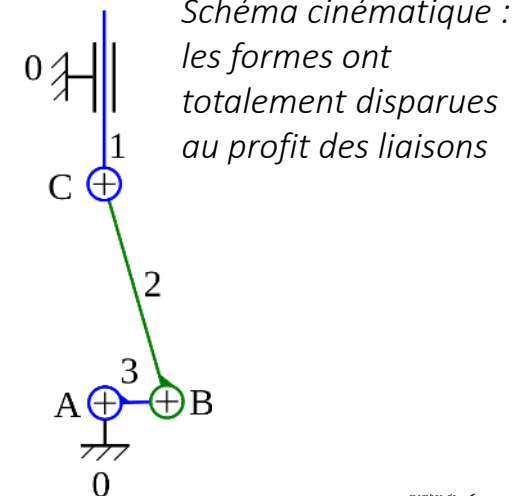
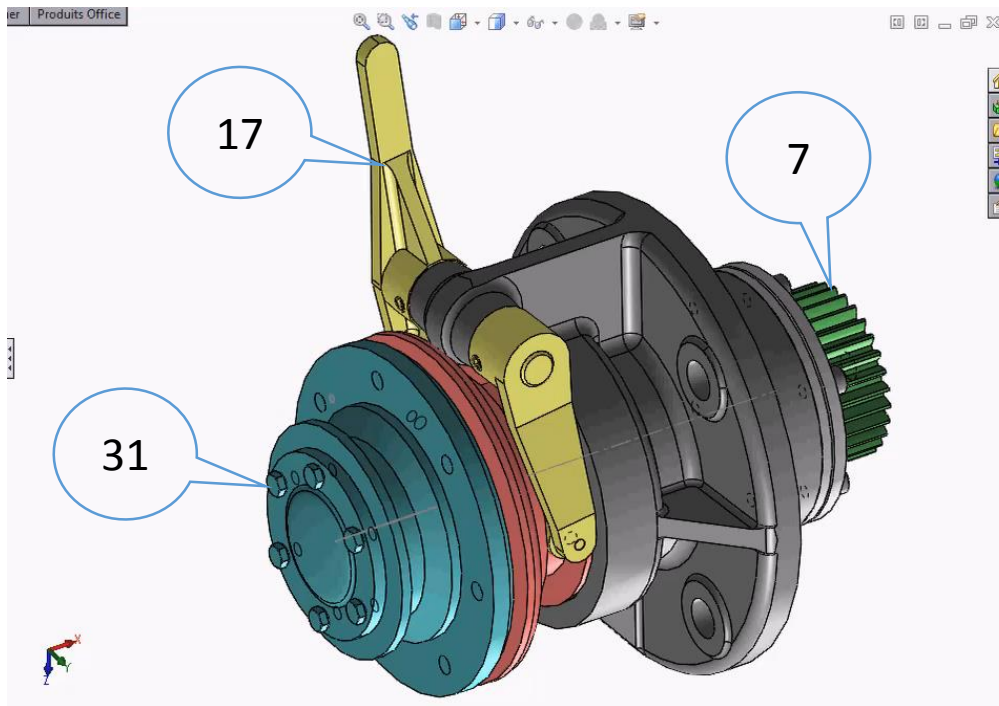


Schéma (non normalisé) mettant en valeur le mouvement



Présentation du système étudié : embrayage de métier à navette

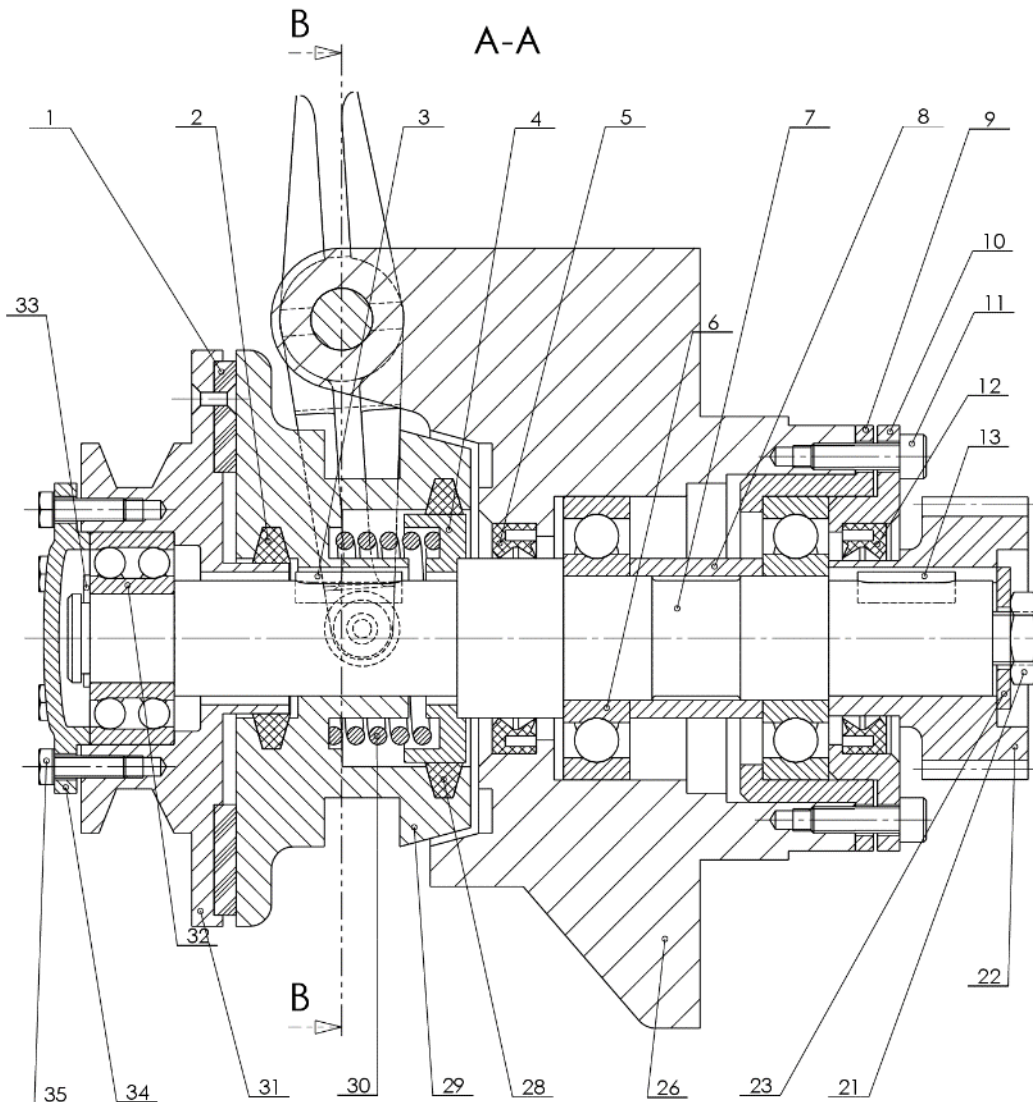
Cet ensemble est monté sur un métier à navette. Dans la chaîne cinématique, ce mécanisme se situe en aval du moteur électrique.



La poulie 31 entraînée en rotation par l'intermédiaire de la courroie 36 tourne en permanence. Suivant l'action de l'utilisateur sur le levier de commande 17, l'arbre 7 peut soit être entraîné en rotation (position embrayée), soit être freiné (position débrayée).

<http://dai.ly/xeqyez>

Reconnaître les classes d'équivalence

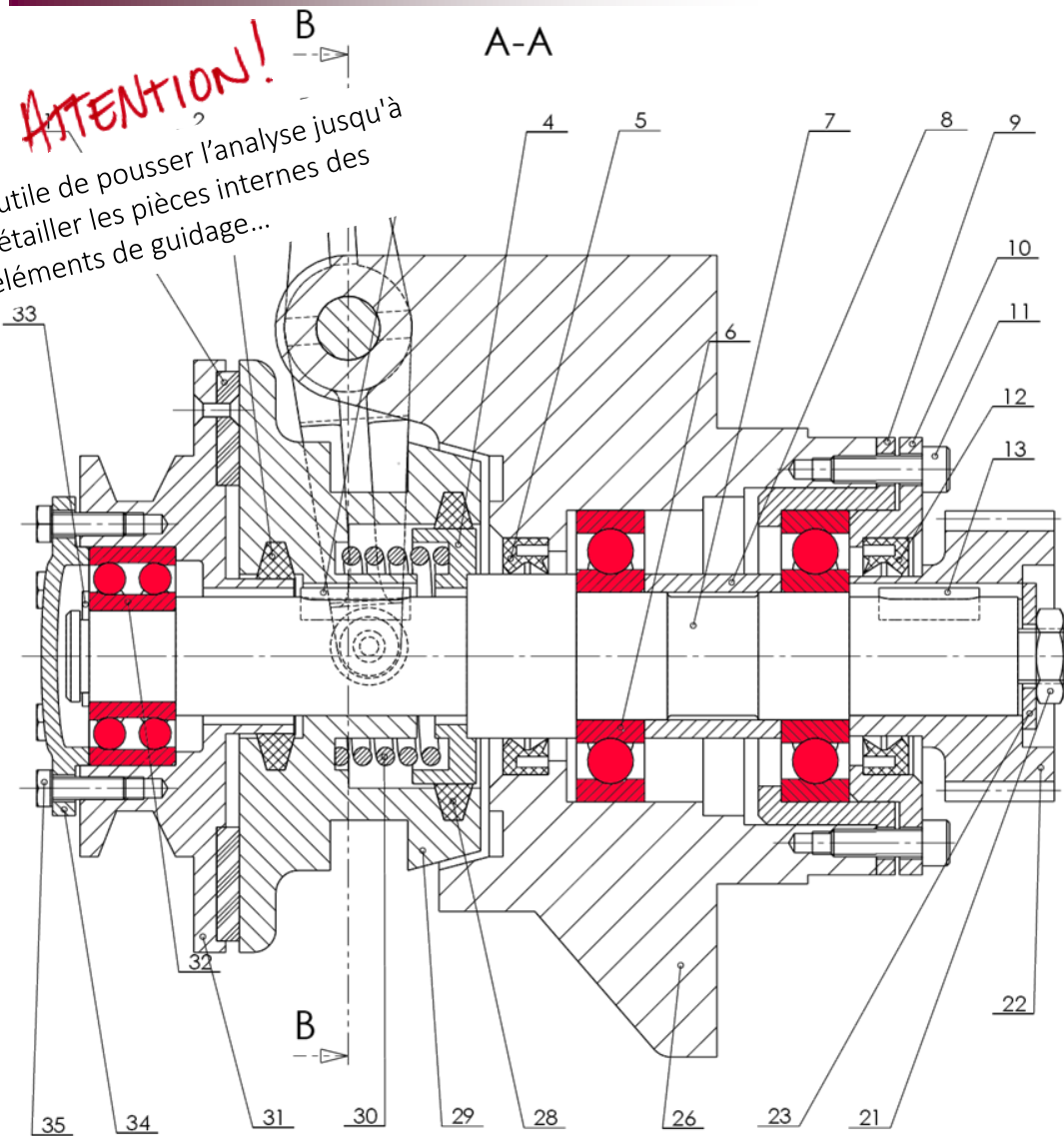


S'aider de la nomenclature :

- Les ressorts, les éléments de guidage, roulements, paliers lisses, les joints dynamique sont entre deux pièces mobiles l'une par rapport à l'autre
- Les vérins, moteurs, actionneurs sont entre deux classes d'équivalence
- Les vis, goupilles, clavettes, écrou participent généralement à des liaisons complètes entre pièces d'une même classe. Vérifier aussi la présence de soudures...
- Certains noms de pièces permettent de connaître leur mouvement : levier, poussoir, coulisse, tige, bâti, carter, pignon, roue dentée, bielle, manivelle...

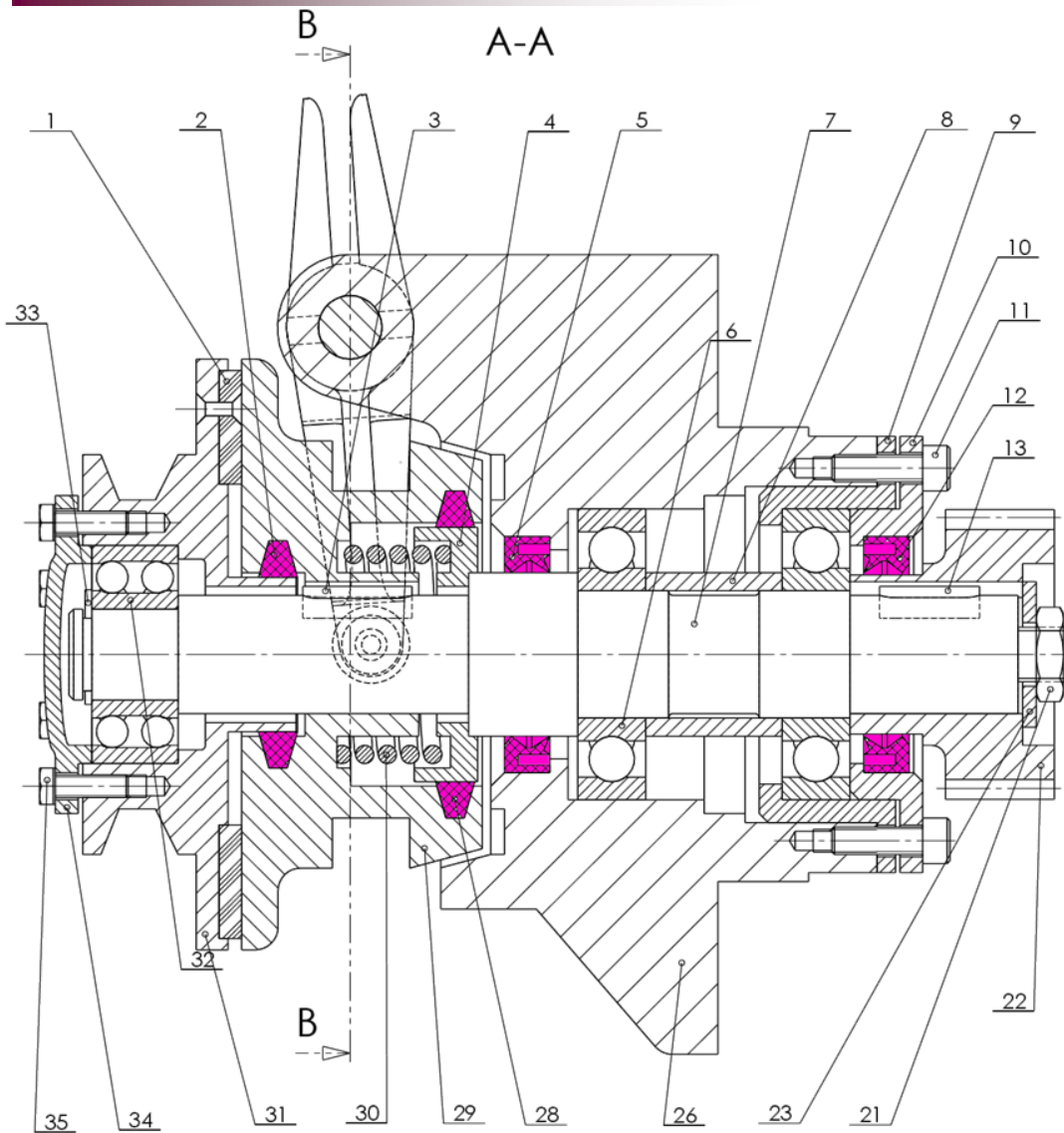
Reconnaître les classes d'équivalence – éléments de guidage

ATTENTION!
Inutile de pousser l'analyse jusqu'à détailler les pièces internes des éléments de guidage...



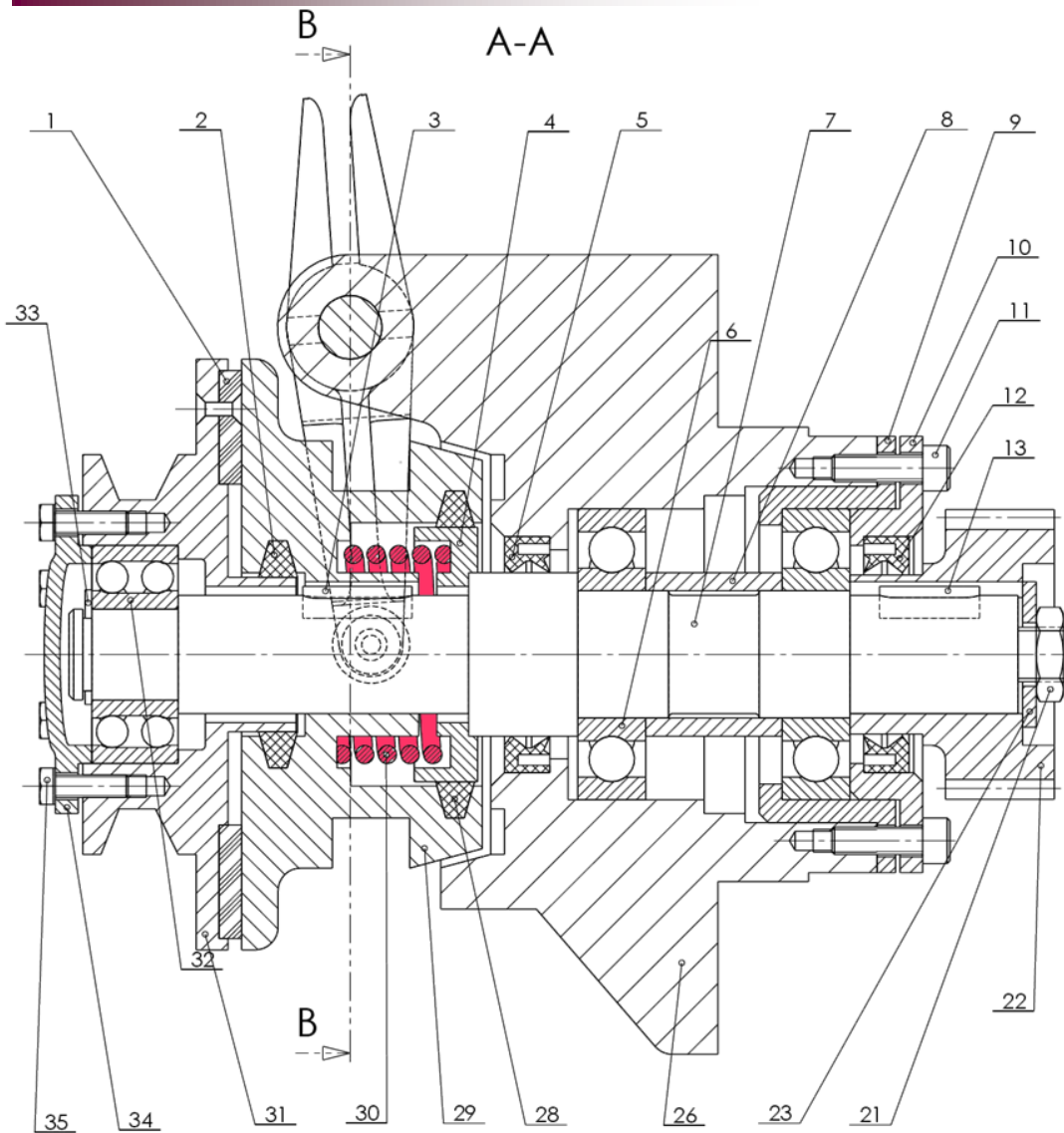
37	rivet
35	Vis H M16
34	Chapeau
33	Anneau élastique
32	Roulement
31	Poulie
30	Ressort
29	Baladeur
28	Joint Ø56
26	Corps
23	Rondelle
22	Pignon
21	Ecrou H M12
19	Demi-fourchette
18	Goupille
17	Levier de commande
16	Axe
15	Galet
14	Vis axe
13	Clavette 7x7x22
11	Vis CHc M5
10	Couvercle
09	Boîtier
08	Entretoise
07	Arbre
06	Roulement Ø28
05	Joint à lèvres
04	Butée
03	Clavette parallèle 7x7x24
02	Joint Ø34
01	Garniture

Reconnaître les classes d'équivalence – éléments d'étanchéité



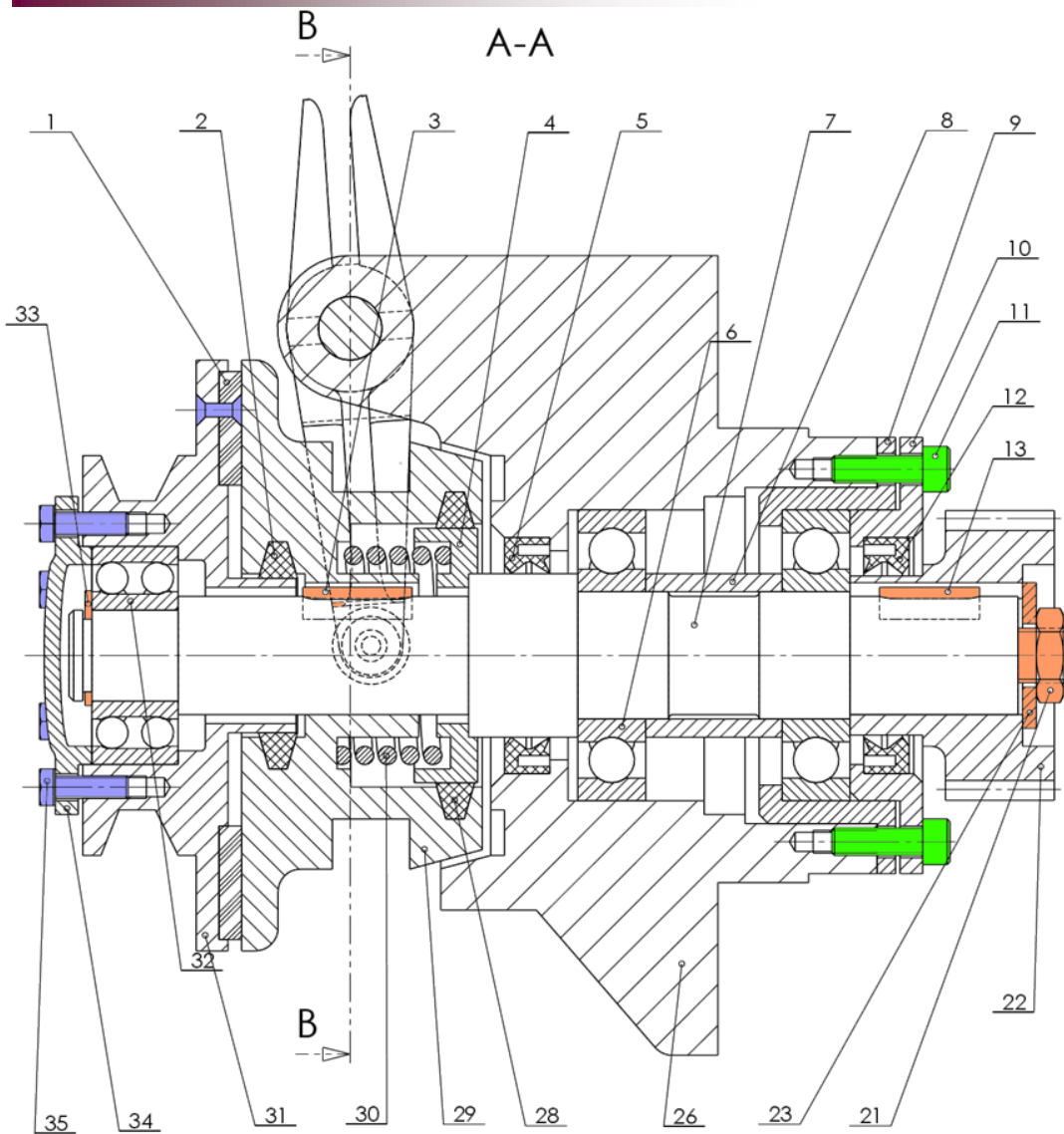
37	Rivet
35	Vis H M16
34	Chapeau
33	Anneau élastique
32	Roulement
31	Poulie
30	Ressort
29	Baladeur
28	Joint Ø56
26	Corps
23	Rondelle
22	Pignon
21	Ecrou H M12
19	Demi-fourchette
18	Goupille
17	Levier de commande
16	Axe
15	Galet
14	Vis axe
13	Clavette 7x7x22
11	Vis CHc M5
10	Couvercle
09	Boîtier
08	Entretoise
07	Arbre
06	Roulement Ø28
05	Joint à lèvre
04	Butée
03	Clavette parallèle 7x7x24
02	Joint Ø34
01	Garniture

Reconnaître les classes d'équivalence – pièces élastiques



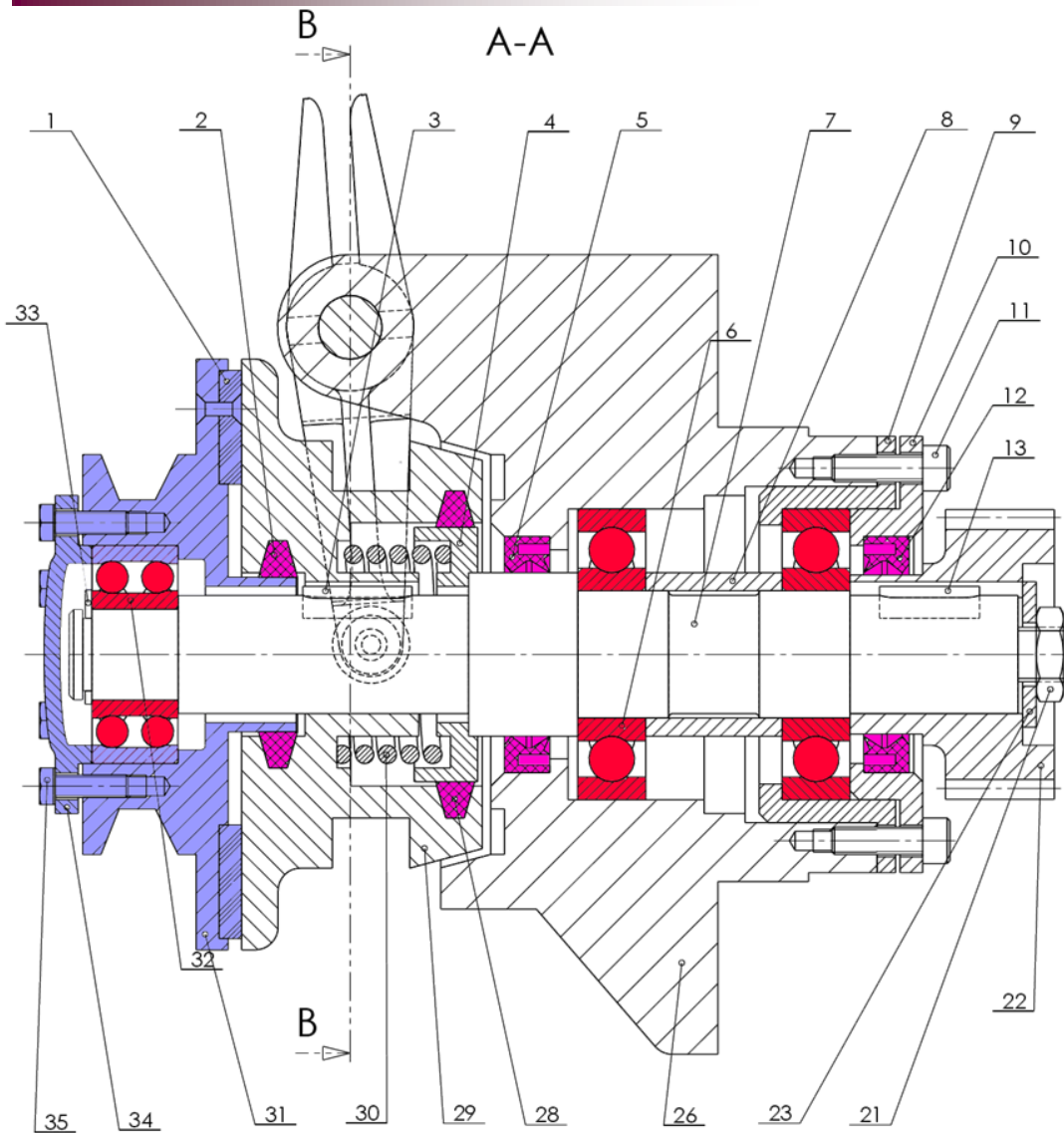
37	Rivet
35	Vis H M16
34	Chapeau
33	Anneau élastique
32	Roulement
31	Poulie
30	Ressort
29	Baladeur
28	Joint Ø56
26	Corps
23	Rondelle
22	Pignon
21	Ecrou H M12
19	Demi-fourchette
18	Goupille
17	Levier de commande
16	Axe
15	Galet
14	Vis axe
13	Clavette 7x7x22
11	Vis CHc M5
10	Couvercle
09	Boîtier
08	Entretoise
07	Arbre
06	Roulement Ø28
05	Joint à lèvres
04	Butée
03	Clavette parallèle 7x7x24
02	Joint Ø34
01	Garniture

Reconnaître les classes d'équivalence – éléments d'assemblages



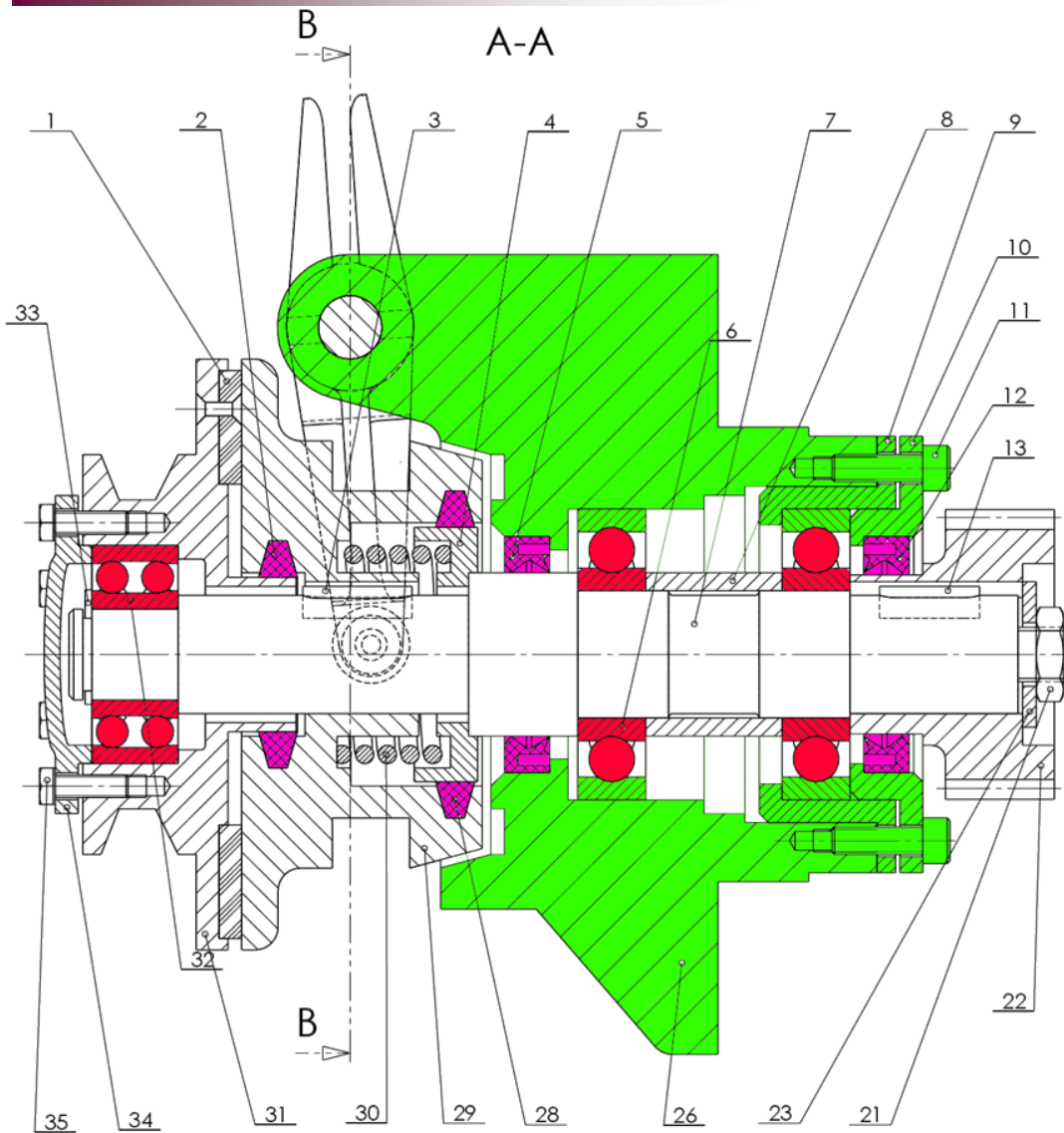
37	rivet
35	Vis H M16
34	Chapeau
33	Anneau élastique
32	Roulement
31	Poulie
30	Ressort
29	Baladeur
28	Joint Ø56
26	Corps
23	Rondelle
22	Pignon
21	Ecrou H M12
19	Demi-fourchette
18	Goupille
17	Levier de commande
16	Axe
15	Galet
14	Vis axe
13	Clavette 7x7x22
11	Vis CHc M5
10	Couvercle
09	Boîtier
08	Entretoise
07	Arbre
06	Roulement Ø28
05	Joint à lèvres
04	Butée
03	Clavette parallèle 7x7x24
02	Joint Ø34
01	Garniture

Reconnaître les classes d'équivalence – Classe poulie 01



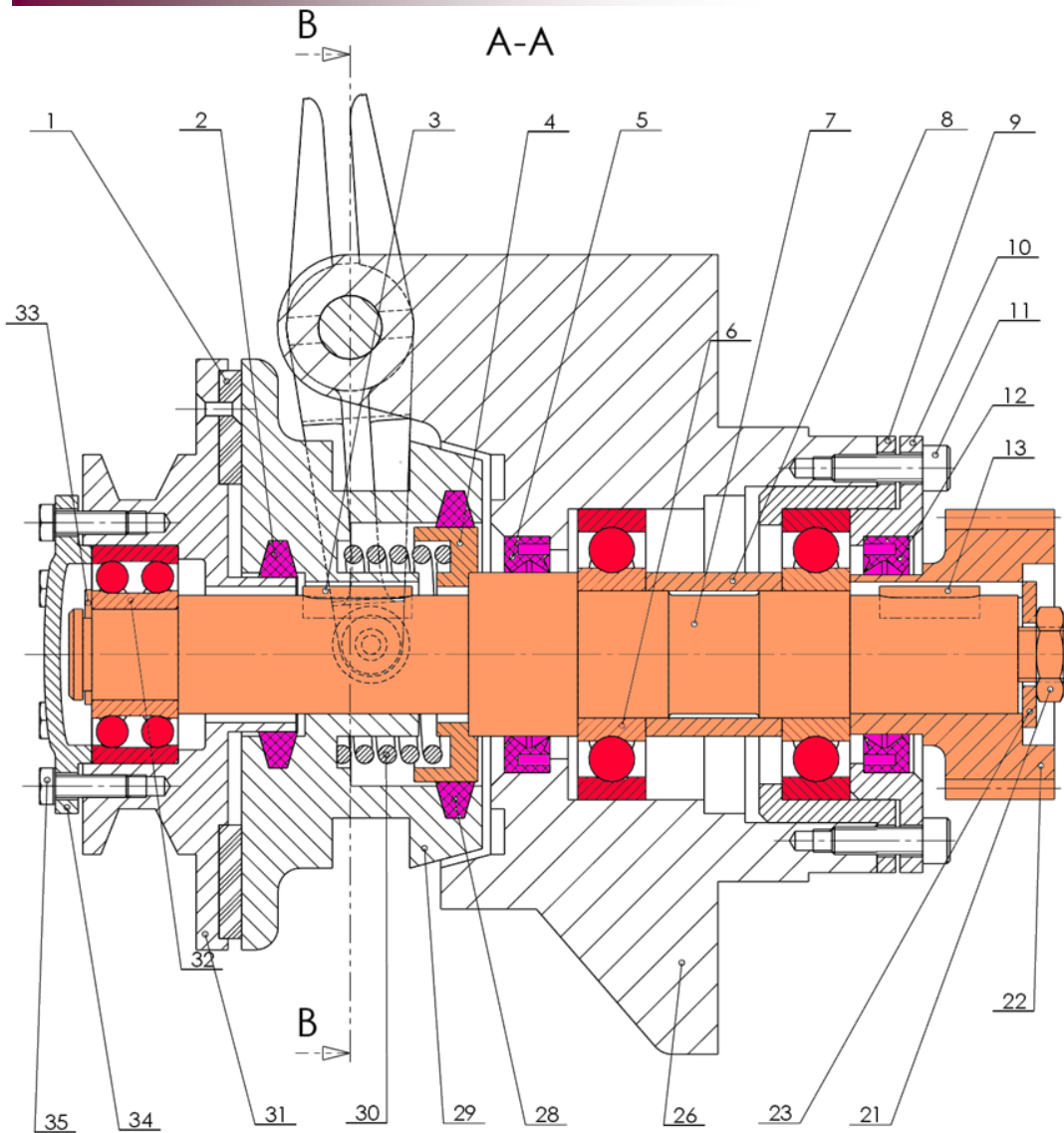
37	rivet
35	Vis H M16
34	Chapeau
33	Anneau élastique
32	Roulement
31	Poulie
30	Ressort
29	Baladeur
28	Joint Ø56
26	Corps
23	Rondelle
22	Pignon
21	Ecrou H M12
19	Demi-fourchette
18	Goupille
17	Levier de commande
16	Axe
15	Galet
14	Vis axe
13	Clavette 7x7x22
11	Vis CHc M5
10	Couvercle
09	Boîtier
08	Entretoise
07	Arbre
06	Roulement Ø28
05	Joint à lèvres
04	Butée
03	Clavette parallèle 7x7x24
02	Joint Ø34
01	Garniture

Reconnaître les classes d'équivalence – Classe Corps 02



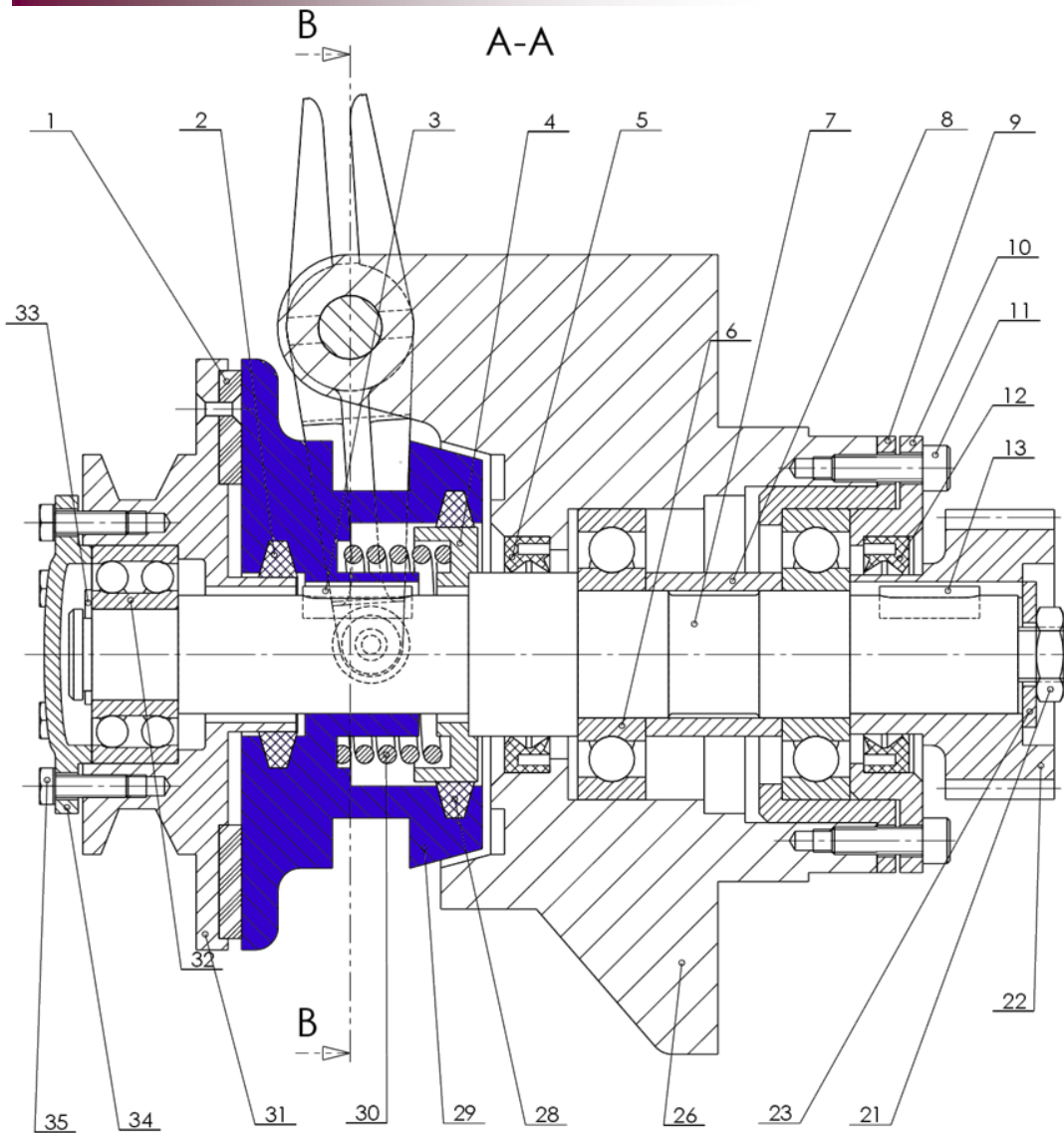
37	rivet
35	Vis H M16
34	Chapeau
33	Anneau élastique
32	Roulement
31	Poulie
30	Ressort
29	Baladeur
28	Joint Ø56
26	Corps
23	Rondelle
22	Pignon
21	Ecrou H M12
19	Demi-fourchette
18	Goupille
17	Levier de commande
16	Axe
15	Galet
14	Vis axe
13	Clavette 7x7x22
11	Vis CHc M5
10	Couvercle
09	Boîtier
08	Entretoise
07	Arbre
06	Roulement Ø28
05	Joint à lèvres
04	Butée
03	Clavette parallèle 7x7x24
02	Joint Ø34
01	Garniture

Reconnaître les classes d'équivalence – Classe arbre 03



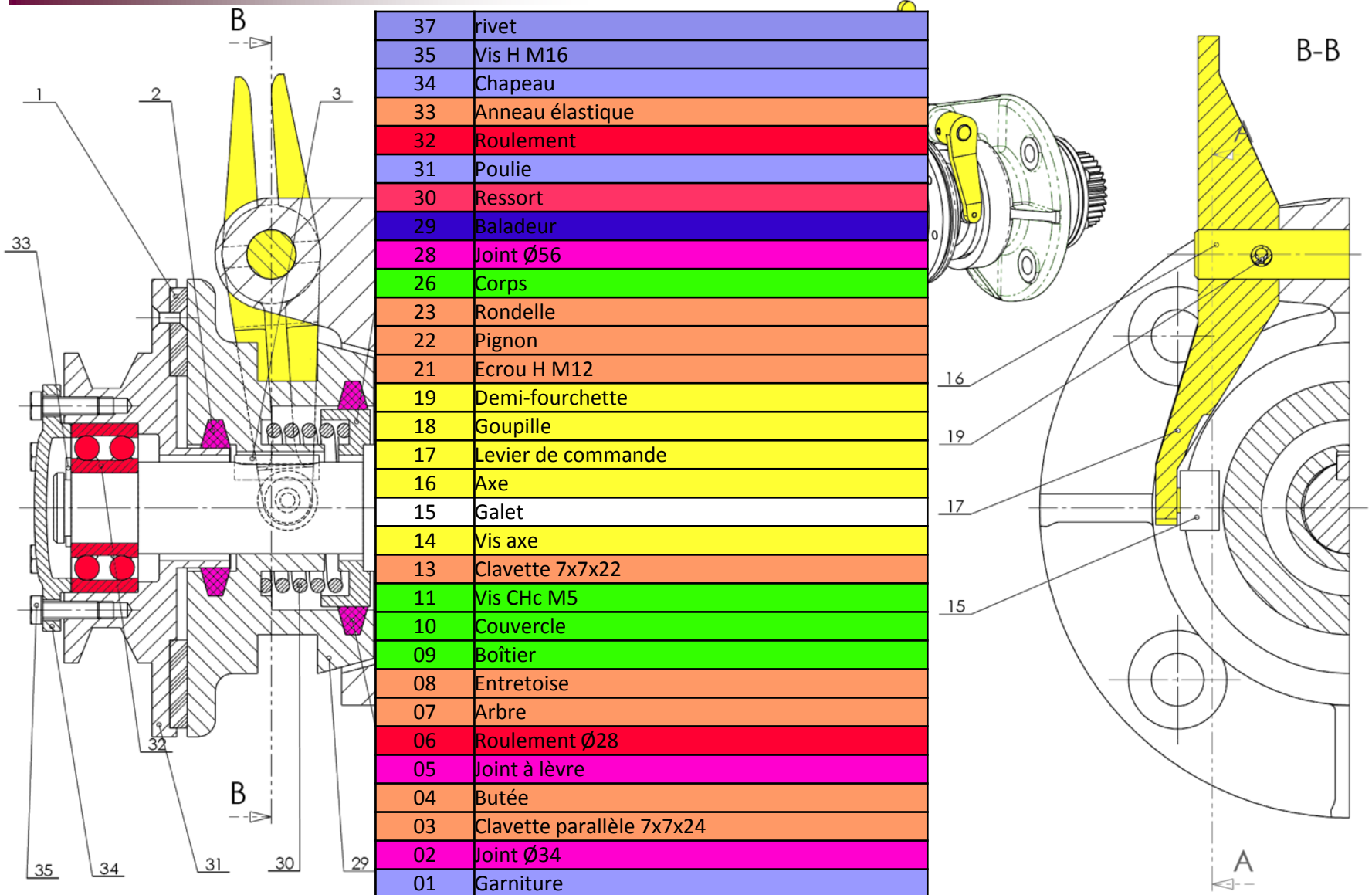
37	rivet
35	Vis H M16
34	Chapeau
33	Anneau élastique
32	Roulement
31	Poulie
30	Ressort
29	Baladeur
28	Joint Ø56
26	Corps
23	Rondelle
22	Pignon
21	Ecrou H M12
19	Demi-fourchette
18	Goupille
17	Levier de commande
16	Axe
15	Galet
14	Vis axe
13	Clavette 7x7x22
11	Vis CHc M5
10	Couvercle
09	Boîtier
08	Entretoise
07	Arbre
06	Roulement Ø28
05	Joint à lèvres
04	Butée
03	Clavette parallèle 7x7x24
02	Joint Ø34
01	Garniture

Reconnaître les classes d'équivalence – Classe baladeur 04

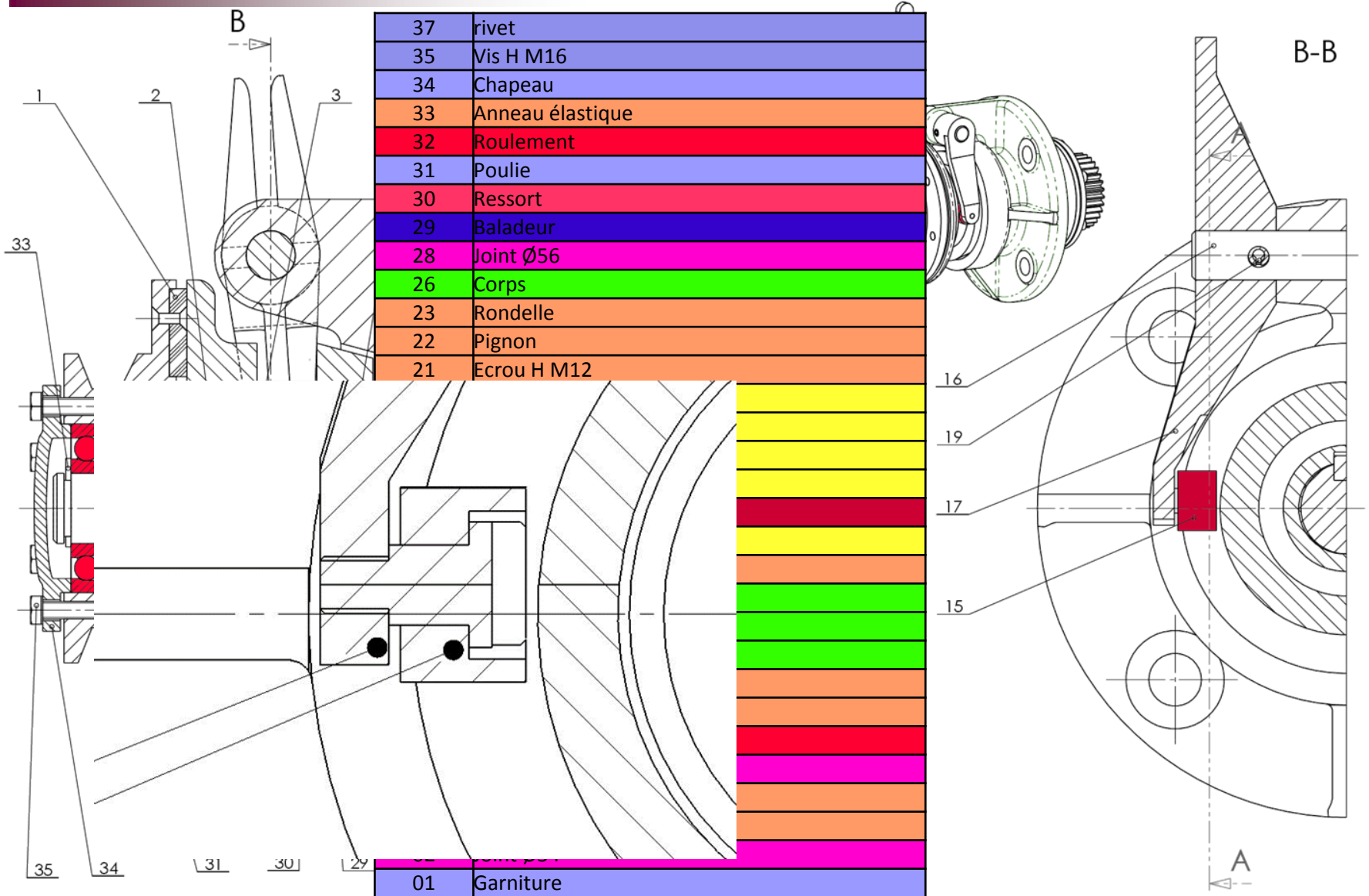


37	rivet
35	Vis H M16
34	Chapeau
33	Anneau élastique
32	Roulement
31	Poulie
30	Ressort
29	Baladeur
28	Joint Ø56
26	Corps
23	Rondelle
22	Pignon
21	Ecrou H M12
19	Demi-fourchette
18	Goupille
17	Levier de commande
16	Axe
15	Galet
14	Vis axe
13	Clavette 7x7x22
11	Vis CHc M5
10	Couvercle
09	Boîtier
08	Entretoise
07	Arbre
06	Roulement Ø28
05	Joint à lèvres
04	Butée
03	Clavette parallèle 7x7x24
02	Joint Ø34
01	Garniture

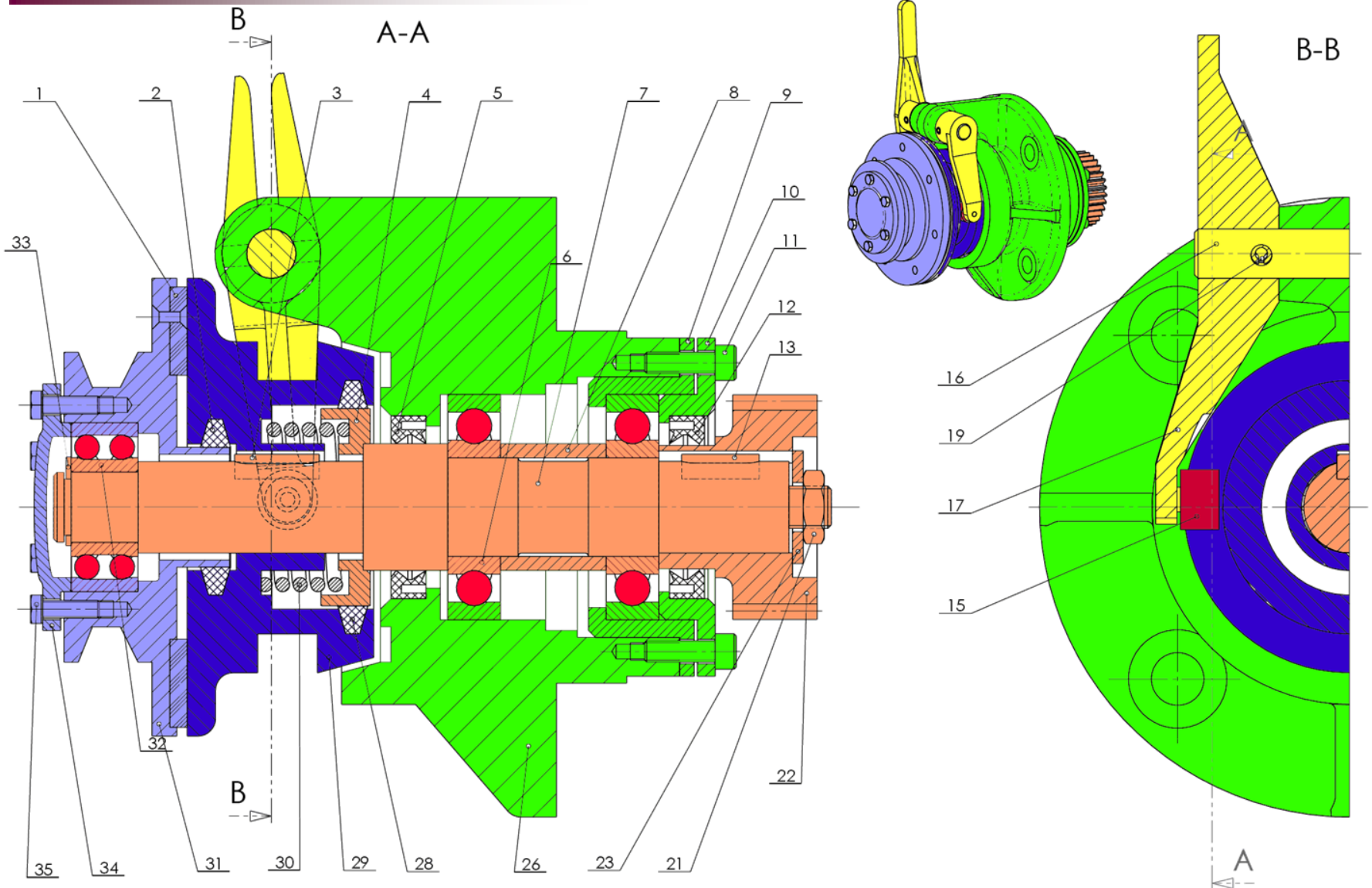
Reconnaître les classes d'équivalence – Classe levier 05



Reconnaître les classes d'équivalence – Classe galet 06



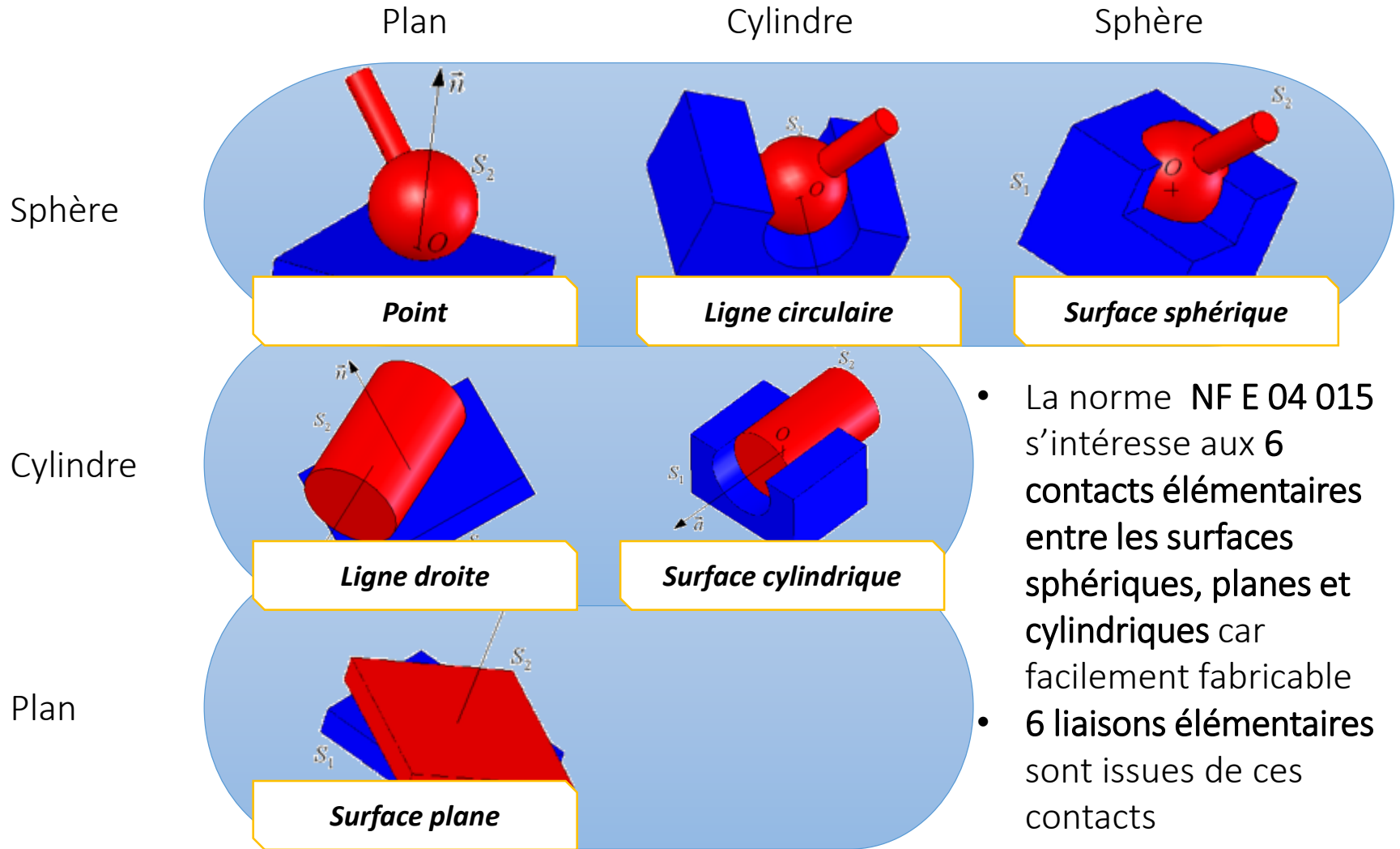
Reconnaître les classes d'équivalence – Dessin d'ensemble colorié





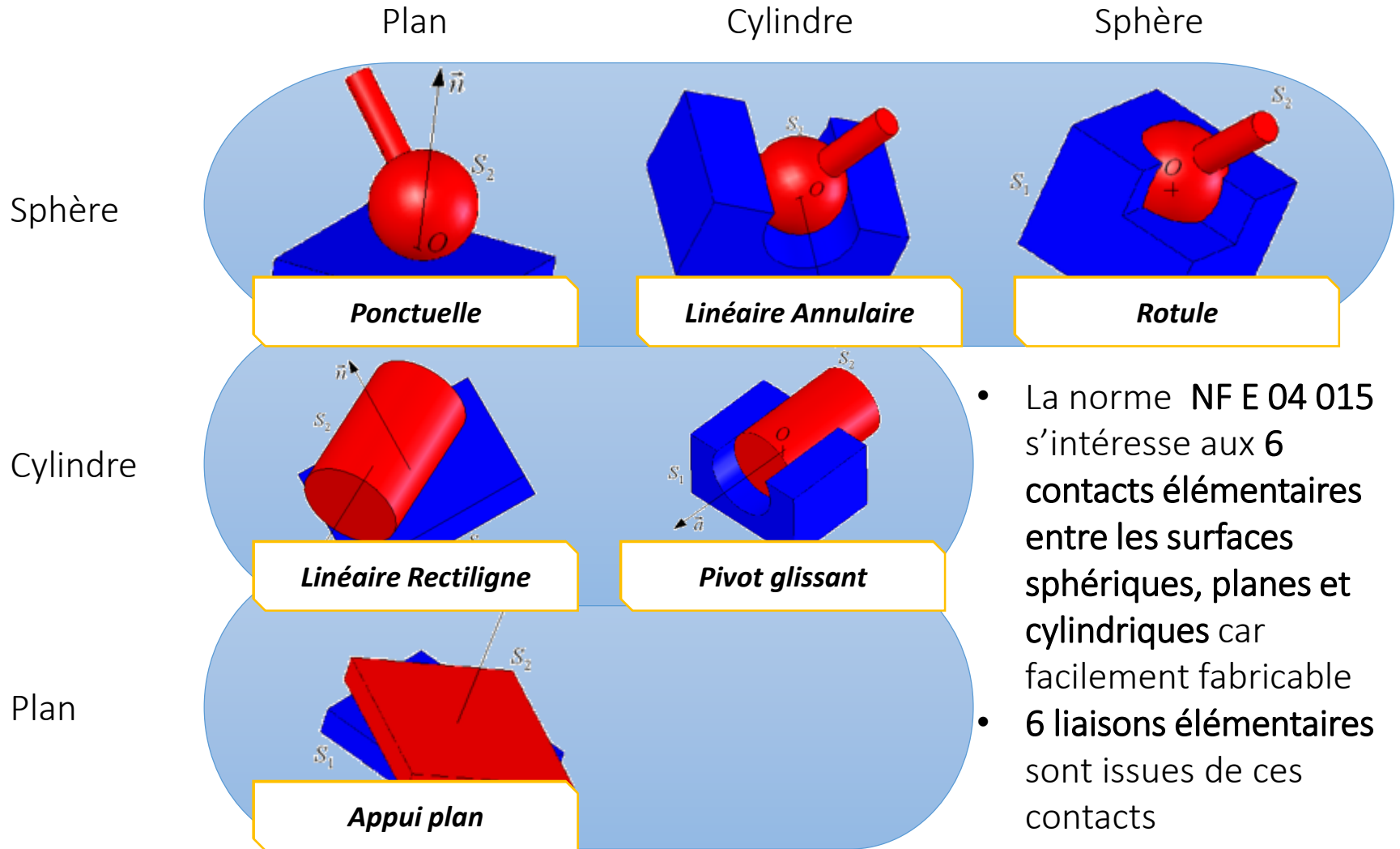
Contacts et Liaisons

Contacts élémentaires



- La norme NF E 04 015 s'intéresse aux 6 contacts élémentaires entre les surfaces sphériques, planes et cylindriques car facilement fabricable
- 6 liaisons élémentaires sont issues de ces contacts

Contacts élémentaires



- La norme NF E 04 015 s'intéresse aux 6 contacts élémentaires entre les surfaces sphériques, planes et cylindriques car facilement fabricable
- 6 liaisons élémentaires sont issues de ces contacts

Contacts élémentaires



Notion de liaison

- Le mouvement instantané d'un solide (indéformable) S_i par rapport à un autre solide S_j peut-être décrit par le torseur cinématique $\mathcal{G}_{i/j}$ caractérisé par **6 quantités scalaires** (éléments de réduction en un point quelconque A aussi appelée coordonnées pluckériennes)
- Si ces 6 quantités varient **de façon indépendante**, le solide S_i est dit libre par rapport à S_j
- Si moins de 6 paramètres indépendants permettent de décrire le mouvement relatif de S_i par rapport à S_j **alors S_i est dit lié à S_j** .
- Le nombre de paramètres permettant de décrire ce mouvement **est appelé degré de liberté**

$$\{\mathcal{V}_{i/j}\}_A : \begin{Bmatrix} \omega_x & v_x \\ \omega_y & v_y \\ \omega_z & v_z \end{Bmatrix} (\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$$



T	R
Tx	Rx
Ty	Ry
Tz	Rz

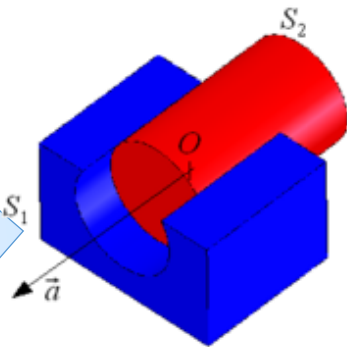
Liaisons et contacts élémentaires

- L'interdépendance des paramètres est due à des relations de contacts entre les pièces S_i et S_j
- Sur les 64 combinaisons possibles pour arranger les paramètres dans le torseur cinématique, certaines sont « faciles » à traduire par des contacts
- D'autres...

Pas de contact,
pas de liaison !

$$\left\{ \begin{array}{cc} \omega_x & V_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_A$$

$\forall M \in (A, \vec{x})$



$$\left\{ \begin{array}{cc} 0 & V_x \\ 0 & V_y \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_A$$

$\forall M \in (A, \vec{x})$



Liaisons Normalisées

T000 R000	T100 R000	T010 R000	T001 R000	T000 R100	T000 R010	T000 R001	T000 R111
T000 R110	T000 R101	T000 R011	T100 R100	T010 R010	T001 R001	T110 R000	T111 R000
T110 R001	T101 R010	T011 R100	T100 R010	T110 R101	T110 R011	T101 R000	T111 R100
T110 R100	T110 R010	T101 R100	T100 R001	T101 R110	T101 R011	T011 R000	T111 R010
T011 R001	T011 R010	T101 R001	T010 R100	T011 R110	T011 R101	T100 R011	T111 R001
T110 R110	T101 R101	T011 R011	T010 R001	T100 R110	T010 R110	T001 R110	T010 R011
T100 R111	T010 R111	T001 R111	T001 R100	T100 R101	T010 R101	T001 R101	T001 R011
T111 R011	T111 R101	T111 R110	T001 R010	T110 R111	T101 R111	T011 R111	T111 R111

Liaisons Normalisées

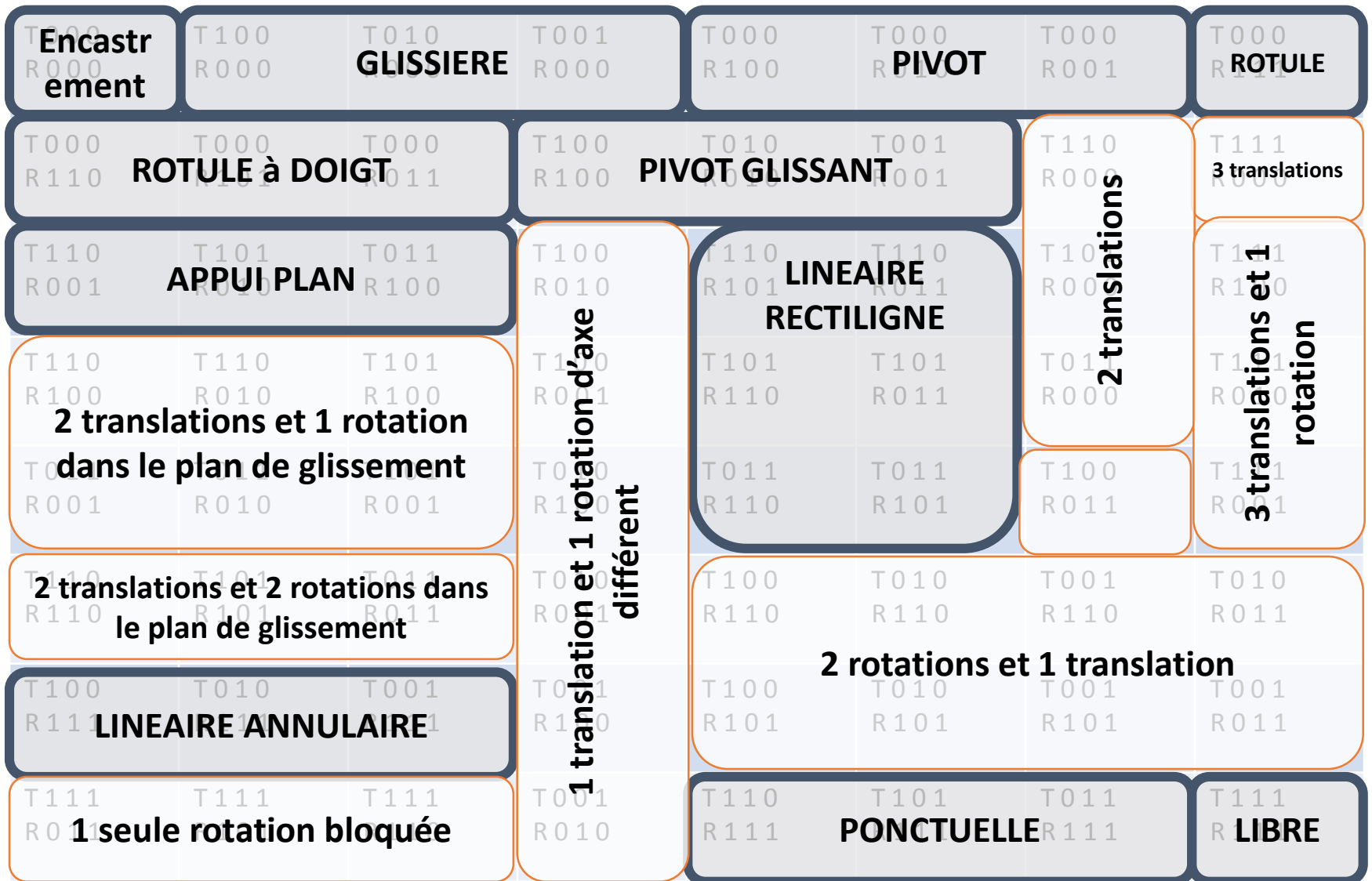

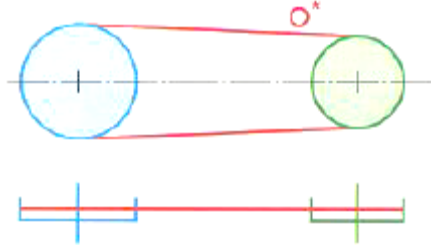
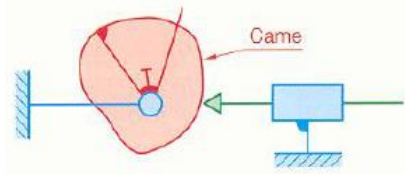
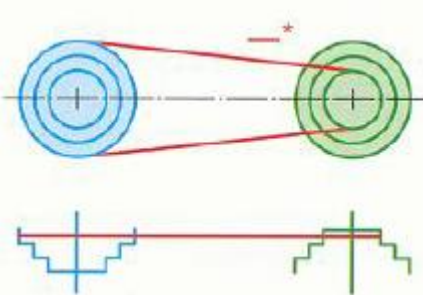
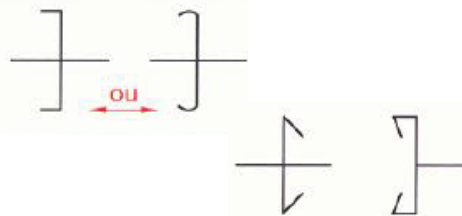
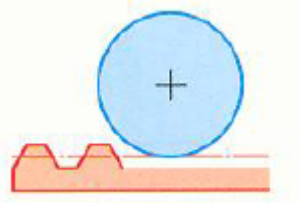
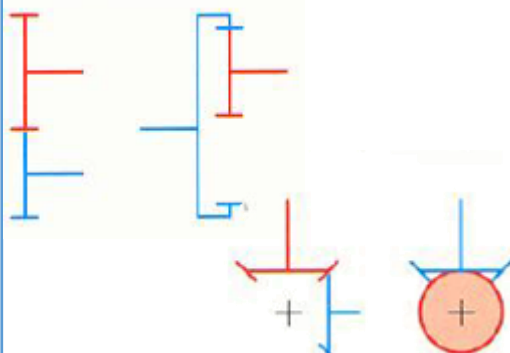


Tableau synthétique de la schématisation des liaisons normalisées

Type	Schémas	Torseur Cinématique	Torseur Interefforts	Type	Schémas	Torseur Cinématique	Torseur Interefforts
Pivot d'axe (A, \vec{x})		$\begin{pmatrix} \omega_x & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A$ $\forall M \in (A, \vec{x})$	$\begin{pmatrix} X & 0 \\ Y & M \\ Z & N \end{pmatrix}_A$	Appui plan de normale \vec{x}		$\begin{pmatrix} \omega_x & 0 \\ 0 & V_y \\ 0 & V_z \end{pmatrix}_A$ $\forall A$	$\begin{pmatrix} X & 0 \\ 0 & M \\ 0 & N \end{pmatrix}_A$
Glissière d'axe \vec{x}		$\begin{pmatrix} 0 & V_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A$ $\forall A$	$\begin{pmatrix} 0 & L \\ Y & M \\ Z & N \end{pmatrix}_A$	Rotule de centre A		$\begin{pmatrix} \omega_x & 0 \\ \omega_y & 0 \\ \omega_z & 0 \end{pmatrix}_A$	$\begin{pmatrix} X & 0 \\ Y & 0 \\ Z & 0 \end{pmatrix}_A$
Hélicoïdale d'axe (A, \vec{x})		$\begin{pmatrix} \omega_x & V_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A$ $\forall M \in (A, \vec{x})$ $V_x = \text{pas} \times \omega_x$	$\begin{pmatrix} X & L \\ Y & M \\ Z & N \end{pmatrix}_A$ $X = \text{pas} \times L$	Rotule à doigt d'axes (A, \vec{x}) et (A, \vec{y})		$\begin{pmatrix} \omega_x & 0 \\ \omega_y & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A$	$\begin{pmatrix} X & 0 \\ Y & 0 \\ Z & N \end{pmatrix}_A$
Pivot glissant d'axe (A, \vec{x})		$\begin{pmatrix} \omega_x & V_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A$ $\forall M \in (A, \vec{x})$	$\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ Y & M \\ Z & N \end{pmatrix}_A$	Linéaire rectiligne de normale \vec{x} et axe \vec{y}		$\begin{pmatrix} \omega_x & 0 \\ \omega_y & V_y \\ 0 & V_z \end{pmatrix}_A$ $\forall M \in (A, \vec{x}, \vec{y})$	$\begin{pmatrix} X & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & N \end{pmatrix}_A$
Linéaire annulaire centre (A, \vec{x})		$\begin{pmatrix} \omega_x & V_x \\ \omega_y & 0 \\ \omega_z & 0 \end{pmatrix}_A$ $\forall A$	$\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ Y & 0 \\ Z & 0 \end{pmatrix}_A$	Ponctuelle de normale (A, \vec{x})		$\begin{pmatrix} \omega_x & 0 \\ \omega_y & V_y \\ \omega_z & V_z \end{pmatrix}_A$ $\forall M \in (A, \vec{x})$	$\begin{pmatrix} X & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A$

Liaison et éléments de schématisation complémentaires

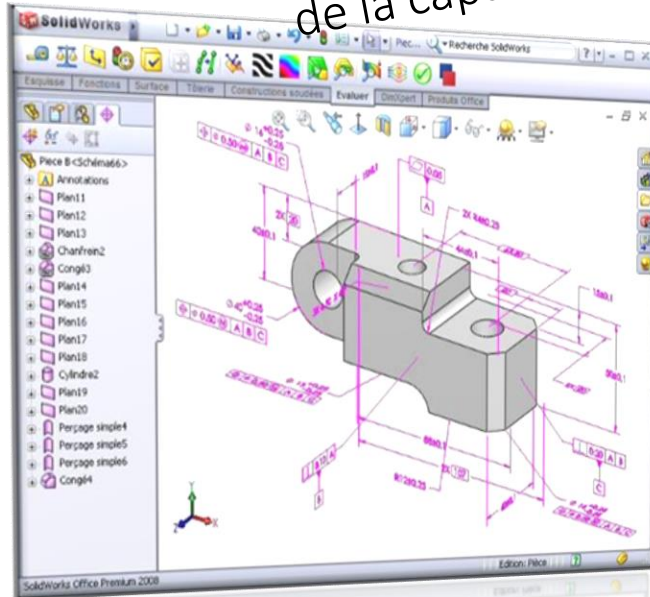
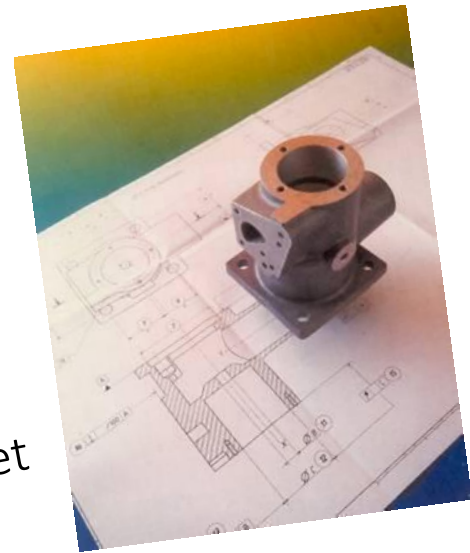
bâti		<p>Courroies simples, étagées, chaînes</p>	
Liaison came			
Roues de frictions			
Engrenages, crémaillère, roue et vis sans fin			



Éléments de contact

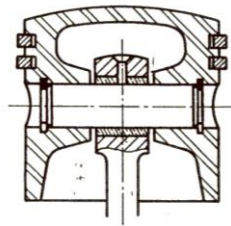
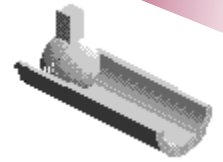
ATTENTION!

Techniquement les contacts se réalisent rarement directement mais souvent par l'interposition d'éléments de contacts permettant une amélioration de la précision et de la capacité de charge de ces contacts

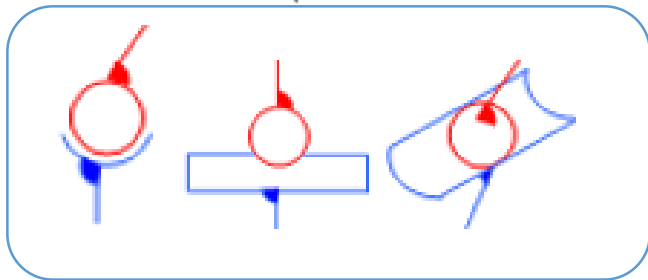
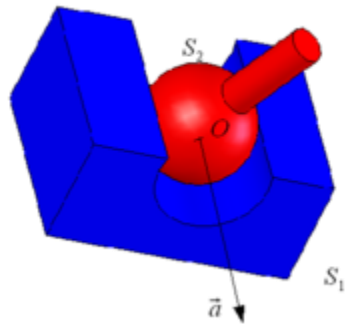


Par ailleurs nous verrons que l'analyse de la façon dont les contacts entre deux classes d'équivalence peuvent être complémentaires ou en concurrence est d'une importance primordiale en technologie.

Eléments de contact de la liaison Linéaire annulaire



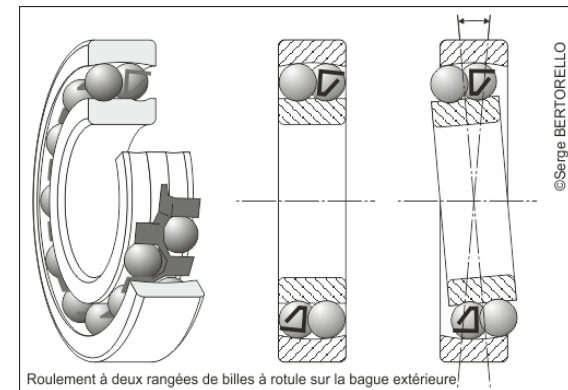
Coussinet court



LINEAIRE ANNULAIRE



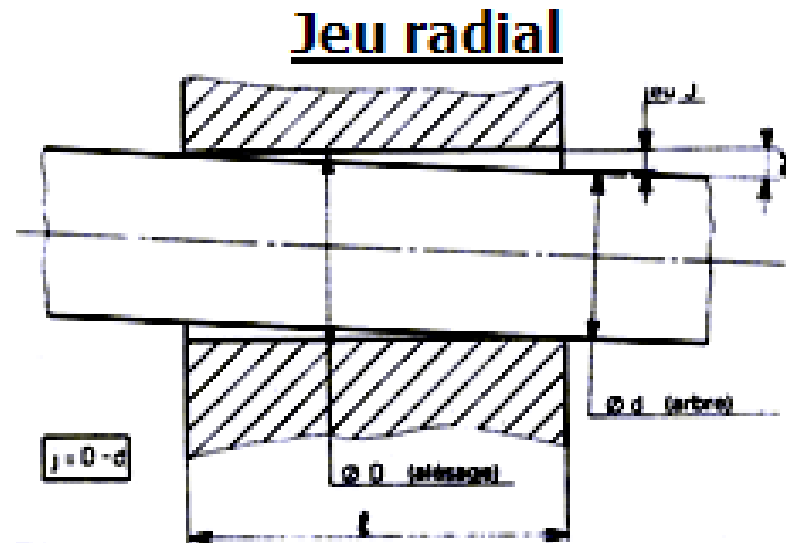
Roulements à billes sans arrêt axiaux



Roulements à rotule sur rouleaux sans arrêt axiaux

Le rapport L/D...

- Le rapport entre la longueur de portée L sur le diamètre d'arbre D est abondamment utilisé pour décrire une liaison cylindre/cylindre
- Si ce rapport est faible, compte-tenu du jeu radial, un angle dit de rotulage est inévitable : la modélisation correcte est une linéaire annulaire
- Si ce rapport est important, alors l'angle de rotulage est négligeable et la modélisation correcte est une pivot glissante...



Le rapport L/D...

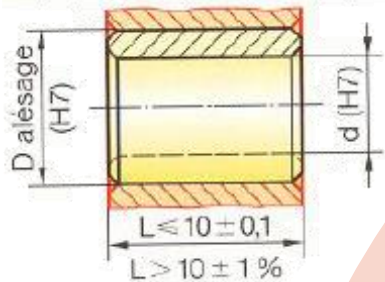
- Le rapport entre la longueur de portée L sur le diamètre d'arbre D est abondamment utilisé pour décrire une liaison arbre/cylindre
- Si ce rapport est faible, compte tenu du jeu, un défaut de rotation est inévitable : la modélisation correcte est une liaison pivot
- Si ce rapport est important, alors la liaison est une liaison et la modélisation correcte est une liaison

C'est loin
d'être
suffisant !...

Le rapport L/D...

- Le problème c'est de se mettre d'accord sur les valeurs limites...
- L'important c'est le rotulage admissible : tout contact cylindre/cylindre admet un jeu radial et donc un angle de rotulage. A partir de quel angle on considère avoir à faire à une mauvaise pivot glissant ? Quel angle de rotulage est nécessaire pour permettre le montage ?

- Coussinet 32 x 40 x 32
- Ajustement H7f7
- Jeu radial maxi de 75µm
- Rotulage de 0,13° soit 8'



Peu précis
30'

Standard
10'

Précis
2,5'

Très précis
10''

Rotulage admissible d'une pivot

- 2 roulements billes Ø32 préchargés et distants de 120mm
- Jeu radial résiduel 6µm
- Rotulage de 10,3''

- Exemple : 2 coussinet 32 x 40 x 32 distants de 32
- Ajustement H7f7
- Jeu radial maxi de 75µm
- Rotulage de 0,045° soit 2,68'

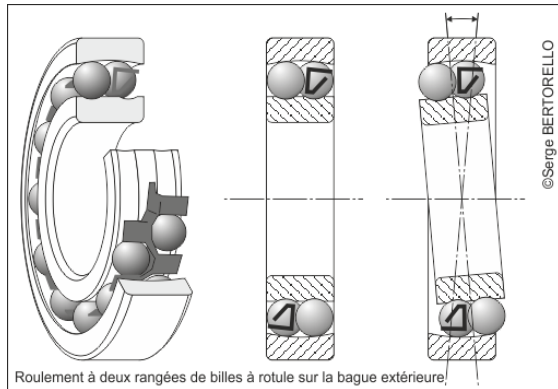
Éléments de contact de la liaison Rotule



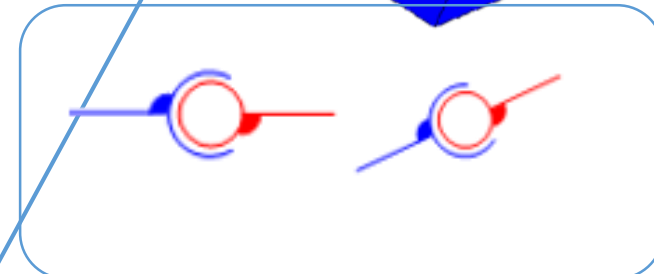
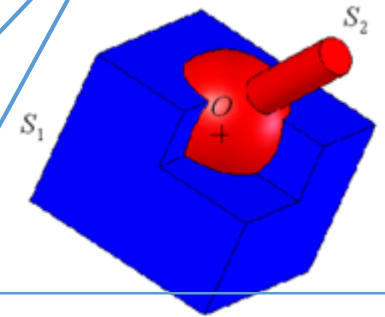
ROTULE



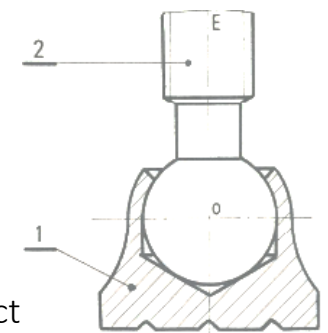
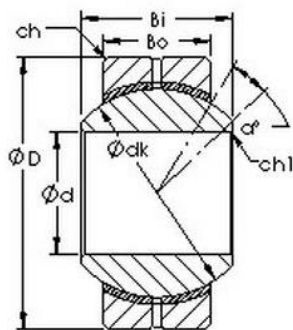
Roulements à billes avec arrêt axiaux



Roulements à rotule sur rouleaux avec arrêt axiaux

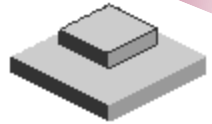


Paliers à rotule

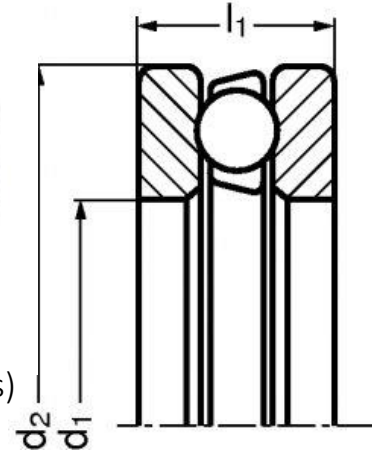


Contact direct

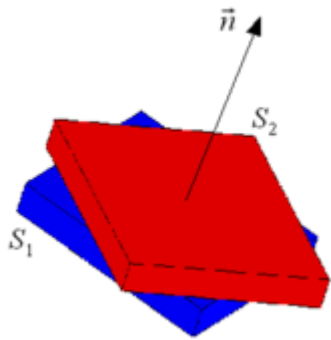
Éléments de contact de la liaison appui plan



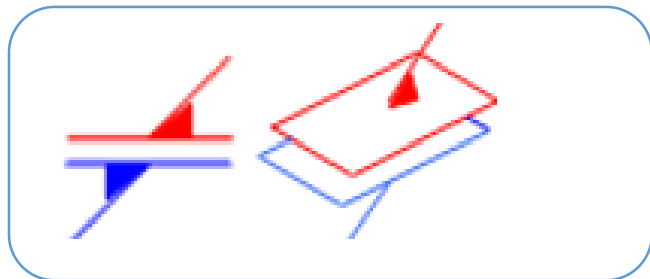
Butée (à billes, rouleaux, aiguilles)



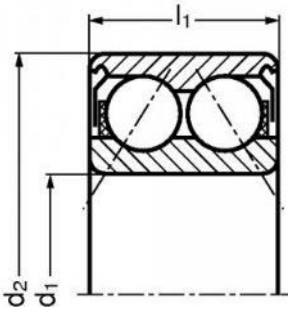
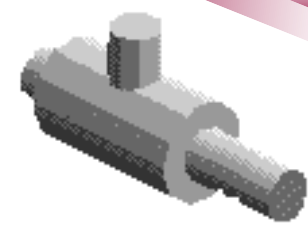
APPUI PLAN



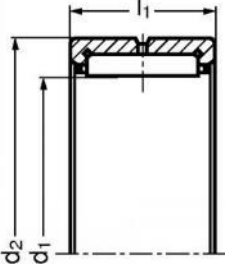
Patin à aiguilles



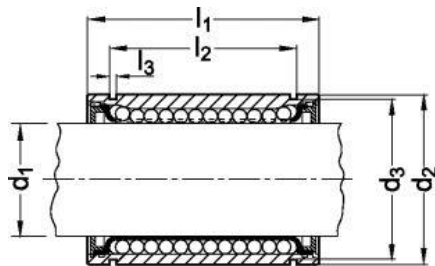
Eléments de contact de la liaison pivot glissant



Roulements à 2 rangées de billes à contact oblique sans arrêt axiaux



Roulements à aiguilles sans arrêt axiaux



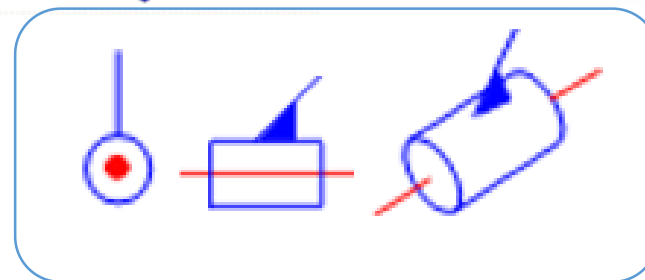
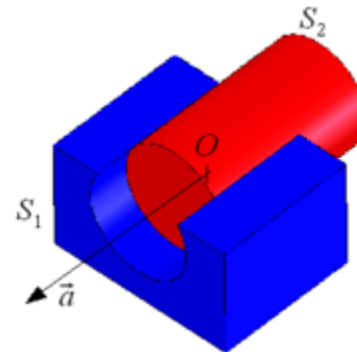
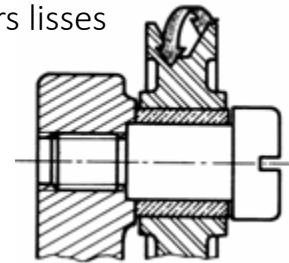
Douille à bille



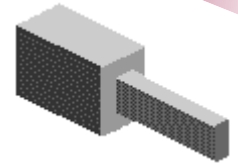
PIVOT GLISSANT



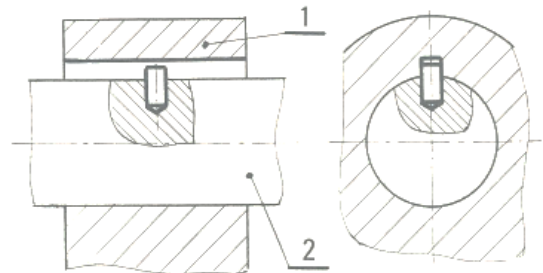
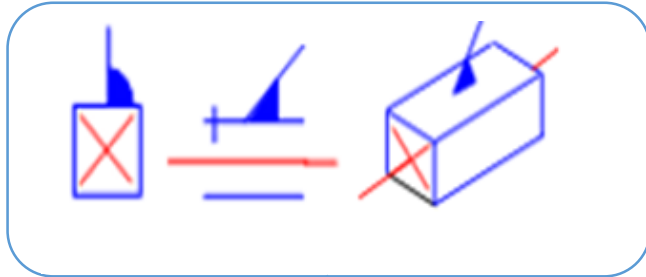
Paliers lisses



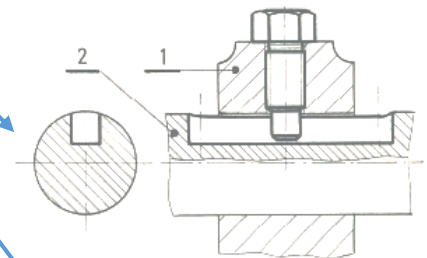
Eléments de contact de la liaison glissière



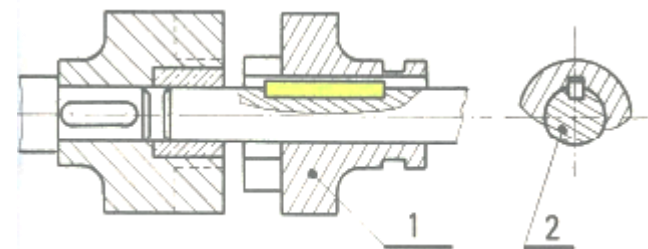
GLISSIERE



Ergot et rainure



Vis et rainure



Clavetage

Mais aussi cannelures, queue d'aronde, section prismatique, double colonne...



Rail + chariot à recirculation de billes

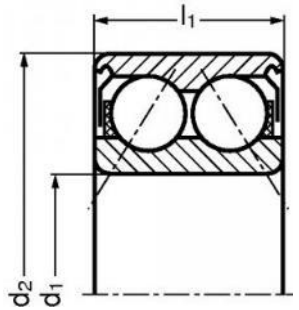
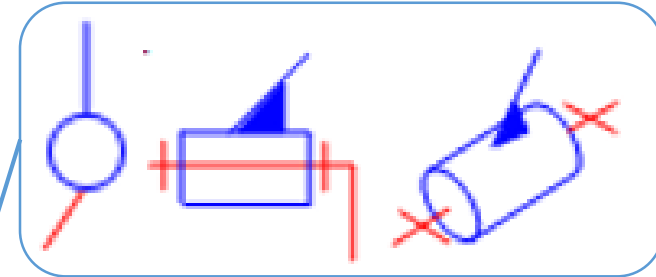


Rail + chariot à galets

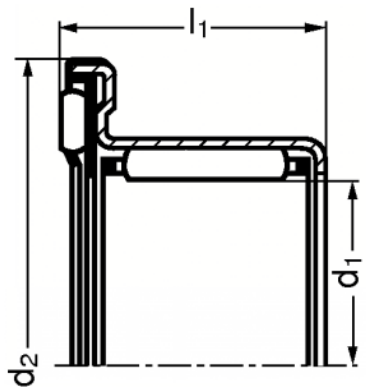
Eléments de contact de la liaison pivot



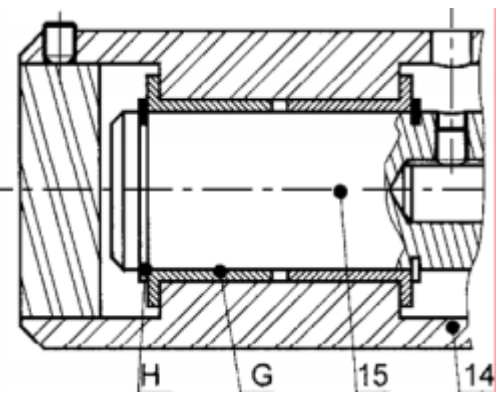
PIVOT



Roulements à 2 rangées de billes à contact oblique avec arrêt axiaux



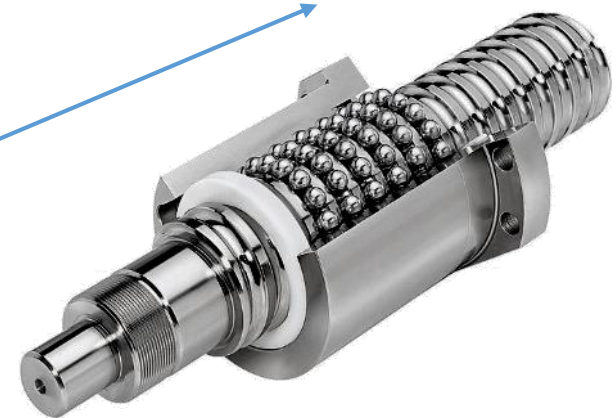
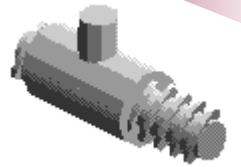
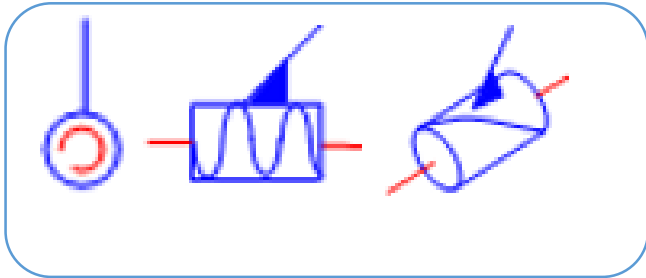
Roulements à aiguilles combiné



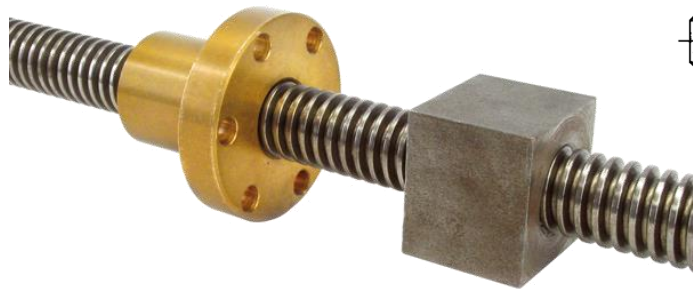
Coussinets à colerette

Éléments de contact de la liaison glissière hélicoïdale

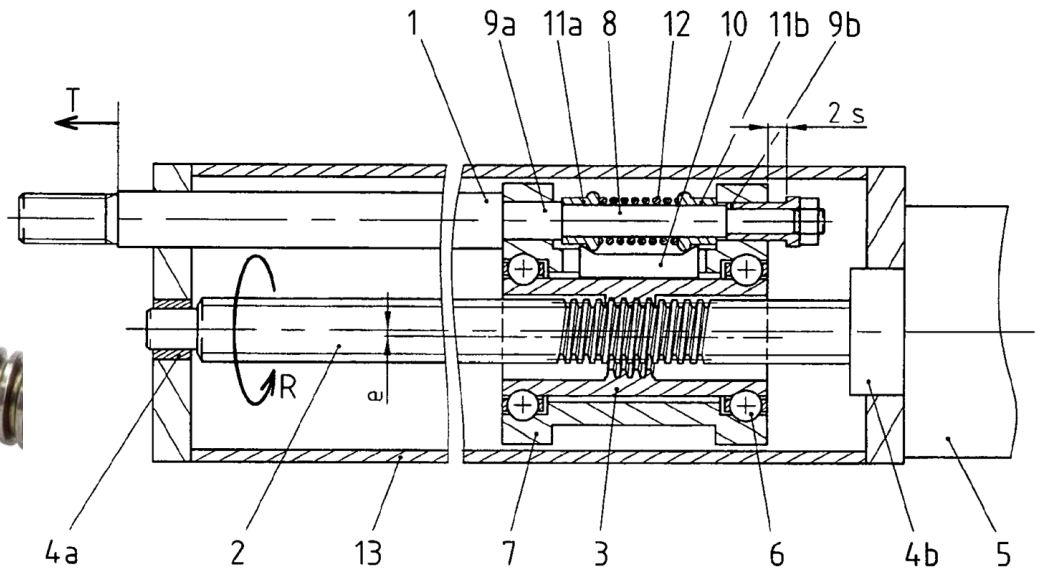
GLISSIERE HELICOIDALE



Vis à billes



Vis trapézoïdale

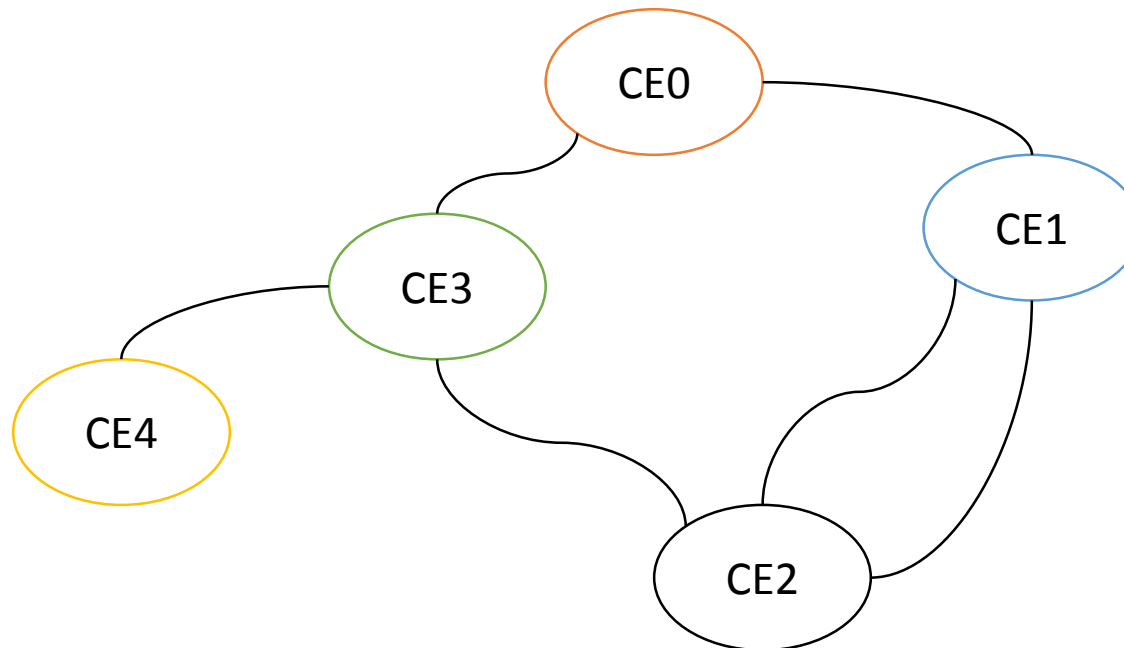




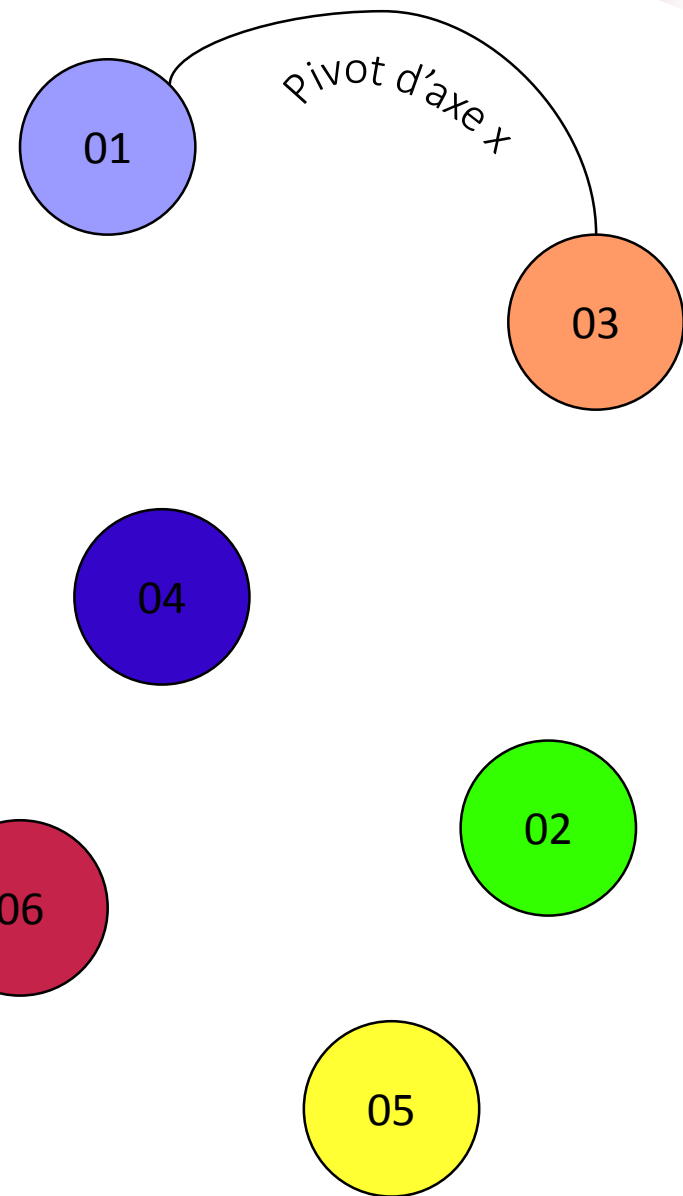
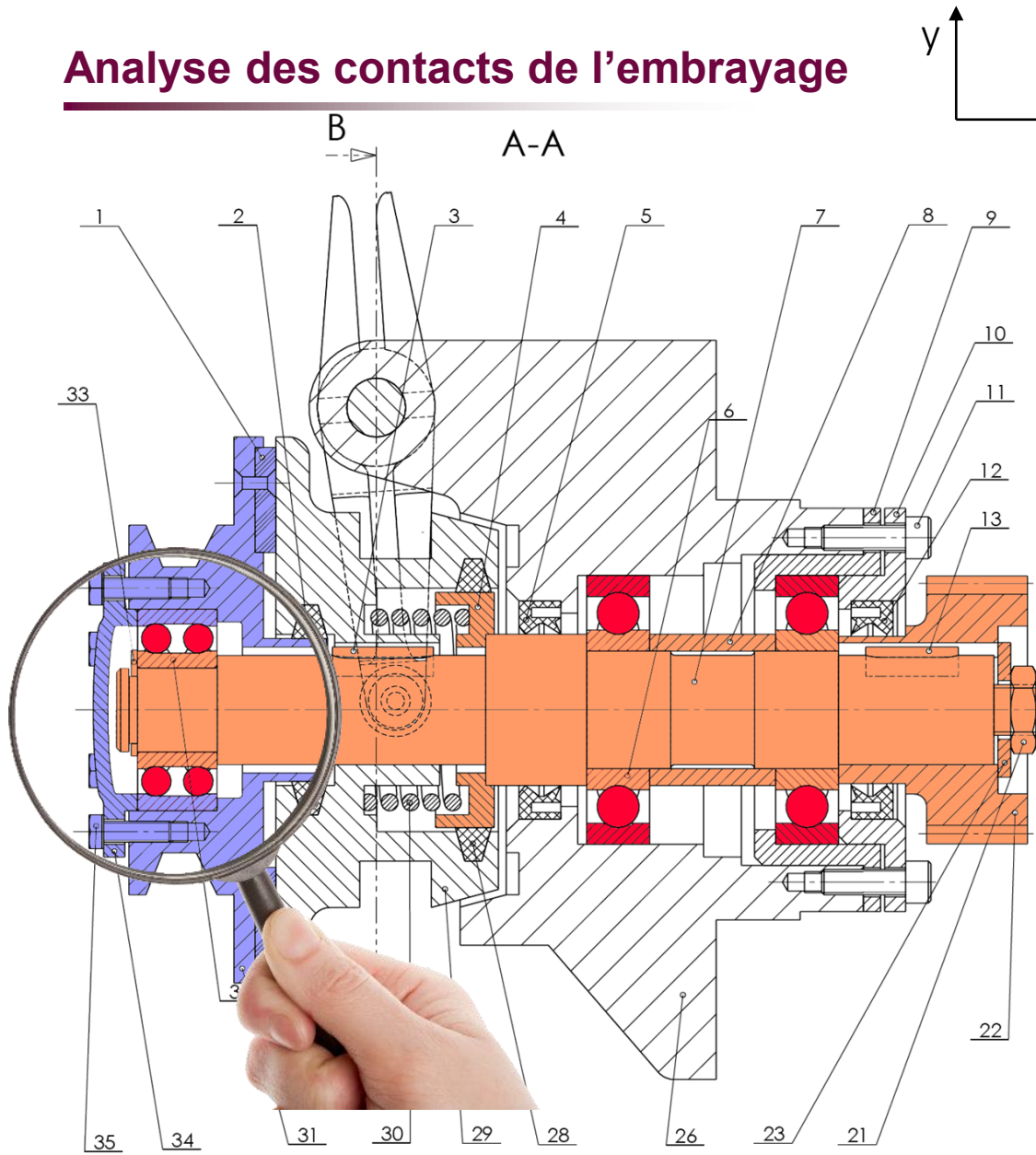
Analyse des contacts de l'embrayage

Tracé d'un graphe des contacts entre classes d'équivalence

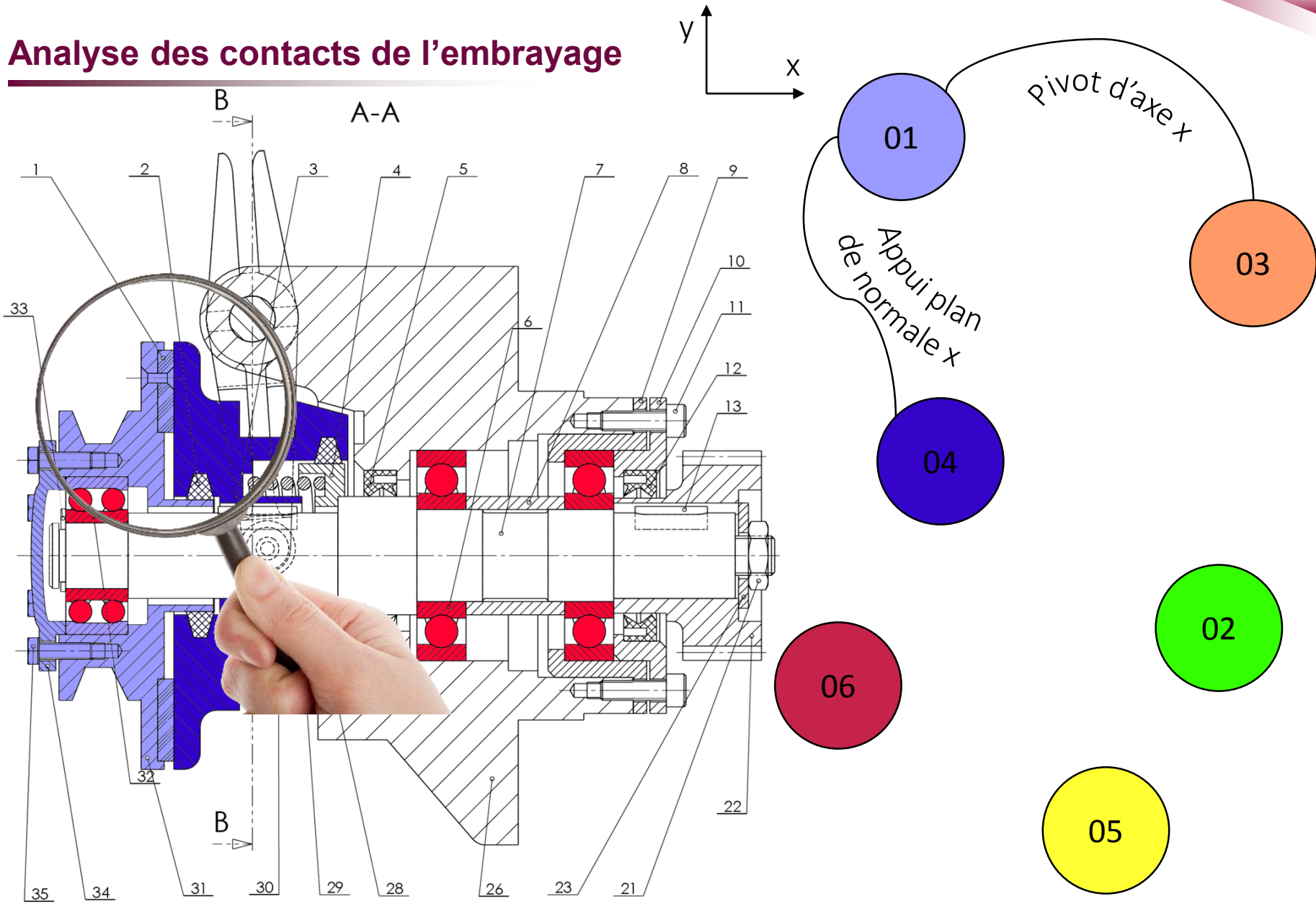
- Chaque classe d'équivalence est représentée par un sommet dans un graphe
- Chaque contact entre deux classes d'équivalence est représenté par un lien entre les deux sommets correspondants
- Il peut y avoir plusieurs liens entre deux sommets



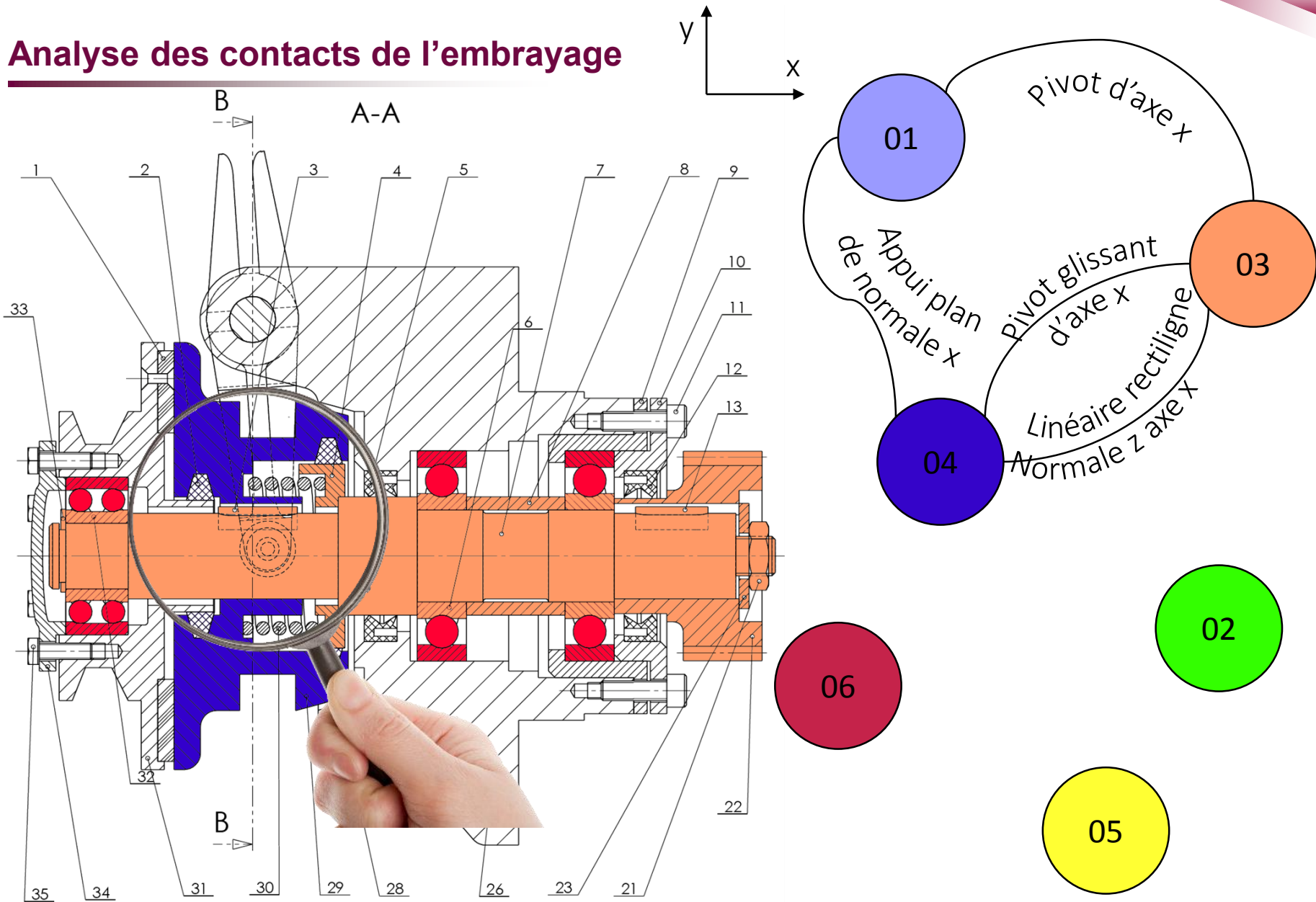
Analyse des contacts de l'embrayage



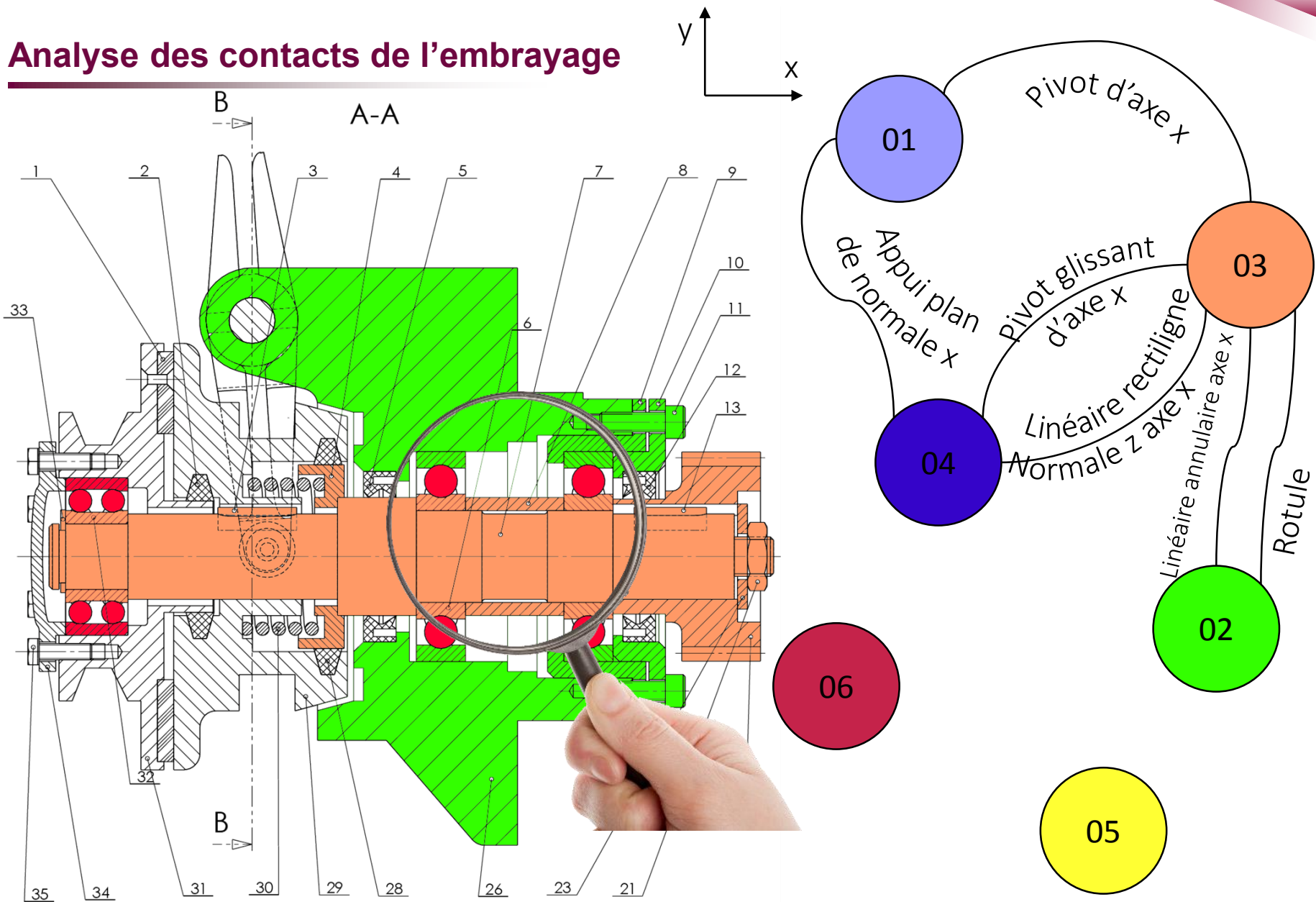
Analyse des contacts de l'embrayage



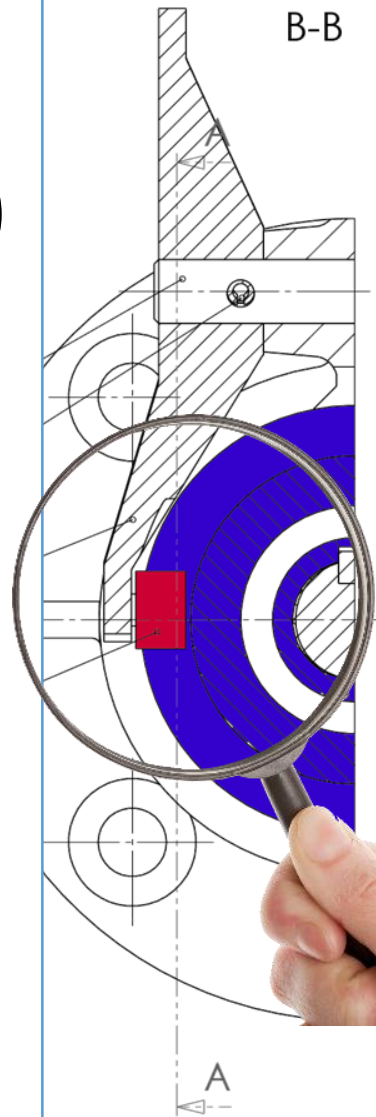
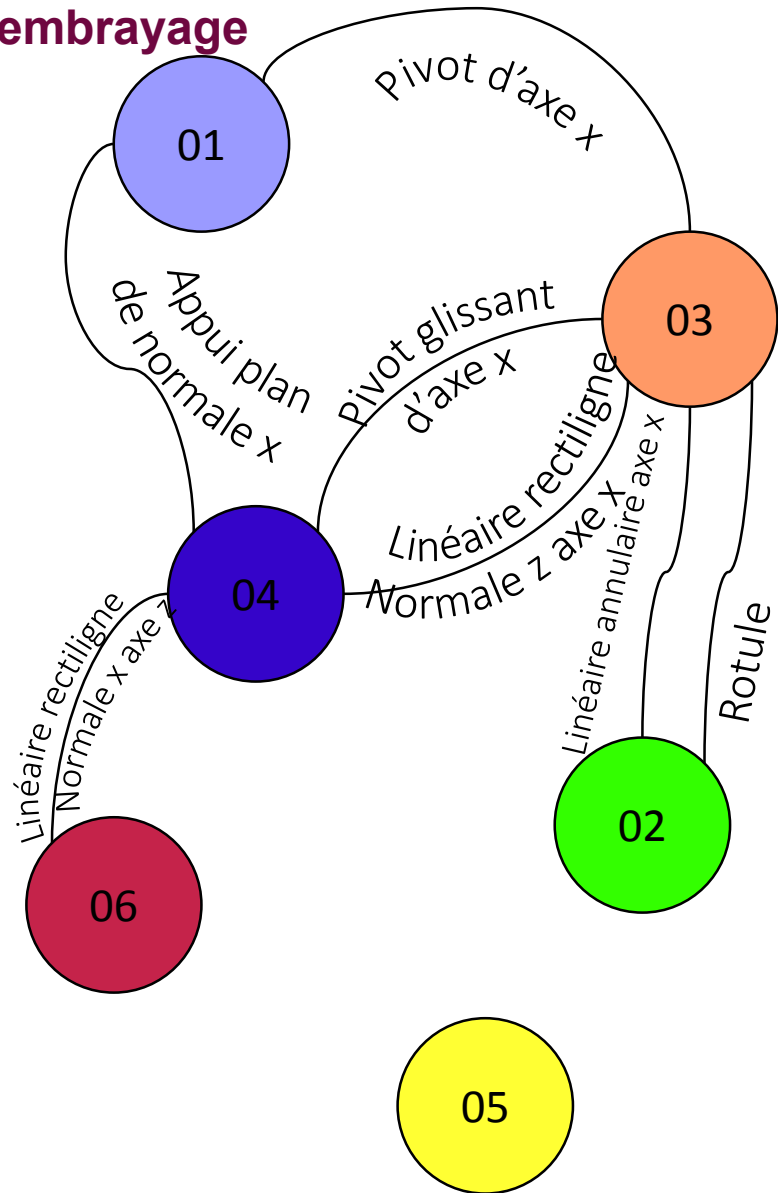
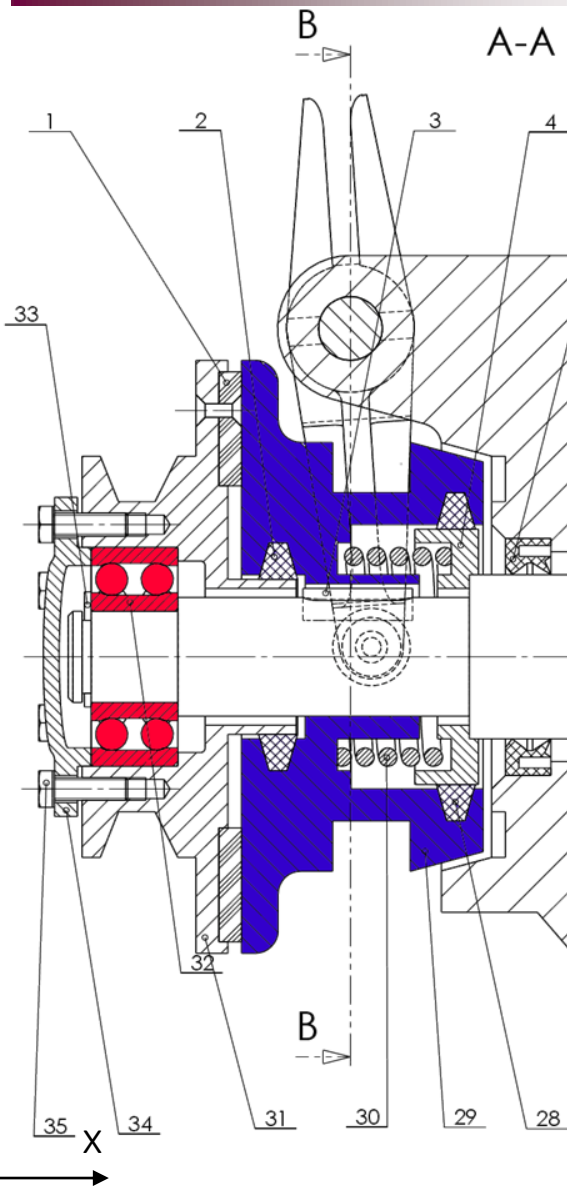
Analyse des contacts de l'embrayage



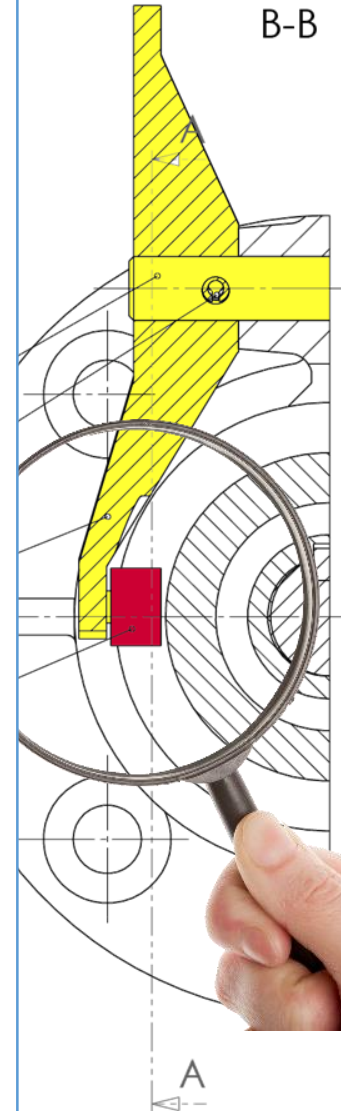
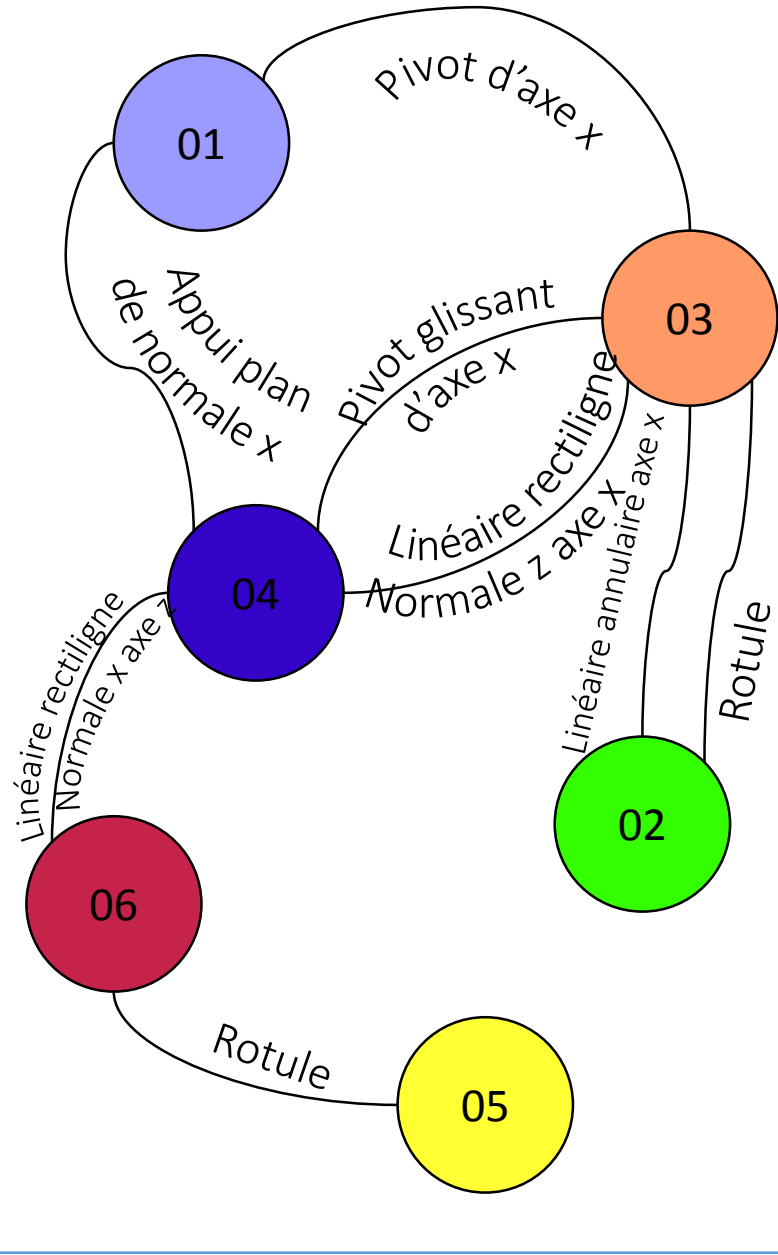
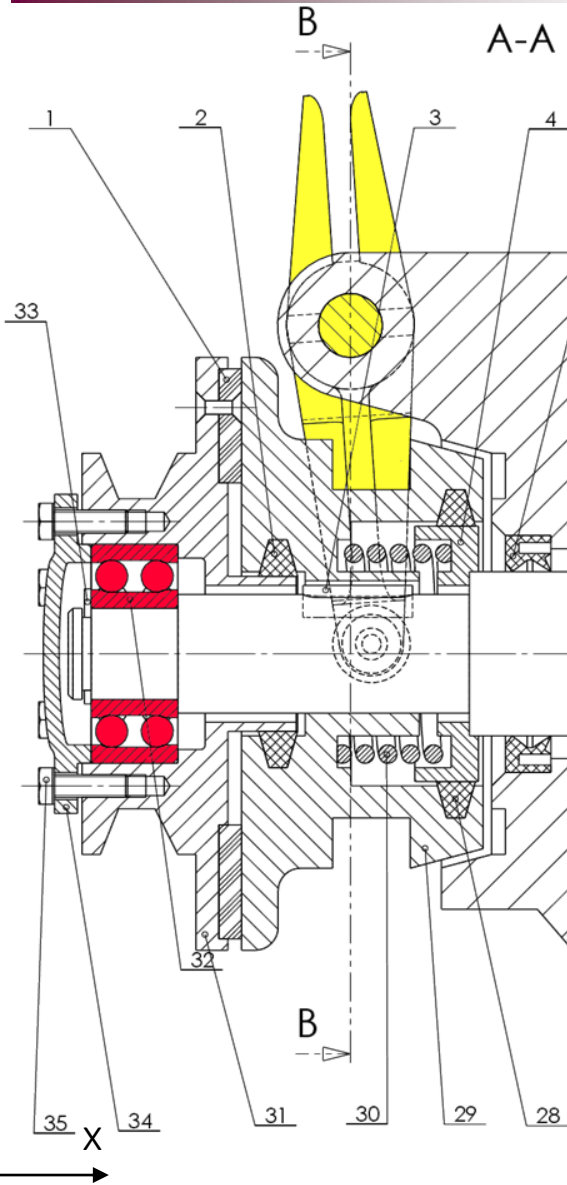
Analyse des contacts de l'embrayage



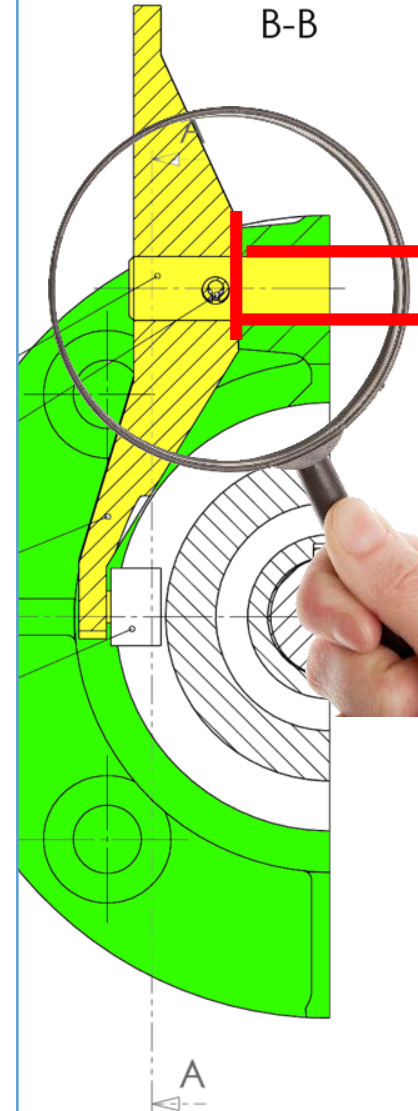
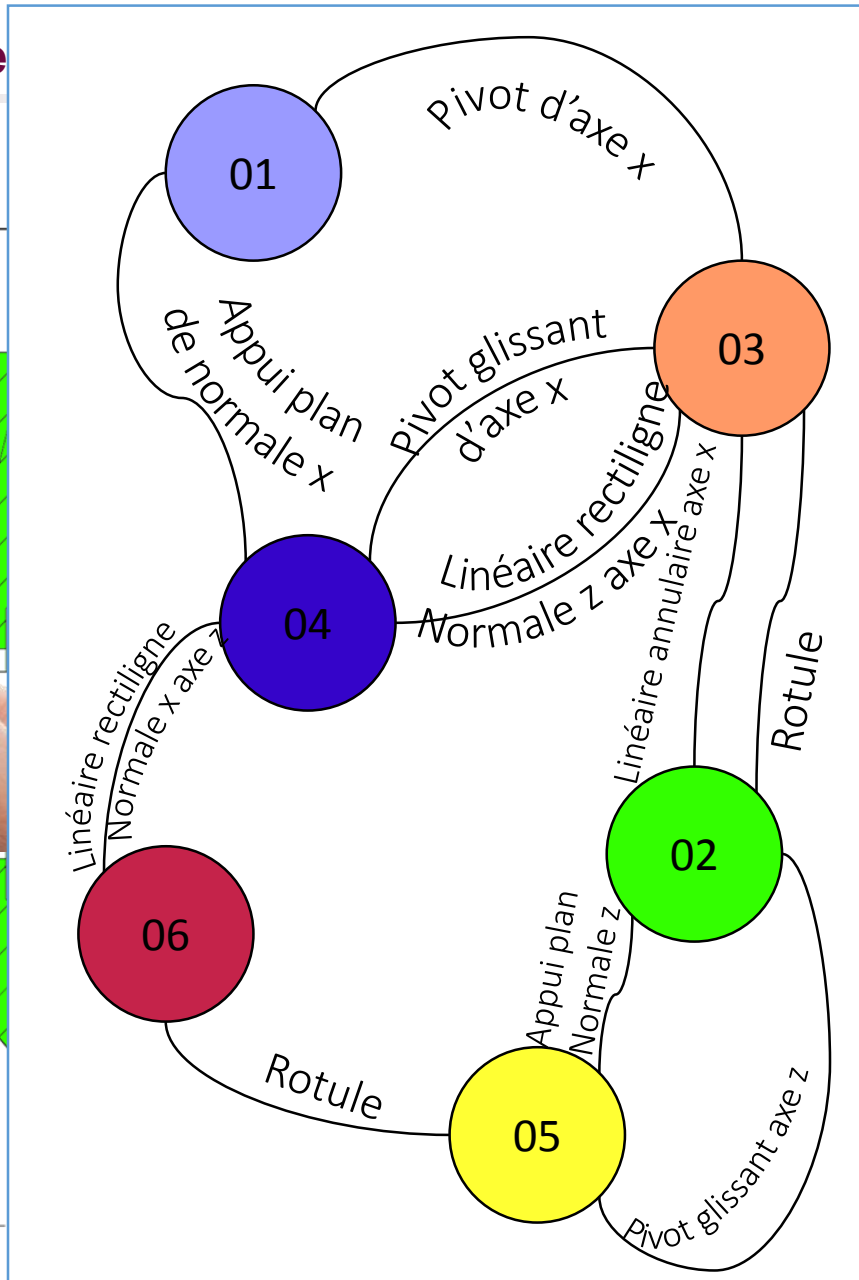
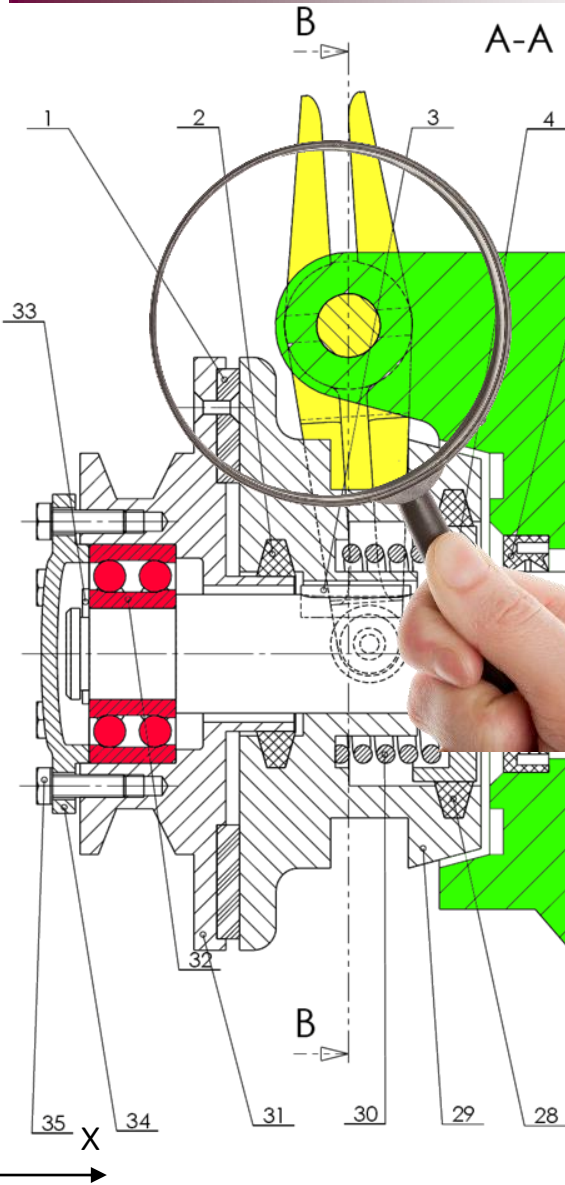
Analyse des contacts de l'embrayage



Analyse des contacts de



Analyse des contacts de

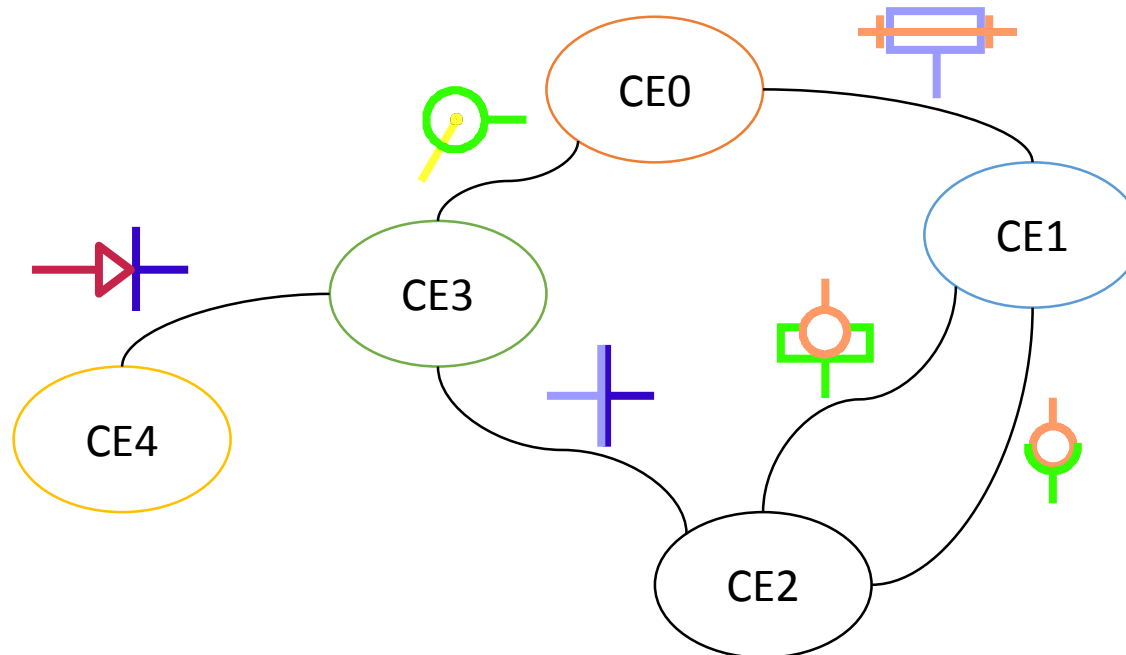




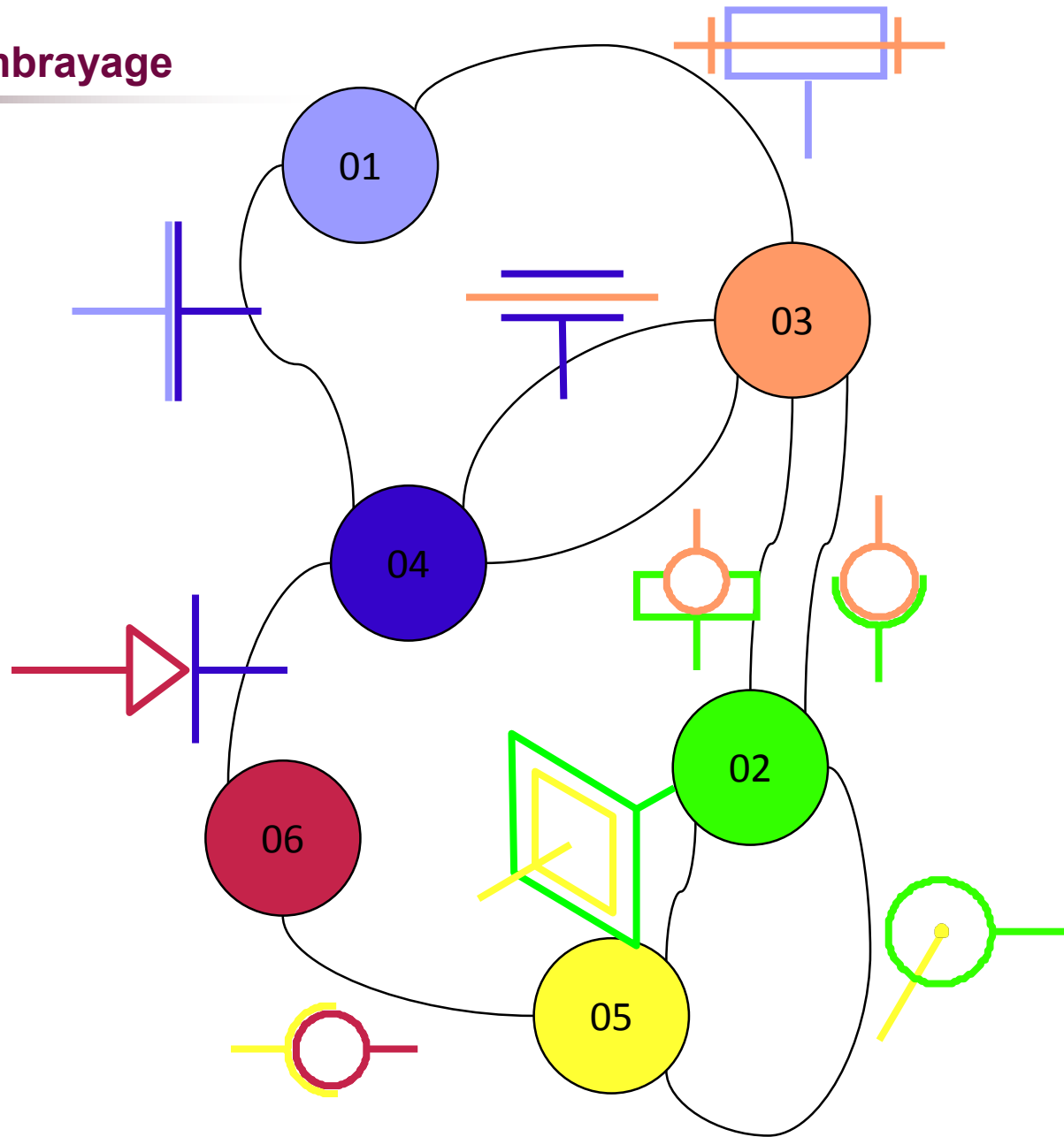
**Schéma d'architecture –
Schéma cinématique**

Schéma d'architecture

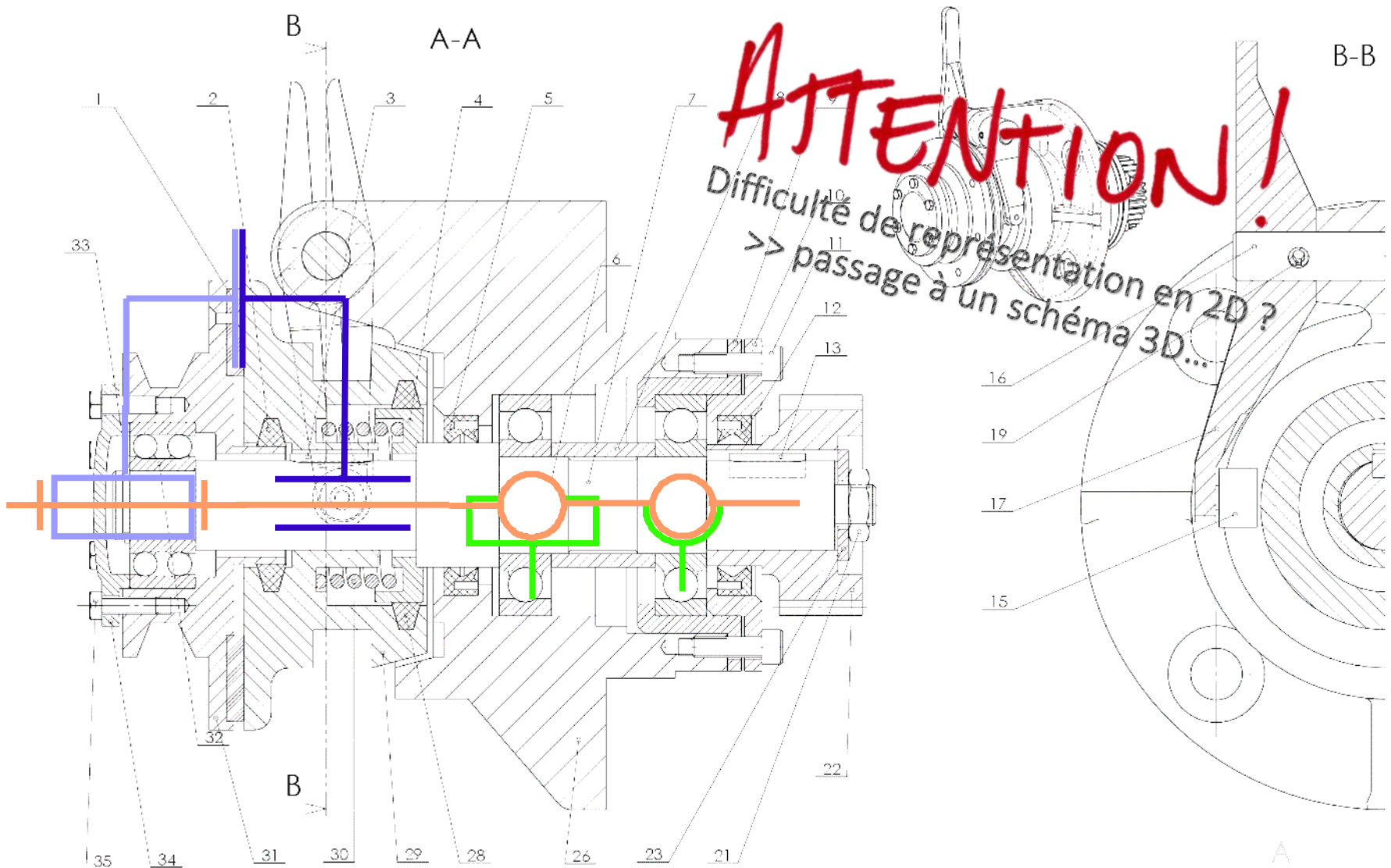
- **Le schéma d'architecture** est la traduction schématisée du graphe des contacts entre classes d'équivalence.
- Chaque couple de surfaces de contacts est traduit par une liaison.
- Il peut donc exister plusieurs liaisons entre chaque classes d'équivalence.
- Il permet de conserver **une information technique** sur l'architecture de chaque liaison entre classe d'équivalence. En cela, il est un intermédiaire essentiel à l'analyse technique et cinématique d'un mécanisme.



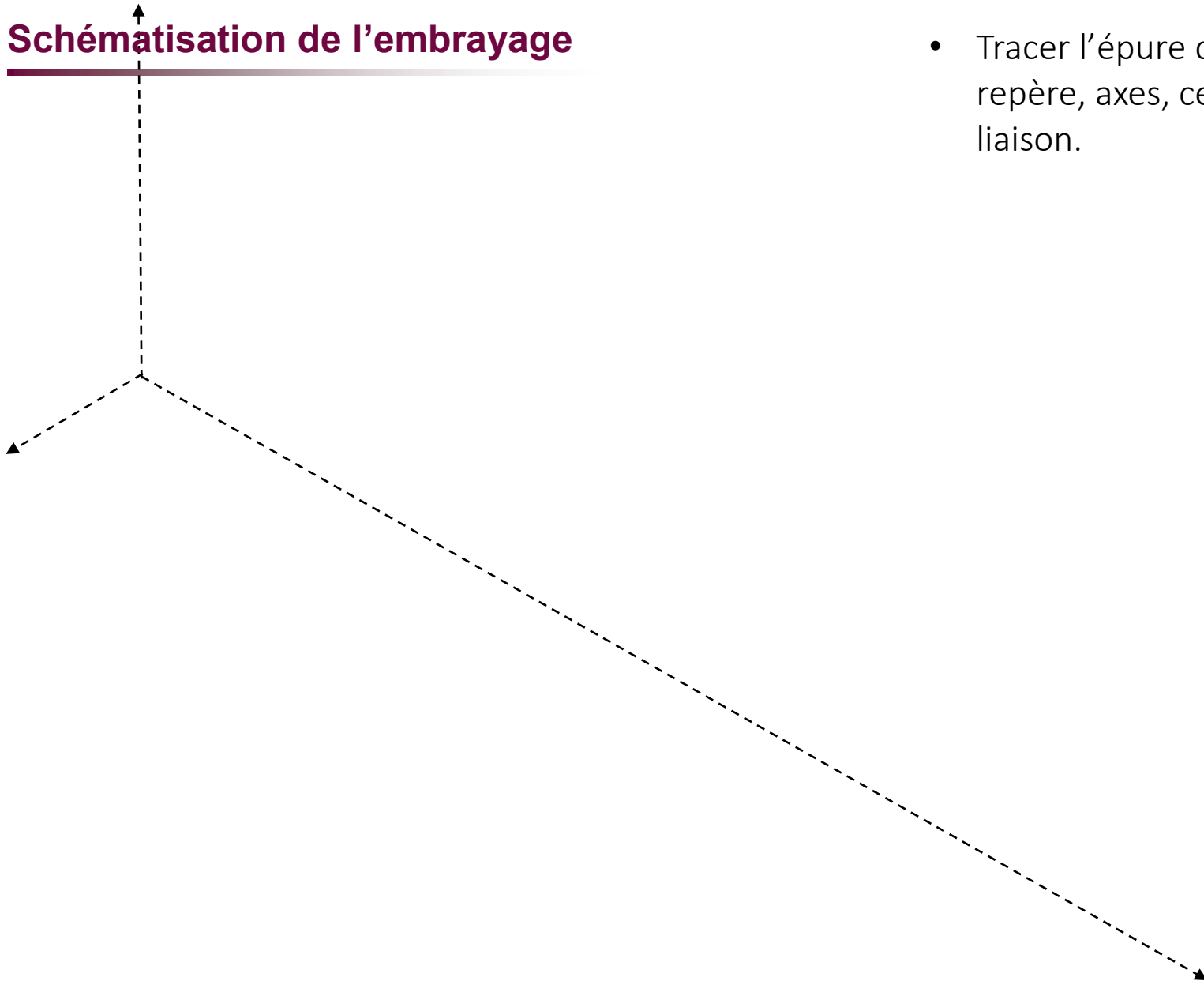
Application à l'embrayage



Schématisation de l'embrayage

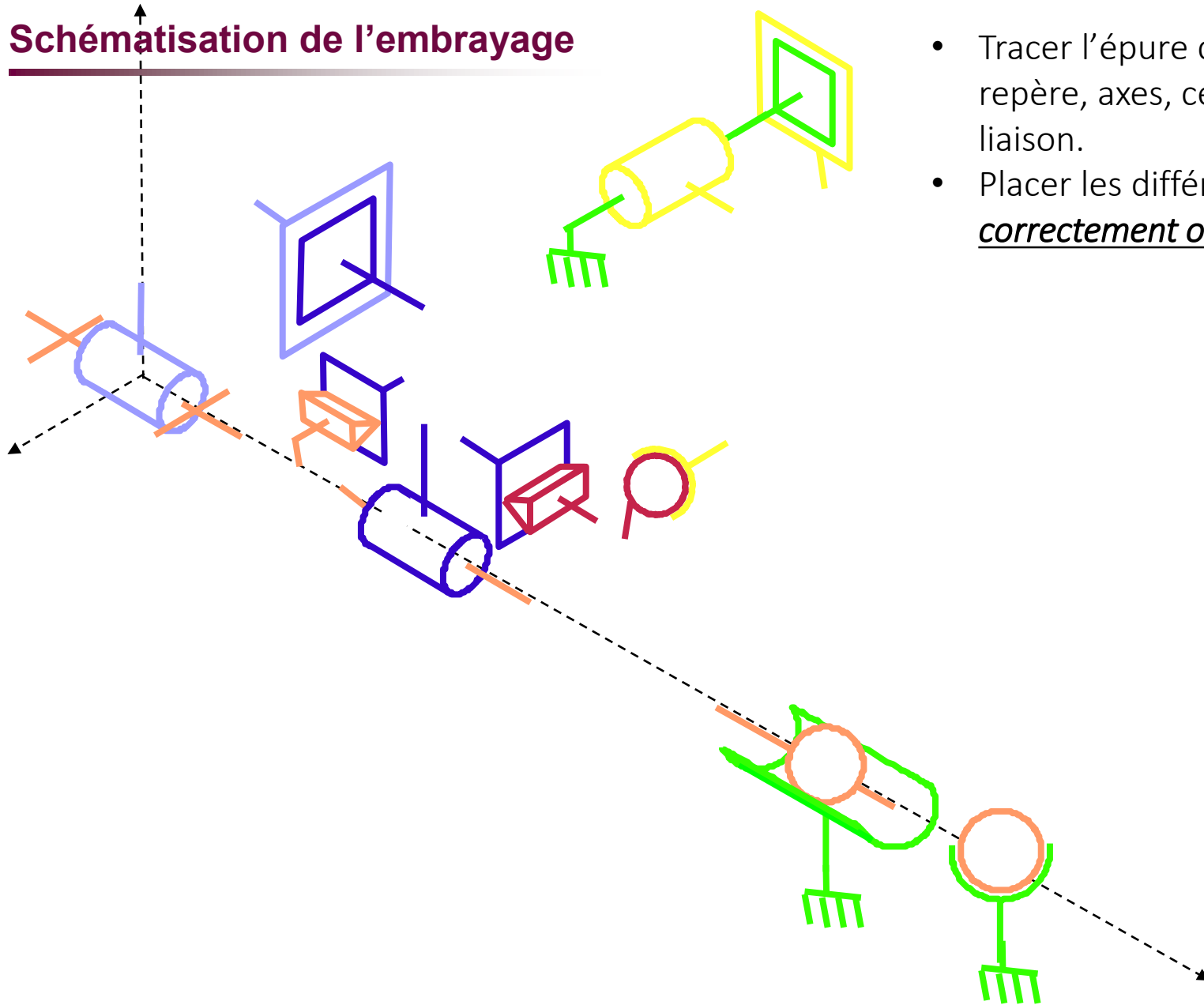


Schématisation de l'embrayage



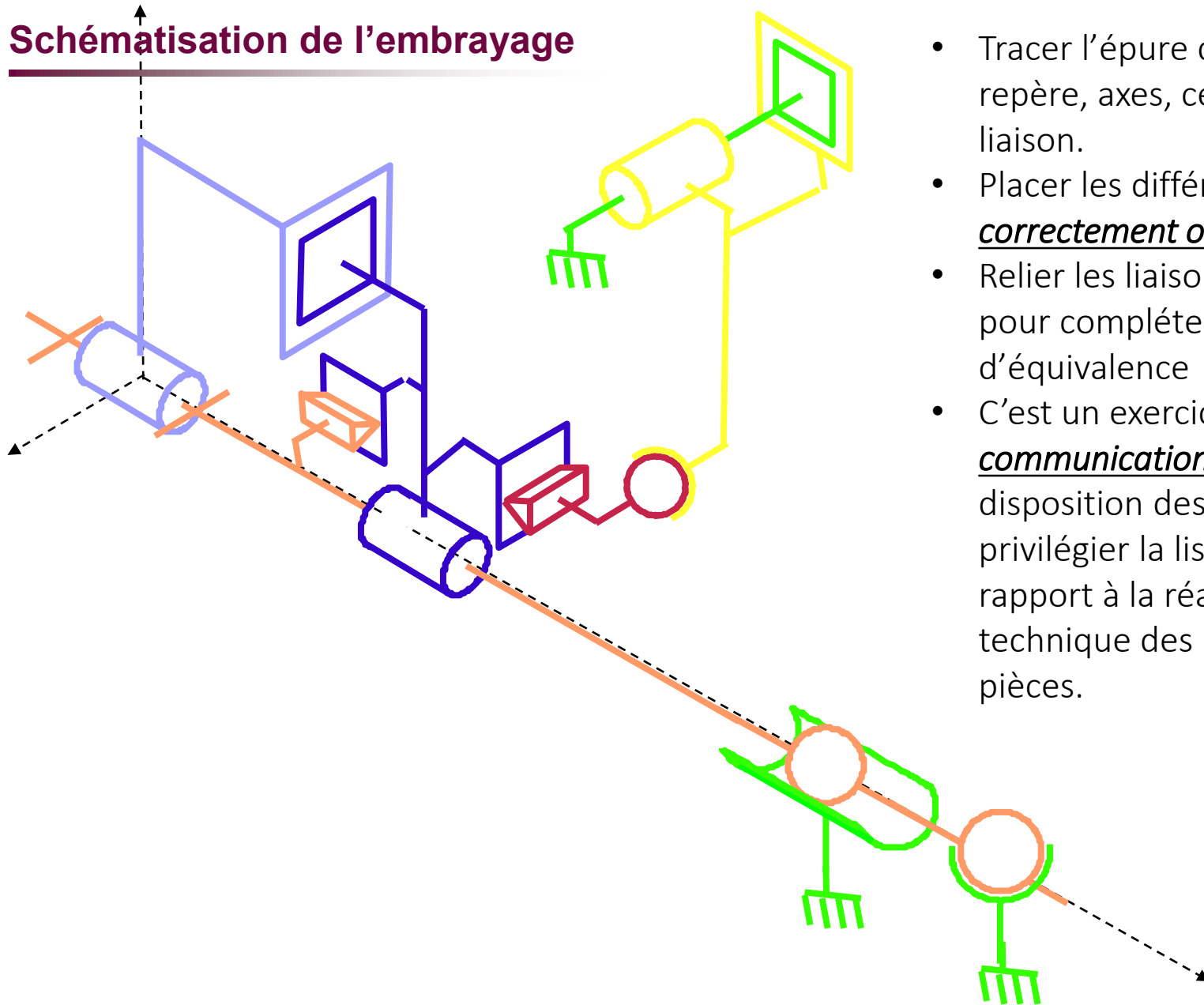
- Tracer l'épure du schéma : repère, axes, centres de liaison.

Schématisation de l'embrayage



- Tracer l'épure du schéma : repère, axes, centres de liaison.
- Placer les différentes liaisons correctement orientées

Schématisation de l'embrayage



- Tracer l'épure du schéma : repère, axes, centres de liaison.
- Placer les différentes liaisons **correctement orientées**
- Relier les liaisons entre elles pour compléter les classes d'équivalence
- C'est un exercice de **communication technique** : la disposition des liaisons doit privilégier la lisibilité par rapport à la réalisation technique des liaisons et des pièces.

Graphe des liaisons et schéma cinématique minimal

- Dans le graphe des liaisons chaque classe d'équivalences est représentée par un sommet
- Il n'existe **qu'un seul lien** entre deux classes d'équivalence traduisant la liaison d'une classe par rapport à l'autre (aussi appelé **1-graphe**)

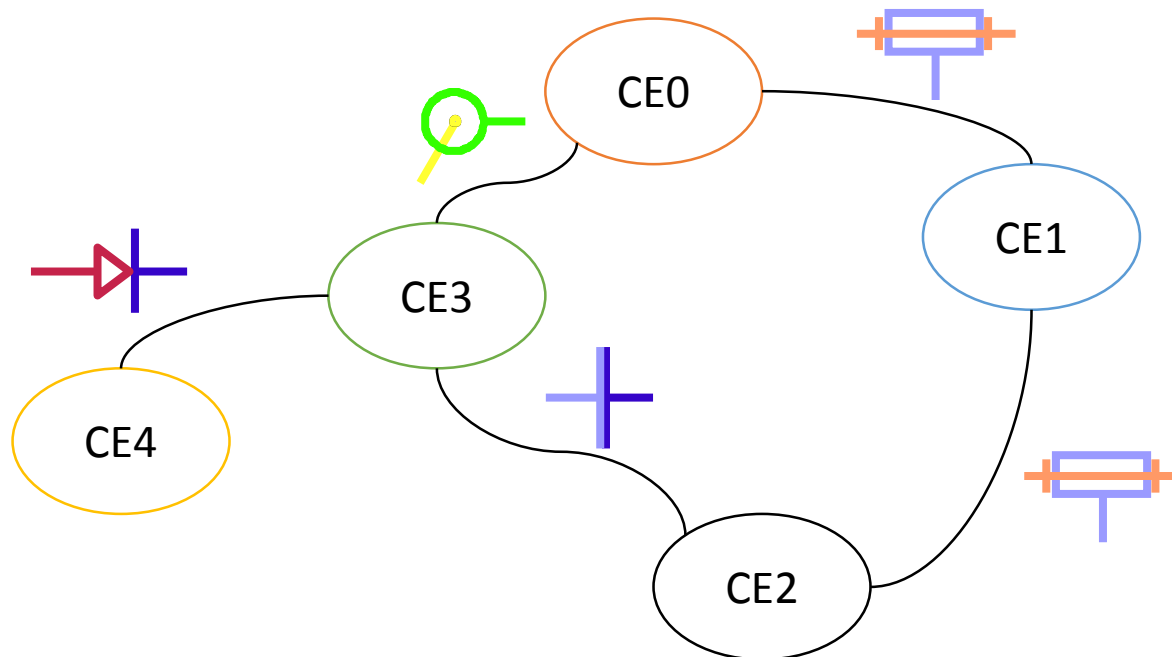
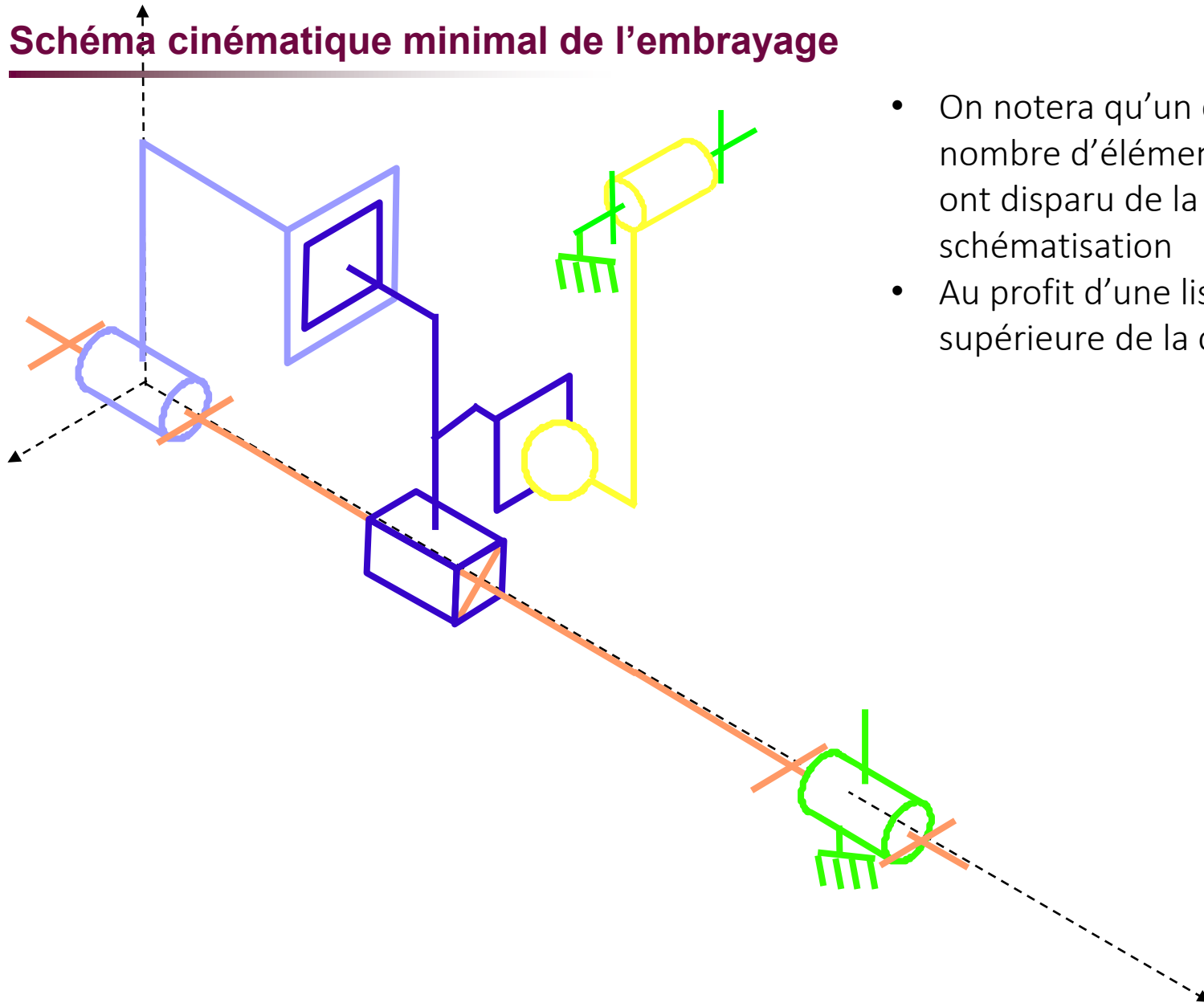


Schéma cinématique minimal de l'embrayage



- On notera qu'un certain nombre d'éléments techniques ont disparu de la schématisation
- Au profit d'une lisibilité supérieure de la cinématique...