

## ***Implication de la construction mécanique dans la formation MEI***

La pédagogie développée doit prendre en compte la finalité professionnelle de la formation au baccalauréat professionnel "Maintenance des Equipement Industriels".

Pour cela, il importe entre autre, de situer les activités pédagogiques par rapport à des démarches de résolution de problèmes professionnels. Ces problèmes doivent se situer dans le champ de ce qui pourrait être confié, dans un contexte industriel, au futur titulaire du diplôme (cf. les différentes tâches définissant le référentiel des activités professionnelles).

C'est à la réalisation de ces tâches que sont rattachées les compétences auxquelles sont associés les savoirs et des savoir-faire qui sont définis dans le référentiel de certification du diplôme.

### ***Problème rencontré :***

On s'aperçoit très souvent que les élèves dissocient totalement ou partiellement la construction mécanique et l'atelier. Ceci étant certainement du aux supports pédagogiques utilisés en construction qui souvent il faut l'avouer ne correspondent pas au contexte industriel du métier choisi (agrafeuse, coupe tube, pompe à vélo, ...)

### ***Cela implique :***

#### ***qu'au plan technique :***

les activités soient finalisées par la production de solutions parmi lesquelles les solutions constructives tiennent une place prépondérante ;

le support technique soit nécessairement un produit industriel compétitif et moderne appartenant le plus souvent possible au parc machine de l'atelier afin que l'élève garde les mêmes repères;

la production de ces solutions suppose l'existence de données techniquement rigoureuses (cahier des charges, dessin d'ensemble, ...).

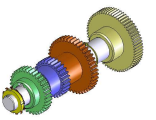
#### ***qu'au plan pédagogique :***

il convient de privilégier une pédagogie inductive pour laquelle :

le recours aux expérimentations et aux travaux pratiques réalisé en atelier est utilisé comme un support pour le cours de construction mécanique afin que l'élève comprenne que ces deux matières sont complémentaires;

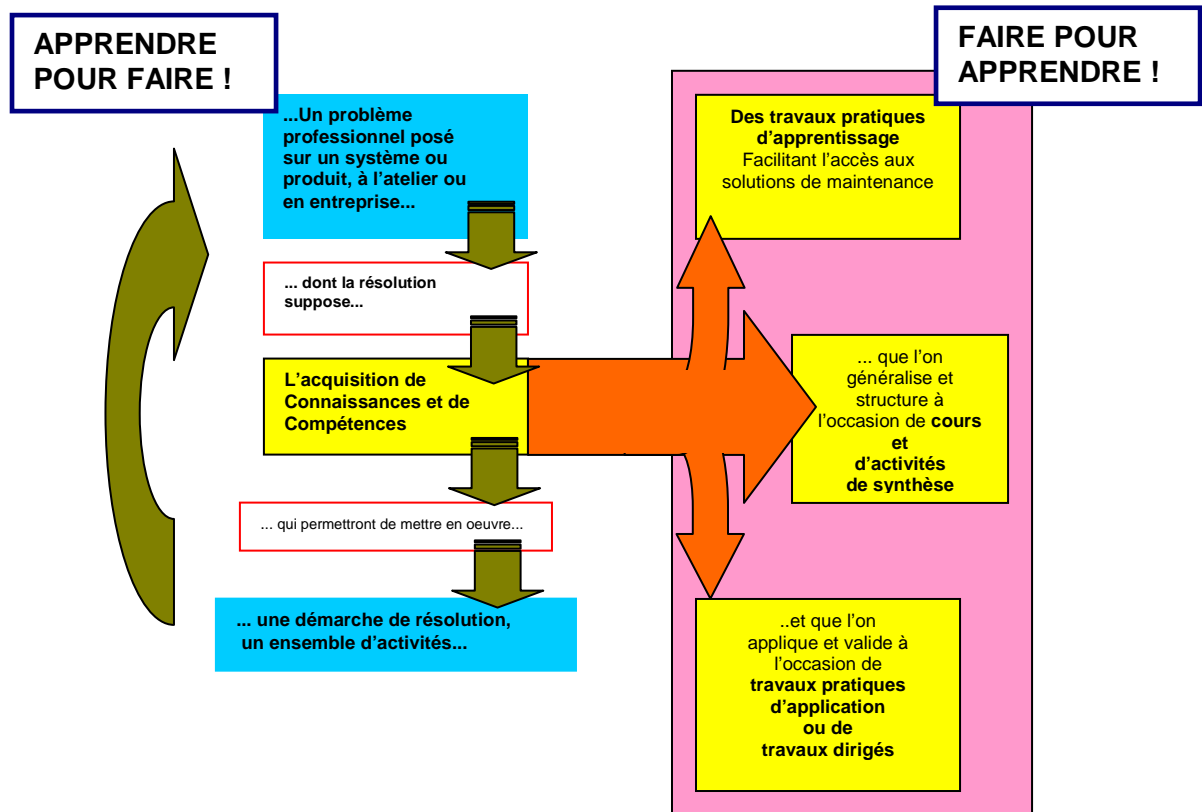
les allers et retours entre le travail à l'atelier et en salle de construction sont fréquents, notamment en matière de formulation des hypothèses, validation des modèles, confrontation des solutions avec la réalité ou lors d'expérimentations de maintenance améliorative;

les apports de connaissances structurés restent indispensables.



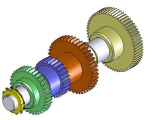
## Deux approches sont possibles pour l'acquisition des compétences du référentiel :

Le schéma ci-dessous présente de façon synthétique les démarches et les méthodologies d'acquisition :

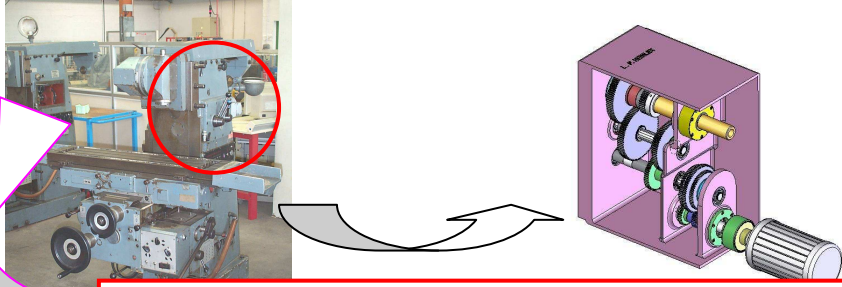


Vous trouverez à suivre un exemple de TD commenté, illustrant les différents points énoncés précédemment. (Commentaires en violet) + des commentaires sur l'utilisation des TICE associés au TD (Commentaires en vert).

Nicolas PINTAUD.



Lycée professionnel <i>Heinlex</i>	<b>FICHE CONTRAT</b>	CI 11 Les liaisons complètes
---------------------------------------	----------------------	------------------------------

<p><b>SUPPORT : Fraiseuse VERNIER</b></p> 	<p><b>DUREE : 2 heures</b></p>
<p>Le support technique appartient au parc machine de l'atelier afin que l'élève garde les mêmes repères.</p>	

**ACTIVITES ET TACHES :**  
**A1-T2: Préparer son intervention son dépannage.**

**COMPETENCES VISEES :**  
**CP2.2 : Analyser les solutions mécaniques réalisant les fonctions opératives.**

**PREREQUIS :**

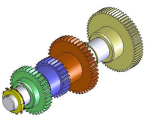
- *TD1 Diagnostic mécanique (TD atelier).*
- *TP Liaisons Fraiseuse Vernier.*
- *Cours cisaillement*

<p><b>ON DONNE :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Un extrait du dossier technique</i></li> <li>• <i>Le modèle 3D de la boîte de vitesse</i></li> <li>• <i>L'arbre primaire de la fraiseuse</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Les documents ressources nécessaires</i></li> <li>• <i>Un constat de défaillance</i></li> <li>• <i>Le guide du dessinateur industriel</i></li> </ul>
--	--

**ON DEMANDE :**

- *De vérifier si l'on peut usiner une clavette de remplacement avec les matériaux présents en magasin.*

<p><b>ON EXIGE :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Le plan est correctement analysé.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Les formules sont correctement utilisées.</i></li> </ul>
---	--



## Constat de défaillance N°1

CONSTAT DE LA DEFAILLANCE N°1		BON DE TRAVAIL N° 45
<u>Parc</u> : MAINTENANCE	DEMANDEUR :	
<u>Date</u> : .../... .../...	La broche horizontale ne tourne pas.	
<u>Bâtiment</u> : Atelier	<u>Remarques sur l'intervention</u>	
<u>Equipement</u> :	La tête universelle tourne à la main.	
Fraiseuse VERNIER	Le moteur électrique tourne correctement et l'axe (92) tourne aussi correctement.	
	Les baladeurs sont dans la position du plan d'ensemble (le pignon 99 et la roue 71 sont donc en contact)	

Illustration du recours aux expérimentations et aux travaux pratiques réalisé en atelier utilisé comme un support pour le cours de construction mécanique afin que l'élève comprenne que ces deux matières sont complémentaires.

Après vérifications des différentes causes possibles, on s'aperçoit que le problème vient de la **clavette 79** qui a cisailé au niveau du contact avec le **pignon 99**.

Cette clavette n'est plus en stock et les délais de livraison sont de 5 jours. On décide d'usiner une nouvelle clavette à partir des profilés disponibles en magasin.

Mais lequel choisir ?

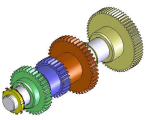
On dispose :

- D'un profilé carré laminé à chaud 10x10 NF A 45-003 en **E295** ;
- D'un profilé carré étiré à froid 10x10 NF A 47-001 en **C35** ;
- D'un profilé carré 10x10 NF A 50-702 en **Al Si 10 Mg**;

Possibilité de revenir sur le cours sur l'élaboration des matériaux si des questions sont posées.

Pour usiner une clavette convenable, il faut tenir compte de plusieurs paramètres :

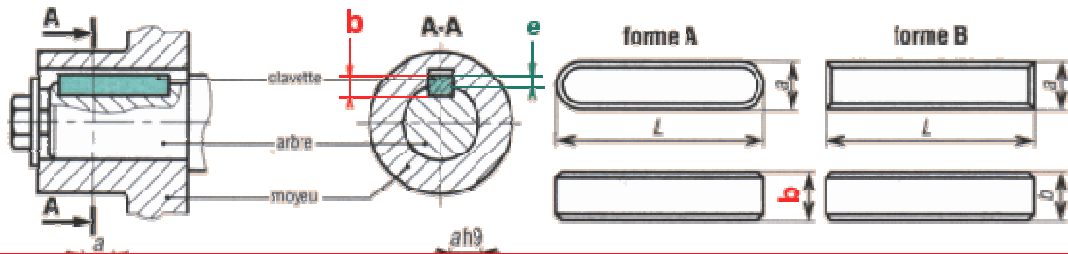
- Sa résistance au cisaillement ;**
- Sa résistance au matage ;**
- Sa fonction dans le système.**



**Travail demandé :**

1. On propose de vérifier par calcul la résistance au cisaillement d'une clavette usinée dans chacun de ces profilés.

1.1. A partir de la [modélisation 3D](#) ou de l'arbre primaire démonté mesurer les dimensions de la clavette 79 et déterminer sa forme.

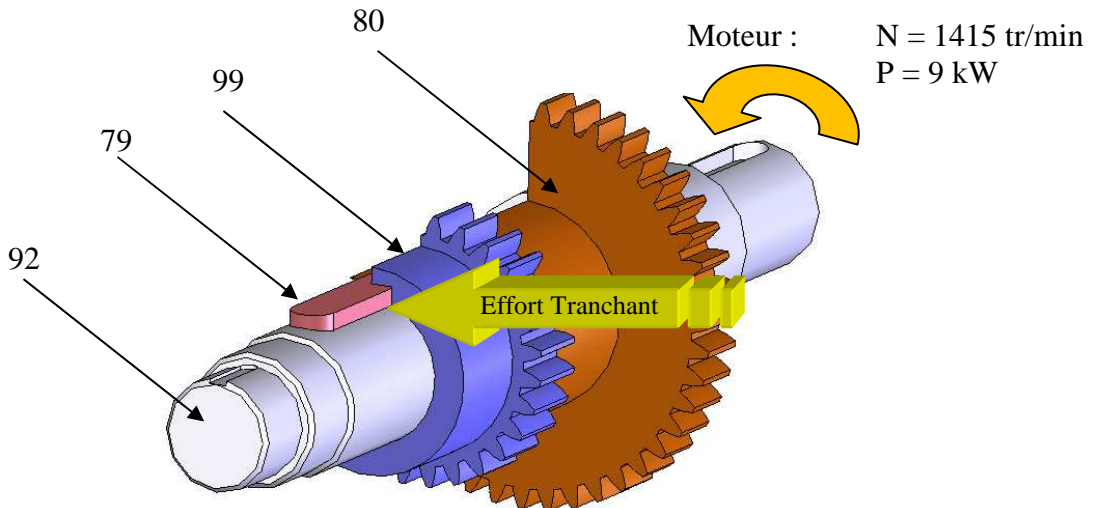


L'élève a le choix entre le produit réel, la modélisation 3D et le plan d'ensemble en annexe. Ceci illustre le point suivant : « La production de ces solutions suppose l'existence de données techniquement rigoureuses (cahier des charges, dessin d'ensemble, ...). »

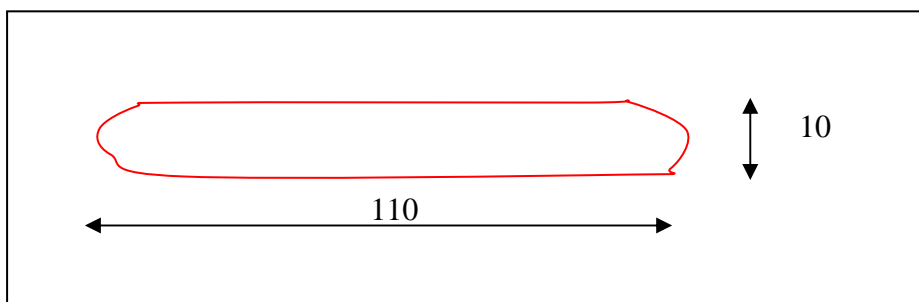
Exemple de désignation de la clavette : Clavette parallèle, forme ..... , a x b x L

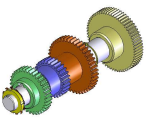
Donner sa désignation : **Clavette parallèle, forme A, 10 x 8 x 110**

1.2. Mise en situation : (pignon 78 enlevé)



1.2.1. Faire le croquis à main levée de la section cisillée et coter ses dimensions.

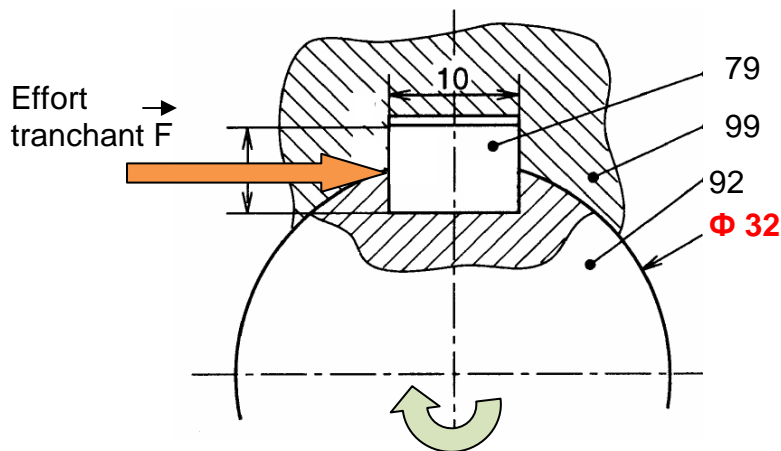




1.2.2. Calculer l'aire de cette section.

$$S = a \times (L-a) + \pi \times (a/2)^2 = 1078,5 \text{ mm}^2$$

1.2.3. Détermination de l'effort tranchant  $F$  appliqué sur cette clavette.



Moteur :  $N = 1415 \text{ tr/min}$   
 $P = 9 \text{ kW}$

**Rappels :**

Puissance :	$P = C \times \omega$	P puissance en Watt C couple en N.m $\omega$ vitesse angulaire en rd/s
Vitesse angulaire :	$\omega = \pi \times N/30$	$\omega$ vitesse angulaire en rd/s N vitesse de rotation en tr/min
Couple :	$C = R \times \ \vec{F}\ $	C couple en N.m R rayon mètre $\ \vec{F}\ $ force en Newton.

1.2.3.1. Calculer la vitesse angulaire du moteur :

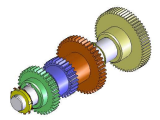
$$\omega = \pi \times N/30 = \pi \times 1415 /30 = 148.17 \text{ rd/s}$$

1.2.3.2. Calculer le couple moteur :

$$C = P / \omega = 9000/148.17 = 60.73 \text{ Nm}$$

1.2.3.3. Calculer l'effort tranchant  $\vec{F}$  :

$$\|\vec{F}\| = C/R = 60.73/0.016 = 3796 \text{ N}$$



1.2.4. Vérification de la condition de résistance au cisaillement.

<b>Rappels :</b>		$\rightarrow$	$\ F\ $ effort tranchant en Newton
Contrainte tangentielle :	$\tau = \ F\  / S$		$\tau$ contrainte tangentielle en MPa $S$ section cisailée en mm <sup>2</sup>
Condition de résistance :	$\tau \leq R_{pg}$		$R_{pg}$ résistance pratique au cisaillement en N/mm <sup>2</sup>
Avec	$R_{pg} = R_g / k$		$R_g$ résistance élastique au cisaillement en N/mm <sup>2</sup> $k$ coefficient de sécurité
Pour les aciers et alliages légers	$R_g = 0,5 \times R_e$		$R_e$ résistance élastique du matériau en MPa
Pour les aciers traités	$R_g = 0,7 \times R_e$		

1.2.4.1- Rechercher dans le livre « Guide du dessinateur industriel » la valeur de la **limite élastique de la matière  $R_e$**  constituant la clavette puis  $R_g$  et  $R_{pg}$ .

**Donnée :** Coefficient de sécurité  $k = 6$

	E295	C35	Al Si 10 Mg
<b>Re</b>	<b>295</b>	<b>335</b>	<b>180</b>
<b>Rg</b>	<b>147.5</b>	<b>234.5</b>	<b>90</b>
<b>Rpg</b>	<b>24.58</b>	<b>39.08</b>	<b>15</b>

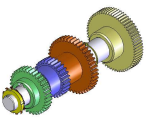
1.2.4.2- Calculer la **contrainte  $\tau$** , et dire si la condition de résistance est respectée pour chaque matériau.

Calculs :  $\tau = \|F\| / S$       $\tau = 3.52 \text{ Mpa}$

	E295		C35		Al Si 10 Mg	
$\tau \leq R_{pg}$	OUI		OUI		OUI	

CONCLUSION :

Quelque soit le matériau choisi la condition de résistance au cisaillement est vérifiée



2. On propose de vérifier par calcul la résistance au matage d'une clavette usinée dans chacun de ces profilés.

**Définition : Matage**

Ecrasement localisé de la matière dû à un champ de pression trop élevé dans une zone de contact entre deux pièces. Le matage correspond en général à une déformation plastique.

**Condition de résistance au matage :**

$$P=(4.C)/(D.b.L) \leq P_{adm}$$

Avec

**P:** Pression de contact en MPa

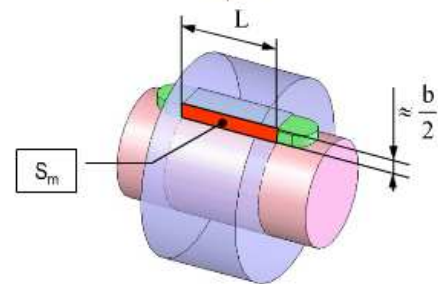
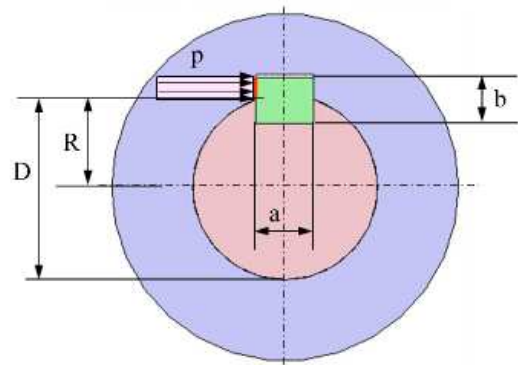
**C:** Couple à transmettre en Nm

**b:** Hauteur de la clavette en mm

**D:** Diamètre de l'arbre en m

**L:** Longueur de la clavette en mm

**P<sub>adm</sub> :** Pression admissible en MPa définie dans le tableau ci-dessous



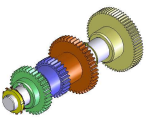
Le recours à une animation en flash permet de dynamiser le cours et de le rendre plus compréhensible et ludique.

<b><i>P<sub>adm</sub> en condition normale d'utilisation</i></b>			
<b>Liaisons</b>	Encastrement	Glissant sans charge	Glissant sous charge
<b>Alliage aluminium</b>	8 à 12	4 à 7	1 à 4
<b>Acier E 295</b>	40 à 75	16 à 32	4 à 12
<b>Acier C35</b>	60 à 85	20 à 41	6 à 18

2.1. Calculer la pression exercée sur le flanc de la clavette :

$$P=(4.C)/(D.b.L) = 4 \times 60.73 / (0.032 \times 8 \times 110) = 8.6 \text{ MPa}$$





2.2. Déterminer en fonction de la liaison créée par la clavette et du matériau la  $P_{adm}$  minimale.

	E295	C35	Al Si 10 Mg
$P_{adm}$	40	60	8

2.3. Vérifier des conditions de résistance au matage :

	E295		C35		Al Si 10 Mg	
$P \leq P_{adm}$	OUI		OUI			NON

2.4. Conclusion :

L'alliage d'aluminium ne permet pas une résistance au matage suffisante.

**3. On va maintenant vérifier si la fonction de la clavette est assurée par le choix du matériau.**

Fonction de la clavette dans ce système ?

La clavette permet de réaliser la liaison encastrement entre les pignons et l'arbre primaire mais elle sert aussi de pièce fusible en l'absence d'accouplement élastique.

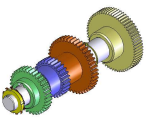
3.1. Conclusion :

Notre choix va se porter sur le matériau dont la résistance au cisaillement est moins importante afin que la clavette puisse jouer son rôle de pièce fusible donc du E295

les allers et retours entre le travail à l'atelier et en salle de construction sont fréquents, notamment en matière de formulation des hypothèses, validation des modèles, confrontation des solutions avec la réalité ou lors d'expérimentations de maintenance améliorative;

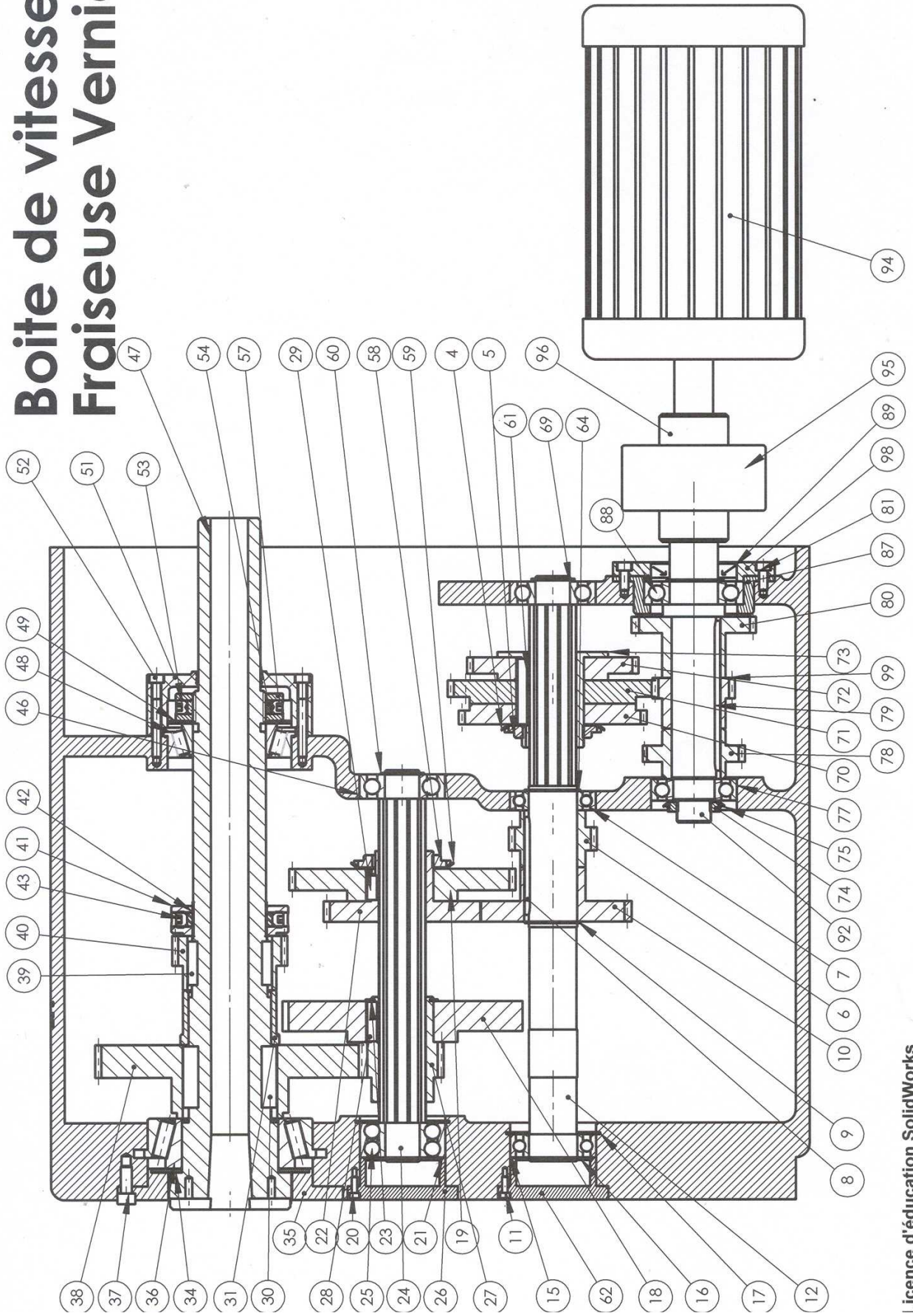
Ici l'utilisation du tableau blanc interactif est intéressante, elle permet à partir du modèle 3D edrawing de la boîte de vitesse de manipuler le système, de le démonter à sa guise afin d'analyser les différentes solutions technologiques utilisées (notamment l'accouplement moteur/boîte).

Cette manipulation peut être effectuée soit directement par le prof ou par l'élève par l'intermédiaire de sa tablette.

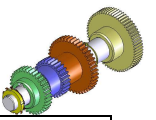


## Plan d'ensemble boite de vitesse

# Boite de vitesse Fraiseuse Vernier



Licence d'éducation SolidWorks  
A titre éducatif uniquement



50	1	Butée			
49	1	Rondelle déflecteur	99	1	Pignon Z 99 = 26
48	1	Roulement à rouleaux coniques	98	1	Couvercle
47	1	Axe Broche horizontale	97	1	Anneau élastique
46	1	Roulement à billes	96	1	Pignon d'accouplement
45	1	Rondelle plate	95	1	Bague d'accouplement
			94	1	Moteur
43	2	Vis sans tête à 6 pans creux à bout plat ISO 4762 M8 x 20			
42	2	Pastille de freinage	92	1	Arbre primaire
41	1	Ecrou			
40	1	Pignon Z 40 = 30			
39	2	Clavette	89	1	Joint à lèvres
38	1	Roue dentée Z 38 = 75	88	1	Roulement à billes
37	3	Vis à tête cylindrique à 6 pans creux ISO 4762 M8 x 20	87	1	Boîtier rapporté
36	1	Roulement à rouleaux coniques			
35	1	Couvercle			
34	1	Rondelle déflecteur			
31	1	Entretoise	81	6	Vis à tête cylindrique à 6 pans creux ISO 4762
30	1	Clavette parallèle forme A	80	1	Pignon Z 80 = 41
29	1	Clavette parallèle forme A	79	1	Clavette
28	1	Clavette parallèle forme A	78	1	Pignon Z 78 = 33
27	1	Pignon Z 27 = 21	77	1	Roulement à billes
26	1	Couvercle			
25	1	Roulement à double rangées de billes à contact oblique	75	1	Rondelle frein
24	1	Arbre tertiaire cannelé	74	1	Ecrou à encoche
23	1	Anneau élastique	73	1	Baladeur
22	1	Roue dentée Z 22 = 42	72	1	Roue dentée de baladeur Z 72 = 63
21	1	Anneau élastique	71	1	Roue dentée de baladeur Z 71 = 79
20	3	Vis à tête cylindrique à 6 pans creux ISO 4762 M4 x 12	70	1	Roue dentée de baladeur Z 70 = 72
19	1	Roue dentée Z 19 = 62	69	1	Anneau élastique
18	1	Roue dentée Z 18 = 66	68	1	Roulement à billes
17	2	Anneau élastique			
16	1	Anneau élastique			
15	1	Roulement à billes			
			64	1	Anneau élastique
12	1	Arbre secondaire	62	1	Couvercle
11	3	Vis à tête cylindrique à 6 pans creux ISO 4762 M4 x 12	61	1	Clavette
10	1	Roue dentée Z 10 = 42	60	1	Anneau élastique
9	1	Anneau élastique	59	1	Rondelle frein
8	1	Clavette parallèle forme A	58	1	Ecrou à encoche
7	1	Roulement à billes	57	1	Ecrou de réglage
6	1	Pignon Z 6 = 22	56	1	Vis de fixation d'outil
5	1	Ecrou à encoche type KM	55	1	Rondelle plate
4	1	Rondelle frein type MB	54	2	Pastille de freinage
			53	2	Vis sans tête à 6 pans creux à bout plat ISO 4762 M8 x 20
			52	6	Vis à tête cylindrique à 6 pans creux ISO 4762
1	1	Carter	51	1	Couvercle arrière
Rep	Nb	Désignation	Rep	Nb	Désignation